

日本温泉科学会第 61 回大会

一般講演要旨 [SPA (Scientific Progress Activity) ミニシンポ]

M-1. 関東地方東部における大深度温泉の地質と水質

産業技術総合研究所 関 陽 児

Hot Spring Geology and Water Chemistry Observed in the Eastern Kanto Region

GSJ, AIST Yoji SEKI

近年の新規開業温泉の主流となっている非火山性地域における大深度温泉（大山，2004）の水質は、長期間の滞留に伴う胚胎層との水岩石反応の進行や、地層堆積時にトラップされた海水等の保存・変質状態などを反映した特徴をもっていると考えられる。また、大深度の地下では動水勾配が小さく地下水の流動は極めて緩慢なため、起源や進化経路を異にする地下水相互の混合の進行も緩慢であると考えられる。これらが成り立っているとすれば、大深度温泉の水質と胚胎地質との間には、一定の対応関係が認められるはずである。

関東地方東部における大深度温泉として、関ら（2001）、丸井ら（2001）、関ら（2004）、村松ら（2008）の既報値から孔底深度 1,000–2,000 m の温泉井のデータを対象に地質と水質との関係を検討した結果、以下の知見が得られた。1) 先新第三紀基盤面の落ち込み部分では Cl^- 濃度が高い。2) 大部分の陽イオン組成は Na 卓越なのに対して陰イオン組成には多様性があり、卓越陰イオン種が大深度温泉の水質の概要を表す。3) 卓越陰イオン種と地質との間には概ね以下の関係が認められる： Cl^- 卓越は基盤落ち込み部分の海成堆積岩、 HCO_3^- 卓越は珪長質火成岩、 SO_4^{2-} は先第三紀堆積岩。

M-2. 温泉水に含まれるガス—可燃性ガスについて—

茨城温泉開発株式会社 堀 川 有・飛 田 格
(株)ドリリング計測 宮 田 厚

The Gas Which is Included in Hot Spring Water—About Flammable Gas—

Ibaraki Onsen Kaihatsu Co., Ltd. Yuu HORIKAWA, Tadashi TOBITA
Drilling Keisoku Co., Ltd. Atsushi MIYATA

温泉分析において、メタンを主成分とする可燃性ガスは、温泉成分ではないため、従来から分析されずにきた経緯がある。従って、メタンガスを付随する井戸でも、温泉汲み上げ量に対してどれくらいのガス量を伴うのか（ガス水比）やそのガス濃度等がほとんど分析されていない。

温泉を安全に利用するためには、個々の温泉においてメタンガスの有無や濃度を確認すると共に、温泉利用設備ではガスを滞留させない構造とすることが重要である。

今回は、メタンガスが付随する温泉井戸において、掘削時に揚湯試験の各段階揚湯でどのようにガス水比が変動するか確認した。さらに源泉設備が完成した後に、今後の安全対策のための資料を

得る目的で、ガス水比の変動やガス分離設備の各所でのメタンガス濃度を測定したので、その結果を報告する。

温泉掘削終了後、水中ポンプ (SP-17, 15kW, 400V) を -364m に設置し、揚湯試験の際にガス量も同時に測定した。汲み上げた温泉水を簡易ガスセパレーターに通して分離し、オリフィス流量計を通過させ測定した。源泉設備が完成後は、ウェルヘッド部のケーシングフローラインもセパレーターへ導入してガス量を測定した。

掘削時の揚湯試験では揚湯量を増量させると、ガス水比が上昇した。これは水中ポンプのインテーク部流入速度の増加に伴ってガスの吸入割合が増大することによると考えられる。

しかし温泉胚胎層においてメタンガスの溶解度は一定と考えられるので、汲み上げられる温泉水に付随するガス以外の分離ガス (ケーシングフロー分) も留意すべきである。

また温泉掘削時のメタンガス噴出危険性はメタンガスの付随量が大きいと増すが、メタンガスの溶解度は圧力 (深度) によって増大することから、地域的なガス分布以外にも、掘削深度も考慮すべきである。

M-3. 水溶性天然ガス資源 (南関東ガス田) の研究—温泉掘削、深層熱水利用等の指針策定への貢献 (アウトカム)—

産業技術総合研究所 佐脇 貴幸・金子 信行・猪狩 俊一郎
前川 竜男・徳橋 秀一・中嶋 健
棚橋 学・坂田 将・森田 澄人

Study on the Natural Gas Resource of Dissolved-in-water Type Beneath the Kanto Plain (Minami-Kanto Gas Field): Outcome as Guidelines for Drilling of Hot Springs, Use of Deep-seated Geothermal Water, etc.

AIST, GREEN T. SAWAKI, N. KANEKO, S. IGARI, T. MAEKAWA, S. TOKUHASHI
T. NAKAJIMA, M. TANAHASHI, S. SAKATA, S. MORITA

近年、都心平野部での温泉開発が盛んに進められる一方、温泉水に含まれている水溶性天然ガスが原因となった爆発事故が連続している。例えば、2005年2月の東京都北区の温泉掘削現場でのガス炎上事故、2007年6月の渋谷区での温泉施設爆発事故などが記憶に新しい。これらの事故が発生した地点は、「南関東ガス田」と呼ばれる水溶性天然ガスの分布域内に入っている。

南関東ガス田はわが国最大の水溶性天然ガス田であり、1976年に地質調査所 (現 産業技術総合研究所地質調査総合センター) によって出版された「日本油田・ガス田分布図 (第2版)」 (以下油田ガス田図) にその分布範囲が示されている。すなわち、千葉県 (房総半島中部)、茨城県 (南部の利根川付近以南)、埼玉県 (東部)、東京都 (東部)、神奈川県 (横浜以東) にまたがる範囲が南関東ガス田に相当する。その炭化水素資源量は、1975年に地質調査所によって、5,500~6,600億 m³ と見積られている (原始埋蔵量)。この水溶性天然ガスは、地下深くに胚胎する鹹水 (深層熱水) に溶存しているものであり、主成分はメタンである。房総半島中部の九十九里周辺 (例えば茂原市周辺) では、坑井から鹹水を汲み上げ、分離した水溶性天然ガス (メタン) を千葉県下に供給している。また、鹹水からはヨウ素が分離抽出され、世界の生産量の約 1/3 をまかなっているという現状がある。

このように、南関東ガス田は、日本における数少ない優良な地下資源の一つであり、昨今の地下資源の動向と将来的な安定供給の必要性を鑑みると、その資源の賦存状況を改めて正確に把握しておくことが重要と考えられる。しかしながら、この水溶性天然ガス-鹹水（深層熱水）の賦存状況の詳細、および水溶性天然ガスの主要胚胎層である上総層群相当層を含めた地下地質状況の詳細等については、現在も天然ガス開発が進められている九十九里周辺を除けば、上述の油田ガス田図の出版以降ほとんど未解析のままである。

一方、関東平野における深部ボーリング（1,000 m 以深）での温泉開発は、主にこの鹹水（深層熱水）を開発ターゲットとしている。このため、南関東平野部における温泉開発には、必ずこの水溶性天然ガス（メタン）の処理がつきまとうことになり、この水溶性天然ガスが原因となった前述のような温泉ガス爆発事故の発生を受け、油田ガス田図が温泉ガス爆発事故対策のための行政的な指針の基図として利用されている（例えば、環境省から都道府県知事あての通達；

http://www.env.go.jp/nature/onsen/comm_cnsgsm/05/mat03-2.pdf,

http://www.env.go.jp/nature/onsen/comm_cnsgsm/05/mat03-3.pdf）。しかしながら、本図は出版されてからすでに30年を経過しており、今後の安全対策を考えた場合、これを最新の水溶性天然ガスの賦存状況、地質学的情報を盛り込んだものと更新・改訂する必要があることが、産総研内外から指摘された。

以上のような状況を背景として、平成20年度から、産総研・地圏資源環境研究部門の重点化研究項目として、「関東平野における水溶性天然ガス鉱床の分布に関する地質・地化学的調査研究」が開始された。本研究は3年計画であり、その主目的は、将来にわたる資源の安定供給に資するために、南関東ガス田域における地質学的情報および水溶性天然ガスの賦存状況（分布範囲、資源量等）に関わる資源情報を整備し、新たな燃料資源地質図として取りまとめることにあるが、また同時に、整備した燃料資源地質図を、①安全な温泉開発を行うための地質学的な基礎情報とそれに基づく安全対策指針として利用していただくこと、②温泉資源（深層熱水）の効率的利用のための地質学的な視点からの指針として利用していただくこと、さらには③現在利用されずに排出されているメタンガスの有効利用のための基礎的情報として利用していただくこと等のアウトカムを視野に入れている。

M-4. 室内実験による炭酸カルシウムスケールインヒビターの選択と注入条件の検討

日鉄鉱コンサルタント(株) 木場 昭彦・清水 明・野田 徹郎

Laboratory Experiments on Selection and Injection Condition of Scale Inhibitors for Preventing Calcium Carbonate Scales

Nittetsu mining consultants co., Ltd. Akihiko Koba, Akira Shimizu, Tetsuro Noda

奥尻西部地域に賦存する地熱水は、炭酸カルシウムスケールを析出しやすい性状であることが予測されたため、噴出試験ではインヒビター注入法を適用することとし、事前に室内実験でインヒビターの種類や濃度の検討を行った。ポリアクリル酸系等の6種類を供試し、それぞれ6水準の濃度で実験を行った。ビーカーに満たされた熱水中にインヒビターを添加し、電気ヒータで加熱した。熱水は推定熱水成分になるよう試薬を加え試験液とした。加熱昇温とともに熱水からCO₂が放出さ

れ濁りが発生してくる。濁が起こらずまたは長時間低濁度に抑えられる条件のものを良とし、インヒビター毎の最適濃度を把握した。また CO₂ ガスを液中で飽和させた後にインヒビターを添加する方法でも比較選定した。その結果、①添加濃度には最適値があること、②抑制効果が濃度に依存するインヒビターとあまり依存しないものがあること、③熱水性状の違いにより効果が異なること、④B社③3 mg/l, D社⑥10 mg/l (B 剤) および A社②5 mg/l (A 剤) の順に抑制効果が見られたこと、などが判明した。噴出試験の結果、B 剤はほとんど付着していなかったのに対し、A 剤は沸騰面に当たる流調弁の出口側に多くのスケールの付着が見られた。噴出した熱水の Ca 濃度と HCO₃ 濃度は、試験液のそれらに比べ高濃度であったことと、A 剤は B 剤に比べ Ca 濃度変化に対応しにくいことが原因であることが考えられる。

M-5. 日本の塩化物塩泉の分類について

産業技術総合研究所 高橋 正明

Isotopic Classification of Brine Type of Hot Springs in Japan

GSJ, AIST Masaaki TAKAHASHI

Matsubaya *et al.* (1973) は、主に温泉水の水素・酸素同位体組成を用い、日本の温泉を海岸、有馬型、グリーンタフ型、および火山性の 4 つのタイプに分類した。このうち海岸温泉に分類されるものは、 δD が +10 ~ -35‰、 $\delta^{18}O$ が -10 ~ +10‰ と、非常に同位体組成の分布範囲が広く、また有馬型および火山性温泉の端成分の同位体組成の分布範囲を含んでいる。「海岸」温泉の起源、形成機構の解明への寄与のため、「海岸」温泉自体をさらに分類してみることにする。

(1) 海水… δD 値、 $\delta^{18}O$ 値とも 0 近傍のもの。

(2) $\delta^{18}O$ 値が小さな水…福島県只見温泉が代表例。海洋堆積物間隙水にも見られる。例えば千葉県房総半島で見られる水溶性ガス田付随水も同位体的性質が類似している。

(3) Cl 濃度が大きな水…山形県元笹小屋鉱泉が代表例。Cl 濃度が 30,000 ppm にも達し、同位体的には通常の油田鹹水に、塩自体あるいは非常に高塩濃度の流体が注入されたかのように見える。

(4) $\delta^{18}O$ 値が大きくなる時、同時に Cl 濃度が小さくなる水…新潟県松之山温泉、北海道遠別旭温泉 (歌越別メタン田) がその代表例。油田鹹水がこの範疇に含まれる。同位体的には (2) の水と、安田 (1996) が示した水の間分布している。

M-6. Fluoride in Geothermal Waters in Korea

Groundwater Environment Research Group, Korea, Institute of Geoscience & Mineral Resources

(KIGAM), Gi-Tak CHAE, Byoung-Woo YUM, Dong-Chan KOH, Kyung-Seok KO
Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University Seong-Taek YUN

The purposes of this study are to introduce case studies for fluoride in geothermal waters of Korea, dealt with relationship between the fluoride concentration and geology as well as the geochemical behavior of fluoride in those waters. Fluoride ion in geothermal waters in

Korea may originate from weathering of granite and metamorphic rocks containing fluorine-rich minerals. Hydrogeochemical data (N=377) of geothermal waters has been collected from spa areas of Korea. The Mann-Whitney U test is used for comparing fluoride concentration of each geological group. The order of the median fluoride concentration with respect to geology is as follows : metamorphic rocks \geq granite \geq complex rocks \gg volcanic rocks \geq sedimentary rocks. It can be concluded that the fluoride concentration of geothermal waters and even deep groundwater from the metamorphic rock, granite, and complex rock is higher than that from volcanic rocks and sedimentary rocks. The result of this study provides the clue to find geothermal water in deep environment of Korea.

M-7. 温泉の浴用利用による燃料代替効果

産総研・地圏資源環境研究部門 村岡洋文

Fuel-alternative Effect by Bath Use of Hot Springs in Japan

AIIST, Institute for Geo-Resources and Environment Hirofumi MURAOKA

わが国は世界最大の温泉国であるが、温泉浴用利用のエネルギー貢献は、ほとんど評価されていない。ここでは温泉浴用利用による節約熱エネルギーを、『温泉を浴用利用することによって節約される、浴槽水を日本の平均気温 15°C から、日本人の浴用嗜好温度 42°C まで熱することに要する熱エネルギー』と定義し、そのエネルギー量を統計的に推定してみる。42°C 未満の温泉についてみると、42°C と 15°C の中間温度より高温側のものは、燃料節約効果の方が幾分大きい、低温側のものは 42°C まで加熱する過程で消費するエネルギー量の方が幾分大きい。つまり、両者の節約効果は概ね相殺される。よって、湧出温度が 42°C 未満の温泉は無視し、42°C 以上の温泉のみを評価の対象とする。家庭の浴槽で加熱する場合、42°C より高温側まで加熱する必要性はほとんどない。この代替性の観点から、温泉の持つ 42°C を超える温度差エネルギーは、一切評価しない。つまり、湧出温度が 42°C 以上の温泉を評価の対象とするが、たとえそれが沸騰泉であったとしても、15°C と 42°C の間の温度差エネルギーのみを評価する。その結果、全国の温泉浴用利用によるエネルギー代替効果は、設備熱容量が 2970.9 MWt となり、設備利用率を 0.39 として、熱利用量が 36,561.7 TJ/年または 10,156 GWh と見積られる。これは、現在のわが国の地熱発電の 3 倍以上の貢献を意味する。