

## 日本温泉科学会第 57 回大会

## 一般講演要旨 (口頭発表)

## 1. 有馬温泉について (第 1 報)

NPO シンクタンク京都自然史研究所 西村 進・有馬温泉調査班\*

On the Arima-Hot spring (1<sup>st</sup> report)NPO Thinktank Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA  
and Survey Group of Arima Hot spring\*

有馬温泉は六甲山地西北部の射場山中腹に位置し、日本で有数の古くから有名な温泉である。7～8 世紀から知られていたことは確かである。1192 年に仁西上人が十二坊舎を建てたと言われ、それが有馬の旅館の名の起源となっている。慶長元年大地震によって「温泉変じて熱湯となり」豊臣秀吉が有馬法師に再興を命じたといわれている。このごろには有馬の鳴動 (群発地震) も起こったとされている。群発地震は地殻内で液体などの物体が移動するときに生ずる地震である。

1946 年から 1955 年までに今でも有名な 12 泉源 (165～285 m) が掘削され、そのうち 6 井は坑口温度 90℃ 以上の泉源であった。高温泉は中心部から 400 m 以内の狭い範囲である。Nakamura and Maeda (1961) は「有馬の食塩泉は岩しょう水に近い性質を持つ」とされている。Okamoto (1962) は「高温で高塩分の温泉が低温・低塩分の地下水によって薄められている」としている。しかし今日に至るも、地質構造・物性構造などの精細な調査がなされていない。西村 (2000) は Sano and Wakita (1985) のヘリウム同位体比の結果から、フィリピン海プレートのスラブからの脱水が関係しているとした。森川他 (2003) はヘリウム同位体比、炭素同位体比の値から「上部マントルと関係がある」としている。

今回、有馬温泉の地表地質調査、地球化学調査、放射能探査を実施した。その結果からみて、①古海水と②フィリピン海プレートからの脱水が上部マントルを上昇した水と③天水の混合で説明できるが、それぞれその起源が異なり、地殻最上部 (千 m 内外の深度) で混合して湧出しているとみなされることがわかったので、ここに報告することにした。

\*有馬温泉調査班: 神戸市, ダイヤコンサルタント大阪支店, NPO シンクタンク京都自然史研究所

## 2. 台湾金崙温泉の地球物理学的探査

(株)日本地下探査 高屋 正・安藤 大  
(株)日本地科研究所 佐藤 幸二

## The Geophysical Survey on Jinlun thermal Spring, Formosa

Nihon Chika Tansa Co. Ltd., Tadashi TAKAYA・Dai ANDO  
Nihon Chika Kenkyusho Co. Ltd., Koji SATO

台湾は九州よりやや狭く、大陸側のユーラシアプレートと太平洋側のフィリピン海プレートが衝突する境界に位置している。そのため火山は多くないが地震が多く、温泉も数多く存在する。潜在的に熱源を有する地域もあり、台湾の南東に位置する金崙温泉もそのような地域の1つとして挙げられる。近辺には知本・金峰といった温泉があり、これらは北北東-南南西方向にほぼ直線状の配列を示す。この方向は台湾における主要な断層等の構造方向と一致する。政府などの観光等経済発展策のための温泉に対する期待は高く、我々は金崙温泉における温泉開発事業のうち温泉探査業務に参加する機会を得た。

今回、金崙温泉地区において行った地温探査、自然放射能探査、電磁探査 CSAMT 法、垂直電気探査の物理探査の結果から温泉賦存形態を推定し、温泉源掘削候補地を5地点選定した。台湾で温泉開発を目的としての CSAMT 法を行ったのは今回が初めてのケースである。

金崙温泉地区付近には、新第三紀中新世の砂岩と頁岩の互層が主に分布する。調査結果では電気比抵抗値が10~50Ω-mの範囲にある比抵抗層を特に有効な温泉賦存層として評価した。また、地表踏査と自然放射能探査などにより北東~南西方向や北西~南東方向の断層が数本検出された。調査結果から選定した5地点うち3地点で掘削が行われた結果、掘削深度200~400mで泉温99.8~100.5°Cで、自噴湧出量が90~215l/minのNa-Cl・HCO<sub>3</sub>泉が得られた。台湾では泉温が高ければ高いほど良いという考えがあり、上記のような高温泉は高い評価が与えられている。しかし、この温泉湧出状況が今後どのように変化するかは未知であって、十分な監視・留意が必要である。

### 3. 間欠泡沸泉におけるガス量の推定

関東学院大学・工学部 前田直樹・石井栄一・赤地智彦

#### Estimation of gas amount in periodic bubbling springs

College of Engineering, Kanto Gakuin University

Naoki MAEDA, Eiichi ISHII, Tomohiko AKACHI

島根県柿木村にある木部谷間欠泉及び山形県飯豊町にある広河原間欠泉は炭酸ガスの力により噴出する間欠泡沸泉である。これらの間欠泉において、ガスの量を見積もるために深部における水圧と水頭の測定を行った。

水頭の測定を30秒毎に行い、同時に孔内に水圧計をいれて測定を行った。水圧測定を行った深さは、木部谷間欠泉では50m、広河原間欠泉では70mである。

いずれの間欠泉においても、噴出時には水圧が下がり、ガスの体積が増えていると考えられる。時間的に見てみると噴出が終わった直後からは、管内のガスの量はあまり変わっていないことを表している。噴出直前になると水頭が急に高くなっているが、その前から、徐々に水圧が下がっている傾向が見られる。これは、急激に水頭が上がる前からガスの量が徐々に増えていることを示している。

今回は定性的な概要を述べたにとどまったが、今後は定量的な議論を行う予定である。

#### 4. 大分平野の深部に賦存する有馬型熱水

京都大学・地球熱学研究施設<sup>1)</sup>, 中国地震局地震予測研究所<sup>2)</sup>

網田 和 宏<sup>1)</sup>・大 沢 信 二<sup>1)</sup>・杜 建 国<sup>1),2)</sup>・山 田 誠<sup>1)</sup>

Finding of Arima-type deep thermal water from hot spring wells in Oita plain, eastern Kyushu, Japan

Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University<sup>1)</sup>

Institute of Earthquake Prediction, China Seismological Bureau<sup>2)</sup>

Kazuhiro AMITA<sup>1)</sup>, Shinji OHSAWA<sup>1)</sup>, Jianguo DU<sup>1),2)</sup>, Makoto YAMADA<sup>1)</sup>

大分平野には 1960 年代以降に比較的深い (600 m ~ 800 m) 掘削によって開発された Na-Cl, HCO<sub>3</sub> 型の高塩濃度泉が多数存在している。これらの温泉水は典型的な“深層熱水”であると考えられており、その起源は地質時代海侵期に地層中に取り込まれた海水であるとされている。泉温 30°C ~ 55°C の水は、数 g/l にも達する多量の炭酸成分を含んでおり、その中のいくつかは炭酸ガス (CO<sub>2</sub>) を主成分とするガスを伴い自噴している。

近年の研究より、高塩分型の深層熱水の炭酸成分は大半が火山性 CO<sub>2</sub> に由来していることが明らかにされた。我々は現在、これら高塩分型 (Na-Cl, HCO<sub>3</sub> 型) の深層熱水の詳細な形成プロセスの解明を目的に研究を進めているが、その過程で“有馬型熱水”と共通する特性を持つ水を見出した。これらの水の水素・酸素同位体比は地域天水と比較して有意に高い値を示しており、また炭素安定同位体比は上部マントルの CO<sub>2</sub> の値とほぼ一致する値を示していた。

#### 5. 濃尾平野の地下 1,300 m における化石海水の分布 大深度非火山性温泉からの評価

名古屋大学 宮崎 哲郎

Distribution of fossil sea at ca. 1300 m under the Nobi Plains estimated by non-volcanic hot springs

Nagoya University Tetsuo MIYAZAKI

東海地方には約 60 ヶ所の大深度非火山性温泉がある。この温泉の成分から、地下約 1,300 m の世界を覗くことが出来る。濃尾平野は新第 3 紀・第 4 紀 (0-24 Ma) の地層からなり、周囲を古第 3 紀・中生代 (24-200 Ma) の山地に囲まれている。濃尾平野はこれまで、海進 (1600 万, 300 万, 14 万, 6000 年前) と海退が繰り返されてきた。今回、大深度温泉の成分より濃尾平野の地下 1,300 m における化石海水の分布を求めた。大深度温泉の特色として、陰イオン成分中、塩素 (Cl<sup>-</sup>) と炭酸 (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) のバル比の合計は  $0.983 \pm 0.025$  と 1 に近く、他の陰イオンは殆ど存在しない。塩素は化石海水に由来し、炭酸は山地と地下水に由来する。海水中の 6 種の主要イオンの量を温泉成分と比較し、そのときの相違量は炭酸/塩素比に極めてよい比例関係にある。従って、今回、炭酸/塩素比を用いて化石海水の量を推定した。温泉中、化石海水が 2/3 以上のものは養老・海津・小牧地方、名古屋南部から常滑地方、知多半島先端部、恵那地方に分布している。特に知多半島先端部と恵那地方の海水は地質史的には 1,600 万年前のものと思われる。今後の課題として、化石海水の

年代測定, 化石海水成分と古代地球環境の関連性, 大深度温泉成分や量の変動と東海地震との関連性などがある。

## 6. 2003年の玉川温泉(大噴)における酸性成分の急激な増加について

秋田県衛生科学研究所 武藤倫子・鈴木憲  
秋田大学鉱学資源学部 松葉谷治

### Drastic increase in 2003 on acidic components of Tamagawa hot springs

Akita Prefectural Institute of Public Health Noriko MUTO, Ken SUZUKI  
Faculty of Engineering and Resource Science Osamu MATSUBAYA

著者らは、玉川温泉(大噴)の温度や化学成分等について1978年からモニタリング調査を継続しており、さらに大噴や付近の沢水、噴湯及び噴気の酸素と水素の同位体比の調査も随時行ってきた。これまでの結果に1977年以前の公表されたデータも含めて1950~2000年の50年間分について考察すると、大噴は火山ガスと地下水の混合物であり、その変動は両者の混合率の変化による。また、大噴の塩化物イオン濃度の変動は、水の酸素と水素の同位体比の変動と相関し、両者の組み合わせは火山ガスの混入率を知る有効な手段である。さらに、硫酸イオン濃度の変化には火山ガスの混合率の変化以外に少なくとももう一つ別の要因がある。

2001年以降、大噴の硫酸イオンは890 ppmから徐々に増加し、2003年には1,430 ppmになった。塩化物イオンも同様で、2001年の2,800 ppmから徐々に増加し、2003年には4,240 ppmになった。一方、酸素と水素の同位体比も同様に増加傾向を示したが、2001年には-8.0‰、-60‰であったものが、2003年には-7.3‰、-59‰であり、その変化は硫酸イオンや塩化物イオンに比べて小さい。2001年以後の同位体比と塩化物イオンの変化は上記の2000年以前にみられた相関関係とは異なることから、2001年以降の大噴の変化はそれまでの変化とは異なる要因で起こっているものと推察される。

## 7. 2000~2003年にわたる洞爺湖畔温泉の化学成分の変動

北海道立衛生研究所 内野栄治・市橋大山・青柳直樹

### Variation of Chemical Components Concentrations in Toya Hot Springs Observed in 2000-2003

Hokkaido Institute of Public Health Eiji UCHINO, Daisen ICHIHASHI, Naoki AOYANAGI

2000年有珠山噴火が周辺温泉の質に及ぼす影響を明らかにするため、壮瞥温泉4源泉と洞爺湖温泉13源泉の泉温と主要化学成分および微量成分の濃度を定期的に観測してきた。ここではこれまでに得られた結果についてまとめた。

洞爺湖畔の温泉水の泉温と主要化学成分総濃度は、各源泉毎に異なるものの、今回の噴火を境に一端上昇した後、漸減し、噴火から3年7カ月経過した時点においても、弱いながらその傾向を引き続き進行している例が多いこと、泉温とCl並びにSO<sub>4</sub>濃度との変動の間で正の相関、HCO<sub>3</sub>濃度

との変動の間で負の相関を各々認めた。一方、微量成分の中で Hg は検出 ( $0.01 \mu\text{g}/\text{kg}$  以上) されない例が多いが、牡警温泉の 1 源泉で火山活動の衰退とよく一致した劇的な濃度変動を認めた。これに加え噴火後最初の観測で概ね高い値を認めた Rn の変動は異なる水系の混合比率のみで説明出来ず、火山活動により断層や亀裂などを通路としてガス体の両元素の一部が温泉水へ供給された可能性を指摘した。その他、As や  $\text{HBO}_2$  濃度は各源泉で噴火後初期の観測で高く、その後漸減する傾向にあり、これらの変動は Cl の濃度変動ともほぼ一致すること、また、 $\text{CO}_2$  濃度は牡警温泉で比較的安定しているが、洞爺湖温泉で概ね増加するなど、両温泉群で相違を認めた。

## 8. タンクモデルによる湧出量の解析

神奈川県温泉地学研究所 大山 正 雄

### Analysis of the spring water discharge by a single tank model

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture Masao OYAMA

温泉を含めて湧泉の湧出量は降水の後に増加することからも経験するように、地下から湧出する水の供給源はほとんど降水である。したがって、降水があればどの程度の湧出量があるのか、その関係はどうなのか、あるいは降水の地下での滞留時間はどのくらいであるのかということは温泉や湧泉を利用し、管理する上で重要なことである。そこで、本発表ではタンクモデルを用いて降水と湧出量との関係、および降水の地下浸透から湧出に関する滞留時間の推定を試みた。タンクは単一孔の単一タンクである (図 1)。タンクの断面積 A、降水量 R、降水のタンクへの浸透率  $\alpha$ 、時間 t、タンクの水位 h、タンクからの流出量  $Q(t)$ 、時定数 T、タンクには関係しない基底流量  $Q_B$ 、湧出孔からの湧出量  $Q(T)$  とすると、基礎式は、

$$\text{降水量: } A(dh/dt)_1 = \alpha RA \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{タンクから流出量: } A(dh/dt)_2 = -Q(t) = -Ah/T \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{式(1)と(2)より } dQ(t)/dt = \alpha RA/T - Q(t)/T$$

$$\text{従って } Q(T) = Q(t) + Q_B$$

となる。

このモデルは箱根の自然湧出する温泉と湧泉に適用し、実測湧出量とよい一致をえた。タンクモデルの流動システムでは、時定数の時間 (これを平均滞留時間という) だけ経過しても、タンクの入れ替え量は流入量の 63% にすぎないが、時定数の 4.6 倍で 99% の水が入替わるので、これをもってすべての水が入れ替わったと考えてもよい。時定数 57.5 日ではすべての水の入れ替わるのは 265 日となる。

## 9. 塩素殺菌した温泉水の ORP 評価に基づく泉質変化

法政大学・工学部 大河内 正 一・大波 英 幸・甲 村 和 之  
日本温泉総合研究所 森 本 卓 也

### ORP-Evaluation of water-Qualities for Hot Spring Waters treated with Chlorine

Faculty of Engineering, Hosei University

Shoichi OKOUCHI, Hideyuki OHNAMI, Kazuyuki KOHMURA

Nippon Onsen Research Institute Takuya MORIMOTO

最近、道後温泉本館の塩素殺菌が大きな話題となっている。その理由として、循環式の温泉は別として、何百年来かけ流しの温泉に、県条例で殺菌を義務づけたことによる。道後温泉本館の塩素殺菌では、塩素投入前後で、その温泉成分に変化はないとの分析結果が示されたが、果たして泉質に変化はないのであろうか？今回、ORP-pH 関係に基づき道後、有馬温泉を含めた各種温泉を検討し、塩素殺菌前後での温泉水の特性変化について報告する。

結果は、いずれも塩素殺菌により、温泉の特性である還元系の源泉から、酸化系の浴槽水へと泉質が変化した。湧出後の時間経過だけでも温泉水は aging が進行するのに、酸化剤である塩素が加えられることで、温泉本来の還元作用を失い、その逆の酸化作用を有するようになった。温泉では、その還元力を中和し、さらに殺菌レベルの塩素濃度を確保する必要から、塩素のない通常の水と比較して、より多くの塩素添加が必要であることも分った。このような温泉に入浴することは、塩素殺菌されたプールに入るのと同等となり、プールでは、髪が酸化され、脱色されることが知られているように、皮膚を酸化し、老化を促進することが十分想定された。

## 10. 誘導結合プラズマ質量分析計による愛知県の温泉水の元素含有パターンについて

愛知県衛生研究所 大沼章子・池田清栄・松本浩

### Element Patterns of Hot Spring Water in Aichi Prefecture using induced of Public Health

Aichi Prefectural Institute of Public Health

Shoko OHNUMA, Seiei IKEDA, Hiroshi MATSUMOTO

〔誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) による測定〕 使用機種は Agilent 7500i で対象は 37 元素とした。内部標準元素は  $^{45}\text{Sc}$ ,  $^{89}\text{Y}$ ,  $^{193}\text{Ir}$  を検討したが、 $^{45}\text{Sc}$  は  $^{29}\text{Si}^{16}\text{O}$ ,  $^{89}\text{Y}$  は  $^{88}\text{Sr}^1\text{H}$  等の分子イオンの影響を受け易いため、 $^{193}\text{Ir}$  のみを用いることとした。試料は、濁りのある場合は静置後の上清又は  $0.45\mu\text{m}$  メンブランフィルターによるろ過液を用いることとし、硝酸添加後加熱溶解した。ICP-MS には試料を  $1\sim 10^5$  倍希釈した 1% 硝酸溶液で直接導入し、検量線の有効範囲内にある希釈段階の試料の濃度により、有効な測定値を得ることができた。

〔元素含有パターン〕 ICP-MS による一斉分析結果から、愛知県内の温泉水の泉質別の 37 元素含有パターンを図示することが出来た。温泉水の泉質によって Na, Si, Ca, Fe, Sr, Ba 等がそれぞれの含有レベルでピークを形成するパターンが異なっていることが推測された。地球化学の分野では、岩石圏を対象とした元素存在度の「地球化学図」の作成が行われている。一方、水圏は人為的な汚染や流域の影響等環境の影響を受けやすいため、そうした研究対象にはなりにくい。しかし、比較的安定な水質成分を保持する温泉水については、その元素含有パターンから地球化学的に興味ある知見が得られると我々は考えている。



## 11. 源泉の影響問題について

財団法人中央温泉研究所 高橋 保・大塚 晃 弘

### Some Considerations on the Thermal Well Hydraulics in Japan

Hot Springs Research Center Tamotsu TAKAHASHI, Akihiro OTSUKA

源泉の温泉湧出状況は、様々な要因によって変化する。代表的な要因は、源泉を取り巻く表流水(河川水位や海洋)や地下水の状況であり、いわば自然的な要因に起因する変化である。これらによる変化は、源泉毎に程度も異なるが、いわばその源泉の特性であり、温泉利用もそうした特性を考慮してなされることになる。

一方で、新しい源泉を開発したり、既存源泉で温泉採取量を増やしたりすることで発生する変化(源泉間の相互干渉)や、自然的な要因を人為的に変化させることで源泉に生ずる変化(大規模土木工事に伴う影響)は、上記した自然的变化に対して、人為的变化として位置づけられる。温泉利用者にとって、自然的变化は当然受け入れなければならないが、人為的变化は出来るだけ回避したい変化要素である。なぜなら、源泉間の相互干渉は複数の源泉で累積し、温泉資源の枯渇化に直結する可能性が高いからであり、自然的な要因を人為的に変化させることで生ずる影響は、ひとたび発生した場合、その影響は規模が大きく、固定化する可能性が高いからである。

筆者らは、温泉の湧出状況を計測する機会が多く、その中には新源泉の開発や土木工事に関連した影響評価調査もあって、源泉への影響関係を確認できたケースも多い。そうした経験をもとに、温泉の相互干渉と源泉管理の問題について考察する。

## 12. 分子量分布からみた褐色温・鉱泉中のフミン酸の起源

東邦大学理学部 今橋 正 征・小澤 弘 子  
千葉環境研究センター 木内 浩 一

### Origin of humic acids in brown-colored spring waters estimated from the distribution of molecular weight

Faculty of Science, Toho University Masayuki IMAHASHI, Hiroko OZAWA  
Chiba pref. Environmental Research Center Koichi KIUCHI

腐植物質の中で、アルカリ性溶液に溶け pH 1 以下の酸性で沈殿するものをフミン酸とよんでいる。千葉県および東京湾を中心とする東京都、神奈川県には褐色に着色した温泉・鉱泉が多く存在するが、それらの着色の原因は溶存しているフミン酸のためといわれている。本研究では比較的濃く着色している 9 個所の温泉に着目し、フミン酸の分子量分布を調べ、溶存しているフミン酸の起源を明らかにすることを目的として実験を行った。

採取した温泉水は以下の 9 個所である。青堀温泉(千葉)、飯岡温泉(千葉)、鷺沼温泉(千葉)、横浜赤井温泉(神奈川)、川崎小向湯(神奈川)、養老温泉(千葉)、木更津温泉(千葉)、横浜綱島温泉(神奈川)、蒲田黒湯温泉(東京)。主要化学成分の他にフミン酸の定量(NaOH 抽出後、吸光度法)も行った。フミン酸の分子量分布はゲルクロマトグラフィー(東ソー製、検出器は示差屈折計)を用いて行った。

9 個所の温泉に含まれるフミン酸は共通して、分子量 5 千以下（低分子画）、5 千～20 万（準高分子画）および 20 万以上（高分子画）の三つに分けられた。フミン酸の起源は準高分子画における分布の割合と深く関係していることが分かった。準高分子画に 40% 以上分布している青堀、小向湯および養老に含まれるフミン酸は海洋起源と推定できた。一方準高分子画に 40% 以下分布している飯岡、鷺沼、赤井、木更津、綱島および蒲田に含まれるフミン酸は非海洋起源（陸成堆積物など）と推定できた。

### 13. 神奈川県における大深度温泉の水素酸素同位体比と化学成分

神奈川県温泉地学研究所 菊川 城司・板寺 一洋

#### Stable Isotopes and Chemical Composition of Deep Hot Spring Waters in Kanagawa Prefecture

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Joji KIKUKAWA, Kazuhiro ITADERA

近年、掘削技術の進歩や、掘削費用の低コスト化により、掘削深度 1,000 m 以上の大深度温泉の開発が盛んになっている。神奈川県内でも、最近では箱根・湯河原など既存の温泉地よりも、それ以外の一般地域における大深度温泉井の開発が多く見受けられるようになってきた。2004（平成 16）年 3 月末現在、神奈川県内には 51 カ所の大深度温泉井が存在し、そのうち箱根・湯河原地区を除いた源泉数は 32 カ所にのぼる。

神奈川県内の大深度温泉井温泉水の成因を探るため、温泉水の化学成分を分析するとともに、酸素、水素同位体比を測定した。火山性温泉を除いた大深度温泉の温泉水は、酸素同位体比が比較的重く海水の希釈線に沿ってプロットされるグループ、硫酸イオン濃度が低濃度のグループ、酸素同位体比が比較的低く硫酸イオン濃度が比較的高いグループの 3 つに大きく分けられた。

### 14. 霧島火山地域の酸性硫酸温泉の生成機構について（Ⅱ）

れいめい高等学校 藤田 俊一  
鹿児島大学理学部 坂元 隼雄

#### Formation Mechanism of Acid Sulfate Spring in Kirishima Volcanic Area (Ⅱ)

High school of Reimei Shunichi FUJITA

Faculty of Science, Kagoshima University Hayao SAKAMOTO

霧島火山及びその南西部地域に湧出する温泉水の生成機構を解明するため、火山ガスの分化過程並びに岩石-水相互作用に基づく化学平衡計算などによる分析を行った。酸性硫酸塩泉の硫酸イオンの生成機構は、硫化水素の地表付近での空気による酸化あるいは地下水中の溶存酸素による酸化が考えられてきた。室内実験で、硫化水素の直接的な酸化により生成される硫酸イオンは非常に少ないことがわかった。そこで、どのような条件下で硫酸イオンが生成されるかを詳細に調べた。



酸性硫酸塩泉の硫酸イオンの生成過程を明らかにするための実験を行った。硫化水素を直接酸化で生じた硫酸イオンの濃度と、硫化水素に塩化鉄(Ⅱ)及び塩化鉄(Ⅲ)を加えたものと比較した。その結果、硫化水素の直接酸化により生成する硫酸イオンは 12 ppm であったが、塩化鉄(Ⅱ)及び塩化鉄(Ⅲ)を加えたものは、硫化水素の直接酸化に比べて、約 14 倍、約 2 倍になることが分かった。また、鉄の硫化物として代表的な硫化鉄及び黄鉄鉱の酸化によって生じた硫酸イオン、硫化水素と鉄化合物(ヘマタイト及びマグネタイト)とを反応させたもの(XRDによりパイライトと確認)では、硫化水素の直接酸化に比べて、約 28 倍、約 32 倍になることが分かった。

これらの結果から、酸性硫酸塩泉の硫酸イオンの生成は硫化水素の直接酸化だけでは十分な説明はできない。地下からの硫化水素が地表面近くの鉄と反応し、パイライトなどを形成し、浅層地下水あるいは地表水中の溶存酸素により酸化され硫酸イオンが生成することが示唆された。

## 15. 松代温泉の希土類元素組成

上智大学理工学部 木川田 喜一・金田 哲人・大井 隆夫

### REE compositions in Matsushiro hot spring waters

Faculty of Sci. Technol., Sophia University  
Yoshikazu KIKAWADA, Tetsuhiro KANEDA, Takao OI

長野県の松代温泉内の 7 源泉から 9 つの温泉水試料を採取し、希土類元素(REE)溶存濃度とその組成を基に、当該温泉の特徴と REE の挙動について議論した。

何れの採水試料も主溶存成分組成に大きな違いは認められず、主成分的には源泉間に本質的な違いはない。一方、コンドライトで規格化した各温泉水試料の REE パターンの形状は類似しているが、その溶存濃度は試料間で大きく異なっており、REE を最も高濃度に含む採水試料と最も低濃度の採水試料とでは十数倍の濃度差が認められた。しかしながら、同じ源泉より引湯される二つの採水試料の間にも約十倍の濃度差が認められる場合もあることから、この REE 濃度差は源泉の違いに基づく本質的な違いではなく、湧出・引湯過程で生成する石灰華に REE が極めて高い割合で取り込まれ、温泉水中より取り除かれるためであると考えられる。事実、温泉引湯管に生じる炭酸カルシウムスケールの分析結果は、極めて高効率での REE の濃縮を示している。また、石灰華への共沈現象により溶存 REE 濃度が大幅に減少しても REE パターンの形状はほぼ維持されており、松代温泉の REE 組成は、その水質を特徴付ける高濃度の溶存炭酸ガス存在下での REE の溶存状態に支配されているものと考えられる。

## 16. 縞状北投石中の放射能の分布について

香川大学・教育学部 佐々木 信行  
堀口医院 堀口 昇

### Distribution of Radioactive Elements in Banded Structure Hokutolite

Faculty of Education, Kagawa University Nobuyuki SASAKI  
Horiguchi Hospital Noboru HORIGUCHI

縞状北投石の各結晶層の色と化学組成についてはこれまで報告し、色正常のものと色異常のものがあることを明らかにしてきたが、縞状北投石の放射能については、これまで通常の縞状北投石（色正常のもの）においては白色層の方が褐色層よりも放射能が高いというわずかの記述はあるものの、色異常のものも含めてその詳細は明らかではない。また、放射能の強さは結晶層中のいかなる成分によるものであるのかも明確になっていない。

今回、これまで研究を行ってきた縞状北投石中の各結晶層について放射能の強さを測定し、色正常のものと色異常のものとで各結晶層の放射能の強弱関係にどのような違いがあるのか、また、その強さが化学組成のどのような成分と相関があるのかについても検討した。

測定は縞状北投石の試料の褐色層と白色層の各結晶層を削り取り、それぞれ粉碎の後 0.50 g を正確に測り取り、それを直径 2.0 cm の円形の容器に入れ、平滑に均した後、圧縮したものを GM サーベイメータで単位時間あたりの放射線量をカウントした。

その結果は色正常のもの、色異常のものいずれについても白色層の方が褐色層よりも放射線量が多いという結果を得た。また、放射線量は色正常のもの、色異常のものいずれについても結晶層中のバリウム含有量に相関があり、放射線源は硫酸バリウムに共沈したラジウムによるものであると推定した。

## 17. 皮膚耐性菌感染症に対する温泉・水治療法

盛岡市 河南病院 野口 順一

### Hydrotherapy of Resistant Bacteriae Infected Skin

Kanan Hospital in Morioka

Jun-ichi NOGUCHI

〔目的〕 皮膚耐性菌感染症の数を把握し、それらに対する効率的な手段を確立せんとした。

〔方法〕 過去 3 年来の、玉川温泉湯治客 27 名および上田病院皮膚科入院患者 95 名の細菌培養陽性症例中、耐性菌感染と考えられる 25 例を選び、それらについて、抗生物質治療を廃し、主として水治療法に拠って、治療を進めた。浴治療として、玉川温泉・露天ノ湯 pH 2.3、また人工硫酸添加硫化水素泉 pH 2.7、42°C、10~15 分、1~2 回浴/日、併用外用剤としては、3% サリチル酸ワセリンや 2% モクタール・ラッサーパスタなどを使用した。

〔成績〕 MRSA 感染症例 9 例について、6 例については、1 ヶ月後、陰性となり、2 例については、2 ヶ月後、また、1 例については、3 ヶ月間を要した。ゲンタマイシン耐性例 15 例では全例が 1 ヶ月以内に陰性になり、また緑膿菌感染症 4 例中、3 例では 1 ヶ月後、陰性となり、1 例では 3 ヶ月間を要した。

〔考察〕 表皮上の細菌を消滅させるには、酸性泉に依る希釈、拡散、殺菌に拠る所が大きい、必ずしもその殺菌力に依るのみではない。皮膚の反応、例えば、炎症それに続く落屑に依って排除される割合が大であり、また、常在菌との競合も考慮に入れなければならない。それゆえ、それらの効果は 1 ヶ月単位で観察する必要がある。

## 18. レジオネラ属菌対策の現状と問題点

入浴施設衛生管理推進協議会 中島 有二  
中央温泉研究所 甘露寺 泰雄

### Legionnaire's Pollution in Thermal Bath Water and its Hygienic Treatment

Bathing Sanitation Management-Promotion Association Yuji NAKAJIMA  
Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

第 3 回全国レジオネラ対策会議 (平成 16 年 6 月, 厚生労働省) では, レジオネラ感染症の現状と対策を主なテーマとして, 対策の基本認識や最新の研究成果と今後の対策指導の方向性について説明が行われたが, 残念ながら温泉への細かい対応方法については発表されなかった。

温泉のレジオネラ属菌対策では, 運営形態や泉質などの違いを無視し画一的な対処方法ではなく, 次の 4 項目を複合的に考慮し, 各場合の実情に合わせた, 構造設備と衛生管理法を改善してゆくことが大切である。

1) レジオネラ属菌を浴槽に持ち込まない。 2) 生物膜 (バイオフィルム) を発生させない。 3) 持ち込まれたレジオネラ属菌を速やかに殺菌する。 4) 浴槽水を飛沫 (しぶき) として飛ばさない。

未だに模索を続けている温泉施設のレジオネラ対策の現状と問題点を整理し, 問題解決のための研究成果を発表する。

## 19. 硫化水素泉の末梢血流量増加の可視化

法政大・工 大河内 正一・大波 英幸・大野 慶晃・浅井 邦康  
日本温泉総合研究所 森本 卓也  
保養地医学研究所 阿岸 祐幸

### Visualization of Dermal Blood Flow Increased by H<sub>2</sub>S Bathing

Faculty of Engineering, Hosei University  
Shoichi OKOUCHI, Hideyuki OHNAMI, Yoshiaki OHNO, Kuniyasu ASAI  
Nippon Onsen Research Institute Takuya MORIMOTO  
Research Institute for Health Resort Medicine Yuko AGISHI

硫化水素は二酸化炭素と同様に, 皮膚の微小循環に働き, 末梢血管拡張作用, 皮膚血流量増加作用が強く, それ故血圧を下げる等の生理学的効能が明らかにされている。演者らは前報で, 天然及び人工の二酸化炭素泉について, その末梢血流量増加効果をレーザードップラー法を用いて, 2 次元の映像として可視化できることを明らかにした。そこで今回, 日本では二酸化炭素泉は数が非常に少ないことから, 比較的数量が多く, 低濃度でも血流量増加効果が期待できる硫化水素を含む温泉水に適応し, 硫化水素による血流量増加効果の可視化と同時に, 実際の温泉現場での効果の有無を検討した。

その結果, 硫化水素を含む温泉は, 二酸化炭素泉と同様に血圧の上昇を抑制し, 血流改善効果を有する浴槽水として再認識されるべきで, 換気や濃度管理などの工夫により, その効果を有効に利

有効に利用すべき泉質と思われた。

## 20. 本邦温泉分析史の断面

昭和女子大学・人間文化学部 大 沢 眞 澄  
 国土館大学・非常勤 土 井 康 弘

### Some topics on a history of chemical analysis of mineral spring waters in Japan

Faculty of Humanities and Culture, Showa Women's University Masumi OSAWA  
 Kokushikan University Yasuhiro DOI

西欧の化学の発展をみると、その体系化への基礎として実験面での鉱泉・温泉水、海水などの分析に多くの化学者が関係している。T. Paracelsus から R. Boyle, F. Hoffmann, A.L. Lavoisier, M.H. Klaproth らに至り、宇田川榕菴訳『舎密開宗』の原著者 W. Henry も登場する。『舎密開宗』外編は温泉に関する内容である。さらに R.W. Bunsen の研究は地球化学的視野でなされ、K.R. Fresenius は分析方法を総括する。

わが国においても化学研究の実験的側面として温泉水の分析が先ず取り上げられ、西欧と軌を一にしている点は興味深い。西洋温泉の科学的記載は『厚生新編』にもみられるが、実際の分析は Ph. F. von Siebold, H. Bürger によりなされ、雲仙、阿蘇、霧島火山周辺の温泉水の定性的分析であった。次いで宇田川榕菴に継承され、日本各地の温泉水の分析が行われた。その間の事情や、幕末、長崎の Pompe van Meerdervoort の温泉水分析、高野長英によるとされる「温泉分析法」(1846)などに注目したい。

## 21. 温泉の教育普及施設としての「下呂発温泉博物館」

岐阜県博物館 古 田 靖 志  
 下呂発温泉博物館 川 上 裕 惟

### Roles of “Gero museum of Hot Spring” at a Function of Educational Spreading of Hot Spring

Gifu prefectural museum Yasushi FURUTA  
 Gero museum of Hot Spring Hiroyoshi KAWAKAMI

平成 16 年 4 月、岐阜県下呂温泉に下呂発温泉博物館がオープンした。これは下呂温泉の旅館やホテルなどに温泉を供給したり伝統的な共同浴場や露天風呂などを経営している下呂温泉株式会社が設立したもので、温泉に関する自然科学的な資料や人文的資料などおよそ 400 点を展示するとともに、書籍や文献など数百点収蔵する温泉専門の博物館（博物館法による博物館類似施設に該当）である。

建物は白壁土蔵造りの平屋二棟からなり、延床面積は 193 m<sup>2</sup>である。附属施設として屋外に下呂温泉の湯（アルカリ性単純温泉）を配した足湯・歩行浴用の浴槽を備えている。

展示は「温泉の科学」, 「温泉の文化」, 「温泉博士の部屋」, 「おもしろ温泉チャレンジ」, 「ようこそ下呂温泉へ」の 5 つのコーナーからなる。

この下呂発温泉博物館は、自分たちの温泉街に温泉に関する博物館のような施設ができれば、観光客はもとより、温泉地を支える人々や温泉街の将来を担う子どもたちの温泉理解や温泉への愛情が深まり、“温泉で温泉地を活性化する”という、地道ではあるが本質的な活性化への方途が見いだされるのでは考え、温泉の教育普及を意図して設立されたもので、特に将来を担う地元の子どもたちに「温泉を学ぶ場」を提供することへの意義を感じ誕生したものである。

開館以来多くの来館者でにぎわっており、来館者の調査などから温泉の教育普及施設としての役割を果たしていることが垣間見られた。

## 22. 温泉地名の地域分布についての考察—湯の字が上につく温泉と下につく温泉の地域分布—

中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄

### On the Regional Distribution of Spa Name-(○○○-Yu and Yu-○○○)

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

故伊東祐一教授が「温泉の科学」(昭和 17 年, 三省堂)の中で、湯○○○と○○○湯のように、湯が上につく温泉地名と下につく温泉地名があり、前者は関東以西、後者は関東以北に多いこと、その理由として、小さい温泉地は、○○○湯、大きい温泉は湯が上につくと考えた。

そこで今回、野口冬人氏の全国温泉大辞典の索引から、湯のつく温泉をピックアップして検討した。なお、東と西の境は、愛知・岐阜・福井の線とした。

まず、上に湯がつく温泉地名は、東では、温泉地総数 1,671 の中、96 ヶ所、率にして 5.7%、西では、総数 557 の中 51 ヶ所、率にして 9.2%、上に湯のつく温泉地名は、数では東の方が多く、率では少なく、西高東低である。これに対して、下に湯のつく温泉地名は、東で 111 ヶ所、率で 6.6%、西ではわずか 14 ヶ所、率で 2.5%、つまり下に湯がつく温泉地名は総数でも率でも東の方が多く、東高西低である。ちなみに、川の付く温泉地名では東西の差はみられない。温泉の泉温、泉質などの東西分布の相違についても言及する。

## 23. 浴用としての適正温泉量と適正浴槽面積についての考察

中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄

### Some Considerations on Proper Quantity of Thermal water and Proper Area of Thermal Water Bath

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

最近の温泉統計資料(環境省)では、宿泊定員 1 人にたいして 1.9 L/分程度となる。また厚生労働省の衛生管理要領では、1 人に対する浴槽面積として、旅館と公衆浴場でそれぞれ 0.5 m<sup>2</sup>, 0.7 m<sup>2</sup> となっており、深さ 60 cm としてそれぞれ、300 ないし 420 L、これを 1 回量とすれば、0.21 ないし

0.29 L/分, 1日3回利用として, およそ0.6ないし1 L/分となる. 演者らがまとめた温泉地での統計では, 昭和55年の計算値として, 温泉地全体として, 定員1名当たりの温泉量0.54 L/分, 浴槽面積0.159 m<sup>2</sup>, 集中管理下にある温泉地では, 0.36 L/分, 0.136 m<sup>2</sup>となっている.

また平成12年の資料では, 66ヶ所の集中管理下にある温泉地では, 定員1名あたりの温泉量0.54 L/分, 35ヶ所の温泉地では定員1名当たり0.39 m<sup>2</sup>となっている.

これらの結果から, 演者は定員1名当たり0.5~1 L/分, 面積0.4 m<sup>2</sup>程度を提案する.

この数値を採用した場合の浴槽のよごれについて, 濁度をもとに解析した.

## 24. スケール抑制の一事例

(株)ボーゲンフェイル T.S.C 事業部 野 邑 憲 二  
中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄

### An Example of Scale Control in Hot Spring Water

BOGENPFEIL CO., LTD T.S.C Kenji NOMURA  
Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

#### 1. 経緯

平成14年4月1日, 長野県庁近くの裾花川河畔にオープンした温泉施設は, 豊富な湯量(約800 l/min.)と温度(46.6°C)に恵まれ, 掛け流し式温泉として華々しくスタートした. ところが, 1ヶ月もしないうちにスケール障害により営業に差し障りが出始め, 対処のため徹夜作業が続くようになった.

#### 2. スケール対策

依頼を受け, 現地調査・説明を行った.

- 泉質の解析…ナトリウム-塩化物温泉であるが, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が992.8 mg/kg  
Ca<sup>2+</sup>が359.8 mg/kg, CO<sub>2</sub>が102.8 mg/kg, pH 7.3であるため, 確実にCaCO<sub>3</sub>スケールが析出する.  
ランゲリヤ指数算出値は, +1.62. 補正後は, +2.62.
- 抑制装置設置…8月21日搬入・設置工事, 翌22日より処理開始.
- 添加量…ホスホン酸系スケール防止剤を, 揚湯量に対し6.5 ppm添加.  
2週間後, 5.4 ppmに下げた経過を観察して行った.

#### 3. 経過及び効果

平成14年8月22日以降, 今日に至るまで施設のトラブルは皆無で順調に推移, 温泉供給量が安定して余裕も出て来た為, 浴用施設の増設を計画中.

※平成16年6月17日での添加量は, 揚湯量に対し3.7 ppmでありスケール析出の気配は皆無である.



## 25. 温泉の送・配湯の研究 (その 33) (温泉配湯管路の放熱量の近似式)

ホソヤ技術士事務所 細 谷 昇

Studies on the Conveyances and Distribution of geothermal hot water.  
(part33) (An approximate equation obtain the amount of heat loss as  
geothermal hot water passes through pipeline)

Hosoya Office of Consultant Engineer Noboru Hosoya

温泉の広域供給事業を行なっている自治体、企業体等は全国に多数ある。温泉供給事業者の使命は利用施設への安定供給と温泉資源の保護である。安定供給とは源泉の安定有効熱量 $\geq$ 利用施設の浴槽運転最大必要熱量+温泉供給設備の放熱量である。供給設備の中で放熱量が最も大きいのが温泉配湯管路からのものである。しかしこの放熱量は管路を布設してしまうと種々なる困難な事情のため、事業主は測定してない。このような状況を知った演者は給湯いる状態であっても出発温度とその流量及び管路末端到着流量とその温度が測定出来れば可成り高い精度で管路放熱量を算出出来る近似式を第 33 回大会 (1981 年) で報告した。その近似式は温度を主軸に考案したものであり、使用上にやや難点がある。そこで今回は流量を主軸にした近似式を作成し、実存する 20 箇所の配湯管路をモデルとして、本報の近似式と先に報告済みの近似式で計算し、比較した結果知見を得たので報告する。なお第 33 回大会で報告した近似式及び本報の近似式は次の通りである。

$$Q = [T_s \times W_M - T_M \times (W_s - W_A) = T_A \times W_A] \times 60 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{ここで } T_M = T_s - [(T_s - T_A) \times (W_A / W_s) / 4]$$

$$Q = (T_s - T_A) \sqrt{W_s} * W_A \times 60 \dots\dots\dots(2)$$

Q : 管路放熱量 [kcal/h]                      T<sub>M</sub> : 平均給湯温度 [°C]

W<sub>s</sub> : 出発流量 [l/h]                        T<sub>s</sub> : 出発温度 [°C]

W<sub>A</sub> : 管路末端到着流量 [l/h]        T<sub>s</sub> : 管路末端到着温度 [°C]

但し温泉水の比重、比熱は 1 [kg/l], 1 [kcal/kg・°C] とする。

[結果]

実存する 20 箇所の配湯管路の理論的放熱量と (1), (2) 式の近似式で計算した放熱量とを比較検討した結果、今回報告した (1) 式の方が理論的放熱量に近かった。従って (1) の近似式の方がやや精度が高く、計算も簡単であり、現場向きである。今後は更に (2) 式を改良し、式の精度を高めたい。

## 26. 温泉に関する消費者の志向性—その 1

日本温泉協会 布 山 裕 一

Intentionalness of consumers about Hot Springs Vol. 1

JAPAN SPA ASSOCIATION Hirokazu NUNOYAMA

日本温泉協会では、毎年 3 月「旅と温泉展」を開催し、会場においてアンケート調査を実施している。このアンケート調査は昭和 50 年代から実施してきたものであるが、平成元年から会場を JR 東京駅を移しての開催となり、回答者数が飛躍的に増加し、ここ十数年来は 5,000 枚~6,000 枚の回

収枚数で安定している。回答者の内訳としては、20代～60代の有職者層が大多数を占め、過半数が首都圏在住者ではあるが、ほぼ全国的に居住地が分布している。

このようなことから、この調査は消費者の温泉利用に関する実態ならびに温泉に関する志向性を把握する上で、大いに参考になると考えられる。

また、同アンケート調査においては、毎回同様の設問と単年個別の設問を用意して実施しているが、温泉に関する志向は多岐に渡るため、3年程前から2種類のアンケート調査を実施している。なお、単年個別の設問についても数年毎にほぼ同様の設問を設定してきたので、分析結果を比較すると消費者の温泉に関する志向性についての経年変化を伺うことも可能となっている。

今回は、多岐に渡る消費者の温泉に関する志向性の中から、下記の項目について取り上げ、最近の消費者の温泉に関する志向性と志向性の変化等について解析を試みることにする。

今後の温泉地ならびに温泉利用施設づくりに、消費者の志向性が反映されることを望みたい。

1. 「温泉地に望むこと」
2. 「最も印象の良かった温泉地とその理由」
3. 「最も行ってみたい温泉地とその理由」