

日本温泉科学会第 61 回大会

一般講演要旨 (口頭発表)

1. 石狩平野西縁の地下流体について

株式会社ドリリング計測 松波 武雄
北海道立地質研究所 藤本 和徳・高橋 徹哉

Underground Fluid in the Western Marginal Part of Ishikari Plain

Drilling Keisoku Co., Ltd. Takeo MATSUNAMI
Geological Survey of Hokkaido Kazunori FUJIMOTO, Tetsuya TAKAHASHI

都市市街地における熱水資源の有効利用を図る観点から、北海道立地下資源調査所(現北海道立地質研究所)は、1980年代に敷地内で3坑の掘削(深度400~657.3m)を実施した。これらの坑井では多層仕上げがなされ、帯水層毎に流体採取・分析がなされた。

- 1) 帯水層は、深部に向かって地下水帯水層(上部~中部更新統)、上部~中部帯水層(下部更新統~鮮新統)及び下部帯水層(上部中新統)に3分される。
- 2) 資源の視点からみると、深部に向かって地下水、冷鉱泉~単純温泉及び食塩泉が分布する。それらの組成はキーダイヤグラム上で明瞭な差を示す。
- 3) 地下流体は、天水-(化石)海水系からなり、各帯水層がもつ透水性により天水の地下流入が規制されていると推定される。
- 4) 帯水層の透水量係数は、地下水帯水層で 10^{-2} (m²/sec) オーダー、上部~中部帯水層で 10^{-3} (m²/sec) オーダー及び下部帯水層で 10^{-4} (m²/sec) オーダーにあると推定される。

2. 南紀白浜温泉の地質構造

NPO シンクタンク京都自然史研究所 西村 進・桂 郁雄・西田 潤一
ネオサイエンス 城 森 明

Geological Structure of Nannki-Shirahama Hot-spring

NPO Think-tank Kyoto Institute of Natural History S. NISHIMURA, I. KATSURA, J. NISHIDA
Neo-Science A. JOURMORI

南紀白浜温泉は古くから知られ、多くの研究が報告されているが、プレートの沈み込みと関連させた深部の温泉湧出機構の研究は少ない。今回、地球物理学的手法を用い調査した結果から地質構造を論じる。手法としては、①地質・地質構造の精査、②重力測定、③比抵抗測定による地下の構造調査、④放射能・地球化学的手法による断層調査を行ない、⑤総合的にまとめる機会が得られた。この調査には白浜町、白浜の温泉業者の方々のご援助があったのでここに感謝する。

① 地質・地質構造 精査をしたところ、湯崎温泉の周辺は新第三系中新統田辺層群白浜累層の砂岩・砂岩泥岩互層および礫岩よりなる。南紀は付加帯が基本的地質構造で圧縮場であるが、所々中

性～酸性の火成岩体の貫入が見られる。その貫入岩体の周辺には伸張場が見られる。湯崎地区から江津良にかけて伸張場の亀裂、砂岩岩脈、泥岩岩脈、正断層が見られる。この範囲には泉源がみられる。

② 重力測定 プーゲ異常値から東西の広域の傾向を除くと僅かな異常値であるが貫入岩体のストック状構造が湯崎地区、江津良の南、綱不知・瀬戸地区に見られる。

特に湯崎のストックは高温源泉の分布に一致する。

③ CSA-MT 法による比抵抗構造 充分離れた富田川畔に発信元を設置し、湯崎を中心に比抵抗構造をもとめた。その結果重力測定で推定した貫入岩体のゆるみ域から上昇してきた超臨界水がその地下水と混じり、200～300 m 深度に高温泉の溜りを作り、湯崎断層を通じて行幸の湯などの浅部に浸透している様子が比抵抗構造から推定できた。

④ 放射能探査 ^{214}Bi (^{222}Rn の娘元素), ^{208}Tl (^{220}Rn の娘元素) の γ 線強度の変化を測定し、活断層や亀裂の中を天然で気体のラドンが上昇する状態を測定し、温泉水の胎する断層の位置を探查する方法である。この方法では地表近くの温泉上昇の分布を知ることができる。

⑤ まとめ 白浜温泉の温泉水には、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が高く、他の化学成分からも、フィリピン海プレートの沈み込みスラブの脱水が関与していると推定されているが、その温泉水の上昇する深く発達したゆるみ域は日本海の拡大時期に貫入した酸性岩のストックの周辺に発達し、そこに上昇してきた高温泉がたまり、湯崎断層を通じて自噴していることが明確に示された。

3. 間欠泡沸泉の噴出ダイナミクスへの地下の温泉水の流路の形状の影響

名古屋短期大学 鏡 裕 行

Effects of a Complicated Underground Watercourse on Periodic Bubbling Spring's Spouting Dynamics

Nagoya College Hiroyuki KAGAMI

これまで我々は間欠泡沸泉の数理モデル (静力学モデル), 動力学モデル, およびそれらの統合モデルを提唱し, 間欠泡沸泉の噴出機構を議論してきて, 一定の成果を挙げてきた。これらのモデルは, 単純なモデル実験系をモデル化したものであるが, 実際に自然に存在する間欠泡沸泉の系は, それほど単純な系ではない。例えば, これまでのモデルでは, 地下から噴出口までの温泉水の流路は口径が一定の鉛直方向へのまっすぐな管を想定し, 二酸化炭素が溜まる地下空洞は, フラスコ内の空間のような単純なものを想定していた。しかし, 地下へのボーリングに端を発し間欠的に噴出するようになった間欠泡沸泉の一部の領域にはこの近似は妥当であるが, これより深い領域や, ボーリングの管以外の領域に関しては, この限りではない。以上のことをふまえ, 本研究では, 複雑な温泉水の流路の形状が噴出ダイナミクスに与える影響について調べた。水理学では, 管路流において, 様々な管の形状変化による形状損失が議論され, その損失係数が実験的に明らかにされている。本研究では, よく見られる代表的な形状の形状損失の効果を付加してモデルを修正し, 数値計算を行ったところ, 形状によって噴出の周期や振幅等に若干の変化が生じることが確認された。しかしながら一方で, 形状による噴出の周期や振幅の変化はそれほど小さくなく, 従来のモデルがそのままでも十分噴出機構の本質を記述していることも確認できた。

4. パルサー法って何？

東邦大学医学部 大野 章・加藤 尚之・山口 恵三
(株)パルマビーズ研究所 波木井 千雅子・薄 井 貢

What is PALSAR Method?

Faculty of Medicine, Toho University Akira OHNO, Naoyuki KATO, Keizo YAMAGUCHI
Palma Bee'Z Research Institute Chikako HAKII, Mitsugu USUI

本研究は、RNAを検出するPALSAR法を応用し、温泉施設管理者が、現場において温泉中の生きている状態のレジオネラ属菌を簡便に、しかも極めて短時間に検出できるキットを開発し、温泉でのレジオネラ感染を日常管理のもとに予防できる体制を構築することを目的とする。

現在遺伝子検出法の中心は、菌種特異的なDNA配列を検出するPCR法が主流であるが、生菌も、死菌も検出する欠点を持つ。またPCR法は酵素反応であるので、温泉の成分によっては反応が阻害される。一方最も普遍的に実施されている培養法では、確実に生きていて増殖能を有する菌を検出できるが、検査は高額で結果を得るために日数を要する。

PALSAR法は、生菌だけが持つRNAを遺伝子増幅に依存しない物理的方法で検出する方法のため、反応は温泉成分により阻害されない。本方法の原理を述べる。まず溶菌中の標的とするrRNAの特異配列を、①反応ウェル固相のDNAプローブ(CP)がキャッチし、②そこに別の特異配列に他のDNAプローブ(AP)がハイブリドする(APは、rRNA相補配列以外に3箇所の配列を持つ)。③洗浄後、APの3箇所の配列に相補配列を持つ、DNAプローブ(HP)を添加、APとハイブリドする。④結合したHPに対し、フリーのHPが1箇所の相補部位に結合すると、次々と自己集合の連鎖反応がおき、蜂の巣様の集合体が完成する。⑤HPに結合している標識物質を発光させ、目的のrRNAを定量的に検出し菌数を推定する。

5. パルサー法による温泉のレジオネラ検出について (1)

東邦大学医学部 加藤 尚之・大野 章・山口 恵三
パルマビーズ研究所 波木井 千雅子・薄 井 貢

Detection of *Legionella* in Hot Spring Waters by Palsar Method (1)

Faculty of Medicine, Toho University Naoyuki KATO, Akira OHNO, Keizo YAMAGUCHI
Palma Bee'Z Research Institute Chikako HAKII, Mitsugu USUI

温泉水中のレジオネラの検出では、一般に培養法が用いられている。しかし、この方法は、確実に生きていて増殖能を持っているレジオネラを検出できるが、培地に他の共存する細菌の生育を抑制する成分を添加するため自身もその成分により多少ダメージを受け実際の菌数よりも検出菌数は減少する。そこで生きている状態のレジオネラが検出できる方法として開発されたパルサー法を温泉水中のレジオネラの検出に応用し、パルサー法が種々泉質を有する温泉水中のレジオネラを生きている状態で実際に検出できるか検討を行った。その結果、3つの一般浴槽からのサンプルに対し、培養法ではすべて検出限界以下であったが、パルサー法ではそれぞれ 6.2×10^3 , 1.1×10^3 , 8.4×10^3 cells/100 mLの結果が得られた。一方pH 10の強アルカリA温泉では、4サンプルで培養は検出限

界以下, 1 サンプルで 10 CFU/100 mL であったのに対し, パルサー法では, 培養陰性の 4 サンプルのうちの 1 サンプルで 3.5×10^4 cells/1,000 mL, 培養陽性サンプルで, 2.9×10^3 cells/100 mL の結果であった. また T 温泉では, すべて培養陽性であり, パルサー法でもほぼ同数の菌量が検出できた. 予備検討の段階で, また培養法との比較だけの成績ではあるが, パルサー法は培養陰性のサンプルにおいて確実に生菌を検出することを証明した.

6. レジオクリーン・ClO₂ 殺菌装置による循環温泉浴槽の *Legionella* 属菌殺菌効果の検証

ダイソー(株) 原 金 房
 ダイソーエンジニアリング(株) 向 井 敏 和
 (社)全国水利用設備環境衛生協会 大 熊 久 之
 (社)全国水利用設備環境衛生協会 岩 崎 輝 雄
 NPO 法人健康保養ネットワーク 阿 岸 祐 幸
 北海道大学教育学部 大 塚 吉 則

Study of Disinfection Efficacy Against *Legionella* in a Circulating Hot Spring by ClO₂ Produced by “LegioClean”

DAISO CO. LTD. Kanefusa HARA
 DAISO ENGINEERING CO., LTD. Toshikazu MUKAI
 Japan Water Facilities Environmental Hygiene Association Hiasyuki OHKUMA
 Japan Water Facilities Environmental Hygiene Association Teruo IWASAKI
 NPO Kenkou-Hoyou Network Yukou AGISHI
 Faculty of Education, Hokkaido University Yoshinori OHTSUKA

入浴施設等でレジオネラ属菌による事故が問題になっている. レジオネラ対策をはじめ入浴施設での衛生管理には, 次亜塩素酸ナトリウム等の塩素系薬剤の使用が一般的であるが, ①アルカリ性では効果が弱い, ②窒素化合物と反応する, ③塩素臭, ④トリハロメタン等の有害な有機塩素化合物を生成する等の問題があるため代替となる薬剤が求められている.

二酸化塩素は, ①消毒効果が pH により影響を受けにくい, ②水中のアンモニアとは反応しにくい, ③消毒力は塩素より強い, ④トリハロメタンを生成しない, ⑤臭いか殆どしない等の優れた特性から塩素系薬剤に代わる消毒剤として注目されている. また, 二酸化塩素のオンサイトでの生成法としては, ①生成効率が低い, ②生成した液の pH が中性に近い等の理由から三液法が優れている.

三液法による二酸化塩素生成装置・レジオクリーン (ダイソーエンジニアリング製) を用い循環温泉浴槽の *Legionella* 属菌殺菌効果の検証を行い, 以下の結果が得られた.

- (1) *Legionella pneumophilla* SG1, SG4, SG6, *Legionella micdadei*, *Legionella dumoffi* に対する最小殺菌濃度, 0.25~0.5 ppm が得られた.
- (2) 含食塩重曹泉への連続注入を行い効果の検証を行った結果, 残留濃度 0.2 ppm で殺菌効果が確認できた.

7. 遺伝子発現を指標とした温泉水の効能評価の試み —アトピー性皮膚炎モデル動物を用いて—

北海道立衛生研究所 青柳直樹・中山憲司・内野栄治

Evaluation of the Effect of Hot Spring Water Samples on Atopic Dermatitis in Model Mice by Analyzing the Expression of Indicator Genes

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

温泉療法の評価の多くは経験や主観によってなされ、必ずしも科学的に裏付けされてはいない。我々はこれまで道内温泉水の科学的な効能評価を目的として、アトピー性皮膚炎(AD)モデル動物(NC/Ngaマウス)を導入し、泉質の違いによっても皮膚症状の改善等に大きな差異があることを報告した。また、このような効果を遺伝子レベルで検証するため、ADを発症したマウスのリンパ球における遺伝子発現特性を機能別に明らかにした。

本研究では、AD発症に伴い著明な変動を示した遺伝子群の中から酸化ストレスに関与するものに着目し、それらの発現量について定量的に解析すると共に温泉水による影響を検討した。また、AD発症と酸化ストレスの指標元素である亜鉛の代謝との関連性も調べた。その結果、NC/NgaマウスはAD発症に伴い、亜鉛の代謝異常、胸腺の萎縮や脾臓の肥大並びに酸化ストレス防御に関与するメタロチオネイン(MT) I, IIのmRNAの発現量に有意な増加($p < 0.05$)が認められ、全身的な酸化ストレス暴露状態であることが示唆された。また、温泉水の影響について蒸留水を対照に比較検討した結果、ホウ酸を多く含む含重曹-食塩泉で皮膚症状の軽快($p < 0.05$)および血清IgE値の有意な低下($p < 0.05$)が認められ、遺伝子レベルにおいてもMT Iの発現量が抑制($p < 0.05$)された。このことから、特定の遺伝子発現の抑制効果を指標に用いることで、泉質の効能評価を行う可能性が示唆された。

8. 温泉水の還元系物質によるメラニン生成抑制効果の相違

法政大学工学部 大網貴夫・大波英幸・沼田恒平
池田渉・大河内正一

Melanin-inhibitory Activities of Hot Springs with Reductive Ferrous Ions

Faculty of Engineering, Hosei University

Takao OHAMI, Hideyuki OHNAMI, Kohei NUMATA, Wataru IKEDA, Shoichi OKOUCHI

演者らは前回、還元系の硫黄泉には皮膚にできるシミ、ソバカスや日焼けによる色素沈着となるメラニンの生成抑制効果があることを報告した。そこで今回、前回報告した硫黄泉と同様に、温泉水の還元系成分である第一鉄イオンを含む鉄泉においても同様のメラニン生成抑制効果を有するか検討を行ない、硫黄泉との比較を行った。

実験は硫酸第一鉄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、コントロールとしてbufferのみのものと比較を行った。また、還元性成分の膜透過性を観察した。

その結果、硫酸第一鉄を溶解させた水溶液および第一鉄イオンを含む鉄泉では、コントロールと

比較して、硫黄泉と同様に吸光度の上昇はなく、メラニン生成の中間体であるドーパキノンの生成が抑制されていることが確認できた。

しかし、鉄泉はメラニン生成抑制効果を有するが、皮膚への浸透が難しいことから、実質的なメラニン生成抑制効果は硫黄泉と異なるものと思われる。これらのことより、同じ還元系でも鉄系と硫黄系温泉水では、皮膚の美白効果に与える効果は異なることが示唆された。

9. 温泉水のエイジングが及ぼすメラニン生成抑制効果への影響

法政大学工学部 沼田 恒平・大河内 正一・大網 貴夫

Influence of Melanin-inhibitory Effect on Aging of Hot Spring Water

Faculty of Engineering, Hosei University Kohei NUMATA, Shoichi OKOUCHI, Takao OHAMI

温泉水について、これまで湧出直後は効果があるが、時間経過してエイジング (aging) が進行した温泉水には効果がなくなるという話しが、巷間言い伝えられてきた。演者らは、温泉水は時間経過するだけでもエイジングが進行するのに、殺菌のためとは故、塩素を添加するのは温泉水の本質的特徴である還元系を失わせ、温泉水を全く逆の特性である酸化系にしてしまうことになると問題提起をしてきた。

今回、新鮮な還元系硫黄泉は美白効果をもたらすメラニン生成抑制効果を有することを前回報告したが、これらの新鮮な温泉水を時間経過によるエイジングをさせた場合、メラニン生成抑制効果に影響を与えるかどうかを検討した。

アルカリおよび酸性系硫黄泉いずれも ORP の低い新鮮な状態では、吸光度の上昇は見られず、一方エイジングが進行し ORP が高くなった温泉水では、吸光度は上昇しドーパが生成することが観察できた。このことから、新鮮な温泉水ではメラニン生成抑制効果を有するが、エイジングが進行した温泉水では進行の度合いによりメラニン生成抑制効果が失われたことが確認できた。

10. 温泉法に関する基本問題の検討 (その 4) 温泉法適不適の判断基準における若干の問題点

(財)中央温泉研究所 甘露寺 泰雄

Some Considerations on Fundamental Issues of the Hot Spring Law from the Scientific Viewpoint. (Part 4) Some Discussions on the Criteria for Classifying Mineral Hot Water by It's Ingredients According to the Hot Spring Law.

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

温泉法第二条別表の温泉に関して適不適を判断する場合、幾つかの問題点を検討した。

1. 海岸における低温の塩水の判定法 (海水と同じ組成は温泉に該当するのか?)。
2. 「重炭酸そうだ」の計算法、且つての塩類表作成法による計算結果との比較を含む。
3. 温泉法の「フェロまたはフェリイオン」と鉱泉分析法指針の総鉄イオンの関係。

4. 鉱泉分析法指針の HSiO_3^- は温泉法のメタけい酸に含めるのか。
5. 鉱泉分析法指針の BO_2^- は温泉法のメタほう酸に含めるのか。
6. 鉱泉分析法指針の CO_3^{2-} は温泉法の「重炭酸そうだ」の計算を考慮するのか。
7. 温泉法の「ゆう出」、空気と同じ組成のガスゆう出の場合、第二条別表との関係等検討結果を以下要約する。
 - ① Ca/Mg 比；モル比で 1 以上の場合や泉質が海水 (Na-Cl 泉) と相違する場合は温泉とする。他に 海岸からの距離, Na/Li 比, Cl/SO_4 比, メタけい酸, その他の成分を参考とする。
 - ② 塩類表の作成に準拠した計算法と, Na か HCO_3^- どちらか少ない Millival 値から計算する方法の比較検討を行い, 両者の計算結果は異なることが判明。
 - ③ 温泉法の表示は疑問で, 恐らく総鉄イオン (療養泉の定義) が正しいと判断する。
 - ④～⑤ Total のメタけい酸またはメタほう酸を基準とする。
 - ⑥ 議論が必要。当所では, HCO_3^- の値を用い, CO_3^{2-} は除く方法を採用。
 - ⑦ ゆう出 (自然ゆう出, 自噴, 動力採取) と滲出 (滲み出す) の区別, ゆう出カスの状況 (地質, 掘削井, 周辺の環境等を考慮) 等を検討して決定する。

なお, 根本的な問題, 温泉法と鉱泉分析法指針の関係, 第二条別表の泉温の測定や試料採取場所の問題等が法的に不明確の問題が議論の対象。

11. 塩水化履歴のある井戸水の温泉判定について

愛知県衛生研究所 大沼章子・小池恭子・伊藤 徹・中橋千春
猪飼誉友・川瀬まさ子・遠山明人・大野 勉

Hot Spring Judgment of Well Water with Saltwater Intrusion History

Aichi Prefectural Institute of Public Health

Shoko OHNUMA, Yasuko KOIKE, Toru ITO, Chiharu NAKAHASHI, Yoshitomo IKAI

Masako KAWASE, Akito THOYAMA, Tsutomu OHNO

海水成分は, 3 項目【溶存物質 (除ガス性), Br^- , HBO_2 】で温泉法第二条別表に定める規定値を満たしている。しかし, 温泉法にいう「温泉」であるためには, 地中から湧出し, 且つ, 成分や温度が固定的継続的であることが必要であるため, 通常海水は温泉と認められない。本報告は, 塩水化履歴のある井戸水の温泉判定に至るまでの経緯および結果, 既存温泉源との対比について行った。分析結果は, 溶存物質 (除ガス性) 8.165 g/kg と Br^- 17.8 mg/kg について規定値を満たしていたが, Br^- については, Cl^- との濃度比が 0.0037 で海水の 0.0034 にほぼ一致しており, 海水寄与と相当と考えられた。潮位変動に伴う電気伝導率の変動も観測されたが, 溶存物質 (除ガス性) についてはいずれの測定においても規定値を満たすことが推測された。当該地域地下水の Cl^- 濃度から推測した井戸水への海水混入率は 25% であるが, 実際の Ca^{2+} 濃度が計算値よりも 9 倍高いこと, また, Ca^{2+} と Mg^{2+} の濃度比が海水の 0.32 に対して 1.93 を示し, 帯水層中での地層成分との相互作用が認められたため, Ca・Na・Mg-塩化物冷鉱泉と判定した。なお, 鍵座標図上も県内の塩化物泉類の中でも比較的岩石との相互作用が多いと推測される位置を示し, 温泉水に特徴的な成分 (Li^+ ・ F^- ・ SO_4^{2-} , B・Si) 対 Cl^- 等濃度比について県内温泉水や文献値と比較した。しかし, ここの議論も十分ではなく, 今後も地球化学的な判定手法の検討が必要と考えられた。

12. 温泉の成分等の揭示に関する諸問題 (その 1) 温泉成分分析の信頼性について

(財)北里環境科学センター 平野 富雄・友辺 義貴

Some Problems of Official Hot Spring Notices (1) Reliability of Hot Spring Analysis

Reserch Center for Environmental Sciences Tomio HIRANO, Yoshitaka TOMOBE

平成 13 年の温泉法の一部を改正する法律により、従来の温泉分析機関の指定制度が改められ、一定の検査能力のある機関 (営利、非営利を問わず) を都道府県知事に登録する制度となった。平成 18 年 4 月 1 日現在の登録分析機関は全部で 107 機関、そのうち都道府県の機関が 32 あるが、それ以外は公益法人および営利会社で占められている。特徴的なのは大学の登録が皆無であることと、分析結果の評価システムが欠落していることである。このような中、温泉法が平成 19 年に一部改正され定期的な成分分析等の義務付けがなされたが、その目的は入浴者等に対して、温泉成分等の正確な情報を提供することと、温泉資源の持続可能な利用を進めることにあった。しかし、分析機関が登録制となってから目に付きだしたのが、間違っ温泉成分分析が堂々と利用施設に掲示されていることである。これには分析機関に内在する問題と、温泉行政を司る都道府県機関の両者に解決すべき課題がある。温泉成分分析結果は法第 18 条 4 に基づいて都道府県知事宛に提出されるが担当者が誤りを見抜くことが出来ない行政の力不足が新たな問題である。

温泉科学会にも果たすべき課題がある。温泉科学の研究では、温泉分析は重要な一分野だが、鉱泉分析法指針の改定を常に促すにたる、従来の薬学会協定法のような温泉科学会独自の分析法の確立が必要になっている。

13. 幕末期の温泉水分析について一本邦温泉水分析史を背景に一

東京学芸大学名誉教授 大沢 眞澄

Chemical Analysis of Mineral Spring Waters in the Late Edo Period

Professor Emeritus, Tokyo Gakugei University Masumi OSAWA

西欧において化学の基礎的分野である分析化学的領域は、水質分析や著作も含めて多くの化学者の貢献により進展した。

本邦における温泉水の化学的分析は江戸時代後期、長崎オランダ商館の P.F. von Siebold と H. Burger により九州の温泉について開始され、次いで本州中心に宇田川榕菴により実施された。それ以降、幕末期に至るまでの分析例としては小村英菴 (1766-1837) の越後地方温泉、佐久間象山 (1811-1864) の信州松代藩内の温泉や、Pompe van Meerdervoort (1829-1908) による九州地方温泉などが主たるものであろう。

分析法の記載としては、Siebold 門下高野長英 (1804-1850) に由るとされる「温泉分析法」(国立国会図書館伊藤文庫蔵) が存在する。弘化三年 (1846) とあり、伊藤圭介の門人、丹羽修治が圭介の所蔵本を文久三年八月 (1863) に写したものである。試薬類・反応の記載、鉄泉・炭酸曹達泉・硫酸曹達泉・硫酸苦土泉・食塩泉分析法などの内容を含む。

また宇都宮三郎（1834-1902）の「鉱泉試験法」の下書き（2種）、清書したものが桂川遺品中にあり紹介されている（早大図書館洋学文庫蔵）。

宇田川榕菴は鉱泉、温泉の語を用いているが、『舎密閉宗』外篇にはその翻訳の原典とされる W. Henry 『An Epitome of Chemistry』（1801）中の Mineral Waters の分析のところの Bergman, Kirwan の書物が参照されている。

14. 温泉の分類に関する一考察（その2）

香川大学教育学部 佐々木 信 行
東京大学名誉教授 綿 拔 邦 彦

Some Considerations on the Classification of Hot Springs (Part 2)

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

温泉の分類に用いられる化学成分の基準にもいくつかの疑問点がある。まず、温泉法第2条の別表で示される18成分の濃度基準と鉱泉分析法指針で示される療養泉の7成分の基準が別個に存在し、両基準に共通な成分のうち、遊離炭酸、総鉄イオン、総硫黄、ラドンについて濃度基準が異なっていることである。同じ成分でありながら、濃度が異なることで通常成分や特殊成分というように成分としての格付けが変わるのも少々わかりづらい。

また、成分の表示については、イオン表示で表されるものと、非解離成分として扱われるものがあるが、解離成分でありながら炭酸水素ナトリウムやラジウム塩というように、塩としての含有量で示されているものもある。放射性元素の放射能は元素の物質質量によって決まると考えられるから、ラドンの量が放射能の強さによって規定されているのに対し、ラジウムが放射能の強さではなく、ラジウムイオンの量でもなく、塩としての重量で示されているのは何か一貫性がないようにも見える。

温泉の泉質名は療養泉の基準に基づき付けられるのが原則で、温泉法の基準で温泉としての資格を有する温泉でも、療養泉の濃度基準に達しないため、泉質名が付けられないことも少なくない。その場合、浸透圧、pH、泉温による泉質表示が代わりに用いられたり、温泉法の低い濃度基準で泉質名を付けるなど、泉質名に混乱を与えている場合もまま見受けられる。このような傾向はインターネットや温泉パンフレットで顕著である。

15. ORP 法に基づく温泉水の品質管理と改善効果—野沢温泉—

日本温泉総合研究所 森 本 卓 也
法政大学工学部 大 波 英 幸・大 網 貴 夫・大河内 正 一

Quality Control of Hot Spring Water and Improvement Effect Based on ORP Method. Nozawa Spa of Nagano Prefecture

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

泉質により程度の違いはあるが、温泉はゆう出後の時間経過、環境変化により老化現象 (エイジング: aging) が進行する。さらに泉源から浴槽に至るまでの経路上に急峻な落差がある場合や、人工的な影響を受ける場合があると老化はより促進され、特に硫黄泉等では泉質変化を招くこともある。その変化の様子は ORP (Oxidation Reduction Potential) 測定法により把握することができ、温泉水の品質管理や老化現象の進行緩和対策に役立てることが可能である。

この ORP 法により、野沢温泉では泉源 21 カ所、および旅館・民宿 28 軒、外湯 13 カ所の計 63 カ所について精査を行い、浴用提供の品質向上に取り組んだ。源泉および湯口間の ORP の変動は少なく、還元系が良好に保たれている結果が得られた。自然ゆう出であること、泉源から施設までポンプ等の介在がないことが要因として挙げられる。

しかし、旅館の浴槽に限ってみると施設内の設備に起因する ORP のばらつきが散見され、その様子から硫黄泉から単純温泉に変化していると考えられた。当該施設の問題点を洗い出した上で設備の改善を行ったところ ORP が大幅に好転し、浴場内で硫黄臭も感知できるようになった。これにより、旅館によりばらつきが見られた浴槽での ORP は、温泉地としてはほぼ均一な状態となったことが確認され、硫黄泉で知られる野沢温泉のブランド力をより確かなものとした。

16. 温泉水を用いた Biofango 作成のための微生物学的考察

東邦大学医学部生物学研究室 杉 森 賢 司

(株)アセリダント 大和田 瑞 乃

イタリア・アバノ中央温泉研究所 Alberto LALLI

Microbiological Studies for Making Biofango Using Hot Spring Water

Dept. Biology, Toho University School of Medicine Kenji SUGIMORI

ASCendant Inc. Mizuno OWADA

Centro Studi Termali Veneto Pietro D'Abano Alberto LALLI

わが国における新しい温泉利用の試みのひとつとして、温泉水を用いて熟成した泥 (Biofango) 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、入浴したと同じ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。

天然由来鉱物である Bentonite, Kaolinite, Diatomite の 3 種類を用い Biofango の材料とした。それをプラスチック製角形容器 (26×38×28 cm) に 7 分目になるくらい入れ、温泉水を加えた後、泥と温泉水が均一になるように混合した。一回り大きな角形容器に先の泥を混合した容器ごと泥を入れ、その熟成のため神奈川県湯河原温泉の源泉をかけ流し実験を行った。温泉水の pH は 7.74、泉温は 55.2℃であった。また、温泉水中において 2 種類の好熱性細菌の生息が確認されたので、泥の熟成過程を調べるため好熱菌を指標とし、経時的にサンプル (泥と温泉水の混合したもの) を採取し細菌数の動向を調べた。温泉水をかけ流し、毎日温泉水と泥を攪拌しながら熟成度合いを調べた結果、細菌数は実験開始後 21-42 日目に 10^5 増加し、その後減少傾向に転じた。また源泉において、藻類の存在はほとんど確認されなかった。また、近隣の源泉にはらん藻類の生息が確認されている場所があり、今後、そのらん藻類をこの泥に加えることによりわが国独自の、また、地方色豊かなファンゴ (Biofango) を作成し、これを利用した施術の実現化に向け検討していく。

17. 箱根の熱水環境における有機成分の地球化学的特徴と起源

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・竹村哲雄
昭和女子大学 大山正雄

Geochemical Features and Origin of Organic Components in Hakone Hydrothermal Environments

Otsuma Women's University Genki I. MATSUMOTO
Tokyo University of Science Takayuki SATO, Tetsuo TAKEMURA
Showa Women's University Masao OYAMA

熱水環境中には好熱性のシアノバクテリア、藻類や好熱性細菌が分布し、バイオマーカー等の有機成分の地球化学的特徴には興味もたれる。本研究では神奈川県箱根の熱水環境である早雲山および大涌谷で、2007年12月6日に堆積物を採取し、それらに含まれる有機成分の特徴を明らかにし、これらの起源について考察した。

箱根の熱水環境の水温およびpHは、それぞれ35.8–85.7°Cおよび2.40–7.94と試料採取地点で大きく異なった。TOC濃度は0.19–1.58%、TN濃度は0.01–0.42%とかなり低かった。TOC/TN重量比は5.1–80.8と大きく変動した。一連の*n*-アルカン (*n*-C₁₅–*n*-C₃₅)が奇数炭素優位、一連の*n*-アルカノイック酸 (*n*-C₁₂–*n*-C₃₄)が偶数炭素優位で検出された。これらの試料には一連の分岐脂肪酸(イソ、アンチイソ-C₁₂-C₁₇)および不飽和脂肪酸(C₁₆, C₁₈)が検出された。ステロールはコレステロール、24-メチルコレステロールまたは24-エチルコレステロールが主成分であった。一連のフェノールカルボン酸(*p*-ヒドロキシベンゾイック酸, バニリン酸, シリング酸, *p*-クマル酸およびフェルラ酸)検出された。TOC/TN重量比およびこれらのバイオマーカーの特徴より、堆積物中の有機成分はバクテリア、藻類および維管束植物に由来するが、試料間で大きく異なることが判明した。

18. 改質硫黄固化体の使用による温泉スケール付着防止効果について

大分県産業科学技術センター 斉藤雅樹・谷口秀樹
新日本石油(株) 太田義高・中野裕一

Scale Prevention in Hot Spring Water by Using Modified Sulfur-solidified Material

Oita Industrial Research Institute Masaki SAITO, Hideki TANIGUCHI
Nippon Oil Corporation Yoshitaka OHTA, Yuichi NAKANO

温泉設備における耐腐食材料として期待されている改質硫黄固化体が、スケール付着防止効果をも併せ持つ可能性を観察により見出したため、温泉施設にて同材料を用いた実験を行った。

改質硫黄固化体「レコサル」およびコンクリートの試験片を、カルシウム・マグネシウム系およびシリカ系のスケール付着が著しい3箇所の温泉施設の流路に設置し、スケール付着量を重量変化により比較した。その結果、3箇所の施設ともに、改質硫黄固化体への付着量はコンクリートに比べて少ないことが判明し、カルシウム・マグネシウム系温泉では改質硫黄固化体への付着量はコン

クリートの 41~85%, また同系統の別の温泉では 60~93% であった. 一方, シリカ系温泉では, 実験開始直後の付着量はレコサルの方が少ないものの, 20~30 日経過後からは同様の速度で付着している傾向が見られた.

また, 一度付着したスケールの「除去のしやすさ」を, 一定時間清掃後の重量変化により比較した. その結果, カルシウム・マグネシウム系温泉での比較では, コンクリートの 17% 減に対して, 改質硫黄固化体では 49% 減となり, スケール除去が容易であることが判明した. 一方, シリカ系温泉では大きな相違は見られなかった.

以上より, カルシウム・マグネシウム系温泉においては「付着しにくく除去しやすい」という改質硫黄固化体の特徴が判明し, 温泉スケールの付着防止材料としての有効性が確認された.

19. 関東平野, 大阪平野, 石狩平野, 濃尾平野, 伊勢・志摩・鈴鹿地方における大深度非火山性温泉 (2). pH の実測値と理論値.

名古屋大学名誉教授 宮崎 哲郎
 北海道立地質研究所 柴田 智郎・秋田 藤夫・高橋 徹哉
 北海道立衛生研究所 青柳 直樹・中山 憲司・内野 栄治
 三重県保健環境研究所 森 康則
 (財)三重県環境保全事業団 橋爪 清
 中央温泉研究所 甘露寺 泰雄

Non-volcanic Hot Springs from Deep Wells in the Kanto-, Osaka-, Ishikari-, Nobi-Plains, and Ise-Shima-Suzuka Districts (2). Comparison of Measured pH with Theoretical Ones.

Emeritus Professor of Nagoya University Tetsuo MIYAZAKI
 Geological Survey of Hokkaido Tomo SHIBATA, Fujio AKITA, Tetsuya TAKAHASHI
 Hokkaido Institute of Public Health Naoki AOYANAGI, Kenji NAKAYAMA, Eiji UCHINO
 Mie Prefecture Health and Environment Research Institute Yasunori MORI
 Mie Prefecture Environment Conservation Agency Kiyoshi HASHIZUME
 Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

これまで我々は, 日本の 256 ヶ所の大深度非火山性温泉の泉質を溶質の化学反応から議論してきた. 今回, 温泉の pH をこの視点から検討する. これらの温泉の 76% は CaCO_3 の飽和平衡状態にあり, 残りは未飽和状態である. 飽和状態の H^+ 濃度 (pH) は平衡反応 (1): $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{solid}) + \text{H}^+$ で支配される. この時, $\text{pH}(\text{理論値}) = -\text{Log } K_1 - \text{Log } c(\text{Ca}^{2+}) - \text{Log } \gamma(2 \text{ 価}) - \text{Log } c(\text{HCO}_3^-) - \text{Log } \gamma(1 \text{ 価})$ で表わされる. c と γ はそれぞれ濃度と活量係数である. pH の実測値と上式により計算した理論値は良く対応している. 一方, 未飽和状態の pH は平衡反応 (2): $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ と反応 (3): $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$ で支配される. この場合, $\text{pH}(\text{理論値}) = -\frac{1}{2}\text{Log } K_2 \cdot K_3 = 8.24$ となる. 未飽和状態で実測した pH の分布は 8.0-8.5 に集中しており, 平均値 (8.19 ± 0.51) は理論値 (8.24) にほぼ一致している. しかし, 飽和状態での pH 分布は 7.0 から 9.0 にわたり同じように分布しており, 未飽和状態の分布とは著しく異なっている.

20. 大深度掘削井から得られた Na-Cl 型温鉱泉の Ra 同位体：新潟県

金沢大 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 Saline Waters from Deep Well in Niigata Prefecture, Japan

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

大深度掘削井から得られる高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉は ^{226}Ra を高濃度に含む可能性があると考え、主に新潟県沿岸地域から Na-Cl 型温鉱泉水を計 23 地点で採取した。水素および酸素同位体比は、それぞれ $-66\sim-2\text{‰}$ 、 $-9.8\sim+1.8\text{‰}$ であった。 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta\text{D}-\text{Cl}$ および $\delta^{18}\text{O}-\text{Cl}$ の関係は先行研究と同様の傾向が見られ、このような Na-Cl 型温鉱泉は大局的に（化石）海水起源であり、岩石との反応、粘土鉱物の層間水による希釈などによって化学的・同位体的に変質した地層水であると推測された（加藤・梶原，1986；伊藤ら，2004）。温鉱泉水中の ^{226}Ra 濃度は、 $8.9\sim 1637\text{ mBq/kg}$ であり、予測した通り 370 mBq/kg （放射能泉の基準値）を超える温鉱泉が存在した。また、塩濃度が高くなると ^{226}Ra 濃度が高くなる傾向が見出された。温鉱泉水中の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は $0.32\sim 5.2$ 、そのほとんどが $0.8\sim 3$ の範囲であり、この値は一般的な岩石の $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 放射能比（放射平衡を仮定すると $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比）と同程度からやや高い値であった。温鉱泉水中の ^{238}U 濃度（ ^{226}Ra の親核種）は検出限界以下（n.d.） $\sim 0.38\text{ mBq/kg}$ であり、 ^{226}Ra 濃度よりも低濃度であった。これらの結果から、温鉱泉水中の Ra 同位体は岩石表面に存在する Th 同位体からの α -recoil および塩濃度依存性の吸着/脱離反応により水相へ輸送されていると考えられた。

21. 温泉中の微量金属元素および水素・酸素安定同位体比のキャラクターション

群馬県衛生環境研究所 齊藤 由倫・飯島 明宏
木村 真也・小澤 邦寿
国立環境研究所 野原 精一

Characterization on Elemental Compositions of Trace Metals and Stable Isotope Ratios of Hydrogen and Oxygen in Hot Springs

Gunma Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences
Yoshinori SAITO, Akihiro IJIMA, Shinya KIMURA, Kunihisa KOZAWA
National Institute for Environmental Studies Seiichi NOHARA

急速な温泉資源の開発によって資源の枯渇が懸念される中、温泉資源の保護は急務の課題になっている。しかし、現行の保護対策は科学的根拠に乏しいことから、地下の温泉に関して科学的なデータの蓄積が求められている。

温泉中の希土類元素群は地層の地質情報を詳細に反映するという報告があり、これに着目することで、地層中を通る温泉水脈の違いを識別できる可能性が期待される。また、温泉の水素・酸素安

定同位体比は、温泉の由来および涵養域の推定に有用であり、個々の温泉水脈の識別に応用できる可能性がある。本研究では、温泉に関する科学的データの蓄積を目指し、微量元素および水素・酸素安定同位体比について源泉間の特徴を比較した。

群馬県谷川・水上温泉地域の 9 つの源泉について温泉中の微量元素 (19 元素) を溶存態と懸濁態に分けて誘導結合プラズマ質量分析計にて、温泉の水素・酸素安定同位体比を安定同位体比質量分析計にて分析した。

1 つの源泉は微量元素が他源泉よりも突出して高い傾向を示した。希土類元素群および Cu は温泉中の懸濁物に濃縮されていることが示された。Cd はほとんどの源泉においてほぼ全て溶存態で存在し、この特徴を有する成分は他にはなかった。In は特定の源泉のみから検出されたことから、非常に局地的な地質情報を示す指標に成り得ることがわかった。

なお、発表では、水素・酸素安定同位体比についても源泉間の特徴を述べる。

22. 希土類元素から見た別府血の池地獄の地球化学

東邦大学理学部化学科 真田 哲也・高松 信樹

Geochemical Study of Chinoike-Jigoku Hot Pool in Beppu by Rare Earth Elements

Department of Chemistry, Faculty of Science, Toho University

Tetsuya SANADA, Nobuki TAKAMATSU

別府温泉は鶴見岳、伽藍岳の火山活動の影響を強く受けている著名な温泉であり、別府北部地域には熱湯、噴気、熱泥を地中から噴出させる地獄地帯が数多く見られる。この地獄はマグマ由来と推定される Na-Cl 型の熱水と、その熱水が上昇してくる過程で分離した H₂S ガスの地表近くでの酸化によって生成された SO₄ 含有の天然起源の強酸性の H-SO₄ 型の熱水とが混合することにより生成していると考えられる。

血の池地獄は、正三角形に近い形をした天然の高温湯沼であり、その東半分は深さ十数センチメートルの浅瀬になっており、そこには多量の赤色沈殿物が堆積している。

本研究では、血の池地獄より採取した池水および沈殿物中の希土類元素含量を ICP-MS で測定し、希土類元素の濃度分布や年代別の希土類元素濃度の経年変化について考察した。

その結果、池水中の希土類元素濃度は数 ppb、沈殿物中の濃度は数十 ppb であった。コンドライトで規格化した REE パターンは、池水では軽希土類元素が相対的に低く、沈殿物では逆に高い傾向を示していた。このことから、Na-Cl 型の熱水と強酸性の H-SO₄ 型の熱水とが混合することにより沈殿物が生成し、その際に池水から軽希土類元素が選択的に除去されていることが明らかとなった。