

日本温泉科学会第 60 回大会

一般講演要旨（口頭発表）

1. 北海道の単純温泉について

(株)ドリリング計測 松波 武雄
北海道立研究所 鈴木 隆広・藤本 和徳

The simple waters spring of Hokkaido

Drilling Keisoku Co., Ltd Takeo MATSUNAMI
Geological Survey of Hokkaido Takahiro SUZUKI, Kazunori FUJIMOTO

単純温泉の「温泉分析書」別表（泉質に基づく禁忌症、適応症など）は、療養泉に定義される特殊成分（例えば総硫黄・水素イオンなど）を含まないかぎり泉温のみによって規定される。

近年の掘削井の多くは動力揚湯されている。泉温 25~30℃程度の単純温泉では、利用に際して泉質分析時の揚湯量を下回る場合や泉質分析後に何らかの原因で泉温低下をきたした場合、「温泉分析書」別表が意味をもたなくなることが予想される。時には温泉に該当しない事態に陥る。低温の単純温泉が以上の問題点を含んでいることから、北海道の単純温泉の分布・化学組成・泉温・利用実態について検討した。

泉温・利用実態の点では、“従来温泉地”（自然湧泉から出発した温泉地）の単純温泉は大部分が自然湧出か浅い坑井から自噴状態で利用されている。このため、湧出量・泉温の管理は容易である。一方、“新規温泉地”（掘削により新しく開発された温泉地）の単純温泉（掘削井）の泉温は、単純温泉を規定する 25℃ から十分に余裕をもった坑井が大部分である。25℃ 以上 30℃ 未満の坑井は 8.5% 程度ある。

道内の単純温泉では、「温泉分析表」別表が効力を失うような可能性は少ないと見られる。しかし、泉温が 25℃ に近く、動力揚湯されている坑井については、揚湯量（泉温）の十分な管理が求められるであろう。

2. 2000~2007 年における洞爺湖畔温泉の化学成分等の変動

北海道立衛生研究所 内野 栄治・青柳 直樹・市橋 大山・中山 憲司

Variation of Chemical Components Concentrations in Toya Hot Springs Observed during 2000-2007

Hokkaido Institute of Public Health

Eiji UCHINO, Naoki AOYANAGI, Daisen ICHIHASHI, Kenji NAKAYAMA

2000 年有珠山噴火による周辺温泉の泉質への影響と火山活動の消長を知る目的で、洞爺湖畔温泉 18 源泉の泉温や主要成分に加え、水銀、ホウ素などの揮発性の高い微量成分を定期的に観測してきた。泉温は多くの源泉で噴火後最初の観測で最も高いか、一端上昇し、その後徐々に低下し、噴火か

ら 7 年以上経過した現在も弱いながらその傾向が続いている。また、壮瞥温泉の 3 源泉と洞爺湖温泉の 6 源泉では噴火後の泉温と Na^+ , Cl^- 及び SO_4^{2-} 濃度, 地下水に豊富に存在する HCO_3^- 濃度の変動との間で, 各々強い正, 負の相関 ($\alpha=0.001$) を示し, 特に Cl^- 濃度が大きく低下した。従って, 泉質も噴火前の Na-Cl 泉や Na-Cl・ SO_4 泉などから途中種々の変動パターンを呈しながら, 現在, HCO_3^- を主成分とした Na・Ca- HCO_3 泉, Na・Ca- HCO_3 ・ SO_4 泉, Na・Ca-Cl・ HCO_3 ・ SO_4 泉などへ変化した例が多い。

一方, 水銀は検出されない例が多いが, 1 源泉のみで今回の火山活動の消長と一致するような濃度変動を示した。また, ホウ素とヒ素濃度は多くの源泉で Cl^- 濃度の変動との間でいずれも強い正の相関を示したが, ラドンは噴火後の初期と後期の観測で概ね高い値を示し, ホウ素やヒ素とは異なる変動パターンを示した。

3. 福井県芦原温泉について

福井県衛生環境研究センター 田中博義・田中宏和・橋泊廣

Awara Hot Spa in Fukui Prefecture

Fukui Prefectural Institute of Public Health And Environmental Science
Hiroyoshi TANAKA, Hirokazu TANAKA, Haruhiro TACHIBANA

芦原温泉 58 泉源について解析を行なった。35 泉源が中性 (pH 6~7.5) で, うち 24 泉源が高温泉 (42°C 以上), さらにそのうちの 5 泉源が溶存物質 10 g/kg 以上の高張性であった。弱アルカリ性 (pH 7.5~8.5) は 21 泉源, アルカリ性 (pH 8.5 以上) は 2 泉源のみであった。

泉温, pH は溶存物質との間に相関がみられ, 相関係数はそれぞれ $r=0.79$, $r=-0.62$ であった。また泉温と主成分である Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- 濃度との間には $r=0.7$ 以上の強い相関が, SO_4^{2-} 濃度との間には $r=0.54$ の相関がみられた。 Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- 濃度間には $r=0.9$ 以上の相関がみられ, SO_4^{2-} 濃度と Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- 濃度間では $r=0.53\sim 0.62$ の相関がみられた。

mval% と泉温の相関結果は Ca^{2+} , Cl^- が正の相関, Na^+ , SO_4^{2-} が負の相関に, mval% と pH の相関結果は泉温と逆の結果になった。

芦原温泉では Na-Cl 泉, Na-Cl・ SO_4 泉, Na・Ca-Cl 泉が見られるが, その原因は Ca^{2+} mval%, SO_4^{2-} mval% の増減によるためであった。

4. 幕末期 ポンペの温泉水分析について

東京学芸大学名誉教授 大沢眞澄

Chemical Analysis of Mineral Spring Waters by J.L.C. Pompe van Meerdervoort in the late Edo period

Professor Emeritus, Tokyo Gakugei University Masumi OSAWA

幕末期に幕府長崎海軍伝習所を基点に活躍したオランダ海軍軍医ポンペ (1829-1908, 在日 1857-1862) の事跡は彼の著書「ポンペ日本滞在看聞記—日本における五年間—」(原著 1867-1868, 訳書

1968)により知ることができる。彼は医学の外、化学・物理学・鉱物学・採鉱学の講義も行い、鉱物コレクションも作成した。また温泉にも関心を示し、九州諸火山周辺の温泉に関して記載し、それら温泉水の定性分析結果、治療効果などについて述べている。雲仙火山周辺(小地獄, 大地獄, 小浜);阿蘇火山付近(栃ノ木, 地獄, 湯ノ谷, —);霧島火山(硫黄谷, —)などである。調査例として雲仙火山地域の小地獄の場合、水温 100℃, 水は透明, 収斂味あり, 比重 1.014, 炭酸鉄, 硫酸や塩酸の塩類の痕跡, アルミナ, 重土の痕跡を含有する。鉄水で貧血に対して用いられる。

5. 東海地方における大深度非火山性温泉の大衆温泉文化

名古屋大学名誉教授 宮崎 哲郎

Public Benefit of Non-volcanic Hot Springs from Deep Wells in Tokai Districts

Emeritus Professor of Nagoya University Tetsuo MIYAZAKI

東海地方には大深度非火山性温泉が60ヶ所もあり、最大の特徴は温泉地が限定されないことである。その利用方法はこれまでの伝統的な火山性温泉の場合とは違っている。この温泉は多くの人達の日常生活に取り入れられ、大衆温泉文化が誕生しつつある。温泉は日帰り入浴が中心で、人々の健康増進に積極的に利用されている。三重県菰野町では町の温泉を65才以上の町民に無料開放したところ、多数の高齢者が憩いの場として利用し、さらに、温泉の向かい側には温泉関連のクリニックが出来、温泉を核にしたクリニック・コミュニケーションセンターが誕生した。三重県いなべ市では、総合病院とショッピングセンターの向かい側に温泉を掘り当てた。昨年度の利用者数は12万人に達し、昼間は高齢者で夜間は勤め帰りの人達で賑わい、温泉・総合病院・ショッピングセンターを結んだ地域コミュニケーションセンターが誕生しつつある。岐阜県羽島市では市外にある温泉を老人福祉センター(A)とした。一方、市内に別の老人福祉センター(B)がある。これには温泉はないが立派な風呂が付いている。しかし、温泉付きのセンターAの利用者数(23万人)はセンターBの7倍となり、温泉が高齢者にとって身と心を癒す生活の一部になっていることがわかる。

6. 温泉を使った小学校出前授業～サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト～

北海道道立地質研究所 鈴木 隆広・岡崎 紀俊・柴田 智郎・村山 泰司
札幌市立平岸小学校 佐藤 達也

Delivery class of elementary school which used thermal water —Science Partnership Project—

Geological Survey of Hokkaido Sapporo municipal institution
Takahiro SUZUKI, Noritoshi OKAZAKI, Tomo SHIBATA, Yasushi MURAYAMA
Hiragishi elementary school Tatsuya SATO

(独)科学技術振興機構では、青少年をはじめとする一般の方々に科学技術についての興味や関心を高め、科学技術の役割やその重要性についてより一層理解を深めてもらうための取り組みを行っ

ている。その取り組みの中のサイエンス・パートナーシップ・プロジェクトは、学校、教育委員会等管理機関と、大学・科学館等との連携によって、児童生徒の科学技術、理科数学に対する興味・関心と知的探究心を育成するプロジェクトである。

昨年、本プロジェクトにおいて、札幌市立平岸小学校 (6 年生) の『みて、ふれて、たのしむ、自然の不思議・科学のすばらしさ』というテーマが採択され、地質研究所と北海道大学地震火山研究観測センターが連携先機関として野外巡検と授業を担当した。

野外巡検では札幌市郊外の定山溪温泉まで移動し、足湯に入りながら温泉の温度を測定したり、後日の授業で用いる温泉の採取を行った。また、授業では採取した定山溪温泉の試料のほかに北海道内の温泉水 4 試料を使って、リトマス紙を使った実験、蒸発乾固させる実験のほか、滴定の実演を行った。

7. 高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉水中の Ra 同位体—石川・富山県を中心に—

金沢大学 LLRL 富田 純平・山本 政儀
富山大学理学部 佐竹 洋

Radium isotopes in Na-Cl type hot spring waters from Ishikawa and Toyama Prefectures

LLRL, Kanazawa Univ. Junpei TOMITA, Masayoshi YAMAMOTO
Faculty of Science, Toyama Univ. Hiroshi SATAKE

世界 (アメリカ・ロシアなど) の油田・ガス田地域において、副産物である塩水中に Ra 同位体およびそれらの娘核種が、高濃度で含まれることが知られている。日本においては、Nakai (1940) によりいくつかの測定報告例はあるが、詳細な研究はなされていない。今回、石川県沿岸地域および富山県氷見地域の高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉について Ra 同位体濃度と水質および地質との関連性を考察することを目的とした。富山県氷見地域の温鉱泉では 2200 mBq/kg の高濃度 ^{226}Ra を含む温鉱泉を見出した。 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は 0.8-9.7 であった。石川県の温鉱泉水、いくつかの掘削コアの分析結果も含めて、これら高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉水中の高 Ra 濃度の成因について考察した。

8. 花崗岩から溶出するラジウム同位体の放射能比

明治大学理工学部 永井 幸太
東京大学 RI センター 小池 裕也
明治大学 佐藤 純

Activity ratio of Ra isotopes leached from granite

School of Science and Technology, Meiji University Kohta NAGAI
Radioisotope Centre, University of Tokyo Yuya KOIKE
Meiji University Jun SATO

岩石・鉱物からラジウム同位体が地下水や温泉水に溶出される様式には、表面が溶解することに

よって溶出が起こる化学的溶出と α 反跳による表面からの放出が考えられている。本研究では、ウランやトリウムを多く含む花崗岩を用いて溶出実験を行い、ラジウム同位体の溶出挙動について調査した。その結果、溶液へ溶出するラジウム同位体の放射能比 ($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$) は、花崗岩中の値よりも低い値を示した。

9. 熱水環境中の有機成分の特徴と起源に関する研究

大妻女子大学社会情報学部 井上源喜
東京理科大学理学部 佐藤隆行・長島秀行・竹村哲雄
東邦大学医学部 杉森賢司

Geochemical characteristics and sources of organic components in hydrothermal environments

School of Social information Studies, Otsuma Women's University Genki INOUE
Faculty of Science, Tokyo University of Science
Takayuki SATO, Hideyuki NAGASHIMA, Tetsuo TAKEMURA
Toho University School of Medicine Kenji SUGIMORI

本研究では、島根県温泉津温泉および群馬県草津温泉等の堆積物・温泉沈殿物中に存在する有機成分の特徴を明らかにするため、環境地球化学的研究を行った。温泉津温泉の沈殿物は杉森により2006年11月3日に採取されたものを使用した。また、草津温泉の堆積物・温泉沈殿物は、湯畑および西の河原等で2007年7月6日に採取されたものを用いた。

温泉津温泉の沈殿物中の TOC および TN 濃度はかなり低く、それぞれ 0.049–1.54% および 0.019–0.470% であった。沈殿物は当初予想された有機物ではなく、大部分が無機物であることが明らかになった。また、TOC/TN 比は 2.53–3.60 と極めて低く微生物由来の有機物であることが判明した。温泉津温泉の沈殿物中の炭化水素や脂肪酸濃度は非常に低いが、バクテリア由来の分岐脂肪酸がかなり多く含まれていた。草津温泉の堆積物・沈殿物中の TOC および TN 濃度は、それぞれ 0.568–2.83% および 0.021–0.151% とかなり低かった。また TOC/TN 比は 9.13–109 とかなり高く、また大きく変動し、周囲の植物片が沈殿物試料に混入していると考えられる。草津温泉の沈殿物中には、長鎖で奇数優位の炭化水素や長鎖で偶数炭素優位の脂肪酸など高等植物由来の成分が検出された。

10. 温泉現象に関する国指定天然記念物について

岐阜県先端科学技術体験センター 古田靖志

The present conditions of national natural monument about Hot spring phenomenon

Gifu advanced science and technology experience center Yasushi FURUTA

平成19年現在、温泉現象に関わる“自然”として噴泉、間欠泉、温泉沈殿物に限られた11対象が国の天然記念物または特別天然記念物に指定されている。これらのほとんどが大正～昭和の前半

という古い時期に指定を受けており、立地場所も自然の中での風水害や斜面災害による影響を被りやすいため、温泉現象自体に変化が起こる可能性が高い。

そこで今回は、温泉現象に関わる国指定の天然記念物の現状を明らかにし、それらの記念物に対する保護や活用への課題を見いだすことを目的に研究を行った。その結果、指定後 50 年～80 年以上を経た“温泉現象”には多かれ少なかれ消長が認められ、現象そのものが大きく変化している所も確認された。鬼首の雌釜および雄釜間欠泉や秋ノ宮の噴泉塔は完全に消失し、現在は存在していないことも明らかになった。天然記念物が所在する現地には十分な説明看板が整っていないことが多く、立ち入り制限等の保護対策も不十分であった。今後、これらの天然記念物に対してどのようなアプローチを行うのか、大きな課題が見えてきた。

11. 還元系温泉水の入浴による肌の弾力性に与える影響—野沢温泉—

法政大学工学部 大河内 正一・大波 英幸
日本温泉総合研究所 森 本 卓 也

Effect of bathing in the hot spring water with reductive characteristic on the elasticity of the skins (Nozawa spa of Nagano Prefecture)

Faculty of Engineering, Hosei University S. OKOUCHI, H. OHNAMI
Nippon Onsen Res. Institute T. MORIMOTO

野沢温泉の源泉および各浴槽は、良好な還元系を示した。両者間での ORP の変動は少なく、エージング (aging) が進み難い泉質である結果が得られた。皮膚の ORP では、継続的な還元系の温泉入浴により皮膚の ORP は低下し、酸化が抑制される傾向が観察された。それ故、皮膚脂質の酸化抑制による加齢臭物質の生成抑制にも期待できると思われる。また、皮膚の弾力性では、2 ヶ月間で前腕屈側部の皮膚の弾力性はやや落ち気味になった一方で、前腕部より紫外線などをより多く浴びダメージの大きい手の甲の部分では、逆に弾力性が向上する結果が得られた。当然、この傾向は年代の高い世代でより顕著に現れた。前腕部の結果は、実験時期が秋から冬に向かう季節で、乾燥が進む時期と一致し、当然肌の水分量も減少していくことからの季節的変動の結果と考えられる。しかし、前腕部に比べ、ダメージの多い甲の部分では、逆に季節的影響を越えた良好な結果、現時点ではその理由は不明で、今後の研究が必要とされるが、温泉が与えた効果と考えられる。これまで、硫黄泉が美肌効果を有すると巷間言い伝えられてきた。しかし今回の結果で、硫黄泉は刺激が強く、乾燥傾向の性質を有することから、敏感肌などの人にとってはトラブルの原因ともなるが、その効果の一端ではあるが明らかにできたと考えられる。

12. 還元系温泉水によるメラニン生成抑制効果について

法政大学工学部 大網 貴夫・大河内 正一・浅井 邦康・沼田 恒平

Melanin-inhibitory activities of hot springs with reductive characteristic

Faculty of Engineering, Hosei University

Takao OHAMI, Shoichi OKOUCHI, Kuniyasu ASAI, Kohei NUMATA

演者らは前回、抗酸化力を有する H_2 -Pt コロイド水溶液系において、メラニンの生成抑制効果があることを報告した。そこで今回、還元系の天然温泉が皮膚にできるシミ、ソバカスや日焼けによる色素沈着となるメラニン生成に対して、 H_2 -Pt コロイド水溶液系と同様の効果を有するか検討を行った。

還元系で且つ成分として温泉法の硫黄 1 ppm 以上の条件を満たす多硫化カルシウムを主成分とする入浴剤六一〇ハップの希釈水溶液及び硫黄泉源泉について、それらの溶液をリン酸バッファーでの pH 調整下で、メラニン生成の中間体であるドーパキノンの生成を吸光度の経時変化から追跡し、コントロールのリン酸バッファーのみものと比較を行った。

六一〇ハップ希釈水溶液及び硫黄泉源泉では、コントロールと比較して、吸光度の値は低く、ドーパキノンの生成を抑制することが確認できた。それ故、今回の実験で還元系の新鮮な硫黄泉に継続的に入浴することにより、酸化反応のメラニン生成を抑制し、美白効果が期待できる。

13. 人工炭酸泉装置について

法政大学工学部 大波 英幸・大河内 正一・大網 貴夫・土坂 なる美

Production System for Artificial Hot Spring Waters of CO_2 Type

Faculty of Engineering, Hosei University

Hideyuki OHNAMI, Shoichi OKOUCHI, Takao OHAMI, Narumi DOSAKA

これまで生理学的、医学的に効果・効能が明らかになっている数少ない泉質、炭酸泉は末梢血流を増加させることから、末梢血管障害、高血圧、心臓病などの循環器系治療に適用されてきた。日本では炭酸泉が非常に少なく、逆に高濃度で二酸化炭素を溶解させた人工炭酸泉が注目を浴びている。医療用だけでなく、最近では家庭用の人工炭酸泉装置も市販され、これまでに単に二酸化炭素のボンベ圧を利用して溶解させただけの装置と、さらに中空糸膜を介して二酸化炭素を高濃度で水に溶解させた装置が市販されている。

そこで今回、より有効に二酸化炭素を水に溶解させるシステムとして、前回に引き続きマイクロバブル生成装置との組み合わせを検討した。複数あるマイクロバブル発生方法で、今回旋回流方式を用いた。円筒の壁面に沿って水を流入旋回させ、円筒の上面の中心部へ二酸化炭素ガスをボンベから供給し、その気液旋回流を円筒下面の中心出口よりもう一方の密閉円筒空間に放射状に噴流させ、滞留した二酸化炭素溶解水を円筒出口コックより排出させる装置を製作した。

上記の装置で、圧力、流量などを調整することで、白濁も含めて療養泉の 1000 ppm を越える高濃度の二酸化炭素泉ができる結果を得た。このことから、新たな人工炭酸泉製造装置として可能性を示唆できた。

また、天然の炭酸泉は還元系であることから、上記人工炭酸泉装置とすでに報告した電解還元系人工温泉装置との組み合わせで、炭酸泉による末梢血流量増加効果だけでなく、皮膚の老化抑制効果を併せ持つ人工温泉装置が期待できる。

14. 結節性痒疹の温泉・水治療法

盛岡市 孝仁病院・玉川温泉診療所 野 口 順 一

Balneo-Hydrotherapy of Prurigo Nodularis

Koujin Hospital in Morioka・Tamagawa Spa Clinic Jun-ichi NOGUCHI

[目的] 難治性の結節性痒疹を温泉・水治療法に拠って治療し、治効を検討せんとした。

[方法] 玉川温泉の露天の湯, pH 2.3, またそれに近似の硫酸添加硫化水素泉の浴治療, 42°C, 10~15 分, 1~2 回浴/日, および木タール・ラッサーパスタや 3% サリチル酸ワセリンの外用に拠って治療した。

[治療経過] 原疾患としては、昆虫刺螫および貨幣状湿疹が各々 1 割で、他は殆んどいわゆるアトピー皮膚炎から続発していた。

患者総数は平成 17 年および 18 年の 2 年間, 27 例で、それらの約 7 割は 2~3 ヶ月間の治療で、外観も痒感も改善した。

経過年数が短く、結節部分に未だ炎症が残っているような症例では比較的短時間で軽快したが、経過年数が長く、結節部分が疣贅で紅斑など炎症が無い症例では長期間を要し、難治であった。

[考按] 高温酸性硫黄泉浴に依り激痒を緩和し、同時に結節を木タール・ラッサーパスタの中に埋没させて、指・爪に依る搔爬の暴力から隔離させ、それを長期間継続させることに依って、痒感搔爬の条件反射を封殺させて目的を達成できたと考える。

15. 温泉水の超音波殺菌について (I)

法政大学工学部 福 島 由美子・遠 藤 正 宣・飯 田 絃 門
大 波 英 幸・大河内 正 一
(株)コンティグ・アイ 山 田 博 子
東邦大学医学部 加 藤 尚 之

Effect of Sterilization for Hot Spring Waters by Ultrasonic Wave (1)

Faculty of Engineering, Hosei University

Y. FUKUSHIMA, M. ENDO, H. IDA, H. OHNAMI, S. OKOUCHI

Contig·i Co. Ltd H. YAMADA

School of Medicine, Toho University N. KATO

温泉水の塩素殺菌について、還元力の強い温泉水や、特にアルカリ性の温泉水では、有効な殺菌レベルの塩素濃度を保つために、さらに多量の塩素注入が必要となることから、塩素臭の問題を含めて、塩素殺菌に替わる新たな殺菌方法の必要性が求められている。

そこで今回、薬剤を使用しない物理的殺菌法として、超音波による殺菌について基礎的な検討を行なった。その基本原理は、超音波によるキャビテーションにより気泡が崩壊する際の衝撃力で菌などの細胞を破壊し、殺菌することにある。

殺菌装置として、超音波照射装置 BUSCA (最大出力 250 W, (株)コンティグ・アイ社製) を用いた。使用した細菌は、大腸菌、および浴槽から採取した一般細菌などで、これらの菌液を調製し、回分および流水式で BUSCA による超音波処理時間または通水流量を変えて、処理前後での菌数の増減を測定した。

その結果、回分および流水式ともに、大腸菌および浴槽からの一般細菌について、菌数の減少が観察でき、超音波による殺菌効果の確認ができた。また、超音波による水質の変化を、超音波の出力を変えて、ORP (Oxidation-Reduction Potential) メータにより観測した結果、ORP 値の変化は見られず、水質の変化は無視できることが確認できた。以上のことから、塩素殺菌と異なり、水質を還元系から酸化系に変えずに殺菌できることが示唆された。今後、レジオネラ属菌についても、超音波殺菌の検討を行なう予定である。

16. 秋田県玉川温泉大沸泉水中の主要成分と希土類元素含有量の関係

東邦大学理学部 真田 哲也・高松 信樹・吉池 雄蔵

Relationship between the major component and rare earth element contents of Obuki hot spring waters in Tamagawa geothermal area, Akita Prefecture

Department of Chemistry, Faculty of Science, Toho University
Tetsuya SANADA, Nobuki TAKAMATSU, Yuzo YOSHIKE

秋田県の玉川温泉大沸泉はわが国における代表的な火山性強酸性泉である。我々は、誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS) を用いて 1968-1998 年の 30 年間にわたる大沸泉水中の希土類元素含量を測定し、それらの経年変化と、硫酸イオン、塩化物イオン含量をはじめとする主要成分含量との関係を考察した。本研究ではここ数年、陰イオン含量、特に塩化物イオン含量が急増したことに着目して、主要成分含量と希土類元素含量の関係等について精査し、過去との相違、大沸泉水の生成機構等について考察した。

その結果、温泉水中の塩化物イオン含量は 2001 年から急増し、2004 年にこれまでの最高値を示した。一方、硫酸イオン含量も同様に増加したが、過去の変動の範囲内であり、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ 比は 1990 年から大きな変動は見られなかった。すなわち、塩化物イオン及び硫酸イオン含量は増加したが、1980 年前後の様に硫酸イオン含量が卓越していた時とは異なっていた。希土類元素含量は、温泉水中の塩化物イオン及び硫酸イオン含量が増加するに従い増加していたが、重希土類元素より軽希土類元素含量が選択的に増加する傾向は、1980 年頃と比較して少なく、異なる傾向を示していた。これらの結果より、大沸泉水中の希土類元素は塩化物イオンより硫酸イオンとの相関が強く、温泉水中の希土類元素含量の変動を考察することにより、温泉水の生成機構の変化を追跡できることが明らかとなった。

17. 秋田県玉川温泉水中のヒ素の経年変動

東邦大学理学部 吉池 雄藏・岡村 忍

Variation in concentration of Arsenic in Tamagawa Hot Spring (Akita Pref.)

Faculty of Science, Toho Univ. Yuzo YOSHIKE, Shinobu OKAMURA

秋田県玉川温泉大沸泉における溶存主成分濃度変化については、種々考察してきた、ここで新たに報告する元素はヒ素を取り上げる。玉川温泉一帯にはヒ素の沈殿物や地表壁面に見られ、その数量的な変動はどのようであったか、20 数年間の大沸泉中のヒ素濃度変動測定を行った。過去の玉川温泉のヒ素測定値は 1950 年代におけるデータがあるが以降あまり測定されていない。

分析方法：ヒ素の定量方法はヒ化水素を発生させて、吸収液を吸光光度測定で定量する方法が一般に用いられる。ここでは試料として採取した温泉水に臭素が黄色に着色するまで数滴加え、試料中に含まれるヒ素と硫化水素の反応を抑えて、ヒ素定量用の試料とした。この方法、硫化水素を抑える臭素添加法が充分である定量方法かは、ヒ素と硫化水素と臭素を添加した模型実験を数百日間行って、硫化ヒ素の沈殿が生成しない事を確認して ICP 測定により定量した。

測定結果：1985～2006 年の約 20 数年間の大沸泉中のヒ素含有量は 1.5～4.5 mg/l の範囲で変動している。これは 1950 年代の値 (南 他 1953) と大きな変化は認められない。As と火山発散物としての Cl や SO₄ との相関は大きくない。また、金属、鉄、アルミニウム、カルシウム等との相関も大きくなく、ヒ素独自の変動を繰り返している。

18. 玉川温泉中のウラン、トリウムおよびラジウム同位体の放射能

日本大学文理学部 齋藤 敬・永井 尚生
日本大学大学院総合基礎 吉田 忠秀・山形 武靖・塚原 博司

Concentration of Uranium, Thorium and Radium Isotopes in Tamagawa Hot-Spring Water.

College of Humanities and Sciences, Nihon University Takashi SAITO, Hisao NAGAI
Graduated School of Integrated Sciences, Nihon University
Tadahide YOSHIDA, Takeyasu YAMAGATA, Hiroshi TSUKAHARA

秋田県玉川温泉のウラン、トリウムおよびラジウムの同位体の放射能を測定し、その変動の有無を調べた。

ウラン系列では ²³⁰Th, ²²⁶Ra, トリウム系列では、²³²Th, ²²⁸Ra の放射能が冬季に減少する傾向がみられた。これより、玉川温泉の源となる水系は 2 カ所以上存在し、その混合割合が季節によって変化している可能性が示唆された。

また、今回の測定核種で唯一ラジウムの娘核種として存在する ²²⁸Th は、ほぼ一定の濃度を示した。これは、地中にある北投石中のラジウム (²²⁸Ra) から定常的に ²²⁸Th が温泉水中に供給されているものと考えられる。

19. 温泉法に関する基本問題の検討（その3） 資源の枯渇現象と温泉法

(財)中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄

Some Considerations on the Hot Spring Law from a Scientific Aspects (Part 3)
The Progress of the Deterioration of Hot Spring Resources and the Hot Spring Law
Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

今回は温泉資源の枯渇現象の温泉法的側面について考察する。

枯渇現象に関しては、福富以後多くの研究があるが、温泉採取量の増加に伴う温泉水位（水頭）の低下がこの現象の本質であり、具体的には、自然湧出の源泉数又は量と動力揚湯泉の数又は量の比率が経年的に直線関係で低下し、枯渇現象は依然として進展の様相をみせている。そこで、都道府県では、保護地域の設定を含む各種の規制等を設定しているが、これらの規制は法律ではなく、都道府県の要綱や自環審の内規等であり、科学的根拠の弱さ等幾つかの問題点が指摘されている。

枯渇現象は温泉地の開発、つまり掘削が密接な関係をもっている。温泉法第四条では、申請に係る掘削が温泉のゆう出量、温度、又は成分に影響を及すと認めるとき、及び、公益を害するおそれが有ると認めるとき、以外は許可を与えなければならないとしている。この条文の解釈として、昭和26年に、影響の程度に関する厚生省の解釈があり、更に、昭和32年の最高裁の判決「新規の掘削が少しでも既存の温泉井戸に影響を及す限り絶対に掘削を許可してはならないという趣旨を認めたと解すべきではない」によって、少しの影響の場合は掘削許可という方向が定着した。その後掘削井戸が増加し、枯渇現象が進展することになったが、昭和50年代には最高裁による保護地域等の規制の合法性に関する判決も見られる。本年4月温泉法が改正され、掘削の許可について、条件の賦与等が法に加えられ、目下検討中である。これらの諸課題について報告する。

20. 大深度掘削による被圧地下水の揚水試験

NPO シンクタンク京都自然史研究所 西 村 進

Aquifer Test of Deep Drilling Wells of Confined Groundwater

NPO Thinktank Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA

大深度掘削がなされ、深部の薄い被圧地下水をその胚胎する層準より揚水して温泉として利用される例がとくに都会周辺で多くなってきた。岩盤中の断層に伴う被圧裂隙水と厚い堆積層の深部の被圧地下水の揚水に二分される。これらの動力申請時に限界揚水量や適正揚水量の判定が求められ、それに従い動力申請の許可の条件が決められる。

一般に、限界揚水量や適性揚水量の判定に段階揚水試験と連続揚水試験がなされる。浅く厚い堆積層の帯水層や伏流水から揚水される場合は多くの経験と研究があり、段階揚水試験でなされている(山本, 1972)。しかし、この手法は大深度掘削の深い薄い被圧水の層から水中ポンプで揚水される場合の手法ではないが、この手法が要求されているのが現状である。そこで常にいくつかの問題が生じていて解決しなければならない。

岩盤中に800m以上の掘削をおこない断層や亀裂に胚胎する薄い被圧裂隙水を揚水する場合は

水位降下が大きく、回復試験でもとの水位に戻らず、連続揚水で動水位が安定している場合が普通で、いわゆる静水位が決まらないケースが多い (西村, 2000; 2005)。また、最近海岸平野や海岸の埋立地に大深度掘削をなし、深部の薄い透水性の良い砂層などから多量の被圧地下水が揚水され、段階揚水の量の少ない範囲で動水位が静水位より高くなるケースが出てきている。この揚水試験の結果に検討を加える (西村, 2007)。

この様な被圧裂隙水・被圧地下水の揚水試験は掘削直後から変化することもあり、利用直前に再試験をして検討する必要のあることが多い。揚水試験の手法などを検討し、大深度掘削による深部の薄い被圧水の胚胎層から揚水する場合の適性揚水量の決定法について提案し討論したい。

文献

西村 進 (2000): 大深度掘削井の揚水テスト, 自然と環境, 3, 42-47.

西村 進 (2005): 温泉の賦存状態と流動機構, 第 45 回温泉経営管理研修会テキスト, 4, 1-25.

西村 進 (2007): コスモスクエア PJ 温泉の揚水試験について, NPO シンクタンク京都自然史研究所報告.

山本荘毅 (1972): 揚水試験と井戸管理, 180 頁, 昭晃堂, 東京.

21. 中央構造線沿いで掘削された深度の異なる井戸から流出する温泉水の地球化学的特徴

京都大学理学研究科 大 沢 信 二

秋田大学工学資源学部 網 田 和 宏

岡山理科大学オープンリサーチセンター 山 田 誠

産業総合研究所 森 川 徳 敏・高 橋 正 明・風 早 康 平

Geochemical characteristics of waters from hot spring wells drilling to different depths at the same place along Median Tectonic Line

BGRL, Kyoto University Shinji OHSAWA

Akita University Kazuhiro AMITA

Okayama University of Science Makoto YAMADA

AIST Noritoshi MORIKAWA, Masaaki TAKAHASHI, Kohei KAZAHAYA

和歌山県かつらぎ町の中央構造線沿いの N 温泉では、同じ敷地内に深さの異なる井戸 4 本が掘削され、種々の温度の水が得られている。それらの水質解析から、N 温泉の地下には水文学的階層構造が認められ、地表より第 1 層目に Na・Ca-HCO₃ 型地下水、第 2 層目に Na-Cl・HCO₃ 型鉱泉水、最も深い第 3 層目に同型の高塩分温泉水が存在していることが示された。第 2 層と第 3 層の泉質が同型であるのは、両者を分かつ不透水層内に生じた断裂を通して第 3 層の Na-Cl・HCO₃ 型高塩分温泉水が第 2 層へ僅かではあるが流入しているためであると考えられた。

N 温泉の温泉水系を特徴付ける水は、高塩分の Na-Cl・HCO₃ 型温泉水であり、水の水素・酸素同位体組成 (δD , $\delta^{18}O$)、溶存全炭酸の炭素同位体比 ($\delta^{13}C$)、温泉付随ガスのヘリウム同位体比 ($^3He/ ^4He$) 等のデータを取得し、それらを統一的に説明する事象について考察したところ、近年多くの研究者が存在を認めているプレート脱水流体 (海洋プレートの沈み込みによって起こる高压変成作用で発生する脱水流体) に由来し、それがプレートから離脱・上昇し、マントルウェッジを通

過し、地殻浅所に到達して高塩分温泉水になったとすることによって合理的に説明できることが示された。

22. 糸静線最北部地域の温泉化学組成と地質構造

信州大学大学院工学研究科 本 間 彩 花
信州大学理学部 塚 原 弘 昭

Chemical composition of hot springs and geological structure in the northernmost area of Itoshizu Line

Div. Science & Technology, Shinshu Univ. Ayaka HONMA
Faculty of Science, Shinshu Univ. Hiroaki TSUKAHARA

糸静線最北端部地域は、この地域の中心部を糸静線が縦断し、地質構造上大きく2つに分けられる。同地域には多数の温泉が糸静線をまたいで存在している。これらの温泉水と河川水の化学成分分析値から、この地域の地表水および地下水・温泉水が地質構造とどのような関係にあるか明らかにしたい。

各温泉水の水温、電気伝導度、pH、ORPを現場にて測定し、実験室で主要イオンはイオンクロマトグラフで定量した。HCO₃⁻はpH 4.8 滴定法により定量した。

イオン濃度データから同地域の温泉の泉質は以下のように3グループに大別できた。(A) Mg-SO₄²⁻型: 蓮華; (B) Na-Cl型: 姫川, 奉納, 塩の道, 白馬姫川; (C) Na-HCO₃⁻型: 島, 来馬, 下里瀬, 若栗, 柵池, 雨飾, 小谷, 奥裾花, 八方, かたくり。(B)と(C)のグループの温泉は糸静線をまたいで存在する結果となり、このような分類では地質構造の違いが反映されないことが分かる。

一方、各温泉・河川水中のSO₄²⁻濃度で分類すると、3つに分類できた。(a) フォッサマグナの泥質堆積岩地域、(b) 飛騨山脈側の白馬大池火山地域、(c) 飛騨山脈側の変成岩・花崗岩地域である。地質構造の違いとよく対応した結果となった。

23. 温泉給湯システム内の粘着性微生物

東邦大学医学部生物学研究室 杉 森 賢 司
東邦大学医学部解剖学講座微細形態学分野 五十嵐 広 明

A kind of Biomat found in the Hot Spring Supply Systems

Dept. Biology, Toho University School of Medicine Kenji SUGIMORI
Dept. Anatomy, Toho University School of Medicine Hiroaki IGARASHI

高熱の源泉(92.8°C)を加水して薄めることなく入浴に利用するため、源泉と地下水が交わらずに地下水の働きで源泉を冷却するシステムを用いている。2種類の熱交換器(①流入温度51°C, 流出温度44°Cと②流入温度46°C, 流出温度43°C)の点検に立ち会った際、②の熱交換板の全面に粘着性物質の付着を認めた。しかし、①の熱交換板には少量の粘着性物質しか認められなかった。これらの粘着性物質を顕微鏡で観察したところ非常に長く幅が狭い糸状菌の束で構成されているパイオ

マットであることがわかった。また微生物の種類は②のバイオマットの方で種類が多く、そこには孢子形成細菌、短桿菌、真菌様細胞また鉄細菌様形態をとる細菌も観察された。①のバイオマットでは孢子形成菌以外は観察されず、構成微生物の種類も少なかった。さらに、②のバイオマットからのみレジオネラ属菌が検出された。同時に浴槽への給湯時に出る糸状物質および源泉、貯湯槽(2ヶ所)の熱水試料も採取し比較した。低温の貯湯槽からは好熱菌や一般細菌が検出されたが、その培養温度が高くなるほど細菌の種類が多かった。また各バイオマットの電子顕微鏡観察によりその形成状態も非常に多様性を有していることもわかった。

24. 温泉の分類に関する一考察

香川大学教育学部 佐々木 信 行
東京大学名誉教授 綿 抜 邦 彦

Some Considerations on the Classification of Hot Springs

Faculty of Education, Kagawa University Nobuyuki SASAKI
Emeritus Professor of the University of Tokyo Kunihiko WATANUKI

温泉の浸透圧による分類は、通常温泉水中の溶存物質の質量分率 ($\text{g/kg}=\%$) を用いてなされることが多いが、浸透圧はファント・ホッフ式により示されるように、溶液のモル濃度に比例するから、モル濃度と質量分率の関係は溶存物質の種類によって異なることを考えると、浸透圧による分類を質量分率で行うことには問題がある。その点、浸透圧による分類を温泉水の凝固点(氷点)で行う方法では、凝固点降下が質量モル濃度(≒モル濃度)に比例することから、凝固点が溶存物質によらず浸透圧に対応しており、妥当な分類法であるといえる。

しかし、実際のところ、浸透圧による温泉の分類としては、凝固点降下によるものよりは溶存物質濃度(質量分率)によるものの方がよく用いられており、温泉で最も多い泉質のナトリウム-塩化物泉の主成分である食塩の濃度が基準に使われている。これは凝固点を測るよりも含有成分濃度を用いる方が手取り早いし、正確であるからであろう。しかし、この方法ではナトリウムイオンや塩化物イオンが主体でない温泉については、同じ質量分率でもモル濃度は異なるため、浸透圧はかなり違ったものになり、これでは正しく浸透圧で分類したことにはならなくなる。なお、同じ溶質分子(やイオン)で考えた場合、 $8\text{g/kg}\sim 10\text{g/kg}$ の濃度は $-0.55^{\circ}\text{C}\sim -0.58^{\circ}\text{C}$ の凝固点と対応しない(幅が異なる)ので、この点からも現在の浸透圧の区分はかなり曖昧であると言わざるを得ない。

25. ストロンチウム同位体による、温泉水への海水混入の検出の試み

京都大学・地球熱学研究施設 芳川 雅子・柴田 知之
京都大学名誉教授 由 佐 悠 紀

A trial for detection of seawater mixed in thermal groundwater using strontium isotope

Beppu Geothermal Research Laboratory, Kyoto University
Masako YOSHIKAWA, Tomoyuki SHIBATA, Yuki YUSA

別府温泉の海岸部では、温泉水への海水混入が示唆されていたが、その判定基準は必ずしも明確ではなかった。そこで、2003年11月から2005年1月に海岸部の温泉水を採取し、Sr同位体比を用いて、海水混入の有無を検討した。東南端部におけるSr同位体比は、0.7041~0.7054の値を示し、Cl⁻濃度との間にゆるい正の相関が認められた。最小値は、泉源域の地層の値とほぼ同じである。この温泉水に海水が1.3%以上混入すれば、Sr同位体比は0.7050以上になり、現在も海水が混入している範囲があると思われる。北部域のSr同位体比は、Cl⁻濃度と相関せず0.7044~0.7046の値を示した。これは、泉源域の地層の値とほぼ同じであり、現在、海水混入は無いもの考えられる。

26. 木部谷間欠泡沸泉の噴出周期の変化の傾向の原因についての考察

名古屋短期大学 鏡 裕 行・村 松 十 和
桜花学園大学保育学部 辻 岡 和 代

A study of a cause of spouting period's changes about Kibedani periodic bubbling spring

Nagoya College Hiroyuki KAGAMI, Towa MURAMATSU
Ohkagakuen University Kazuyo TSUJIOKA

木部谷間欠泡沸泉は噴出周期がだんだん長くなってきており、石井（2006）による回帰分析によると2060年までには噴出が止まってしまうことが予想され、その原因を石井は炭酸ガスの減少に求めている。しかしながら、鏡他（2000）による間欠泡沸泉の静力学モデルによると、間欠泡沸泉の周期が長くなる原因は必ずしも炭酸ガスの減少に限らず、地下空洞体積の増大、噴出孔の太さ（面積）の減少、噴出口から地下空洞までの高さの増大等、様々なものが考えられる。本研究では、木部谷間欠泡沸泉の噴出周期の増大の原因を、間欠泡沸泉の静力学モデルと、鏡（2006）が明らかにした存在可能性のある地下空洞の状態をふまえ、考察した。また、2006年8月に実施した最新の木部谷間欠泡沸泉の噴出周期のデータを、石井（2006）が求めた回帰直線との比較に基づいて分析し、噴出周期の変化の傾向を改めて論じた。

27. 長野県北東部周辺の温泉水の化学的特徴と地質構造

信州大学大学院・工学系研究科 江 守 建 太
信州大学理学部 塚 原 弘 昭

Chemical composition of thermal water and geologic structure around northeastern part of Nagano Prefecture

Div. Science & Technology, Shinshu Univ. Kenta EMORI
Faculty of science, Shinshu Univ. Hiroaki TSUKAHARA

長野県北東部周辺は北部フォッサマグナ地域に属し、フォッサマグナ形成時の堆積層の上に、千曲川（信濃川）による河川堆積物や第四紀火山の噴出物が覆っている地域が多いため、複雑な地質構造になっている。地質の違いが温泉の化学成分にどのように反映されているのかを調べるため、

この地域の温泉を多数調査した。

長野県北東部とそれに隣接する新潟県の温泉水の分析調査を行った。現場にて水温, pH, 電気伝導度, 酸化還元電位を測定した。また, サンプルを実験室に持ち帰り, 主要イオンはイオンクロマトグラフにて, 炭酸水素イオンは pH 4.8 中和滴定法にて定量を行った。

陽イオン濃度は地質の違いを反映するので, 陽イオン組成比で分類した結果, (1) 玄武岩質の妙高地域, (2) 安山岩質の秋山郷・野沢地域, (3) 河川堆積物である飯山・中越地域の 3 地域で, それぞれ特有のイオン組成比を持つことが分かった。陰イオン濃度は, 秋山郷・中越地域は変動幅が大きい, これは, 地域が広いと, ボーリング深度の違いが主要な原因だと思われる。

28. 長野市松代群発地震域の温泉水とガスの起源

信州大学理学部 塚原 弘 昭
(独)防災科学技術研究所 吉田 則 夫
(株)イー・アール・エス 奥 澤 保

Origin of the hot spring water and gas at the Matsushiro Earthquake Swarm area, Nagano City

Faculty of Science, Shinshu Univ. Hiroaki TSUKAHARA
Natl. Res. Inst. Earth Sci. Disast. Prev. Norio YOSHIDA
E.R.S. Co. Tamotsu OKUSAWA

長野市松代地域では CO₂ の噴出に伴って温泉水が自噴している。酸素と水素の安定同位体比から, 島弧マグマ水と天水とが混合したものと推定されている (吉田・他, 2002)。温泉水に占めるマグマ水の割合の最も高い源泉では, その同位体比から, マグマ水の占める割合は 5 割程度と見積もられ, マグマ水の Cl⁻ と Na⁺ の濃度は, それぞれ, およそ 14 g/l 以上, および 8 g/l 以上となる。CO₂ の ¹³C の同位体比もマグマ起源であることを示している。CO₂ に微量に混合する He も, その同位体比からマントル起源であることが知られている (Wakita *et al.*, 1978)。この地域の中心部には 30 万年前に噴出した火山がある。

1965 年から 2 年間ほど, 活発な群発地震がこの地域に発生した。そのとき大量の地下水が噴出した。松代地域の直下 10-15 km の深度に S 波の反射面の存在が知られている (西脇・他, 1989)。これは流体を含んだ層である可能性が高い。これがマグマ固結時に放出された H₂O と CO₂ を蓄積した層で, その上にある不透水層が何らかの原因で破れて大量に流体を震源域に供給し, 地震を発生させたと推定される。