

# 電気探査及び弾性波探査、放射能探査を用いた温泉物理探査事例

株式会社キタック ○古田嶋 峻大, 金岡 民善

## 1. はじめに

土木設計や施工を行う上で基礎資料となる地質調査は非常に重要である。地質調査の中にも様々な種類があるが、その中で代表的なものとしてボーリング調査がある。ボーリング調査は地面を掘削し土質サンプルの採取や原位置試験を実施することで基礎地盤の性状を調査する手法である。ただし源泉の湧出が地表に近い温泉地でボーリング調査を行う際は掘削により源泉の利活用に影響を及ぼすことが懸念される。安全にボーリングを実施し、源泉の利用に影響を及ぼす可能性が少ない手法を用いて基礎地盤の性状を把握し、ボーリング調査の補完資料とすることが重要である。

本稿では温泉地で計画されているボーリング調査に先んじて非破壊検査である物理探査を実施し、地質構造や地下水の分布状況を確認した事例について報告する。

## 2. 調査概要

### (1) 経緯

当該地は温泉街に位置しており、温泉街中心部を流れる河川は河川整備計画では改修区間に位置付けられている。地質調査及び施工の実施に伴い、源泉に影響を及ぼす可能性が否定できないため、これらの実施を前に当該地の地質性状及び地下水（温泉水）位置を概略的に把握する必要があった。

### (2) 調査地の地質

当該地全域の基盤岩は主に花崗閃緑岩から構成するが、北西方向に貫入する安山岩やアップライトの岩脈が確認できる。貫入している岩脈は北西方向の直線形を示しており、岩質が破碎されているほか、熱水変質作用を受け、暗色に変色している。温泉地の源泉は基盤岩の断層や亀裂等の破碎帯を介し地表に湧出している。

### (3) 実施した物理探査の概要

地下水（温泉水）の分布把握を目的とした調査では電気探査手法を用いることが一般的であるが、電極を地盤に打ち込む必要があるため、舗装箇所での実施が困難であることから、当該地舗装箇所では弾性波探査を用いた。

#### ・電気探査（比抵抗二次元探査）

電極から地下に電気を流すことにより、地下の電気的な性状を解析し、地盤の種類や分布、地質構造、特に地下水の分布状況などを調査する手法である。

#### ・弾性波探査（スタッキング法）

物性の異なる境界で弾性波が反射する性質を利用し、人工的に弾性波を発生させ、波を観測・解析することで地質構造を把握する手法である。

#### ・放射能探査

岩石中の亀裂に沿って上昇するガンマ線を観測することで岩盤に生じた亀裂等、破碎帯の箇所を把握する手法である。

### (4) 探査手法の問題点

#### ・電気探査

電極から地下に電気を流す性質上、金属構造物が埋設されている場合は金属の比抵抗値を計測するため、金属構造物付近は地下水調査及び土質性状の調査には不向きである。当該地においても消雪パイプが埋設されている箇所で金属による偽像を確認した。

#### ・弾性波探査

地下の地層構造を把握することを目的とした調査では弾性波探査が用いられることが一般的であるが、金属やコンクリート構造物が付近にある場合や埋設されている場合にはその信号を観測してしまうため、地層構造の把握が困難になる性質がある。当該地においても擁壁による偽像を確認した。

### (5) 物理探査測線の配置

探査測線は河川両岸に設置（図-1）し、測線長及び電極間隔は表-1の通りとした。また配置結果を空間的（準三次元的）に解析を行うため、河岸上部で2測線、河岸の法尻付近で1測線の計3測線を計画した。

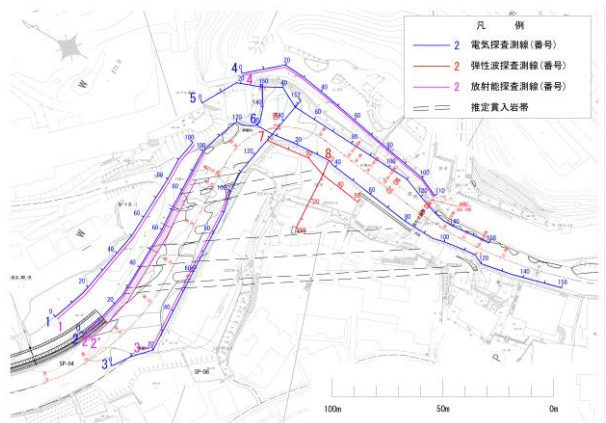


図-1 物理探査測線位置図

表-1 測線ごとの調査内容

測線名	電気探査			弾性波探査		放射能探査	
	測線長 (m)	電極間隔 (m)	探査深度 (m)	測線長 (m)	受信点間隔 (m)	測線長 (m)	受信点間隔 (m)
1	100	2	20	-	-	100	1~5
2	150	2	20	-	-	100	2.5~5
2'	-	-	-	-	-	85	2.5~5
3	152	2	20	-	-	85	2.5~5
4	110	2	20	-	-	110	2.5~5
5	158	2	20	-	-	-	-
6	158	2	20	-	-	-	-
7	-	-	-	50	2	-	-
8	-	-	-	34	1~2	-	-
合計	828	-	-	84	-	480	-

### 3. 調査結果

#### (1) 電気探査結果

目視可能な温泉湧出箇所（測線 4 140m～155m）は低比抵抗部に位置しており、岩盤の亀裂が確認できることから、当該地の温泉は岩盤の亀裂から湧出していると考察できる（図-2）。

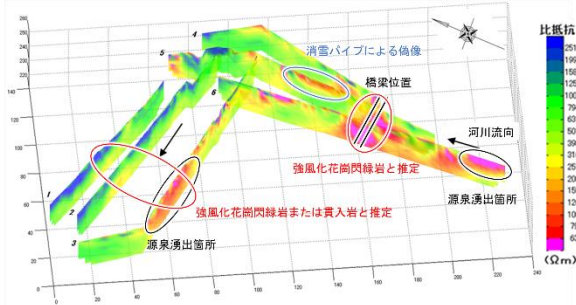


図-2 電気探査結果図

#### (2) 弾性波探査結果

一般的に弾性波速度は深度方向に従って増加する傾向を示し、当該地における速度構造もその傾向を示す。当該地で測定された弾性波速度は最大で 3.4 [km/s] であり、花崗岩の弾性波速度一般値 4.0 [km/s]～6.0 [km/s]<sup>1)</sup>より若干遅い結果となった。これは風化や熱水変質の影響を受けたためであると想定される。測線 7 の 25m～30m 間及び測線 8 の 15m 付近には低速度帯（2.0 [m/s] 程度）を確認できる。これは貫入岩又は花崗岩の破砕帯であると考察される（図-3）。

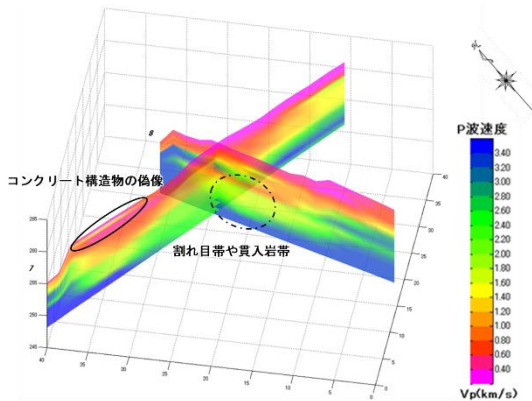


図-3 弾性波探査結果図

#### (3) 放射能探査

一般にガンマ線量は健全な岩盤や亀裂が密着した岩盤では値が低く、亀裂が卓越する箇所では高い値を示す傾向が見られる。

当該地では表土の被覆がある区間では相対的に低いガンマ線量が計測され（概ね 0.06～0.08  $\mu$ Sv/h 程度）、露岩する箇所（測線 3）ではガンマ線量のブレが大きい相対的に高いガンマ線量が計測された（概ね 0.09～0.14  $\mu$ Sv/h 程度）。各測線におけるガンマ線量が平均値よりも高い箇所は河川下流側に位置している。このことから岩盤亀裂は河川下流側分布していると考察される（図-4、図-5）。

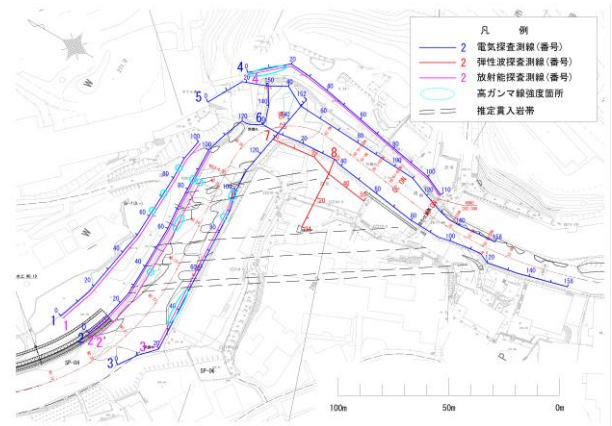


図-4 放射能探査結果図

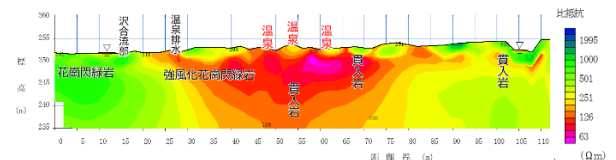
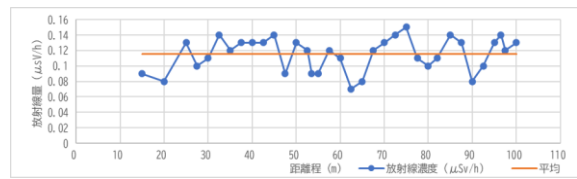


図-5 測線 3 の放射能探査と電気探査比較図

#### 4. まとめ

物理探査結果より岩盤の亀裂及び地下水を示す測定値は河川左岸側に集中していることが分かった。このことから河川右岸側での掘削が源泉の利活用に影響を及ぼす可能性は低いと考察し、調査ボーリング位置は当初計画位置の通りとした。調査に際して温泉噴出時の対処法を立案した後、現場作業を実施した。

#### 5. おわりに

温泉地では源泉の湧出量確保は重要な問題であり、そのような箇所で調査・施工を行う際には源泉に影響を及ぼさないことに留意する必要がある。当該地のように広範囲で温泉の湧出が確認される場所では、物理探査のような源泉に影響を及ぼす可能性が低い調査を行い、源泉湧出箇所の推定を行うことは、掘削作業で源泉の利活用に影響を与えないよう留意するにあたり、非常に有効な手法であると考えられる。また探査の際は、実際の湧出箇所でデータの測定を行い測定値の比較を行うことが望ましいと考える。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（1989）p48