

日本温泉科学会第 62 回大会

一般講演要旨 (口頭発表)

1. 北海道, 日本海北部の温泉資源

北海道立地質研究所 鈴木 隆 広

Geothermal Water Resources in the Northern Hokkaido of the Sea of Japan

Geological Survey of Hokkaido Takahiro SUZUKI

地質研究所では, 平成 14~17 年度にかけての研究の一環として, 日本海側北部の温泉水および付随ガスを採取して分析を行った. 本報告では, これらの採取した試料の分析結果についてしめし, 併せて, 日本海側北部の温泉資源について, 温泉水の貯留地質層準, 温泉水および付随ガスの化学組成, 水素・酸素同位体比, および海水組成との違いにもとづいて考察した. それらをまとめると以下ようになる.

- 1) 温泉水の多くは $\text{Br}/\text{Cl}=3.4 \times 10^{-3}$ の海水値に近い. 海水値よりも Br/Cl 比が高い温泉は NH_4 に富む傾向があり, 生物起源の Br , NH_4 が温泉水に付加されている可能性が高い.
- 2) 水素・酸素同位体比, および Cl 濃度から, 温泉水の起源は天水と化石海水の二成分混合系で説明できるグループと説明できないグループに分かれる.
- 3) 二成分混合系で説明できないグループは, 背斜軸付近で掘削された井戸から湧出するものであり, 温泉水には地下深部に由来する第三の流体が関与している可能性がある.
- 4) 海水と温泉水の化学組成を比較すると, 全ての温泉水に共通して, HCO_3 が増加し, SO_4 が減少する. HCO_3 が増加する要因としては, 有機的な化学反応, 炭酸塩鉱物の溶解, 第三の流体の混合が考えられる.

2. 改正温泉法による道内温泉のメタンガスの検出状況

北海道立衛生研究所 内野 栄 治・青柳 直 樹・中山 憲 司

Analysis of Methane Gas from Thermal Waters in Hokkaido by “the Revised Hot Springs Law”

Hokkaido Institute of Public Health Eiji UCHINO, Naoki AOYANAGI, Kenji NAKAYAMA

道内温泉において可燃性天然ガス (メタン) を検出した源泉の検出率, 地域分布, 泉質の特徴, 主採取地層等について解析した. なお, ここでの「検出」は, 災害の防止のための措置を必要としない A 試験の基準を超過, もしくは温泉水からメタンを分離するための B 試験を実施したものとした. 結果の概要をまとめると以下ようになる.

調査解析した源泉と市町村数は各々 620, 99 ヶ所に及んだ. 検出した源泉の内訳は A 試験の基準を超過した源泉が 71 ヶ所, B 試験を実施した源泉が 17 ヶ所あった. 全体の検出率は 14.2% であっ

た. 1件でも検出した源泉のある市町村は44ヶ所に達し, 道内各地に散在していた. 泉質は食塩泉が51.9%と最も多く, 以下, 単純温泉23.5%, 単純硫黄泉6.2%と続いた. また, 温泉水の色調, 鉄含量, 当所で分析した腐植質等の分析結果から, モール系と推定される源泉は少なくとも35.8%あった. さらに, SO_4^{2-} イオンが検出されない (1.0 mg/kg 以下) 源泉は55.6%あった. 温泉水を採取している主な対象地層は堆積岩類78.6%, 火山岩もしくは火成岩類17.1%であった.

3. 秋田県出壺の湧水の水質に関する研究

秋田大学工学資源学部 網 田 和 宏
 京都大学地球熱学研究施設 大 沢 信 二
 熊本大学大学院自然科学研究科 利 部 慎
 京都大学地球熱学研究施設 山 田 誠
 秋田大学名誉教授 肥 田 登

Chemical Composition of Acidic Water from Detsubo Spring at Shishigahana Marsh on Mt Chokai, Akita Prefecture

Akita University Kazuhiro AMITA
 BGRL, Kyoto University Shinji OHSAWA
 Kumamoto University Makoto KAKABU
 BGRL, Kyoto University Makoto YAMADA
 Emeritus Prof. of Akita University Noboru HIDA

出壺の湧水は秋田県鳥海山の北麓, 東鳥海馬蹄形カルデラ内の新山溶岩末端崖に位置する獅子ヶ鼻湿原に湧出する, 高い硫酸イオン濃度 ($54\sim 70\text{ mg/L}$) と低い pH ($4.0\sim 4.5$) によって特徴付けられる湧水である. 本研究では, この出壺の湧水の水質形成機構を明らかにすることを目的として, 水温, pH, 電気伝導度, 酸化還元電位, 溶存化学成分, 水素・酸素安定同位体比および湧出量の測定を行なった. 複数回に及ぶ調査結果より, 流量と水質の間にみられる変動の違いなどについて考察を行った.

4. 鳴子温泉郷アルカリ性温泉の微量成分組成に関する予察的検討

上智大・理工 富 部 麻利子・木川田 喜 一・大 井 隆 夫
 クラシエホームプロダクツ(株)・ビューティケア研究所 齋 藤 雅 人・萩 原 摩 里

Preliminary Study on Trace Element Compositions of a Alkaline Hot Springs in Naruko Hot Spring Area

Faculty of Science and Technology, Sophia University
 Mariko TOMBE, Yoshikazu KIKAWADA, Takao OI
 Kracie Home Products, Ltd., Beauty Care Laboratory Masato SAITO, Mari HAGIHARA

鳴子温泉郷は, ひとつの地域に多様な泉質が認められることから, 古くからその水質形成機構に

は大きな興味を持たれてきた。本研究では、アルカリ性の温泉水を対象に、その微量成分組成の特徴を明らかにし、泉質形成を検討するための新たな知見を得ることを目的とした。この地域の温泉水では As と Cl^- 、B と Cl^- に相関性があることから、これら 3 成分はマグマ由来の揮発性成分として共通に付加されたものとの解釈がある。しかし、本研究では B と Cl^- には相関が見られたものの、As は両成分との相関を示さなかった。アルカリ土類元素相互について見ると、Ca と Sr との間には一応の相関が見られたが、Ba は相関を示さず、ほとんどの対象源泉において Sr と Ba はその硫酸塩に対して過飽和であると見積もられた。アルカリ土類元素の硫酸塩が源泉中の溶存濃度を何らかの形で支配しているものと思われる。

5. 縞状北投石中の放射性核種の分布と変化 (その 2)

香川大学・教育 佐々木 信 行
 株式会社ラウンドワン 流 郷 忍
 大阪大学 RI 総合センター 斎 藤 直
 大阪大学安全衛生管理部 齊 藤 敬
 東京大学・名誉教授 綿 拔 邦 彦

Distribution and Variation of Radioactive Nuclear Species in Banded Structure Formed in Hokutolite Crust (Part 2)

Faculty of Education, Kagawa University Nobuyuki SASAKI
 Round One Co. Ltd. Shinobu RYUGO
 Osaka University Tadashi SAITO
 Osaka University Takashi SAITO
 Emeritus Professor of the University of Tokyo Kunihiko WATANUKI

筆者らは、これまで玉川温泉産、北投温泉産の縞状北投石および対照試料について、放射性核種の同定や含有量、放射能比などを明らかにするべく測定を行っている。その結果については、昨年の大会で少し発表した。その後さらに測定を進め、これまで ^{212}Pb 、 ^{214}Pb 、 ^{228}Ac 、 ^{228}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra の核種を検出し、強度を測定した。

その結果、褐色層と白色層では存在する放射性核種は同じだが、その強度には違いが見られ、 ^{214}Pb 、 ^{226}Ra いずれの核種もおおむね白色層の方が褐色層よりも強度が大きいことが認められた。また、 ^{228}Ra と ^{226}Ra の放射能比より北投石生成の年代を見積もったが、D1 層で 61.8 年、D5 層で 62.1 年という値が算出された。北投石の成長速度が $0.1\sim 0.2\text{ mm/y}$ であることを考えると、D1 層と D5 層であまり大きな差がないのというのは一見奇妙であるが、これについては Okubo and Sakanoue (1975) によりその存在が指摘されている北投石中の ^{232}Th の存在を考えれば説明可能である。

6. 熱水環境の生物地球化学的研究

大妻女子大学社会情報学部 井上源喜

Biogeochemical Studies on Hydrothermal Environments

School of Social Information Studies, Otsuma Women's University Genki I. MATSUMOTO

地球環境中の有機成分は、その地域の過去の生物活動や人間活動により供給され、それらの環境条件の特徴を反映する。有機成分に関する地球化学的研究は多数の研究者により実施され多くの情報が蓄積されてきている。特に一連の炭化水素、脂肪酸、ステロール等は、それらの一部を除きプレカンブリアから現世まで地球上に広く分布し、地球環境における有機物の起源、続成作用、堆積環境、環境変動、さらには石油生成過程を解明するための生物指標化合物（バイオマーカー、bio-marker）として用いられている。

わが国は地殻変動が活発で、火山地帯や温泉などの熱水環境が豊富に分布する。熱水環境には好熱性細菌や好酸性生物が分布し、バイオマーカー等の有機成分の特徴は通常の湖沼や河川環境と大きく異なると予想される。

本発表では井上らが研究を実施してきた熱水環境である秋田県の焼山、玉川温泉、富山県の立山、草津白根山、草津温泉源泉、箱根の早雲山や大涌谷の堆積物中のバイオマーカー（有機炭素、全窒素、炭化水素、脂肪酸、ステロール、ヒドロキシ酸、フェノールカルボン酸）の特徴を明らかにし、これらを用いた熱水環境の生物地球化学的研究・環境地球化学的研究の方法論を展開し、今後の熱水環境に関する研究を展望する。さらに、今後は熱水環境に特異的に生息する古細菌（スルフォバクテリウム等）についても検討する。

7. 多硫化カルシウム入浴剤の硫黄泉としての特性

法政大・生命科学部 沼田恒平・栗田繕彰・大網貴夫・大河内正一

Characteristics as Hot Spring Water of Bath Additive Composed of Calcium Polysulfide

Faculty of Bioscience and Applied Chemistry, Hosei University
Kohei NUMATA, Yoshiaki KURITA, Takao OHAMI, Shoichi OKOUCHI

演者らはこれまでにアルカリ性の還元系硫黄泉である野沢温泉水（長野県）に継続的に入浴することで、皮膚の弾力性の向上や回復が期待できること、さらに皮膚のシミ、ソバカスや日焼けなどの原因物質となるメラニンの生成抑制効果を有することを明らかにしてきた。そこで今回、これまで報告してきた多硫化カルシウム系入浴剤（商品名；六一〇ハップ）にメラニン生成抑制効果、皮膚への還元系物質の浸透、エイジングによる効果の低減などの硫黄泉と同様の効果を有するか検討を行った。

実験は多硫化カルシウム入浴剤を溶解させた水溶液について、メラニン生成の中間体であるドークロムの生成を吸光度（475 nm）の経時変化から追跡した。また、還元系物質の膜透過性、エイジングによる影響も検討した。

多硫化カルシウム水溶液にはメラニン生成抑制効果、膜浸透性を有することが確認できた。しか

し、エージングにより、メラニン生成抑制効果と還元系物質の膜浸透性を喪失していることが確認された。以上の結果から、多硫化カルシウム入浴剤は硫黄泉と同様の特性、効果を有する結果が得られた。(なお、六一〇ハップは硫化水素自殺の影響を受け、昨年 10 月末で製造を中止した。本研究が、悲惨な自殺と関係ない形で新たな再生の一助となることを期待したい)

8. 温泉水の還元力の評価法について—ビタミン C 量への換算—

法政大, 生命科学 吉田 健作・池田 悠太・沼田 恒平・大河内 正一

Reductive-Ability Evaluation of Iodine to Hot Spring Waters —as Vitamin C—

Faculty of Bioscience and Applied Chemistry, Hosei University

K. YOSHIDA, Y. IKEDA, K. NUMATA, S. OKOUCHI

新鮮な還元系の温泉水は皮膚の酸化抑制などの効果が期待できることから、温泉水が還元系か、エージングが進行しているか、さらには殺菌のため添加された塩素などにより酸化系かの評価は重要となる。演者らは、それらの評価をこれまで ORP (酸化還元電位) に基づき行ってきた。しかし、より簡便に評価する方法として演者らは前回、ヨウ素 (商品名イソジン) を用いた滴定法を提案し、その具体的評価を COD (Chemical Oxygen Demand) 値として求めた。しかし、この COD 法では、水に含まれる有機物の汚染度合いを評価するもので、その値が大きい程、水が有機物で汚染されていることになり、一方温泉水ではその値が大きい程還元力が大きい温泉水を意味する。それ故、今回温泉水の還元力を COD 値ではなく、温泉水の還元力のイメージがより分かり易く、身近なビタミン C (アスコルビン酸) 量に換算することを検討した。

実験は各種温泉水および人工温泉水を、イソジンで酸化還元滴定し、以下の式から温泉水 1L 当たりに含まれるビタミン C 量への換算を行った。

$$\text{ビタミン C 量 [mg/l]} = 4.85 \times v \times (1000/V)$$

なお、V は温泉水のサンプル量 [ml], v はイソジンの滴定量 [ml] を示す。

その結果の一例として、A 温泉水 100 ml で、イソジン滴定量は 1.22 ml であった。この A 温泉の還元力は、温泉水 1L 当たりビタミン C 量 59.2 mg に相当することが分かる。

9. 皮膚のヌルヌル感に及ぼす温泉水の特性について (I)

法政大学・生命科学部 古川 豪
法政大学・生命科学部 末藤 ゆかり
健康保養地医学研究所 阿岸 祐幸
温泉美容研究家 石井 宏子
法政大学・生命科学部 大河内 正一

Characteristics of Hot Spring Water that make the Skin Soapy

Faculty of Bioscience and Applied Chemistry, Hosei University

G. FURUKAWA, Y. SUEFUJI, Y. AGISHI, H. ISHII, S. OKOUCHI

新鮮な還元系の温泉水の皮膚に対する酸化抑制やメラニン生成抑制などの効果の他に、これまで温泉水の皮膚に対する評価として、スベスベ、ヌルヌル、サラサラなどの言葉に代表される感覚的表現が、温泉水の評価として巷間用いられてきた。

そこで今回、このヌルヌル感を与える温泉水の pH や成分、さらにはそれら成分の組み合わせを含めて、ヌルヌル感を与える温泉水の条件についての基礎的データを検討した。

実験は試薬を調製した 40℃ の恒温水槽に手を浸し、皮膚のヌルヌル感を官能的に判定することで行った。その結果、アルカリ試薬の NaOH, Na₂CO₃, Na₂S および Na₂SiO₃ では、濃度がそれぞれ約 1 mM 以上、pH が 9 台後半以上でそれぞれヌルヌル感を感じた。一方、NaHCO₃ では濃度がそれらの約 10 倍高い 10 mM 以上、pH が 8 台前半でヌルヌル感を感じ、他のアルカリ試薬と大きく異なる結果を示した。また、ヌルヌル感は pH および Ca などの共存成分の影響を受ける結果を示した。

ヌルヌル感を与える温泉として有名な“うなぎの湯”（鳴子温泉）で、その温泉分析表の内で、アルカリ試薬と見做すことができるとすると、NaHCO₃ : 7 mM, Na₂CO₃ : 3 mM, Na₂S : 2.5 mM および Na₂SiO₃ : 2.5 mM に対応し、pH も 8.9 と高く、pH を含めて皮膚にヌルヌル感を与えるに十分な量の各種アルカリ試薬が含まれていることが分かった。

10. 高張性泉浴に拠る水疱性皮膚疾患の治療

盛岡市孝仁病院・玉川温泉診療所 野 口 順 一

Therapy of Bullous Skindiseases By High Osmotic Bath

Kojin Hospital in Morioka, Tamagawa Spa Clinic Jun-ichi NOGUCHI

尋常性天然瘡、水疱性類天然瘡や先天性表皮水疱症などの水疱に対して、高張性塩類泉浴に拠る治療を施行し、良効な結果を得た。

これらの疾患の場合、それらの水疱内容の液体は、その浸透圧は比較的に高く、患者の血液は、栄養低下などのため、その浸透圧は比較的に低い。そのため水疱は増大する。

水疱を高浸透圧の中に置けば、水疱内容の水分は、高浸透圧の方へ移動する。この治療法により水疱は破れずに萎縮し、水疱中の蛋白質はそのまま凝固し、その後その箇所は、植皮したように表皮化し、蛋白質の漏出を防ぎ、皮疹は正常化する。また、水疱は破れずに表皮化するので、細菌感染も防止できる。

この間、皮膚局所には多少の炎症はあったほうが水疱の新生は予防できた。そのため、ステロイド剤などは使用しないほうが良い。

また、これらの方法により、水疱の新生も防止することが可能で、また、再発予防には、その間に患者の栄養を改善して、血液の低浸透圧の状態を正常化しておくことが必要である。

11. アトピー性皮膚炎モデル動物の脂肪酸代謝に対する温泉水の影響

北海道立衛生研究所 青柳直樹・中山憲司・西村一彦・内野栄治

Effect of Hot Spring Water Samples on Fatty Acid Metabolism in Model Mice with Atopic Dermatitis

Hokkaido Institute of Public Health

Naoki AOYANAGI, Kenji NAKAYAMA, Kazuhiko NISHIMURA, Eiji UCHINO

これまで我々は、温泉療法の効果を評価するための一つの方法として、アトピー性皮膚炎 (AD) を取り上げ、AD 発症モデル動物である NC/Nga マウスを用いた動物実験系の有効性を明らかにしてきた。その一連の研究の中で、AD 様症状 (ADL) を発症した NC/Nga マウスの網羅的遺伝子解析を行った結果、顕著な変動を示した遺伝子群の中に脂肪酸代謝に関与するものが比較的多く見られた。ここでは、NC/Nga マウスの ADL 発症と脂肪酸代謝に着目し、その血清中の脂肪酸組成に対する温泉水の影響を検討した。蒸留水及び 2 種類の温泉水の影響について、マウスの皮膚症状、血清 IgE 値と共に脂肪酸の組成 (モル比) をコントロール (無処理) 群と比較した。その結果、油分を含みメタホウ酸を多く含有する中性の食塩泉で皮膚症状の軽快及び血清 IgE 値の有意な低下が認められた。また、主要成分であるパルミチン酸は有意かつ顕著な上昇が認められ、n-6 脂肪酸であるリノール酸およびアラキドン酸や n-3 脂肪酸であるドコサヘキサエン酸では、低くなる傾向が認められた。これらのことから、泉質によっては、本モデル動物における ADL 発症の改善と共に、脂肪酸代謝の変化にも影響を及ぼすことが示唆された。

12. 三重県菰野町の大深度非火山性温泉「けやきの湯」(歩行浴) の民間療法的利用 高齢者の 3 人に 2 人は有効

名古屋大学名誉教授 宮崎哲郎

三重県、菰野町社会福祉協議会 矢島紀子・松尾満正

Utilization for Health Promotion in Non-volcanic Spa from Deep Wells "Keyaki-no-yu" (Wading Bath) of Komono-cho, Mie-ken. Remarkable Effect on Health Promotion of Aged People

Emeritus Professor of Nagoya University Tetsuo MIYAZAKI

Komono-cho Council of Social Welfare, Mie-ken Noriko YAJIMA, Mitsumasa MATSUO

全国各地に新しく誕生した大深度非火山性温泉は、温泉地が都市部を含めて普遍的に分布し、温泉を手軽に利用出来る。この温泉は高齢者に大好評であり、高齢者の健康増進に大きく寄与していることを報告する。岐阜県と三重県の自治体が掘削した 4 つの大深度非火山性温泉 (池田町池田温泉、羽島市羽島温泉、いなべ市あげき温泉、菰野町けやきの湯) における 65 歳以上の高齢者の年間利用者数は 7-34 万人となり、それぞれの市や町の高齢者の人口の 7-70 倍にも達する。この大好評の理由を高齢者の健康増進の面から検討した。三重県菰野町の大深度非火山性温泉「けやきの湯」(歩行浴) の利用者 (65 歳以上) に対して、2006、2007、2008 年にアンケート調査を 3 回行い、448 名から回答を得た。温泉効果の全般的評価として、「大きな効果」や「まあまあ効果」があると感

じた人の割合は65.4%となり、効果が感じられなかった人の割合は2.7%に過ぎなかった。多くの高齢者にとって温泉は大変有効である。各症状について調べると、「運動機能の維持」、「減量」、「血圧安定」、「関節・膝・腰の痛みの改善」および「肩こり」に対して82-56%の人が温泉は有効であったと感じた。このように大深度非火山性温泉は高齢者の健康増進に重要な役割をしており、今後、さらに積極的な利用が望まれる。

13. 京都・竹の郷温泉の温泉水の起源と生成機構

京都大学・理学研究科・地球熱学研究施設 大沢 信二・山田 誠・三島 壮智

Origin and Formation Process of Hot Spring Water at the Takenogo Hot Spring in Kyoto

BGRL, Graduate School of Science, Kyoto University
Shinji OHSAWA, Makoto YAMADA, Taketoshi MISHIMA

我々は、大分平野や宮崎平野での研究成果（大沢，2001；大沢・他，2006）を総括することにより、堆積盆地の深井戸から得られる温泉水の同位体組成（ δD - $\delta^{18}O$ ）、Bと Cl^- の量比の関係、および Cl^- 濃度と HCO_3^- 濃度の関係などから、①堆積物間隙の海水、②堆積物・堆積岩の続成過程における含水鉱物の分解で生じる脱水流体（以下、続成脱水流体）、③土壌 CO_2 を溶解した天水起源地下水という3種類の起源流体の存在を認識している。そして、それらの地球化学的判別方法を使って、他の堆積盆地に産出する温泉水も識別できると考えており、その適用限界を見極める目的の第一歩として京都盆地に着目し、その第一弾として竹の郷温泉を取り上げ、採取した温泉水の同位体測定データと化学分析値を用いて温泉水の起源判定を行った。その結果、土壌 CO_2 を溶解した天水起源地下水への外来 CO_2 の付加が示唆され、さらに、溶存全炭酸の濃度と炭素安定同位体比（ $\delta^{13}C$ ）の関係を検討したところ、続成脱水流体由来の CO_2 と土壌 CO_2 を溶解した天水起源地下水の混合で説明可能であることが示された。このことから、京都・竹の郷温泉の温泉水は「土壌 CO_2 を溶解した天水起源の地下水に、より深所に潜在する続成脱水流体から分離・派生した CO_2 が加わることで生成した」と結論づけられた。

14. 神奈川県内の大深度温泉の流動

神奈川県温泉地学研究所 板寺 一洋・菊川 城司・小田原 啓

Flow of Deep Hot Spring Water in Kanagawa Prefecture, Japan

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture
Kazuhiro ITADERA, Joji KIKUGAWA, Kei ODWARA

神奈川県温泉地学研究所では、県内の大深度温泉井の温度・成分・地質等のデータを収集し、県内の大深度温泉の成因に関する検討を進めている。近年の源泉数の増加により、温泉の帯水層や流動についても、県全体をある程度俯瞰できる密度でデータが揃ってきた。

井戸掘削時に採取された地質試料や電気・温度検層などの資料によれば、大深度温泉を蓄えてい

る主な地層は①上総層群中の砂礫層, ②上総層群と三浦層群の境界付近の砂礫層, ③基盤岩中の亀裂であった。温泉の主要成分や酸素同位体比の空間分布について検討したところ, 温泉帯水層の形状・分布との関連性が認められた。

揚湯試験結果の解析結果によれば, 温泉採取層の透水性は浅層地下水の帯水層に比べて 2 から 5 オーダー程度小さかった。また, 掘削時に測定された静水位に基づく被圧地下水頭の分布は, 酸素同位体比の分布とは大きく異なり, 概ね地形に対応したパターンを示した。これらの結果は, 大深度温泉の流動性が極めて低いことを示唆している。

15. エジプトの温泉と温泉形成モデルの一例

九州大学大学院・工学研究院 モハマド アブデル ザヒル・江 原 幸 雄・サイビ ハキム

Hot Springs in Egypt and an Example of Formation of Its Hydrothermal System

Faculty of Engineering, Kyushu University
Mohamed Abdel ZAHER, Sachio EHARA, Saibi HAKIM

エジプトには活火山はないが, いくつかの温泉が分布している。その多くは 40°C 以下の比較的低温の温泉であるが, シナイ半島西岸には 70°C を超える高温泉も見られる。エジプト本国とシナイ半島との間にあるスエズ湾は大陸拡大に伴って形成されたものであり, その海底熱流量も高い。これらの熱源と温泉は密接に関係している可能性がある。

スエズ湾岸の代表的な温泉として, ハمام・ファラウン温泉の湧出メカニズムの予察的モデルを構築した。砂岩層の下には基盤の花崗岩が存在しており, 温泉地域周辺で基盤はやや盛り上がっている。

背景の地殻熱流量は 150 mW/m² と高い。また, 重力の解析から, 温泉を切る方向に断層の存在も推定される。以上のことを総合し, この温泉の主要な水の起源はシナイ半島に降った雨が, 地下に浸透, 湾岸方向に流動し, スエズ湾のリフト拡大に関係するマグマからの高い伝導熱および一部マグマ性流体により, 加熱され, リフト拡大に伴って形成された断層に沿って上昇してきたものと推定される。

16. 地下水・温泉水の原位置 pH-Eh 分布の推定

清水建設株式会社技術研究所 穂 刈 利 之

Estimation of In-situ pH and Eh of Groundwaters and Hot Springs

Institute of Technology, Shimizu Corporation Toshiyuki HOKARI

地下施設の環境影響評価の際に必要なものの一つに地球化学特性がある。その基本データとなる地下水水質を把握するために従来ボーリング孔において対象区間から揚水を行い地表において観測・採水・分析を行って来た。しかし, 原位置水質観測および封圧採水手法が開発されたことで, 地下深部と地表の環境の相違により pH, Eh 等の物理化学パラメータが異なることがわかって来

た。そこで水質データと地球化学モデリングによる平衡計算から原位置地下水水質を推定する手法を開発し、日本原子力研究開発機構幌延深地層研究所において適用を行った。その結果幌延サイトの地下水が酸化還元対 S(-2)-S(6) で規定される可能性が推定された。

本論文では上記特性が幌延地域の特異性なのか、あるいは日本の地下流体に共通するものなのかを推定するために、幌延周辺の道北地区の油田水・温泉水および日本各地の温泉水等の原位置 pH, Eh の推定を行った。その結果、地下水、油田・ガス井水および温泉水のいずれもが S(-2)-S(6) の境界付近にプロットされ、日本の地下流体の多くが胎盃する地質の違いに拘わらず原位置においてイオウの酸化還元対 : S(-2)-S(6) によって規定されている可能性が推定された。

17. 欠番

18. 温泉の適正利用を考える

産業技術総合研究所・日鉄鉱コンサルタント 野田 徹郎

Consideration on Proper Utilization of Hot Spring Water

AIST・Nittetsu Mining Consultants Tetsuro NODA

温泉の適正利用とは、特に温泉のゆう出量が安定している利用状態、という考えが広く受け入れられているようである。これは正しい判断であろうか。

温泉開発の歴史は、自然ゆう出→掘削自噴→動力揚湯の道筋をたどっている。その過程で、温泉水位が安定している状態は無数に存在し得る。つまり井戸への水の供給があるかぎり水位は下がるが安定化する。汲み上げ量と供給量がバランスする状態を現出し得るからである。したがって、水位の安定をもって適正ゆう出（適正利用）とするには疑義がある。

演者の主張はこうである。温泉資源は地域の共有財産なのであるから、地域の大勢の合意のある利用の度を適正利用とすればよい。このとき注意すべきは、地域とは決して既存源泉所有者だけを意味するものではなく、住民全体だということである。既存源泉所有者は温泉の優先利用権を有するが独占権はなく、温泉の適正利用は当然課せられる。もちろん、地域は自らが適正とした温泉利用について、その後の推移には共同で責任を持たなければならない。大深度掘削泉についても同様である。

すべての温泉について、温泉の利用が本当に適正であるかどうかは見守っていかねばならず、そのためには、温泉のゆう出量、温度又は成分の監視を続け判断していくしかないと思われ。

19. 温泉の熱エネルギー利用と資源保護について

北海道立地質研究所 秋田 藤夫

Thermal Energy Use and Resources Protection of Hot Spring

Geological Survey of Hokkaido Fujio AKITA

2007 年の都道府県別温泉利用データ (環境省, 2009) によると我が国の温泉湧出量は毎分約 280 万 l とされている。仮に, 泉温の平均を 45°C とすると, およそ 185,000 TJ/年 (基準温度を 15°C とする) の熱エネルギーが温泉湧出に伴い放出されていることになる。マクロに見た長期的な温泉資源動向は, 動力揚湯量の増加, 自噴量の減少を示している中で, 総湧出量は 2001 年頃から増加率が小さくなる傾向を示している。また, 泉温も 42°C 未満の低温泉の割合が増加してきている。このような状況を踏まえて, 環境省では, 平成 21 年 3 月に「温泉保護に関するガイドライン」を策定した。

我が国における温泉利用と言えば, 浴用が中心である。浴用以外には, あまり利用されず, しかも源泉温度が高いときは冷ますか水道水を加えて浴用の適温になるまで泉温を下げてから使用し, 使用後は大部分がそのまま捨てられている。我が国全体で見ると, 北海道や東北など熱需要の大きい地方では, ある程度の熱利用は行われてはいるが, それでも温泉の持つ熱エネルギーの一部しか利用されていない。このような中, 昨年の北海道洞爺湖サミットや原油価格の高騰を契機に, 省エネルギー, 未利用地場エネルギーの活用, 地球温暖化対策への寄与等の観点から温泉の熱エネルギー利用が積極的に導入されるようになってきた。一部の温泉地では, エネルギー利用を進めるために揚湯量を増やす動きも出てきた。しかし, 温泉揚湯量の増大は, 資源の衰退・枯渇化を進展させる可能性があることから, 資源状況を把握した上で慎重に進める必要がある。温泉の熱エネルギー利用は, 新たに揚湯量を増量して行うのではなく, 現在湧出している資源の中で, 未利用のまま捨てられている部分を効率的・効果的に利用するのが重要と考える。さらに言えば, 未利用資源から回収した熱エネルギーを資源保護のために積極的に活用することが望まれる。

20. 温泉法に関する基本問題の検討一(その5)―温泉法第二条別表「重炭酸そうだ」の計算法について

中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄

Some Consideration on Fundamental Issues of the Hot Spring Law from Scientific Viewpoint (Part 5) On the Interpretation of [Sodium Bicarbonate] described in the Attached Table of The Hot Spring Law

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

温泉法第二条別表の中で, 「重炭酸そうだ」の項目は塩類表示で, この出典は, 1911 年のドイツナウハイム協議 (Nauheimer Beschlussen) で, 次のように表現されていた。

engere Alkalinitat 340 mg/kg (entsprechend 4 Millival NaHCO_3)

つまり, NaHCO_3 として 4 Millival に相当する NaHCO_3 を基準量としていた。この当時は温泉成分を塩類表として表示することが一般的であったようである。

現在の分析表の成分はイオン表示であり, 「重炭酸そうだ」の計算法は, 一般的には, Na と HCO_3 のミリバル値の少ない方を基準として NaHCO_3 を計算する方式が用いられる。

「重炭酸そうだ」の表現は塩類表が分析法として使われていた時代の名残と考えて, 塩類表で計算された「重炭酸そうだ」と, 現在一般的に用いられているミリバル値から計算した「重炭酸そうだ」とどのように相違するかを, 日本鉱泉誌の温泉分析表から, 泉質が単純温泉であるもの, 及び塩類泉それぞれ 4 種を選んで検討した。

その結果は下記の通りである。

- 1) 塩類表による「重炭酸そうだ」の計算値は、ミリバルから計算した「重炭酸そうだ」の値よりも低い。これは、塩類表の計算手順が、Na と Cl, SO₄ を先に結合して、残りの Na を HCO₃ と結合するためで、極端な場合は、ミリバル値から計算した「重炭酸そうだ」が 340 mg/kg 以上でも塩類表では 0 となる事がある。
- 2) 上記の結果、塩類表から計算すると、「重炭酸そうだ」の項で温泉法の温泉に適合する源泉数はミリバル値から計算した方法（現行）よりもかなり少なくなると想定される。
- 3) 結論として、「重炭酸そうだ」をどうするかについては、次の場合が考えられ、
 - イ) 温泉法から「重炭酸そうだ」の項を削除する。
 - ロ) 計算法として塩類表結合方式とミリバル値方式がある。
 両方式を検討した結果、ミリバル値方式の方が妥当性が高い点に言及した。

21. 土木工事の泉源への干渉

NPO シンクタンク京都自然史研究所 西村 進・桂 郁雄

Some Interferences on Hot Springs with Construction Works

NPO Think-tank Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA, Ikuo KATSURA

有名な温泉の泉源の近くで、橋梁、道路、下水、港湾などの工事、大規模な建築工事に伴う基礎の土木工事が行われることがあった。これらは、計画時の温泉への影響の考慮もなくすすめられ、地元説明会で初めてわかることも多い。また、地質調査と称して何らの注意もなく、地質調査の掘削がなされていることが多い。また、監視していても、現場の不注意で泉源に影響を与えてしまうこともある。

これらの、明確な例をあげ説明し、また、影響調査もどの程度しなければならないかなどを示し、今後の注意を喚起する。

22. 温泉に分布するシアノバクテリア（藍藻）の生育環境

東京理科大学理学部 長島 秀行

Growth Conditions of Cyanobacteria (Blue-green Algae) Living in Hot springs

Faculty of Science, Tokyo University of Science Hideyuki NAGASHIMA

日本の温泉には、イデユアイミドリ *Mastigocladus*, フォルミジウム *Phormidium*, ユレモ *Oscillatoria* などの糸状藍藻（シアノバクテリア）がよく見られる。岐阜県奥飛騨温泉郷、新平湯温泉のある温泉施設では、源泉付近に褐色の温泉沈殿物といっしょに多量の青緑色の藻類が付着していて、ユレモと単細胞の藍藻シネココッカス *Synechococcus* などが見られる。源泉は 60℃ 以上あり、泉質はナトリウム-炭酸水素塩・塩化物温泉（中性）である。ユレモは、個々の細胞の幅は 2-4 μm で、日本各地の中性から弱アルカリ性の温泉に広く分布している。シネココッカスは単細胞で桿状（棒状）、長さは 6-9 μm で、日本各地の 70℃ 近い中性の高温泉でよく見られる。静岡県伊豆半島の

熱川温泉や峰温泉では、掘削による温泉井が各所にあり、噴出した 100°C 近い温泉の蒸気が立ち込めている。泉質はおもに中性の塩化物泉である。やぐら付近では温度が 60°C から 70°C あり、中性から弱アルカリ性で、白色の温泉沈殿物の他に青緑色の藻類マットがあり、おもにユレモやイデユアイミドリ、シネコッカス等が見られる。以上のように、藍藻は中性から弱アルカリ性で、比較的高温の温泉に分布しているが、群馬県草津温泉などの酸性の温泉では、これらの藍藻に代わってイデユコゴメ *Cyanidium* などの単細胞の紅藻類 (真核藻類) が分布している。

23. パルサー法による温泉のレジオネラ検出について (2)

東邦大学医学部 加藤 尚之・大野 章・波木井 千雅子・山口 恵三

Detection of *Legionella* in Hot Spring Waters by Palsar Method (2)

Faculty of Medicine, Toho University

Naoyuki KATO, Akira OHNO, Chikako HAKII, Keizo YAMAGUCHI

昨年、本会においてパルサー法 (PALSAR: probe alternation link self-assembly reaction) について、その特徴、原理並びに予備検討として温泉水中のレジオネラ属菌の検出に応用し、その結果を培養法と比較して報告した。今回パルサー法の評価を目的として、様々な泉質を有する温泉水を用い、PALSAR 法、Real-time PCR 法、培養法および ATP 法によってレジオネラ属菌を検出した結果を比較し、PALSAR 法の有効性を検討した。その結果、次亜塩素酸ナトリウムでは、0.2 ppm の濃度において PALSAR 法は培養法の結果と同等の殺菌効果を示した。銀イオンについては、培養法では強い殺菌性の結果が示されたが、PALSAR 法では銀イオン無添加のコントロールと同菌数であり、殺菌効果は認められなかった。作用メカニズムの異なる 5 種の抗菌薬による抗菌作用について、培養法、ATP 法の結果とほぼ相関した実験結果を示し、殺菌効果を検出することが証明された。サンプリングした温泉水を対象に PALSAR 法によるレジオネラ属菌の検出を行った結果、PALSAR 法による検出菌数は、培養法と Real-time PCR 法の間ぐらいに位置していた。

24. Biofango^R 開発に關与する微生物の特性と応用

東邦大学・医学部 杉 森 賢 司
 (株)アセンダント 大和田 瑞 乃
 湯河原温泉・(有)石葉 小 松 秀 彦
 庄川温泉・(株)三楽園 坂 井 彦 就

Characteristics and Applied of Microorganisms for Support of Development on Biofango^R

Toho University Faculty of Medicine Kenji SUGIMORI

ASCendant Co. Inc. Mizuno OOWADA

Hotel Sekiyo Co. Inc., Yugawara Hot Spring Area Hidehiko KOMATSU

Hotel Sanrakuen Co. Inc., Shoukawa Hot Spring Area Hikonari SAKAI

古来より、わが国では「温泉」というのは「湯に入る」といった方法が主体であったが、近年では健康増進や美容等の観点から様々な形態の温泉入浴方法が紹介されつつある。

我々は温泉水を用いて熟成させた泥 (Biofango[®]) を数 kg 用い、それを直接体に塗り全身を保湿と保温のために布で包み発汗させると共に、入浴した場合と同等以上の効果をもたらす方法の可能性を探るべく、まずこれに使用する泥の開発と研究に着手した。ベースとなる泥の成分は天然由来鉱物である Bentonite, Kaolinite, Diatomite 等を主とする数種類で、この配合比を変えたものを複数用意した。この泥をプラスチック製角形容器に入れ温泉水を加え、泥と温泉水が均一になるように混合し、それに温泉水【神奈川県湯河原温泉・石葉源泉 (55°C, pH 8.1) と富山県庄川温泉・三楽園源泉 (22°C, pH 6.4)】をかけ流し泥の熟成を試みた。かけ流しの自然状態における細菌数の動向をみると、増殖ピークは両温泉で異なり、湯河原温泉で 3~4 週後、庄川温泉で 2~3 週後となった。一方、源泉における藻類の増殖状態やその応用についての検討結果として、湯河原温泉・永田源泉から採取し、実験室内で培養した *Phormidium* sp. からはイタリアの Fango に使用している *Phormidium* sp. ETS-05 株が産生する抗炎症物質と同様の glycoglycerolipids を産生している事もわかった。

25. 山梨県黒平温泉の現状とそこに生息する硫黄細菌の性状

東邦大学・医学部 杉 森 賢 司
日本温泉文化研究会 伊 藤 克 己

Characteristics of Sulfer-oxidizing Bacteria and Situations on Kurobera Hot Spring, Yamanashi Prefecture

Toho University Faculty of Medicine Kenji SUGIMORI
The Association for multi-disciplinary studies on Hot spring Katsumi ITO

日本温泉文化研究会の学術調査の一環として、甲府市黒平町 (旧湯の平) の山中に自然湧出している黒平 (くろべら) 温泉の科学的調査を行った。標高 1,200 m に位置する源泉は 2ヶ所あり、その 2つの源泉から温泉水を直径約 40 cm のプラスチック製の樽に受け、その湯を下黒平集落へ送り、各民家で沸かして入浴用として使用している。源泉から樽への流入量は右側が 3.7 l/分、左側が 2.4 l/分であった。また、右源泉は 12.3°C, pH 4.00, 左源泉は 12.1°C, pH 4.12 で、泉質は硫化水素臭がする無色透明な酸性硫黄泉である事がわかった。その沈殿物および温泉水を単体の硫黄を加えた W medium (pH 3.0) に 10% の割合で加え、30°C のインキュベーターで培養を試みたところ、液面に浮遊している硫黄の周辺に混濁が認められた。グラム染色後、顕微鏡観察にて、グラム陰性短桿菌と分岐を呈するグラム陰性フィラメント状細菌が認められた。分離培養後、短桿菌に対し 16S rRNA の塩基配列を調べたところ *Acidithiobacillus thiooxidans* と同定された。また、ポリチオン酸の動向についてはかつてカムチャツカ半島の火口湖から分離された好酸性硫黄酸化細菌と同様の資化能がみられ、増殖状態と資化能の関連性が確認された。

この黒平温泉は、現在、旅館や祠等の石積が残されており、歴史的・民俗学的にも重要で、温泉を含め保存・保護する必要性がある重要な遺跡と考える。