

日本温泉科学会第 64 回大会

一般講演要旨 (ポスター発表)

P1. 地球化学的にみた大分県山香温泉の生成機構

大分大学大学院教育学研究科 酒井 拓哉
 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 大沢 信二
 奈良女子大学共生科学研究センター 山田 誠
 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 三島 壮智
 大分大学大学院教育学研究科 大上 和敏

A Formation Mechanism of Yamaga Hot Spring in Oita Prefecture Inferred from Geochemical Data of Hot Spring Waters and Their Accompanied Gases

Grad. Sch. Edu., Oita Univ. Takuya SAKAI
 Beppu Geotherm. Res. Lab., Kyoto Univ. Shinji OHSAWA
 Kyousei Sci. Center, Nara Women's Univ. Makoto YAMADA
 Beppu Geotherm. Res. Lab., Kyoto Univ. Taketoshi MISHIMA
 Grad. Sch. Edu., Oita Univ. Kazutoshi OUE

大分県杵築市山香町にもガスを伴いながら自噴している高塩分の鉱泉の存在が古くから知られていたが、本格的な研究は行われておらず、山下 (1982) による簡単な調査報告があるのみであった。そこで、本研究では温泉の生成機構について明らかにするために、当該地域の源泉を改めて調査し、温泉水および温泉付随ガスを採取して、化学・同位体データを入手した。

それらのデータに基づいて解析した結果、温泉水、温泉付随ガスの地球化学的な諸情報は一致して、山香町の温泉の形成にはマグマ性流体が関与したことを指し示し、さらに、その温泉起源流体は古い時代のマグマに由来したものとするのが妥当であると考えられた。また、本研究地域には形成年代が約 500 万年前の浅熱水性金鉱床 (星住・森下, 1993; Watanabe, 2005) が存在し、温泉水の生成年代とともに両者の関連性に興味をもたれる。このことを探るためにも温泉水の年代決定を試みようと考えている。

P2. 箱根火山の基盤岩中に湧出する温泉の特徴

神奈川県温泉地学研究所 菊川 城司・板寺 一洋・吉田 明夫

Characteristics of Hot Spring Waters in Basement Rocks of Hakone Volcano

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture
 George KIKUGAWA, Kazuhiro ITADERA, Akio YOSHIDA

箱根火山の 3 つの地区 (湯河原温泉を含む) の基盤岩中に湧出する温泉について、溶存する主要イオンの濃度やイオン間の濃度比を詳細に調べ、湧出する温泉の性質を比較した。そして、それら

の特徴を基に、基盤岩中の温泉水の湧出機構を考察した。

基盤岩中温泉の生成機構は、温度と成分の間や成分間どうして見られる相関および逆相関関係によって、基本的には、基盤岩中に胚胎されている溶存成分に富んだ高温の水と、成分濃度が低く低温の比較的浅層の水との 2 系統の単純な希釈関係で説明が可能である。地域間あるいは同一地域内でも、そこでの局所的な地質構造や堆積物を恐らく反映して、胚胎されている温泉水や浅層の水に違いがあることによる差違が認められるものの、狭い地域でも複雑で様々な生成機構を持つと推定される火山体中の温泉 (例えば菊川ら, 2011, 板寺ら, 2011) と比較すると、基盤岩中温泉の生成機構は単純であると考えられる。

P3. 玉川温泉産北投石の放射能と元素分布の可視化

大阪大・安全衛生 齊藤 敬
 明治大研究・知財戦略機構 栗原 雄一
 明治大・理工 小池 裕也
 日本大・文理 山形 武靖・永井 尚生
 高知大・KCC 松崎 琢也・村山 雅史

Imaging of Distribution of Radioactivity and Major Elements in Hokutolite

Dept. Admin. Safety Hygiene, Osaka Univ. Takashi SAITO
 Org. Strate. Coord. Res. Intellectual Prop., Meiji Univ. Yuichi KURIHARA
 Sch. Sci. Technol., Meiji Univ. Yuya KOIKE
 Coll. Hum. Sci., Nihon Univ. Takeyasu YAMAGATA, Hisao NAGAI
 Center Adv. Marine Core Res., Kochi Univ. Takuya MATSUZAKI, Masashi MURAYAMA

イメージングプレート (IP) を用いて秋田県玉川温泉産の北投石の放射能強度分布を、さらに電子線プローブマイクロアナライザー (EPMA) による分析で元素分布を可視化し、それらの違いについて考察した。測定の結果、玉川温泉の北投石で一般的にみられる白色層・褐色層の違いによらず、同一条件下にて生成していると思われる堆積層においても放射能に数倍程度の違いが生じていることがわかった。よって、IP を用いて北投石をイメージングすることにより、堆積面に垂直に放射能強度のプロファイルを調べることで、外見 (色) だけによらない北投石の産地同定や年代測定の可能性が示唆された。また、IP 画像と EPMA による元素分布とを比較すると、鉛の濃度が高い層の放射能強度が強い傾向がみられた。これは、過去の報告と一致した。しかし、一般的な玉川温泉の北投石にみられる「白色層>鉛濃度>褐色層」・「白色層>放射能>褐色層」の傾向とは必ずしも一致しなかった。今後さらなる測定を行い詳細な情報を得る予定である。

P4. 水環境中のレジオネラのオンサイトモニタリング

大阪大学大学院薬学研究科 山口 進 康・馬場 貴志・上林 裕子
 井口 洋平・乾 智博・阪野 文哉・那須 正夫

Rapid Detection of *Legionella pneumophila* in Aquatic Environments by Using a Microfluidic Device

Grad. Sch. Pharm. Sci. Osaka Univ.

N. YAMAGUCHI, T. BABA, Y. UEBAYASHI, Y. IGUCHI, T. INUI, F. BANNO, M. NASU

レジオネラ症のアウトブレイクの予防のためには、水環境中のレジオネラの迅速かつ高精度なモニタリングが重要である。そこで本研究では、マイクロ流路デバイスを用いた冷却塔水中のレジオネラ数測定法を検討した。作製したマイクロ流路デバイスに、抗 *L. pneumophila* 蛍光抗体および試料を一定の速度で流し、デバイス上で染色するとともに、検出部において画像を取得し、画像解析により試料中の細菌数を算出した。標準菌株として *L. pneumophila* を用いた場合、マイクロ流路デバイスで測定した値は、蛍光顕微鏡での測定値と高い相関性があった。さらに、環境試料として用いた冷却塔水中の *L. pneumophila* 数測定においても、蛍光顕微鏡での測定値とほぼ同等の結果が得られた。本手法はデバイス上で細菌の蛍光染色が可能であり、対象とする細菌を1時間以内に計数できることから、レジオネラ数測定の自動化に大きく寄与するものと考えられる。本研究は、科学研究費補助金(21256002)により行なった。

P5. レジオネラに対する銀イオンの効果的な消毒について

東邦大学・医学部 加藤 尚之・齋藤 宏治・大野 章

Effective Sterilization of Silver Ion for *Legionella*

Fac. Med., Toho Univ. Naoyuki KATO, Koji SAITOH, Akira OHNO

近年温泉施設では循環装置の導入に伴いレジオネラによる感染症が大きな問題となっている。国はレジオネラに対し塩素薬剤の消毒を推奨しているが、塩素薬剤による消毒には様々な問題点が指摘されている。そこで塩素薬剤に変わる消毒剤として残留性のある銀イオンに着目しこれまで検討を行ってきた。その中で銀イオンによる消毒では温泉の泉質によっては塩素薬剤に比べ消毒効果に遅延性があることが分かった。また温泉によっては銀イオン濃度が十分にあるにも関わらず消毒効果が認められないことがあった。そこで効果的に銀イオン消毒を行なうためにはろ材を含めたる過槽ならびに浴槽内を薬剤で清掃する必要があると考え、今回第四級アンモニウム塩と2-フェノキシエタノールの混合液によるレジオネラおよびその宿主であるアメーバへの消毒効果について検討を行ない、さらにそれを用いてろ過槽ならびに浴槽内の清掃を行なった後、銀イオンを添加した。その結果1) 第四級アンモニウム塩と2-フェノキシエタノールの混合液はレジオネラに対し10 minで消毒効果が認められた。2) またアメーバに対する細胞致死率は60 minで100%であった。3) この溶液を用いてろ過槽ならびに浴槽内の清掃を行なった後、銀イオンを添加した結果、浴槽内からレジオネラは検出されなかった。

P6. 兵庫県下の温泉付随メタンガスの濃度分布とガス分離設備によるメタンの除去挙動

兵庫県立健康生活科学研究所 川元 達彦・矢野 美穂・山崎 富夫
山本 研三・三橋 隆夫

Studies of Distribution of Methane Gas Associated with Hot Springs and Characteristics of Its Removal Processes by Gas Separation Plants in Hyogo Prefecture

Hyogo Pref. Inst. Public Health Consumer Sci.

Tatsuhiko KAWAMOTO, Miho YANO, Tomio YAMASAKI, Kenzo YAMAMOTO, Takao MITSUHASHI

兵庫県下の 115 源泉について温泉付随メタンの調査を実施した (調査期間: 2007 年 10 月~2011 年 4 月)。その結果, 水上置換法で得られたメタン濃度は N.D.~1,560% LEL の範囲で, 22.6% の源泉でメタン対策が必要であった。それらの源泉は大阪層群, 神戸層群, 和泉層群, 有馬層群, 丹波層群に位置し, 有機物を多く含む堆積層を起源としていた。さらに, メタンガス分離設備を, その原理から自然分離方式 (貯水槽), 換気方式 (気化したガスの排気), 加圧分離方式 (気泡化したメタンの分離・除去), 散水方式に分類した。調査した施設では, これらの単一方式や複数の方式を組合せた構造が多数認められた。自然分離方式の貯水槽のうち, メタン濃度が高い源泉に対しては 1 槽では十分に除去出来ない場合も認められたが, 2 槽の連結により基準値未満までの除去が可能であった。換気方式と加圧分離方式のガスセパレーターでは, メタンの除去率は単一方式で低い結果を示したが, 貯水槽や散水装置との組合せにより基準値未満までの除去が可能であった。散水方式のガスセパレーターでは, マイクロバブルガス等の微細な気泡までのメタンガスの分離・除去が可能であり, 単独で使用しても十分にメタンを除去できる設備であった。各分離方式による除去特性を把握し, また温泉付随メタンガスの性状や施設の構造に応じてガス分離設備を選択・活用することが, メタンの除去対策を行う上で重要と考えられた。

P7. 兵庫県下の温泉成分のデータベース化と地域特性に関する研究

兵庫県立健康生活科学研究所 矢野美穂・川元達彦
前田絵理・三橋隆夫

Studies of the Database of Components of Hot Springs and Its Characteristics in Hyogo Prefecture

Hyogo Pref. Inst. Public Health Consumer Sci.

Miho YANO, Tatsuhiko KAWAMOTO, Eri MAEDA, Takao MITSUHASHI

環境省は, 平成 21 年 3 月 31 日付で各都道府県に対して温泉の掘削等の不許可事由の判断基準についての考え方を示す「温泉資源の保護に関するガイドライン」を発出した。温泉資源保護の取り組みとしては保護区域の設定や泉源間の距離規制が主であるが, これらの検討の第一段階として, 本研究では当所で既に構築している温泉成分のデータベースを用いて県下の源泉の分布状況や泉質特性に関する知見の集積を行った。兵庫県下の 200 源泉 (利用および未利用源泉) を対象として泉質特性に関する解析を行った結果, [1] 泉温: 9.8~98.5℃の範囲で, 冷鉱泉と低温泉が各々約 35% ずつと最多であった。高温泉 (42℃以上) は県北部の但馬 (城崎, 湯村, 浜坂) と県南東部の有馬および阪神, 神戸地域の沿岸部に分布していた。[2] 溶存物質 (ガス性のものを除く): 0.073~66.5 g/kg の範囲で, 1 g/kg 未満が 40% を占めた。高張性の温泉は県南東部に多く, 海水 (30 g/kg 以上) 以上の溶存物質を含む源泉 (7%) も認められた。[3] 泉質: 塩化物泉が全体の約 50%, 単純泉が約 30%, 規定泉と炭酸水素塩泉が各々約 9% であった。地域特性として, 但馬のグリーンタフ型であ

る硫酸塩泉と沿岸部の塩化物泉，神戸東部および淡路南部の炭酸水素塩泉，北播磨の Na・Ca 型の塩化物泉，有馬の多様な泉質（含鉄強塩泉，含二酸化炭素泉，放射能泉）等が挙げられた。これらの泉質の解析結果は，温泉水の湧出起源の異同を判断する科学的根拠の一つとなること，また，本県では内規により半径 500m 以内での掘削を同意書提出により制限しているが，本結果から得られた源泉の分布特性等の知見は，温泉保護対策に必要な地域特性の把握等を可能とすることから，温泉保護の規制の取組みに対して有益な知見と考えられた。

P8. 携帯電話と QR コードを使った温泉地情報の発信

北海道立総合研究機構地質研究所 鈴木隆広・秋田藤夫

Outbound of Spa Information by Use of Mobile Phone and QR Code

Geological Survey of Hokkaido, HRO Takahiro SUZUKI, Fujio AKITA

温泉地を散策する際の必要なものに「ガイドブック」や「ガイドマップ」がある。様々なタイプのものであるが，基本的には紙媒体による情報提供であるため，情報の更新頻度が低く，リアルタイムの情報提供には向いていない。逆に道路網や歴史的背景などの基本的に変わらない情報提供には向いているといえる。一方，ウェブによる温泉地の情報提供は，テキスト，写真，動画などを組み合わせておこなわれており，提供者側からの一方的な提供のほか，双方向的に利用できるものなど，様々なものがある。基本的に更新頻度が高いため，生きた情報を提供できるメリットがある。

そこで，両者の良い点を上手に活用する手法として，携帯電話のインターネット機能と QR コードをリンクさせた情報提供を考えた。具体的には，ガイドマップや看板に表示している QR コード，QR コードに格納された URL のウェブコンテンツ（テキスト・写真・音声・動画など）を携帯電話でリンクさせた情報提供である。この手法を用いれば，利用者は従来のガイドブックでは得られなかった最新の情報を受け取ることが可能になり，提供者は低コスト・低労力で最新の情報に更新することが可能になる。

本報告では，登別市および（社）登別観光協会の協力をいただいて，登別温泉をテストフィールドとした情報発信システムについて紹介する。

P9. 平成 23 年東北地方太平洋沖地震によって観測された北海道内での温泉変動

北海道立総合研究機構・地質研究所 秋田藤夫・柴田智郎・高橋徹哉

Hot Spring Water Level Changes in Hokkaido Induced by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake on March 11, 2011

Geol. Survey Hokkaido, Hokkaido Res. Org. Fujio AKITA, Tomo SHIBATA, Tetsuya TAKAHASHI

平成 23 年東北地方太平洋沖地震（M9.0）に伴って北海道内でも広い範囲で温泉変動が観測された。温泉変動は主に水位の変化であった。観測井の深度は 54~1,400 m であり，被圧帯水層の水位を観測している。観測結果から地震波に伴う水位の振動・ステップ状の変化・地震直後から引き続き上昇あるいは低下が認められた。海岸沿いの観測井の一部では津波に伴う水位変化も観測された。今回の調査結果から水位が上昇した観測井は 2 本，低下した観測井は 17 本，変化なしの観測

井が 3 本であった。最も水位変化の大きい観測井は約 1.24m の低下であった。

国土地理院による断層モデル (国土地理院, 2011) を用いて, 地震の断層変位による静的な体積歪変化を MICAP-G (内藤・吉川, 1999) によって計算した。それによると北海道は門別町の沿岸部から苫前町付近を経て稚内と利尻島の間を通るほぼ南北のラインを境に, 西側では体積歪の伸張域, 東側では圧縮域となっている。西側で推定された体積歪は $0 \sim +10^{-7}$ オーダーで道南地域に移動するにしたがい変化量は大きくなる。また, 東側は $0 \sim -10^{-7}$ オーダーで太平洋側に移動するにしたがい体積歪が大きくなる。地震による水位変化は伸張域では概ね地震の断層変位による静的な体積歪変化で説明可能であるが, 圧縮域が広がる道東地域では, 静的な体積歪変化では説明できない水位変動を示した観測井が多く見られた。

P10. 東北地方太平洋沖地震に伴う白浜温泉の水位変化

NPO シンクタンク京都自然史研究所 西村 進
(有)ネオ・サイエンス 城 森 信 豪

Water-level Change of a Shirahama Hot Spring after “Tohoku Region Pacific Coast Earthquake”

NPO Think-tank Kyoto Inst. Natural History Susumu NISHIMURA
Neo-Science, Lt. Co. Nobuhide JOMORI

南紀白浜 湯崎漁港整備事業は平成 20 年から始まり, 今年 3 月から行幸泉源の近辺での浚渫作業を行うに伴い, 岩盤の掘削がなされている。

湯崎温泉 行幸泉源は湯崎断層に沿い海岸近くの岩盤の亀裂中に胚胎する湯崎温泉の代表的な泉源の一つで二酸化炭素の力で自噴している泉源である。狭い 10m^2 程度の範囲に元湯, 1 号, 2 号, 3 号の 4 掘削孔を有し, 互いに干渉している泉源で, 昨年元湯が改掘削された。廃井とされた孔の自噴停止させている状態で CTD ダイバー水位計を入れて 30 分おきのデータを取り記録している。測定項目は水位, 水温, 導電率である。

P11. 兵庫県のいくつかの温泉と地質構造

NPO シンクタンク京都自然史研究所 西村 進・赤松 信

Some Hot Springs and Geological Structure in Hyogo Prefecture

NPO Think-tank Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA, Makoto AKAMATSU

兵庫県は本州弧の西日本内帯に属し, ほぼすべての内帯の地質帯が存在するので, 内帯の地質構造と温泉・鉱泉の分布の関係を見ることが出来る。日本海側から,

- ① 後・但馬火山帯は現在活動している火山は存在しないが, 新生代の火成活動の噴出岩・凝灰岩が広く分布し, 最終期の火山活動は第四紀のアルカリ玄武岩系の火山噴出が西から扇山, 鉢伏, 神鍋, 田倉山火山群が見られる。地温勾配は $6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 程度であるが, 基盤の花崗岩に入ると $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 程度に下がる。
- ② 舞鶴帯 ペルム系—三畳系の堆積岩, 夜久野岩類, 蛇紋岩類の海洋底の岩石が分布する縫合

帯 (Sutuer zone) であり地温勾配は、 $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 程度であり、温泉の可能性が難しく、得られた泉源は少ない。しかし、場所によると、 $1,000\text{m}$ 程度の掘削で特殊な成分を含む温泉がみられる。

- ③ 丹波帯は三疊系が広く分布する地帯で、大深度掘削しても成功しない事が多い地質帯である。地温勾配は $2.0\sim 2.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 程度である。山崎断層系に温泉が $1,200\text{m}$ 程度の掘削で得られている。この地質体に花崗岩類の貫入があり、 $10\sim$ 数百mの浅い掘削で放能泉、炭酸泉、塩類泉がある。
- ④ 領家帯 中央構造線の北側で淡路島の温泉がこれにあたる。 $2.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 程度の地温勾配で、東浦、野島断層沿いに泉源が見られる。

P12. 東北地方太平洋沖地震に伴ういくつかの温泉の変化

(財)中央温泉研究所 大塚 晃 弘・高橋 孝 行・益子 保

Changes in Several Hot Spring Activities Associated by the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

Hot Spring Research Center Akihiro OHTSUKA, Takayuki TAKAHASHI, Tamotsu MASHIKO

2011年3月11日14時46分に発生した三陸沖を震源とする「東北地方太平洋沖地震」マグニチュード (M) 9.0の地震に伴い、当研究所で観測しているいくつかの温泉地で、以下の通り明確な変化が観測された。

- a) 下部温泉 (山梨県)：源泉館源泉では地震発生後から泉温が約 1°C 、水位が約 4cm 上昇した。ECは地震後から緩やかに上昇し、20日間かけて約 $100\mu\text{S}/\text{cm}$ 上昇した。しもべ奥の湯高温源泉は水位が約 8m 上昇した後は低下傾向を示した。
- b) KG温泉 (T県)：地震発生後に水位が上昇した。
- c) KW温泉 (T県)：4源泉で地震発生後に水位の上昇が確認された。
- d) DG温泉 (E県)：地震発生後に水位が上昇した。

いずれの温泉地も震源地からは距離が離れているが、地震後に水位等が上昇した。その原因としては、温泉水の流路である割れ目 (湯脈) に溜まった沈殿物が地震動によって除去されたこと、地震動で湯脈が開いたこと (流路の変化) などが考えられる。

P13. 2011年東北地方太平洋沖地震と温泉

昭和女子大学 大山 正 雄
日本温泉協会 布山 裕 一・森 行 成・荒井 英 世
木 島 優 子・寺 田 徹

The 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake and Hot Springs

Fac. Lit., Showa Women's Univ. Masao OYAMA
Japan Spa Ass. Hirokazu NUNOYAMA, Yukishige MORI, Hideyo ARAI, Yuko KIJIMA, Toru TERADA

2011年3月11日に宮城県太平洋沖の日本海溝付近を震源とするM9の地震が発生し、東北日本

の太平洋沿岸地域に壊滅的な被害を与えた。この M9 地震は日本史上最大にして超巨大地震であったので地震による温泉の変化は、東北日本のみならず、北海道から九州まで及んでいる。温泉の変化は本震によるものとその後の M6 以上の地震 (余震) によるものとに大別できる。本震の震源に近い東北日本の太平洋側では本震で、遠い地域では余震で起きている。そして、東北日本の太平洋に面する福島県の温泉では 3 月 11 日の本震 (逆断層型) と 1 ヶ月後に福島県内陸部で起きた 4 月 11 日の M7 余震 (正断層型) の両方で起きている。このような現象はこれまで経験しないことであった。温泉の変化は水位と泉温の上昇と低下、湧出量の増加と減少と停止、成分や色の変化、濁りなどである。