

源泉開発に伴う物理検層の評価と判定

株式会社アーステクノ ○若松和幸, 住吉武志, 山下祐志

1. はじめに

本稿は、ナトリウム・塩化物温泉が多い土地で単純温泉（無味無臭で刺激の少ない温泉）を湧出させるためのこれまでにない検討方法を報告する。主な検討内容は次に示した。検討結果より、800mから1100m間の高温水部でナトリウムイオン濃度の低い部分から採水する計画とした。

- ① ケーシングは地質・深度に応じた多段掘削とした。
- ② 低温水部の確実な遮水を行った。
- ③ 高品質セメントで高耐久性構造とした。
- ④ 低温水、塩化物泉部の遮水対策を行った。
- ⑤ 周辺温泉で影響調査を行った。

2. 物理探査の概要

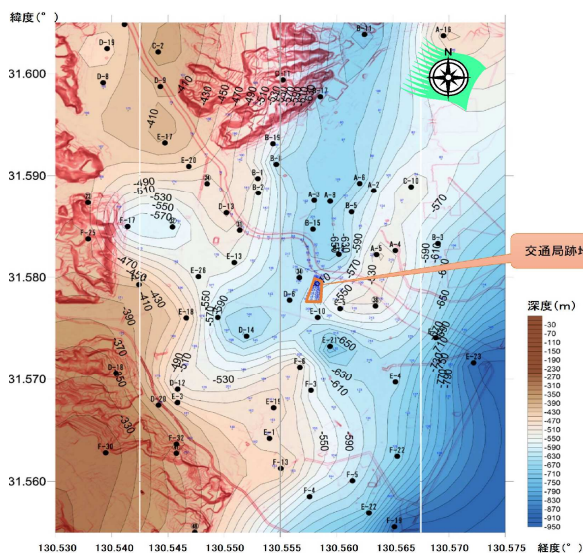
鹿児島交通局再開発事業の、温泉掘削工事に先立ち、温泉源の分布状況について、地表からの探査を実施した。

鹿児島市北部地域の地温勾配は4℃/100m以上あり、温泉温度の分布も50℃以上の分布を示す。既存資料によると鹿児島市内は火山熱水地帯に区分される。そこで、物理探査は鹿児島市の単独の磁気探査だけでなく、2手法（MT法1点ならびにCSAMT法5点）を組み合わせたHybrid MT電磁探査を行った。さらに市街地の都市機能の影響を受けない重力探査を20m間隔の全220点で行い、精密な深部地下構造を把握した。

3. 物理探査

(1) 基盤岩深度

基盤岩深度分布の推定を図-1に示す。Hybrid MT電磁探査結果および収集した既存データに基づいて作成しており、図中の枠内が対象地である。

図-1 既存資料に基づき再検討した基盤岩深度分布¹⁾

(2) 泉温

掘削予定地予想される泉温を表-1に示す。

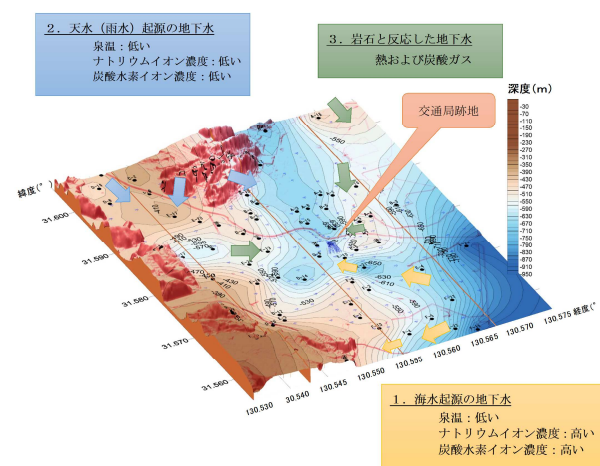
表-1 掘削予定地で予想される泉温¹⁾

掘削深度 m	孔底温度 ℃	泉温 ℃ (SUS)	泉温 ℃ (FRP)
900	58	47～54	50～57
1000	61	49～56	52～59
1100	64	51～58	54～61

- ・カッコ内は揚湯管の材質
- ・地温勾配3.0℃/100mを仮定
- ・周辺の温泉の多くが入る範囲からの予想であり、上表の範囲を外れる事例が少なからずある。

(3) 泉質

推定される温泉水の平面的な流動方向の推定を図-2に示す。

図-2 基盤地質構造と温泉水の平面的な流動方向推定¹⁾

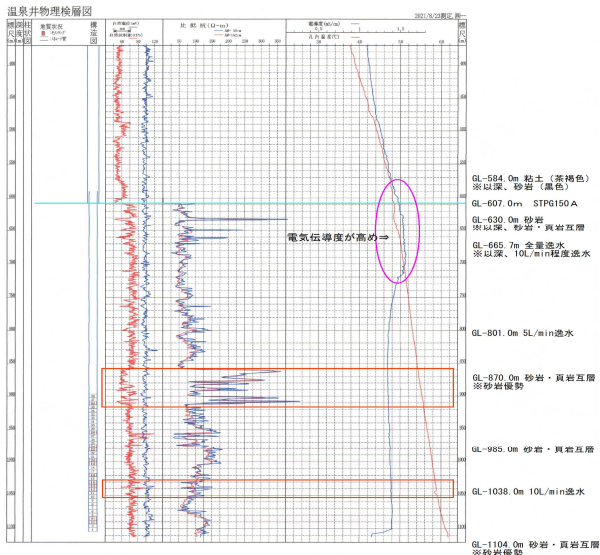
4. 物理検層の評価

井戸崩壊防止の鋼管挿入は、孔内物理検層と掘削状況（掘削切屑・掘進率）から地質状況を推測した検層図に基づいて行った。図-3に検層図（抜粋）を示す。

検層図より、600m以深は、50～150Ω・m程の小刻みな変化が多い低比抵抗層に、350Ω・m程の高比抵抗・低自然放射能層を挟むことが昭基になった。地質は頁岩・砂質頁岩が優勢な砂岩を挟む互層と推測した。750m以深部は、比較的低い塩分濃度と予想した。孔底温度は（61.4℃度÷1104m）であった。

(1) 物理検層測定内容

自然放射能・比抵抗・電導度（青）・孔内温度（赤）

図-3 検層図(抜粋) ²⁾

(2) 測定結果

基盤の工学的性状は検層結果で大きく4つに区分した。

- ① 600m- 671m 塩水化の進んだ温泉脈
- ② 671m- 858m 塩分濃度が若干低い温泉脈
- ③ 858m- 912m 高比抵抗・低自然放射能層
- ④ 912m-1104m 低比抵抗・高自然放射能層

(3) 貯留層評価

貯留層の判断は次の点に留意した。

- ① 比抵抗値が大きく変化する地層境界
- ② 高比抵抗部で局部的に低比抵抗を示す区間
- ③ 比抵抗値が高い区間
- ④ 自然電位の変化が大きい区間
- ⑤ 温度変化が大きな区間
- ⑥ 自然放射能強度変化が大きな区間
- ⑦ 電導度変化が大きな区間

単純泉湧出のため、600mから720mまでの電導度の高い部分は除外し、800m以深の全体を貯留層と評価した。

5. 揚湯量について

(1) 目的

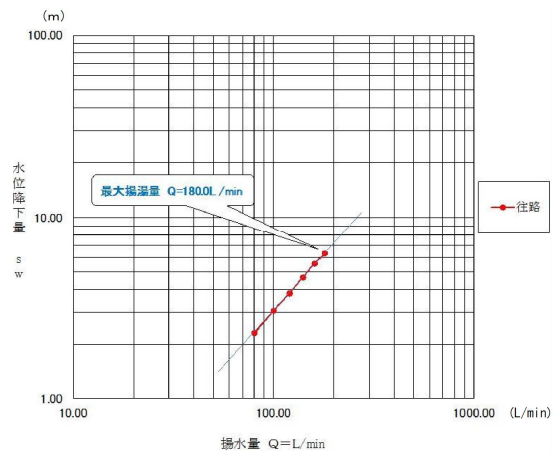
鹿児島県は揚湯量の上限を $Q=100\text{L/min}$ 、限界揚湯量の8割以下を適正揚湯量とする指導を行っている。揚湯試験は、予備揚湯試験、段階揚湯試験、温泉帯水層試験（または一定量連続揚湯試験及び水位回復試験）の順番で実施した。

(2) 揚湯試験

段階揚湯量試験での揚湯量と水位降下の関係を図-4に示した。この関係は、貯留層の性質や湧出量で異なる。本工事は段階揚湯試験を、80, 100, 120, 140, 160, 180L/minの6段階で実施した。140L/min までの揚湯では、短い時間で水位が安定した。160, 180L/min は前の段階より安定にまでに時間を必要とした。揚湯量と水位降下量の相関関係は、概ね直線となった。揚湯量と水位降下の関係から

源泉井の能力を次のように判断した。

- ① 限界揚湯量 $Q=180.0\text{L/min}$ ($\approx 259.20\text{m}^3/\text{day}$) 以上
- ② 適正揚湯量 $Q=100.0\text{L/min}$ ($\approx 144.0\text{m}^3/\text{day}$)
- ③ 比湧出量 $Q=80.0\text{m}^3/\text{day/m}$
(揚湯量 $Q=144.0\text{m}^3/\text{day}$ ÷ 水位降下量 $s=1.8\text{m}$)

図-4 揚湯量と水位降下の関係(s-Q 曲線図) ²⁾

段階揚湯試験で設定した適正揚湯量は、温泉帯水層試験を行い適性を評価した。試験の方法は適正揚湯量で24時間以上揚湯し、動水位及び泉温の測定値が安定していれば、求めた適正揚湯量は源泉に対して適切と判断した。揚湯量 $Q=100.0\text{L/min}$ でくみ上げると経過時間が240分を越えたあたりから水位は安定し、最大水位降下量 s は1.8mとなった。水位回復試験開始前（ポンプ停止前）に温泉中分析の検体を採取した。分析結果の概略を下記に示す。

- ① 揚湯量 $Q=100\text{L/min}$
- ② 泉温 50.8°C
- ③ 泉質 ナトリウム-塩化物温泉
(低張性 中性 高温泉)

6. おわりに

本報告の源泉は、湧出量の全国平均が $Q=100.0\text{L/min}$ であること、および水位降下量の全国平均が数100mにも達することも珍しくないことと比較すると、温泉湧出能力が極めて高い源泉である。物理探査は、解析法を工夫しナトリウムイオン濃度が低い源泉を目指した。さらにケーシングプログラムにも反映させた。泉温は高温水部泉質だった。しかし、ナトリウムイオン濃度が残り単純温泉に近い泉質に至らなかった。

それでも、泉温及び泉質について、顧客からは「大変満足している」と回答を頂いた。この検討に鑑みて今後も目指した泉温・泉質に取り組んでゆく。

《引用・参考文献》

- 1) 平成30年度 鹿児島交通局再開発事業 温泉掘削調査
- 2) 令和3年度 鹿児島交通局再開発事業 温泉掘削工事