

23. 湯田温泉の地下構造と地下水流動経路

Geological structure and groundwater flow at Yuda spring

○西山成哲, 田中和広 (山口大学大学院理工学研究科), 鈴木浩一 (電力中央研究所)

Nariaki Nishiyama, Kazuhiro Tanaka, Koichi Suzuki

1. はじめに

地下深部には地表部へ向かい上昇する流体が報告されており, 一般に深部流体と呼ばれる. 深部流体は, 地下深部の低透水性で還元的な環境を期待して建設が予定されている地下重要構造物 (地層処分場, CO₂ の地下貯留施設など) にとって, その安全性を脅かす存在となっている¹⁾. 山口県の徳佐盆地においても深部流体の湧出が報告されており²⁾, CSAMT 法による比抵抗調査から, 徳佐-地福断層に沿って上昇する流体が確認されている³⁾.

徳佐盆地から約 35km 南西にある湯田温泉は, 徳佐-地福断層を含む大原湖-弥岐山西断層系に沿った場所に位置する. 湯田温泉はアルカリ性単純温泉であり, 非火山性である. 泉温は高いもので 70℃を超え, 非火山性のものとしては特異な温泉である. また内陸の温泉であるにも関わらず NaCl 成分を含み, その起源についてはまだ明らかとなっていない. 安川・田中⁴⁾は地質構造や温泉水の地化学特性等に基づき, 温泉の起源や湧出メカニズムについて検討を行った. しかし温泉水の流動経路やその起源に関する実証的な検討や深部流体との関係についての議論はなされていない. 本研究では深部流体の寄与についてさらなる地化学分析から検討を行うとともに, ボーリングコア観察および地下の比抵抗構造を可視化できる CSAMT 法を用いて, 湯田温泉の地下構造および温泉水の流動経路について検討する.

2. 調査地域の概要

調査地域周辺の地質図を図-1 に示す. 山口市周辺の地質については詳細な検討がなされており, 環状岩脈によって特徴づけられる長径 15km, 短径 13km の楕円形の山口コールドロンが想定されている⁵⁾. また山口盆地内に山口盆地北西縁断層が北東-南西方向に伸びている. この断層については湯田温泉付近において詳細な検討がなされ, 3 本の並走する断層により基盤岩が陥没した構造が想定されている⁶⁾. 湯田温泉は山口コールドロンの環状岩脈と山口盆地北西縁断層の交差する地点付近に位置する.

3. 調査結果

ボーリングコア観察: 湯田温泉の地下にある岩盤は周防変成岩であり, ボーリングコア観察から割れ目の分布密度は小さく, 一般的に透水性は低いものと考えら

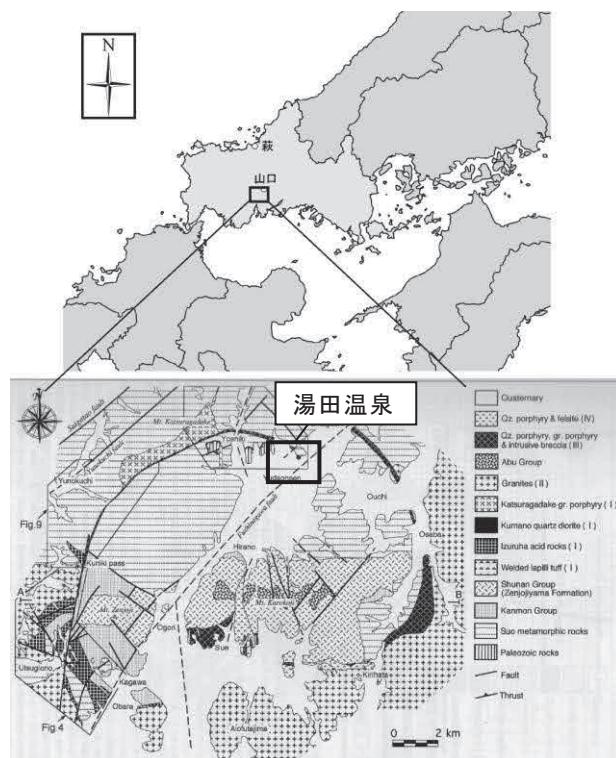


図-1 調査地域周辺の地質図⁵⁾

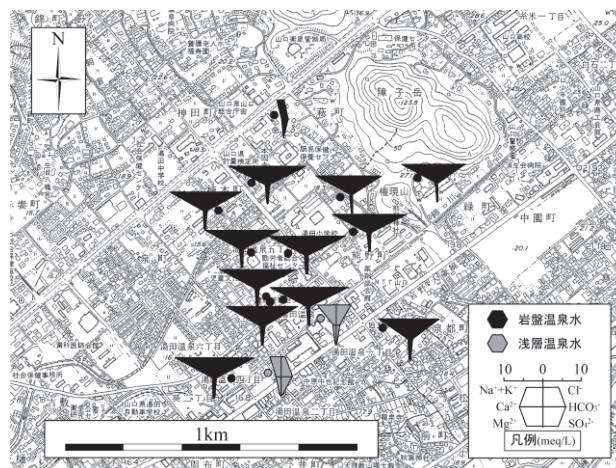


図-2 一般水質分析結果 (ヘキサダイアグラム)

れる. 一部, 幅 50 cm~1.0 m の貫入岩が分布し, 割れ目が著しく発達している. 温泉水はこの貫入岩を水みちとして流動しているものと考えられる.

温泉水の水質: 温泉ボーリングは岩盤まで掘削されたもの (岩盤温泉水) と未固結堆積物に掘削したもの (浅層温泉水) がある. 図-2 に一般水質分析結果をヘキサダイアグラムに表した図を示す. 岩盤温泉水は一部を除いて Na⁺と Cl⁻の濃度が高く, NaCl 型の水質を示す.

また Li 濃度が高く、Li/Cl 比はスラブ起源の特徴を示す⁷⁾。浅層温泉水は岩盤からの温泉水と比較して Na^+ と Cl^- の濃度が低く、 HCO_3^- の濃度高いものが含まれ、NaCl 型もしくは NaHCO_3 型の水質を示す。

安定同位体：酸素・水素安定同位体分析の結果、温泉水は天水線上にほぼ重なることから、天水起源であると考えられる。図-3 に温泉水中に溶け込んでいる HCO_3^- の炭素同位体比の測定結果を示す。NaCl に富む温泉水に含まれる炭素同位体は高く、土壌起源のものとは異なる起源であると考えられる。

比抵抗構造：図-4 に CSAMT 法探査により得られた比抵抗の鉛直断面を示す。下部 (200 m 以深) は 1,000 Ωm 以上の高い比抵抗値を示し、岩盤の分布をとらえたと考えられる。上部 (100 m 以浅) の低比抵抗帯は未固結の堆積物をとらえたと考えられ、北西端より 300 m 地点から 1,200 m 地点付近まで岩盤が陥没している様子がうかがえる。

断面図中の温泉ボーリングは 500 m 掘削されており、温泉が汲み上げられているが、その箇所には温泉の流動経路を示唆する比抵抗の異常が見られない。

4. 考察

湯田温泉の水は酸素・水素同位体比から天水起源であると考えられる。しかし、内陸部に関わらず Cl⁻ に富むこと、Li/Cl 比および HCO_3^- の炭素同位体比は深部流体の特徴と類似することから、温泉水に一部深部流体成分が混合していることが考えられる。またボーリングコア観察から流動経路は貫入岩であることが考えられ、水みちの幅は狭いことが考えられる。この結果、温泉流動経路が比抵抗に反映されなかったと考えられる。

文献

- 1) 深部地質環境研究コア編 (2012)：概要調査の調査・評価項目に関する技術資料 ―立地要件への適合性とその根拠となる調査結果の妥当性―。地質調査総合センター研究資料集, no.560, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
- 2) 村上裕晃・田中和広 (2009)：島根県南西部～山口県北東部の深部流体に関する地化学的検討, 日本応用地質学会平成 21 年度研究発表会講演論文集, 157-158.
- 3) 西山成哲・田中和広・鈴木浩一 (2014)：未確認の深部流体が存在する可能性, 日本応用地質学会平成 26 年度研究発表会講演論文集, 197-198.
- 4) 安川知里・田中和広 (2008)：山口市湯田温泉の温泉水の地球化学的特徴と起源, 山口地学会誌, 60, 9-20.
- 5) 武田賢治・今岡照喜 (1999)：山口地域の白亜紀環状岩脈とコールドロン, 地質学論集, 53, 199-219.

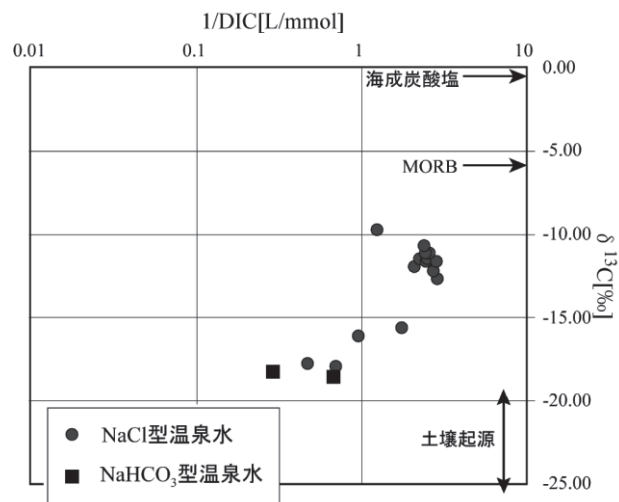


図-3 温泉水中の HCO_3^- の炭素同位体比

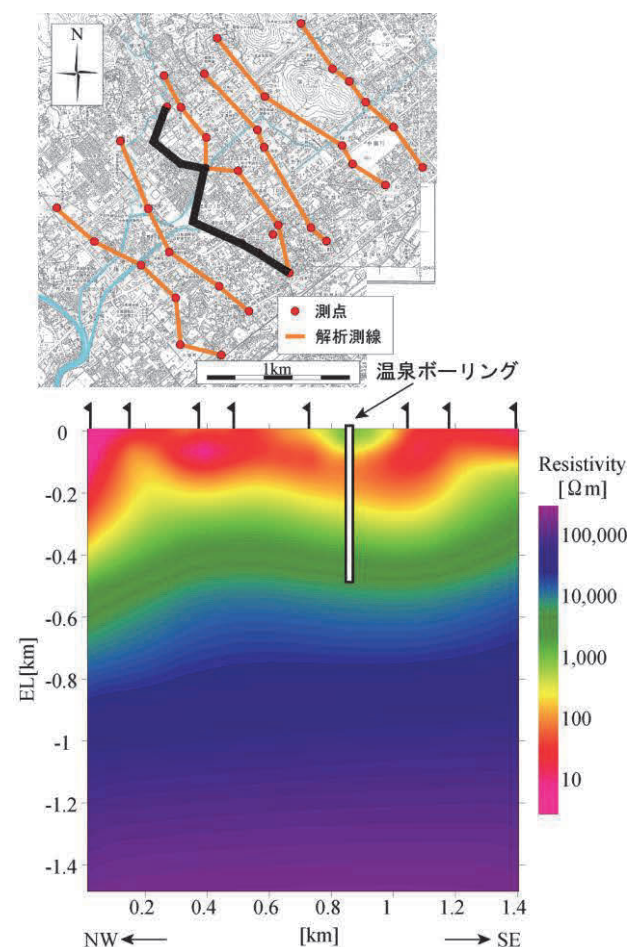


図-4 CSAMT 法による比抵抗断面

- 6) 金折裕司・田中竹延・柳田誠・山口大学断層テクニクス研究グループ (2006)：山口県中央部、大原湖断層系の性状と活動性, 応用地質, 47, 218-231.
- 7) 風早康平・高橋正明・安原正也・西尾嘉朗・稲村明彦・森川徳敏・佐藤努・高橋浩・北岡豪一・大沢信二・尾山洋一・大和田道子・塚本斉・堀口桂香・戸崎裕貴・切田司 (2014)：西南日本におけるスラブ起源深部流体の分布と特徴, 水文科学, 44, 3-16.