
 一般講演要旨

1. イメージング・アナライザーによる北投石試料等の放射能分布の測定

大妻女子大学社会情報学部 堀内 公子
 東京大学理学部 谷川 勝至
 日本大学文理学部 小林 貴之
 昭和薬科大学 遠藤 和豊

Radioactivity Distribution in Hokutolites Measured with an Imaging Analyzer

School of Social Information Studies, Otsuma Womes' s University Kemiko HORIUCHI
 Faculty of Science, University of Tokyo Katsuge TANIGAWA
 College of Humanities and sciences, Nihon University Takayuki KOBAYASHI
 Showa College of Phamaceutical Sciences Kazutoyo ENDO

近年、放射能分布を測定する新しい手段としてイメージング・アナライザーが生体試料等を対象に利用され始めている。イメージングプレート(IP)技術は、光輝性発光材料とレーザービーム技術を巧みに組み合わせた放射線二次元分布測定器で、イメージングプレートの放射線に対する高い感度、潜像の蓄積効果を利用すれば、きわめて低いレベルの自然放射能の分布の測定を行うことができる。

この方法が高感度であることを利用して、北投石、放射性鉱物などの放射能の分布を比較的短い時間計測した結果を報告した。この方法のみでは放射線の線種の分離は出来ないが、他の計測法を併用することによって線種の分離も可能であり、新しい放射線計測器としての利用が可能である。

温泉科学においては、ボーリングコアや源泉の湧出母岩、温泉沈殿物の中の放射能分布等を知る際に使用出来るであろう。

2. ICP発光分析法による温泉水中の微量元素の定量

神奈川県温泉地学研究所 石坂 信之
 北里大学医療衛生学部 松木 泰代
 日本環境調査センター 吉岡 いずみ

Determination of Trace Elements in Hot Spring Waters by ICP

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture Nobuyuki ISHIZAKA
 Allied Health Sciences Kitasato University Yasuyo MATSUKI
 Japan Environmental Research Labolatory Izumi YOSHIOKA

ICP発光分析法は同時(逐次)に多種類の化学元素を分析できるので、様々な公定法で使用され始めている。特に、水道水や河川水などのようにマトリクスの少ない場合には、前処理なしで直接、他種類の微量元素を効率よく分析できるのでたいへん省力化できる。一方、温泉中にはNa⁺、Ca²⁺などが多く含まれるのが一般的なもので制約がある。ここでは、前処理なしで直接ICP発光分

析法を利用したときの温泉水中の微量元素の定量について、検討した。具体的には、温泉の主成分としてNa, Caは500 ppmまで, K, Mgは50 ppmまで含まれることを想定して人工的な温泉を作り、各微量元素の10 ppbが定量できる条件と標準溶液の適合性を検討した。

- 1) 最適波長の選択と機器の条件の最適化(高周波出力, キャリヤーガス流量, 測光高さ)によって, Al, Zn, Fe, Mn, B, Sr, Ba, Li, Cu, Cd, Cr, Vなどの検出限界は10 ppb未満になる(Ni, Co, Mo, Pbの検出限界は10 ppb以上)。
- 2) Na, Ca; 100 ppm, K, Mg; 10 ppmを含んだ各微量元素の標準溶液で検量線を作り, Na, Ca; 0~500 ppm, K, Mg; 0~100 ppmを含む各微量元素100 ppbの回収率を求めると, Zn, Fe, Mn, B, Sr, Ba, Cu, Cd, Cr, Vでは±5%の精度であった。

3. 赤外線式炭酸分析法の温泉水等への適用

日本環境調査センター 吉岡 いずみ
神奈川県温泉地学研究所 石坂 信之
北里大学医療衛生学部 松木 泰代・島村 匡

Measurement of Inorganic Carbon in Hot Spring Water by Non-Dispersive Infrared Gas Analyzer.

Japan Environmental Research Laboratory Izumi YOSHIOKA
Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture Nobuyuki ISHIZAKA
Allied Health Sciences, Kitasato University Yasuyo MATSUKI, Tadashi SHIMAMURA

炭酸物質は温泉水・湧水などによく溶け込み、主成分の一つである。

炭酸物質の分析は、多くの方法が提案され使われてきたが、今回は一般の水の分析方法として、簡便に利用できる酸消費量(通称アルカリ度)、pHに関係なく炭酸イオン・重炭酸イオンのみを測定できる赤外線式ガス吸収法の2方法を取り上げ検討を行った。

河川水：ホウ酸・ケイ酸などの濃度が低いため、アルカリ度(Alk)と無機体炭素(IC)の値はほぼ同じであった。

温泉水：アルカリ性では、ホウ酸・ケイ酸などの影響を受けるため、一般的にICよりAlkの方が大きい値になることがわかった。

中性では、ICよりAlkの方が大きい値になることがあったが、各成分濃度が高いときに補正が必要になることがわかった。

酸性では、AlkよりICの方が大きい値になることがあり、それはpH4以下ではアルカリ度が測定できないためである。

4. 中性温泉水中のランタノイド元素の特徴

上智大学理工学部 木川田 喜一・萩原 康司・古賀 明洋
 小坂 知子・大井 隆夫
 武蔵工業大学原子力研究所 本多 照幸

Characteristic Behavior of Lanthanoids in Neutral Hot Spring Water

Sophia University Yoshikazu KIKAWADA, Koji OGIWARA, Akihiro KOGA
 Tomoko OSSAKA, Takao OI
 Musashi Institute of Technology Teruyuki HONDA

ランタノイド元素に着目して、北海道から中部地方の16の温泉水試料を比較検討した。この結果、酸性温泉のランタノイド元素濃度がppbレベルであるのに対し、中性温泉ではpptレベルであることが明らかになった。また、酸性温泉と中性温泉のランタノイド元素パターンの形状に明らかな違いが認められた。酸性温泉のランタノイド元素パターンは、湧出過程で接触する岩石のパターンを直接的に反映していると思われる、若干軽ランタノイドに富んだ左上がりのパターンを示すのに対し、中性温泉では、中ランタノイドから重ランタノイドに欠乏した下に凸のパターンを示す。この中性温度のパターンは、ランタノイド炭酸塩の溶解度を反映しているように見える。なお、中性温泉でも松代温泉だけは例外であり、重ランタノイドに富んだなだらかな右上がりのパターンを示す。松代温泉は、高濃度の溶存炭酸ガスを含む温泉であり、その鉄、ランタノイド元素濃度は、中性温度としては異常に高い、酸性温泉にも匹敵する濃度を示す。炭酸が高濃度である場合、ランタノイドは炭酸化学種と錯形成し、見かけの溶解度が上昇する。この場合、軽ランタノイドより重ランタノイドの方が溶解度は高く、松代温泉の右上がりのランタノイド元素パターンは、このランタノイド-炭酸錯塩の溶解度を反映していると考えられる。

5. 九重硫黄山における深部水循環 - 安定同位体とトリチウムからみて -

京都大学理学部附属地球熱学研究施設 北岡 豪一・大沢 信二
 大上 和敏・由佐 悠紀
 岡山大学固体地球研究センター 日下部 実

Deep Circulation of Geothermal Fluid at the Kuju-Iwoyama Volcano, from the Viewpoint of Stable Isotopes and Tritium

Beppu Geothermal Research Laboratory, Faculty of Science, Kyoto University
 Koichi KITAOKA, Shinji OHSAWA, Kazutosi OUE, Yuki YUSA
 Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University Minoru KUSAKABE

九重硫黄山の噴気地から放出される噴気蒸気と湧出する温泉水の安定同位体比は、天水が火山体の中をかなり深部に達し、臨界温度あるいはそれ以上の温度まで高温化していることを示唆する(北岡ほか, 1996)。超臨界領域に達した天水の蒸気は深部からのマグマ蒸気と混合して噴気として地上に噴出し、臨界温度以下の領域で循環した天水部分が温泉水として湧出するものと考えられる。温泉水のトリチウム濃度は、降水濃度よりもいくらか低いものが多く、100年以上の滞留時間に対応される可能性がある。噴気については、Cl濃度からマグマ水(Cl: 8 g/kg)の混合

割合がある程度分かるので、マグマ水のトリチウム濃度をゼロと仮定し、マグマ蒸気と混合する天水蒸気のトリチウム濃度を求めると、浅層循環系の水と類似の値が推定される。すなわち、蒸気流出系と温泉流出系とで速度に著しい違いがあって、天水の平均滞留時間は、蒸気放出系では約7年以下、温泉流出系では100年以上の時間を要しているものと推定される。九重硫黄山の内部には、マグマの熱で駆動された対流系が深部まで発達していて、天水が超臨界領域(地下数km以深)まで達し、マグマ蒸気と混合してから上昇する蒸気流出系がメインのシステムであり、臨界温度以下(地下数km以浅)で液体のまま循環する温泉流出系はサブシステムであると思われる。ただし、噴気にはサブシステムから発した蒸気を放出するものもある。

6. 三陸海岸小本温泉の化学成分—とくに硫黄の同位体比について

岩手医科大学教養 中 舘 興 一
 岩手大学農学部 溝 田 智 俊
 岩手大学人文社会科学部 牧 陽之助

Chemical Constituents of the Sulfur-Sodium Chloride Spring at Omoto, Sanriku Coast-line—With Reference on the Sulfur Isotope Ratios

School of Liberal Arts and Sciences, Iwate Medical University Koichi NAKADATE

Faculty of Agriculture, Iwate University Chitoshi MIZOTA

Faculty of Humanities and Social Sciences, Iwate University Yonosuke MAKI

岩手県北部小本川河口に、平成4年夏、含硫黄高食塩冷鉱泉が掘さくされた(動力揚水)。平成5年9月の調査では、湧水量28.1l/min, 泉温11.3℃, pH 7.1, 蒸発残留物17.7 g/kg (うちNaCl 11.3g/kg), 総硫黄16.3 mg/kg (HS⁻とH₂Sはほぼ等モル), NH₄⁺ 12.0 mg/kgであった。NO₃⁻とNO₂⁻は検出されなかった。泉質名は含S-Na・Mg-Cl冷鉱泉である。なお貯水槽中には鉄バクテリア*Gallionella*の乳白色の細菌集合体の形成がみられた。

平成8年7月に、酢酸カドミウム中に補集沈殿させた硫化物と、塩化バリウムで沈殿させた硫酸イオンについて $\delta^{34}\text{S}$ を測定し

小本温泉水	H ₂ S: $\delta^{34}\text{S} = -22.3\%$
	SO ₄ ²⁻ : $\delta^{34}\text{S} = +21.4\%$
小本湾海水	SO ₄ ²⁻ : $\delta^{34}\text{S} = +21.1\%$

の成績を得た。小本温泉水のSO₄²⁻の $\delta^{34}\text{S}$ 値は小本湾海水のものとはほぼ同じであり、内陸部の八幡平・田沢湖周辺の火山性硫化水素泉のものに比較して明らかに大きかった。逆にH₂Sの $\delta^{34}\text{S}$ 値はこれら火山性温泉のものより格段に³²Sに富むことが明らかであった。

以上の結果およびLi, Sr, B, Brなどの分析値から、この温泉水の溶存成分は現代海水の成分に大きく依存していると思われる。またNH₄⁺, HS⁻, およびH₂Sの供給には、浅海堆積層中の有機質の還元的分解が関与し、とくに温泉指定の要因であるHS⁻およびH₂Sの起源には、硫酸還元菌の関与が明らかであると考えられる。

7. 別府血の池地獄の色彩変化に関わる沈殿物の鉱物組成・温泉水の化学組成の変化

京都大学理学部附属地球熱学研究施設 大上和敏・大沢信二・由佐悠紀
東邦大学理学部化学科基礎化学教室 高松信樹・中川理恵子

Changes in Chemical Compositions of Hot-spring Water and Deposits Associated with Discoloration of the Chinoike-Jigoku Hot Pool in Beppu, Central Kyushu, Japan

Beppu Geothermal Research Laboratory, Kyoto University

Kazutoshi OUE, Shinji OHSAWA, Yuki YUSA

Faculty of Science, Toho University Nobuki TAKAMATSU, Rieko Nakagawa

日本最大の温泉地である大分県の別府温泉には、血の池地獄と呼ばれる世界でも珍しい赤色を呈した高温湖沼が存在する。最近、血の池地獄の色の変化が取りざたされており、我々もそのように感じた。その感じを客観的に確認するため、最近10年間の沈殿物試料の色彩測定を行ったところ、過去の試料ほど赤みが強く、時間の経過とともに黄色化していることが判明した。さらに、試料に含有されている鉱物の組成変化を調べたところ、近年の試料ほど黄色鉱物である鉄明礬石($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)が多くなっていることが明らかになった。このことから血の池地獄の黄色化の原因は、沈殿物中の鉄明礬石含量の増加であると結論した。

血の池地獄周辺の地下には中性で高温(250~300℃)の原熱水と、低温(90~100℃)で鉄を多量に含む硫酸酸性の温泉水の2種類の温泉水が流動しているとされており、血の池地獄の温泉水はこれらの2種類の温泉水が混合して形成されているという結果が、温泉水の化学組成の解析から導かれる。一方、血の池地獄の温泉水の化学分析値から深部での熱水温泉を推定したところ、1970年代から1990年代にかけて50℃近くも低下しているという結果が得られた。一般に鉄明礬石は低い温度条件の下で安定な鉱物であるので、何らかの理由で血の池地獄の温泉水を涵養している2種類の熱水の混合バランスがくずれて低温酸性水の割合が増し、地下の温度が低下したために、沈殿物中に鉄明礬石が含まれるようになったものと推定される。

8. 別府血の池地獄沈殿物中の微量成分

東邦大学理学部 高松 信樹・中川 理恵子

東邦大学医学部 加藤 尚之

京都大学附属地球熱学研究施設 大沢 信一・大上 和敏・由佐 悠紀

Minor Elements in Precipitates of the Hot pool "Chinoike-jigoku" Beppu, Kyushu, Japan

Department of Chemistry, Faculty of Science, Toho University

Nobuki TAKAMATSU, Rieko NAKAGAWA

Department of Chemistry, Toho University School of Medicine Naoyuki KATO

Laboratory for Volcanology and Geothermal Sciences, Faculty of Science,

Kyoto University

Shinji OHSAWA, Kazutoshi OUE, Yuki YUSA

近年、別府血の池地獄の沈殿物の色が黄色に変化しつつあり、その変化は黄色鉱物の鉄明礬石($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)と、赤色鉱物の赤鉄鉱(Fe_2O_3)の含有比の変化に起因していると推測された(大沢他, 1996)。1996年8月、新たに約50cmのコアを採取し、12分画に切断した。それらの主成分含量は Na_2CO_3 融解後、定法で、微量成分含量はマイクロウェーブシステムを用いて酸(HNO_3 , HF など)分解後、誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法で定量した。 SO_3 含量はこの分解液中の SO_4^{2-} をイオンクロマトグラフィで定量して換算した。赤鉄鉱含量は全 Fe_2O_3 含量から鉄明礬石由来の Fe_2O_3 含量(沈殿物中のSを全て鉄明礬石由来のSと仮定し、換算して求めた)を差し引いて求めた。Ga, As, Ba, W, Pb含量は、上層ほど増加する傾向にあった。また、赤鉄鉱の多い中間層ではBc, V, Cr, Ni, Cuなどが多く、熱水の混合比の変化によって鉄質沈殿物中の微量成分含量が変動するということが示唆された。最近の血の池地獄の黄色化現象は鉄質沈殿物中の鉄明礬石含量の増加が大きく関係していると推定されるが、これはNa-Cl型の熱水とH- SO_4 型の熱水の混合比の変化および地下水の混入などによる低温下に起因しており、この変化に特定の微量成分含量も対応していると結論された。

9. 地熱水中のシリカおよびヒ素の除去

岩手大学工学部 梅津 芳生・小笠原 渉

成田 榮一・上森 純子

Removal of Silica and Arsenic in Geothermal Water

Iwate University Yoshio UMETSU, Wataru OGASAWARA

Eiichi NARITA, Junko UWAMORI

地熱水中にはシリカおよびヒ素が溶存していることが多い。近年、熱水の多目的利用計画に基づいて、熱水の一部を河水で熱交換し利用しているが、熱水の温度が約70℃に低下すると急速にシリカ分が析出しパイプの目詰まりの原因となっている。また、熱水の直接利用にあたってはヒ素の除去が問題となっている。本研究では、鉄分を担持させた木炭を吸着剤としてシリカ分を除去する方法に加えて、ヒ素を環境排水基準値0.1 mg/l以下にし熱水の直接利用可能についても検討した。木炭はアカマツ木炭および建築廃材炭を用いた。試験はバッチ法で行い、地熱水を40

℃に保ち、吸着剤を添加し、200 rpmで所定の時間攪拌したのち、濾液について残存濃度を測定して吸着量を計算した。シリカ除去について、木炭のみの場合、地熱水200 mlに2.5 g添加で残存シリカ濃度200 mg/lになるのに2時間を要した。鉄担持木炭の場合、Fe/Si=0.5モル比(0.5 g/200 ml)のとき、10 minで200 mg/l以下になった。混在している鉄分を塩酸処理した廃材木炭の場合も同様の結果が得られた。ヒ素除去について、鉄担持木炭の場合、Fe/Si=1.0モル比(0.5 g/200 ml)のとき、60 minで0.1 mgAs/l以下になった。この結果は地熱水の直接利用の可能性を示唆している。

10. 神奈川県西部地域における温泉の連続観測－温泉による地震調査－

神奈川県温泉地学研究所 大山正雄・棚田俊收

Relation between Hot Springs and Seismicity in Kanagawa Western Area

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture
Masao OHYAMA, Toshikazu TANADA

地震の前後に周辺の温泉の湧出が変化することがある。神奈川県の西端に位置する箱根温泉でも大正関東大地震の前後には温泉の濁りや新たな温泉の湧出、1966年の箱根火山群発地震の1年後には20℃以上の温泉温度の上昇現象、1994年10月の箱根カルデラ内のM4.8の地震の直後に湧出温度の急上昇が観測されている。これらの事から温泉の湧出と地震とは深く関係していることが考えられる。

神奈川県の西部地域は地震活動が活発であるとともにほぼ73年周期でM7クラスの地震が発生している。神奈川県はこのM7地震に重大な関心を示すと共に温泉地学研究所においては神奈川県西部地域に地震計や傾斜計などを設置し地震観測と共に地震の前兆現象を捉えようと努めている。ところで、温泉を生み出す地下深部の溶融体のような熱源が地殻の挙動と深く関わっているならば、その僅かな変動でも温泉の温度変化に現れる可能性があり、地震前兆に関する試料が期待できる。そこで神奈川県西部の各温泉地(5地点)に温泉温度の連続記録装置を設置し、観測を開始した。本報告では温泉温度の連続観測とこれまでに得られた結果について紹介した。

11. 温泉地を流域とする河川のヒ素濃度分布

神奈川県温泉地学研究所 大山正雄・粟屋徹

Arsenic Concentration in River Water in Hot Spring Area

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture
Masao OHYAMA, Tohru AWAYA

火山性温泉はヒ素濃度の高いことが報告されている。ところで、公共用水域の環境基準が平成5年に改正され、ヒ素濃度の環境基準値が0.05 mg/l以下から0.01 mg/l以下に強化されたことにより、温泉水中のヒ素は環境の点から再検討し、対応することが必要になってきている。そこで、火山性温泉を湧出する湯河原温泉地の河川水や温泉水のヒ素濃度等を調査し、温泉水が河川環境に与える負荷について考察した。

湯河原温泉は、総揚湯量約7,300 l/min、湧出最高温度80℃以上で、陰イオンの主要成分は塩素イオンと硫酸イオンである。

河川水は季節変化を示しながらも、温泉利用の中心部でヒ素濃度の増大と温度上昇を示している。河川水のヒ素濃度は人的影響のほとんどない上流域で検出されなかったが、温泉の多量に流入する地域で急増し、河川流量の少なくなる2月には環境基準値の2倍となっていた。河川水の塩素イオンとヒ素はよい相関を示している。温泉湧出量は年間ほぼ一定であるので、河川流量の減少する時期になると河川水のヒ素濃度は高くなる。

12. 静岡県芝川町稲子川温泉の地震に関連した変化

地質調査所 野田 徹郎・高橋 誠・佐藤 努

Discharge Rate Change of Inakogawa Hot Spring, Shibakawa-cho, Shizuoka Pref. in Relation to Earthquake Occurrence

Geological Survey of Japan Tetsuro NODA, Makoto TAKAHASHI, Tsutomu SATO

静岡県富士郡芝川町の稲子川温泉は、プレート境界でもある糸魚川-静岡構造線上という特異な位置にある。この温泉はこの地域唯一の温泉で、掘削深度が1,003mと深く、断層の近傍にあるため地殻変動の影響が現れることが期待される。1990年の掘削の後、1992年から1993年にかけて、自噴量、水温、化学成分の連続観測を行ったが、地震に関係する可能性のある顕著な変動が見られた。

この温泉の自噴量は当初の375リットル/分から減少し、1993年には200リットル/分に近づいている。水温は28.2℃から僅かに低下し、28℃を切っている。化学成分は高塩分のCa・Na-Cl型で、当初Cl濃度4,282 mg/リットルであったのが、次第に低濃度化したと見られ、1993年には、3,000 mg/リットル前後となっている。この変化の過程は、地層中に貯えられていた高塩濃度の温泉が、掘削により自噴し地下水系の圧力バランスが崩れて、浅層地下水の侵入により希釈されつつあるものと理解される。

閉鎖貯留型で地表への流出口が限られている自噴泉では、しばしば地震の前後に観測値に変動が見られる。稲子川温泉でも、1993年6月末までは凹凸のないデータが得られていたが、その後自噴量が大きく3回増加し、それに対応して水温も上昇した。化学成分濃度には変化は見られない。その時期は気象条件の顕著な変化、あるいは温泉周辺における環境の変化はないことから、地震による影響の可能性がある。この期間に発生した顕著な地殻変動は、順に北海道南西沖、静岡県中部、東海道はるか沖の各地震であり、いずれも稲子川温泉の自噴量増加の開始から15~40日後、変動ピークからだと5~30日で発生している。

13. 近畿地方での温泉調査

京都自然史研究所 西村 進・桂 郁雄
 兵庫県立工業技術センター 赤松 信
 大谷大学文学部 西田 潤一

Survey of Hot Springs in Kinki District

Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA, Ikuo KATSURA
 Hyogo Prefecture Institute of Industrial Research Makoto AKAMATSU
 Faculty of Literature, Otani University Jun-ichi NISHIDA

近畿地方では一部の温泉を除き、この20年程で掘さくされている。利用口で年間を通じ、25℃以上の温泉はほとんど熱伝導型温泉で、その場所の地温勾配を利用した深度800～1500mの掘さくがされて、水中ポンプで汲み上げて利用されているものが多い。また、一部の高温泉も大きな断層中を湯が上昇して採湯されているものである。

すなわち、近畿地方の温泉の特徴は大深部で地下水が胚胎し、汲み出せる場所を探索することになる。このことは活断層の探査法がそのまま適用されることを意味する。我々は近畿地方北部、とくに兵庫県、京都府において多くの温泉を探索して良い成果を得ている。

手法としては、既存資料の検討、航空写真・地形図によるリニアメントの判読、地表地質調査、湧水・井戸水の地球化学的探査、これらの成果をもとに、放射能探査、ELF・MT探査、ノイズの多い所ではCSMT探査、ときには精密電気探査や重力探査を行い、総合的に判断して掘さく位置を決定している。

浅い試錐を行うこともあるが、掘さく中は温度検層を数回実施し、最終の掘さく深度を決め、電気検層の結果、掘さく速度、逸泥位置及び量などを考察し、ケーシングのストレーナ位置を決め、洗滌の後、揚水テストを行い、もっともメンテナンスがやり易く、条件の良い汲み上げ方法を決めている。またその際数カ所で1 m程度の岩芯を採集する様にしている。その結果、近畿地方全体の各地質構造に応じた泉源の性質、熱構造が次第に明らかになって来ている。

今回これらの成果の概略を紹介して、新しい火山活動のない地域の温泉探査に参考になれば幸と思い発表するに至った。

14. 岩手県内におけるNa・Cl強食塩泉の化学成分について

岩手県医薬品衛生検査センター 武田 則行

Chemical Components of Na・Cl Type Saline Hot Spring Waters in Iwate Prefecture

The Iwate Center of Medicinal and Hygienic Inspection Noriyuki TAKEDA

岩手県内における温泉のうちNa: 5.5 g/kg, Cl: 8.5 g/kg以上含むナトリウム・塩化物強食塩泉として4源泉が確認されている。下記の源泉番号③ヒメカ湯(Na: 6.1 g/kg, Cl: 8.1 g/kg)は、Cl: 8.5g/kg以上含まないが、比較の対象に入れ、次の5源泉の化学成分について比較検討を行った。

源泉名: ①衣川村・はごろも湯, ②胆沢町・養老湯, ③胆沢町・ヒメカ湯, ④安代町・保戸沢湯

⑤水沢市・薬師堂湯(以下源泉番号で示す)

化学成分について: Na: 6.1~10.3 g/l, Cl: 18.9~17.3 g/l, 蒸発残留物: 15.9~34.3 g/l, millival%ではNaが84.8~97.9%, Clが80.9~95.0%であり, NaとClの間には正の相関($r=0.940$)が認められた。

その後の特徴として, 源泉④は HCO_3 : 4.7 g/l, Li: 22.0 mg/l, I: 8.9 mg/l, HBO_2 : 4.7 g/lと高いのが特徴である。源泉⑤は HCO_3 : 48.1mg/lと低く, Ca: 1.4g/lと高いのが特徴である。

海水成分をReferenceとしての比較: 各温泉成分と海水成分との重量比, 塩化物イオンとの重量比, 海水からの濃縮係数の比較検討から3つのタイプに分けられる。つまり, 源泉①, ②, ③は地域的に近接しており類似し, 源泉④, ⑤とは異にする食塩泉といえる。一方, 源泉④, ⑤は類似性を示す成分比もあるがCa, SO_4 , HCO_3 , Li, Iなどの成分比で, かなり異にし, 源泉④は HCO_3 が高く, Na・Cl- HBO_3 型の食塩泉であり, 源泉⑤は HCO_3 が極めて低く, Caが多いNa・Cl-Ca型に近い食塩泉といえる。またLi/Na比とK/Na比との関係からも, 源泉①, ②及び③の類似性が示され, 更に④と⑤の相異性についても示され, 今回の食塩泉を3つのタイプに分けることは妥当と思われる。

15. 磯部温泉新源泉の特徴

群馬県藤岡地域保健所 酒井 幸子・湯浅 和男
 東邦大学理学部 高松 信樹
 東邦大学医学部 加藤 尚之
 秋田大学鉱山学部 松葉谷 治
 群馬県温泉協会 小暮 金太夫

Characteristics of Isobe Hot Spring Water Drilled Newly

Gunma Fujioka District Public Health Center Yukiko SAKAI, Kazuo YUASA
 Department of Chemistry, Faculty of Science, Toho University Nobuki TAKAMATSU
 Department of Chemistry, Toho University School of Medicine Naoyuki KATO
 Mining College, Akita University Osamu MATSUBAYA
 Gunma Spa Association Kindayu KOGURE

磯部温泉は前橋市の南西22km, 榛名山の南方約20kmの安中市磯部にある。従来の源泉は, いずれも泉温が25℃未満の冷鉱泉であるために, 地元では高温泉を得ることが悲願であった。安中市では平成7年10月から温泉掘削を始め, 平成8年6月に温泉が間欠的に自噴(100 l/min)した。掘削深度は1500mで, 孔底部の地質は泥岩・凝灰岩, 孔底温度は87.1℃と報告されており, 動力揚湯時の泉温は52.6℃, 自噴時の泉温は40.4℃のNa-Cl- HCO_3 強塩温泉が得られた。Cl⁻濃度は13.76 g/lであった。

ここでは, この新源泉と従来湧出していた源泉を合わせて, 化学成分, 水の水素・酸素同位体比および炭素同位体比について検討した。

磯部温泉の化学成分の特徴はほう酸濃度が高いことであり, 新たに掘削された源泉の HBO_2 は641mg/lである。温泉水の水素同位体比(δD)とCl⁻濃度, 水素同位体比と酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}$)の関係からは, 典型的な化石海水型の温泉の関係が見られた。

群馬県の温泉で磯部温泉のように, 炭酸成分に富む12の源泉の $\delta^{13}\text{C}$ を測定したところ, その測

定値は $-12.5\sim+6.6\%$ であった。磯部温泉のそれは $+2.1\sim+5.3\%$ であり、磯部温泉の炭酸成分の起源は、海成層中の炭酸塩と推定された。

16. 地形から見た横浜市の温泉

関東学院大学工学部 石井 栄一・竹村 進
武藤理科器械 武藤 竹男
自然工学研究所 伊藤 芳朗

Hot Spring in Yokohama City on Landform

College of Engineering, Kanto Gakuin University Eiichi ISHII, Susumu TAKEMURA
MUTO Laboratory Co. Takeo MUTO
I.N.S & T Yoshiro ITO

神奈川県東部にも非火山性の温泉が多く存在する。ほとんどの温泉が 25°C 以下である。とくに横浜市には神奈川県衛生部の資料によると、平成元年3月現在で、未利用の源泉数を含めて51ヶ所もの源泉が存在している。主に公衆浴場として利用されている。

著者らは、公衆浴場として利用されているものを中心に、38ヶ所の位置や泉質の確認が出来た。泉質は Na-HCO_3 泉が多く、腐植質が含まれているため茶色に変色しているのが特徴である。

横浜市の地形の特徴は、3段に分かれている事である。中心より西側、南北方向に下末吉台地が被い(海拔 $50\sim 60\text{m}$)その上に多摩丘陵(海拔 100m)が覆っている。鶴見川や大岡川などの河川付近には沖積平野(海拔 10m 以下)となっている。

温泉の位置を地質図にプロットすると、ほとんどの温泉が、河川付近の沖積平野にある。当初は、軟弱地盤からの揚水かと思っていたが、調査を進めて行くうちに、掘削深度のほとんどが 110m 前後である事がわかった。軟弱地盤は、深いところでも海拔 -60m の深さまでなので、軟弱地盤からではなく、それ以下の地層からの揚水である事がわかった。そこは上総層群に当たり、化石水の揚水という事になる。また帯水層は -200m 辺りまでという文献があり、掘削深度が 110m 前後というのも合点がいく。

17. 温泉水のエイジング指標としての酸化還元電位

法政大学工学部物質化学科 大河内 正一・草 深耕 太・石原 義正
財団法人 中央温泉研究所 甘露寺 泰雄

Changing of Redox Potentials with Aging of Hot Springs

Department of Materials Chemistry, College of Engineering, Hosei University
Shoichi OKOUCHI, Kota KUSABUKA, Yoshimasa ISHIHARA
Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

温泉水の湧出時の不安定水溶液系から安定水溶液系への変化は、温泉水のエイジング(老化)として知られている。これまで、関、古賀らはエイジングについて、特定の温泉水の酸化還元電位を計測し、それらの電位が温泉の湧出直後より経時的に上昇する事を指摘してきた。しかし、温

泉水湧出後の安定水溶液系についての検討はされてこなかった。そこで、本研究では安定水溶液系の酸化還元電位(ORP)を明らかにするとともに、日本全国にわたる温泉水のORPの経時変化および温泉の給湯配管距離におよぼすORPの変化について検討した。

精製水を温度一定で大気と十分接触させた後、酸およびアルカリでpHを1~13に変化させて、ORPとpHの関係を求めた。また、ミネラル成分を溶解させた精製水についても同様の実験を行った。その結果、ORPはpHと一次の逆比例関係にあることが得られた。この直線のORPは大気と安定で平衡にある水溶液に対応すると考えられる。そこで、日本全国にわたる温泉源泉約70種のORPとpHを測定した結果、湧出直後の温泉水はすべてORPが平衡直線より低く、時間の経過とともに平衡ORP値に近づいた。また、温泉の給湯管の距離が延びる程、給湯中に管内で空気が混ざる度合いが大きい配管系程、ORPは平衡ORPに近い値となった。それ故、温泉水のORPと平衡ORP値の差が、温泉の種類によってもその大きさの絶対値は異なるが、エージングの度合いを表す指標として有効と考えられる。

18. 青色温泉水とその発色機構に関する予察的研究

京都大学理学部地球熱学研究施設 大 沢 信 二・由 佐 悠 紀
東邦大学理学部 高 松 信 樹・川 村 隆 夫

Preliminary Study on Coloration Mechanism of Blue Thermal Water

Beppu Geothermal Research Laboratory, Kyoto University
Shinji OHSAWA, Yuki YUSA
Faculty of Science, Toho University Nobuki TAKAMATSU, Takao KAWAMURA

椀状や漏斗状の窪地に溜った温泉水が、青く着色しているのをしばしば目撃する。例えば、別府の海地獄やカマド地獄、中国雲南省騰冲県熱海の硫黄塘、ニュージーランド・ワイマングのインフェルノクレータのような熱水池がそうであり、これらの他にも露天風呂や地熱発電所の生産井から噴出した熱水を一時的に溜めるプール(ピット)などでも温泉水が青色を呈することがある。本講演では、それらの青く着色した温泉水について紹介し、その発色機構に関する予察的な研究結果について報告する。

熱水池に流入する熱水のシリカ濃度の測定、熱水池の温泉水の水温測定、池内に析出している温泉沈殿物(珪質物質)のX線分析、室内におけるシリカのコロイド溶液の合成実験などの結果から、流入熱水に多量に含まれるモノマー状態のシリカが熱水池内では重合してコロイド状態にあり、それが太陽光の青色成分を選択的に散乱するために(レイリー散乱)、池内の温泉水が青く着色して見えるものと考えられる。また、類似の環境にありながら熱水池内の温泉水が青色ではなく白濁しているところでは、コロイドシリカの重合がより進んだ状況にあり、太陽光の青色成分の選択的な散乱が起っていないことが推定される(ミー散乱)。

19.

中 止

20.

中 止

21. 八幡平玉川温泉における微量放射線の測定

岩手医科大学 大 泉 貞 治
 社会保険岩手管理センター 柳 沢 融
 足沢放射線科 足 沢 輝 夫
 杉江医院 杉 江 忠之助
 東北工業大学 藤 平 力・藤 本 亮・阿 部 俊 三
 平 館 幸 男

Measurement of Very Weak Radioactivity at Tamagawa Hot-spring
(Hachimantai)

Iwate Medical University Takuji OIZUMI
 Social Insurance Iwate Clinic Center Toru YANAGISAWA
 Tarusawa Medical Office Teruo TARASAWA
 Sugie Medical Office Chunosuke SUGIE
 Tohoku Institute of Technology
 Tsutom TOHEI, Ryo FUJIMOTO, Toshimi ABE, Yukio HIRADATE

秋田県鹿角市八幡平玉川温泉は1源泉の湧出量の豊かさ、高温度、高フッ素、強い酸性度で有名である。1996年8月および10月の2度にわたり、温泉場一帯の主要地点における空間線量等量率を測定し、さらに泉源大噴付近より採取した水垢からの γ 線スペクトルを調査した。主な使用機器はアロカ社製の γ 線シンチレーション・サーベイメータと風向・風速計等である。

主要地点における線量当量率は殆どバックグラウンドより1桁ないし2桁高い値であった。特に大噴から通路ならびに湯樋沿いに大浴場手前にかけて強いことが確認された。北投石の埋蔵や湯花の堆積の結果と考えられる。

大噴付近定点における同時測定と経時観測の結果、線量等量率は風向や風速には影響されないことが判明した。放射性物質は拡散で広がり、ガスがあることを示唆している。測定時間帯による変化は認められなかった。採取した水垢をNaI検出器を用いた γ 線スペクトル解析装置にかけた結果と、標準線源 ^{226}Ra のそれとを比較すると明らかに違いが見られ、トリウム系列のものが混在していることが考えられる。目下Ge検出器を用い、この系列より放出される γ 線エネルギーとその分布を分析してラドン(^{222}Rn 半減期: 3.8 d)とトロン(^{220}Rn 半減期: 52 s)の存在比を測定したく考えている。

22. 八幡平トロコ地すべり地内におけるNa-Cl型及びSO₄酸性型温泉の湧出について

秋田県衛生科学研究所 武藤倫子

秋田大学鉱山学部 小林勝人・川原谷 浩・松葉谷 治

Water-rock Interaction about Groundwater from Toroko landslide Area in Hachimantai, Akita Prefecture

Akita Prefectural institute of Public Health Noriko MUTO

Akita University Katuhito KOBAYASHI, Hiroshi KAWARAYA, Osamu MATSUBAYA

秋田県の八幡平トロコ地すべり地帯は、温泉活動により岩石が変質することで形成された地すべり地であり、その防止策として昭和54年頃から集水井や水抜き用ボーリング井がおおよそ200本掘削されている。また、この地帯には、NaClを主成分とする銭川温泉、トロコ温泉等があり、約3 km南方にはSO₄型の焼山の噴気の影響を受けた硫酸酸性の澄川温泉や赤川温泉があるが、平成9年5月の大規模な地すべりによって旅館施設は倒壊した。

著者らは、これまで八幡平の各温泉について温度や湧出量及び内容化学成分や同位体比の継続調査を行ってきたが、トロコ地帯の温泉の変動要因を考察するために、付近の浅層地下水である地すべり地帯の水抜き井から得られた水についても同様の調査を行ってきた。その結果から、水抜き井から得られた水は4種類の端成分が混合していることが分かった。

一方、1993年に銭川温泉の敷地内に温泉井が掘削されたが、そこから湧出した熱水は他の源泉(Na-Cl型)と異なり、硫酸に富み、同位体比から火山ガス起源の地熱水が混入したものと考えられ、火山ガス起源の地熱水は焼山から北東約7 Kmまでに点在していることが推測された。また、今年5月の地すべりで旅館部が倒壊した赤川温泉は自然湧出泉とボーリング井の2源泉を所有している。自然湧出泉は、1977年以降、硫化水素を含む酸性泉(≒2.7)で塩素イオンは10 mg/l以下で推移していたが、平成7年8月頃から塩化物イオンが≒40~60 mg/lに増加し、現在に至っている。増加した塩化物イオンがどのような経路で混入したかは明らかでないが、浅層地下水と同様に、温泉水においても幾つかの端成分の交錯が何らかの要因によって変化していることが推察される。

23. 後生掛温泉新湧出口(平成口)-その後の変化

香川大学教育学部 佐々木 信 行

Recent Variation in Chemical Composition of Hot Spring Waters from Heisei-Ko (New Vents in the Goshogake Hot Springs)

Faculty of Education, Kagawa University Nobuyuki SASAKI

秋田県後生掛温泉におなめ、もとも湧出口に隣接して新しい湧出口(平成口)が生成したのは1989年(平成元年)の暮れのことであった。これについては1990年~1992年の調査結果についてすでに報告を行った。幸い、その後も平成口の熱水の湧出は途絶えることなく現在に至っている。

平成口の生成に先立つこと2年程前よりおなめ湧出口の泉質に変化が見られ、平成口の生成を機に大きく泉質が変化した。また、久しく熱水の湧出が見られていなかったもとも湧出口には平

成口生成後5年目あたりから熱水の湧出が見られ始め、現在も湧出は続いている。これらは新湧出口の生成前後における周辺湧出口への影響を示すものであり、新湧出口の生成機構との関係が注目される。

本講演では、1992年以降に行った調査結果について、新湧出口およびおなめ、もともめ等周辺の湧出口の形状や大きさの変化、熱水の湧出量、色、温度、pH、主要成分濃度等の変化について報告し、新湧出口の生成機構について考察する。

参考文献：佐々木信行，温泉科学，44，4，227-235，1994。

24. 秋田県玉川温泉からの溶出成分量

東邦大学理学部 吉池雄蔵・岡村忍

Weight of Chemical Composition in the Tamagawa Hot Spring, Akita Prefecture

Faculty of Science, Toho University Yuzo YOSHIKE, Shinobu OKAMURA

秋田県玉川温泉大沸泉における溶存成分の SO_4^{2-} 濃度に大きな変化があり、1970年代にそれまでの値(濃度)の約3倍量と上昇し、その後は年々減少し、最近は1000 mg/lの値を示している。玉川温泉は日本でも代表的な活火山性酸性泉であり、温泉水中に含まれる Cl^- 、 SO_4^{2-} 等はマグマ発散物の分化したものが温泉中に取り込まれる。そのためマグマ活動の消長によりその増減が起きると思われる。一方火山発散物中には極めて少量しか存在していない金属元素成分は、温泉水として湧出する通路のまわりの岩石を溶かし込み、温泉水中に溶け込んでゆく。その際に Cl や SO_4 濃度が増大した時には、温泉水通路の周りの岩石から、溶解溶出された金属成分濃度も大きくなる傾向である。そこで玉川温泉水中に存在している、各々の化学成分を溶出量として計算をし、玉川温泉大沸泉の莫大な湧出量と焼山周辺一帯における降水量(雨量)との関係について計算を試みた。この計算に用いた降水量値は玉川温泉玉川中和施設(建設省)で観測された結果であり。玉川温泉における年間平均降水量は(1992~1996) 2055 mmで、日本の年間平均降水量より約20%程高く、この5年間の降水量の最低~最高は1791 mm~2636 mmであり年間ごとに変化に富んでいた。この値を元に大沸泉の湧出量との比較を行い、月別、年別降水量を用いて各々の計算を試みた。そして演者の約30数年間の大沸泉の成分濃度、湧出量、酸濃度(pH)等を用いて、流量と濃度からマグマ発散物の取り込まれた量を求め1日、1年間の変化について考察する。また金属成分元素についても大沸泉水中の各々の金属成分濃度と湧出量との関係から、金属成分の溶出元である岩石の必要量を求め、模型実験での値と比較しながら一定期間に反応される岩石量を計算し、各々検討した。

25. 北海道の地温勾配図

北海道立地下資源調査所 秋田 藤夫・松波 武雄・若浜 洋
地質調査所 大久保 泰 邦

Geothermal Gradient Map of Hokkaido

Geological Survey of Hokkaido
Fujio AKITA, Takeo MATSUNAMI, Hiroshi WAKAHAMA
Geological Survey of Japan Yasukuni OKUBO

地下資源調査所では、北海道内の地熱・温泉ボーリング井に関する各種データの収集・整理を行ってきた。1995年には、主に温度検層結果を中心とした地下温度データに基づき60万分の1北海道地温勾配図(北海道立地下資源調査所, 1995)を作成した。地温勾配図作成に用いた坑井数は総計687坑である。また、鉱山等における坑内温度データ(12箇所)も利用した。地温勾配は地表温度を10℃と設定し、坑底(検層最深)温度と地表温度の差を坑底(検層最深)深度で割って求めた。等地温勾配コンターの編集に当たっては、伝導型の温度プロファイルを示し、かつほぼ真の地温が得られているとみなせる坑井(坑内)および真の地温に補正近似が可能な坑井を計85地点選定し、コントロールポイントとした。等地温勾配コンターは、8℃/100m以下は1℃/100m毎で描き、コンターラインの最大値は10℃/100mとした。

地質分布は、地温勾配との関連性が読みとれるように選択的な表示とし、基盤岩類(先新第三系)と新期火山岩類(後期鮮新世2Ma以降)のみを表現した。高温地熱兆候の指示として、火山噴気および80℃以上の自然湧出泉の位置を記載した。

今回作成した地温勾配図は、高地温勾配域と低地温勾配域が明瞭に区分され、地下温度構造の地域的な特徴が容易に把握出来るものとなっている。

26. 北海道周辺の大地震に伴う地殻ひずみと地下水位変動の関係

北海道立地下資源調査所 秋田 藤夫
地質調査所 松本 則夫

The Relation between Theoretical Areal Strain and Water Level Changes Due to the Great Earthquakes Occurred around Hokkaido

Geological Survey of Hokkaido Fujio AKITA
Geological Survey of Japan Norio MATSUMOTO

北海道周辺では1993~1994年にかけて4回の大地震(>Mw 7.5)が発生した。それらの地震に伴って道内各地でCoseismicな地下水位変動が広域的に観測された。その変動量や極性は地震断層モデルから算出される広域的な地殻ひずみ分布やGPS等の測地データと極めて整合性のある結果となった。各観測井のCoseismicな水位変動は、理論ひずみ分布と矛盾しない。帯広市の観測井(金森井)での4回の地震に伴う水位変動量とひずみ量との関係は、 $-6.4\text{mm}/10^{-8}$ Areal Strainのほぼ直線的な関係が認められる。また、この観測点の潮汐ひずみに対する水位変動率も $-5.5\text{mm}/10^{-8}$ Areal Strainを示し、地震に伴う変動率とほぼオーダーで一致する。他の観測井のひずみ変化に対する水位の変動率も同様な関係を示した。大局的には、帯水層の透水係数が大きいほどひずみ

感度は小さくなる傾向が認められた。

27. 洞爺湖温泉の水位変動

北海道立地下資源調査所 秋田 藤夫
地質調査所 松本 則夫

The Fluctuations of Water Level at Toya Hot Spa

Geological Survey of Hokkaido Fujio AKITA
Geological Survey of Japan Norio MATSUMOTO

洞爺湖温泉は明治43年(1910)の有珠山の活動によって誕生した。温泉は四十三山爆裂火口群付近の地下深部にある潜在円頂丘が、主に湖側から供給された地下水を熱するとともに、放出ガスに含まれるマグマ起源物質を加えることにより生成するとされている(石川, 1963など), 爆裂火口近傍の断裂系に沿って上昇した熱水は、湖側に拡散しながら流下し層状泉を形成する。温泉はどこでも一様な温度、溶存成分ではなく、爆裂火口列に近いほど、特に四十三山爆裂火口群に近いほど泉温が高く、成分濃度も濃い、本地域の主要な温泉貯留層は外輪山溶岩である。本溶岩は厚さ数m~30m程度の玄武岩溶岩とスコリアおよび火山砂の累重からなり、全体の厚さとしては200m以内と推定される。また、同層は多孔質で亀裂に富み、透水係数にすると 10^{-2} cm/secオーダーの高い透水性を備えている。

温泉水位と洞爺湖水位の関係を明らかにすることを目的に約1年間(1993年6月~1994年6月), 湖水位と休止井での静水位の連続観測を行った。水位観測点は湖岸から有珠山火口原に向かって、出来るだけ直線的になるように配置した。観測井は湖水位観測点から有珠山側へ水平距離で11号井が約480m, 10号井は約1,050m離れている。

湖水位と各観測井の水位変動は極めて良い相関を示す。観測井の水位は湖水位に対して、11号井で約50cm, 10号井では約95cm低く、山体側に向かって $-1/1000$ 程度の勾配を示す。温泉水位の変動は、降水の影響が僅かに認められるが、気圧・地球潮汐による影響はほとんど受けていないことが判った。湖で生じた水位変動は約16時間後に11号井そして約43時間後に10号井へ伝播するとともに、振幅も減少する。水位変動の遅れと振幅の減少率から求めたS/T(貯留係数/透水量係数)比は $2.1\sim 20.2 \times 10^{-6}$ sec/cm²となった。この値は、非常に透水性の良い被圧温泉貯留層が示す値とオーダーで一致し、揚湯試験結果等とも整合性がある。

28. 揚湯利用から見た温泉井評価 - “温泉井の揚湯指標階級” の提案 -

北海道立地下資源調査所 松波 武雄・藤本 和徳・鈴木 豊重

Pumping Class of Hot Spring Well

Geological Survey of Hokkaido
Takeo MATSUNAMI, Kazunori FUJIMOTO, Toyoshige SUZUKI

道内における温泉掘削深度は年々増加の傾向にあり、その大部分は揚湯利用となっている。また、従来温泉不毛と言われた地域においても温泉開発が試みられてきている。揚湯井における温

度と量は動水位によって変化する。このため、温泉を温度と量のみで語ることは不適當な状況になりつつある。一方、揚湯コスト(イニシャルコスト・ランニングコスト・メンテナンスコストなど)は水位の如何に大きく依存する。このため、利用の立場からも新たな温泉井評価基準を設定することが望ましいと考えられる。

地表からの水位降下量(動水位 H ;m)は、静水位(h ;m)と揚湯量(Q ;l/min)および比湧出量(k ;l/min/m)から、 $H=h-Q/k$, $H<0$ となる。環境庁の全国温泉統計によると1源泉あたりの湧出量は99.7l/分(H8.3)であることから、“温泉井の揚湯指標(Pumping Index)”を動水位に対する揚湯量(100l/分)の割合と定義すると、 $PI=Q/-H=Q/(Q/k-h)$, $Q=100$ l/minとしてしめされる。“温泉井の揚湯指標”を 10^{-1} ・ $10^{-0.5}$ ・ 10^0 ・ $10^{0.5}$ ・ 10^1 を境として6区分したものを“温泉井の揚湯指標階級(Pumping Class)”とすることを提案する。下位から階級00・0・I~IVと呼称する。

“温泉井の揚湯指標階級I”の最大水位下降量は-316mとなる。我々は少なくとも階級I以上の温泉井の開発をめざすべきと考えている。“温泉井の揚湯指標階級”は、開発された温泉井の揚湯コストの目安を与えるとともに、温泉探査・ボーリング結果の評価を与える。なお、“温泉井の揚湯指標階級”はあくまでも井戸の評価であり、貯留層の評価をしめすものではない。

29. 温泉井検層の1例

日本地科研究所 佐藤 幸二・高屋 正・松枝 富士雄

Infrows of Thermalwater Inferred from Some Well-loggings

Nihon Chika Kenkyuusho Koji SATOH, Tadashi TAKAYA, Fujio MATSUEDA

ある温泉井で温度、示差温度、電気伝導度、および流速の検層を実施し、孔内の状況を考察した。

温泉井は第四紀火山の山腹に掘削されたもので、角閃石安山岩質の火口周辺堆積物を掘進したものであるが、掘削工事の資料がなくて詳細は明らかでない。掘削深度は98mで、全長にわたって径6インチの合成樹脂積層管(フジパイプ)がケーシング管として挿入され、58m以深にはストレーナが設置されている。泉温39.8℃の温泉水830 l/minがわずかの気泡と共に自噴している。泉質は蒸発残留物質が1.07 g/lのCa・Na・Mg-SO₄・HCO₃・Cl泉であって、近年幾分薄くなり、また伴うCO₂が著しく減少している。

自噴量、ケーシング管径と流速検層の結果から、この温泉井へは孔底部分の他に5ヶ所からの温泉水流入があり、孔底部からは約100 l/min、そのうえの流入部からは約160 l/min、その上の部分からは410 l/min弱の流入があると考えられた。それより浅部の3つの流入部からは合計して165 l/min程度の流入があると考えられた。温度検層の結果からは流入温泉水の温度が、電気伝導度検層の結果からは流入温泉水の電気伝導度が、それぞれの流入部で推定された。

なお、最も浅い温泉水の流入部のみは、ストレーナが設置されていないケーシング管部であって、その部分で温泉水の流入があることは、ケーシング管が破損していることを示すものと考えられる。

30.

中 止

31. 火山性熱水中の中間酸化状態硫黄について

東京大学大学院総合文化研究科 高野 穆一郎
 室蘭工業大学 安孫子 勤
 地質調査所 青木 正博
 岡山大学固体地球研究センター 日下部 実

Intermediately-oxidized Sulfur Compounds in Volcanic Thermal Water

Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo Bokuichiro TAKANO
 Muroran Institute of Technology Tsutomu ABIKO
 Geological Survey of Japan Masahiro AOKI
 Institute for Study of the earth's Interior Minoru KUSAKABE

火山は様々な揮発物質を常時放出している。なかでも硫黄は水を除けばそれらの主成分を構成する。マグマから放出された硫黄は循環水と接触して地表に達するまでの酸化還元環境に応じて様々な酸化状態の硫黄に姿を変える。ここでは登別温泉における熱水環境に見られる硫黄化合物に焦点を絞り、それらの起源と挙動について述べる。

西村(1965)は登別温泉の温泉群と大湯沼火口湖に供給される熱水の起源を論じた。即ち本源熱水は高温の中性高食塩水であり、地下浅部での沸とうにより気液分離し、液部は高食塩水として温泉街中央部に湧出し、気体部は酸化を受けながら凝縮し循環水と混合し酸性泉として地獄谷の温泉群および大湯沼に湧出するとしている。筆者らは登別温泉水および大湯沼火口湖水を採水し、中間酸化状態の硫黄化学種すなわち、ポリチオン酸、亜硫酸、チオ硫酸イオン濃度を調べた。これらのイオンは熱力学的には不安定な化学種である。それらがこれらの温泉水で見つかるならば、地下における化学条件を推定する手懸かりとなる。ポリチオン酸イオンは、大湯沼、大正地獄に明らかに存在する。亜硫酸イオンは大正地獄に微量(0.1 ppm)検出された。チオ硫酸イオンは大正地獄および中性高食塩泉に存在する。大正地獄のポリチオン酸濃度の変化は明らかにチオ硫酸と逆になっている。これは安孫子(1988)の主張するように中性高食塩水を本源熱水とすれば、チオ硫酸が初生の化合物でなければならぬ。ポリチオン酸はチオ硫酸より派生したものと考えられる。中性熱水中ではチオ硫酸は160℃までは安定に存在し得るので、このイオンを運搬する熱水はこの温度付近にあることが推測される。この熱水が酸性水と混合して $S_2O_3^{2-}$ の分解を促進しポリチオン酸と硫化水素を含むのが大湯沼熱水と考えることができる。

チオ硫酸の硫黄同位体比は恐らくその起源を示すと思われる。これまでのところこのデータは得られていない。大湯沼及び大正地獄の硫酸、元素硫黄の $\delta^{34}S$ 値はそれぞれ2.1, 7‰, および2.5, 3.8‰である。大湯沼の硫黄化合物の殆どは硫化水素の酸化に因るものであるが、大正地獄のそれらは一部重い硫黄を起源としているものを含むことがわかる。恐らくマグマ起源の SO_2 がほぼ中性条件下で H_2S と反応して生じた $S_2O_3^{2-}$ が寄与しているものと思われる。その意味で大正地獄の熱水が登別温泉群の本源熱水に近いとする安孫子(1988)の考えはこれらの同位体比と整合している。

32. 硫黄芝が硫化水素を同化している可能性について - 硫黄同位対比によるアプローチ -

岩手大学人文社会科学部 牧 陽之助
岩手大学農学部 溝 田 智 俊

Use of Dissolved Hydrogen Sulfide in Hot Spring Water by Sulfur-turf: a Sulfur Isotopic Approach

Faculty of Humanities and Social Sciences, Iwate University Yonosuke MAKI
Faculty of Agriculture, Iwate University Chitoshi MIZOTA

硫黄芝は硫化水素を含む温泉流水中に着生する硫黄酸化細菌の集合体で、硫化水素を単体イオウに、さらにチオ硫酸を経て最終的に硫酸にまで、非同化的に酸化する。一方、植物などの同化硫黄源としては硫酸イオンが一般的である。しかし、硫黄芝を構成する硫黄酸化細菌の場合には、同化硫黄源として温泉水中の硫酸イオンと同時に、硫化水素も考えられる。このことは、硫黄芝の生育する温泉水中の硫化水素と硫酸イオン、および硫黄芝菌体の同化硫黄の同位体比を1セットとして測定することによって推定できる。

1996年、恐山温泉(青森県)・蟹場温泉(秋田県)・鶴の湯温泉(秋田県)・湯俣温泉(長野県)・中の湯温泉(長野県)、および谷地温泉(青森県)・大釜温泉(秋田県)・籐七温泉(岩手県)・松川温泉(岩手県)の計9温泉で、硫黄芝と硫黄芝の生育している温泉水を1セットとして、硫黄同位対比の測定を行った。硫黄芝については、付着単体イオウ粒と菌体、温泉水については溶存硫化水素と硫酸イオンを測定した。

硫黄芝はイオン交換水で充分洗浄した後、10%の過酸化水素水で処理して同化硫黄を含む有機物を抽出した。残った単体イオウを乾燥後、高温で $\text{HNO}_3\text{-Br}_2$ 混合物を用いて酸化し、硫酸とした。溶存硫化水素は圧縮空気で通気して硫化水素を追い出し、酢酸カドミウムで固定後、過酸化水素を加えて硫酸とした。これら硫酸と温泉水中の硫酸イオンから硫酸バリウムを調整した。硫酸バリウムに酸化剤(V_2O_5 と SiO_2 の混合物)を加え、真空ライン中で 950°C まで加熱した。生成した SO_2 ガスについて、 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 比をVG-SIRA10質量分析計によって測定した。硫黄同位体比($\delta^{34}\text{S}$)はCTD標準に対する千分率偏差として表示した。

硫黄芝に付着する単体イオウ粒と菌体に同化された同化硫黄の硫黄同位体比は、温泉水中の硫化水素とはほぼ同じ値で、温泉水中の硫酸イオンとはたいへんに異なっていた。このことから、硫黄芝構成細菌は、温泉水中の硫化水素を、直接に菌体構成成分として同化している可能性が示された。また、付着単体イオウは硫化水素に由来することが確認された。

33. 群馬県草津温泉の藻類

東京理科大学理学部 長 島 秀 行

Microalgae in Kusatsu Spa, Gunma Prefecture

Department of Biology, Faculty of Science, Science University of Tokyo
Hideyuki NAGASHIMA

これまで、日本各地の温泉、特に酸性温泉に生育する微細藻類を調査してきたが、今回は草津

温泉の藻類の分布について報告する。草津温泉は含硫化水素酸性明ばん緑ばん泉で、西(さい)の河原、湯畑などの源泉の他に、昭和41年に硫黄の採取を目的に造られた坑道から湧出した万代鉱源泉がある。万代鉱源泉の泉温は他の源泉に比べて高く、泉質は西の河原、湯畑、白旗の湯などと比べて、よりpHが低く、Na、Clイオンの含有量が高い。西の河原には至るところに青緑色の単細胞藻類が付着しているのが認められ、温度約35~50℃、pH 1.5~3では紅藻イデユコゴメ *Cyanidium caldarium* とガルディエリア *Galdieria sulphuraria*、それに珪藻ハネケイソウ *Pinnularia braunii* var. *amphicephala* が認められた。イデユコゴメは全地域で優占して分布していたが、東地区ではそれにガルディエリアが混在しており、温度がやや低い地域(約38℃以下)ではハネケイソウが優占している地域があった。湯畑の2地点(44.3℃、pH 2.1, 45.5℃、pH 2.1)では、イデユコゴメやカルディエリア、ハネケイソウの3種の藻類が認められた。万代鉱では、源泉近くの壁の表面温度35~45℃、pH 2.0の部分からは、同様に、イデユコゴメ、ガルディエリア、ハネケイソウの3種の藻類が認められた。その他、町営露天風呂、蛇沢(へびさわ)と湯川、群馬大学附属草津分院源泉においてもこれらの藻類が分布していることが分かった。

34. 「癒やす医療」への温泉活用

来久保医院 似 内 裕
星の丘クリニック 岡 部 俊 一
老健施設 ゆうゆうの里 宮 内 茂 壽

Hot Spring's Practical Application in Curable Medicine Chuyoukai Medical Corporation

Raikubo Clinic Yutaka NITANAI
Hoshino-oka Clinic Shun-ichi OKABE
Yuyunosato, the Aged Health Institution Shigetoshi MIYAUCHI

近年、疾病構造の変化により、ライフスタイルの是正や、心理面の対応の必要性が求められている。

さらに、治る病気、不治の病気とにかかわらず、心身の「癒やす医療」を考えることも大事なことと思う。

われわれが理想とする医療環境とは、きれいな空気、水、景観があって、散策森林浴が出来、田畑から正しい食物を摂ることが出来、心のケアと運動療法、そして温泉療法が出来るエリアがあることである。

現行の健康保険制度の中で、この理想郷を構築することは、極めて困難なことであるが、ここ数年、若干の試みをおこなってきた。

平成6年に、温泉掘削が成功したことを機に、自然に恵まれた約2ヘクタールの土地に、「癒やす医療」をキーワードとして、平成7年7月、「星の丘クリニック」、平成8年6月、老人保健施設「ゆうゆうの里」をオープンした。

星の丘クリニックは、現代の難病の一つであるアトピー性疾患治療を主目的に漢方、食事、心理療法など、現在考えられる、あらゆる治療法を駆使して治療しており、温泉療法も、重要な治療法の一つとしている。

ゆうゆうの里では、温泉入浴は、入所者の最も大きな楽しみであり、癒しの手段として有効に

活用している。

平成9年3月には、一般大衆を対象として、簡易入浴施設「ぎんがの湯」をオープンした。地域の人々に、日々の疲れを癒やすために利用していただいている。

今回は「癒やす医療」をおこなうために掘削した温泉を3施設に利用している現状を報告し、将来の展望について若干述べた。

35. 秋田県玉川温泉の保養療養の実態

足澤放射線科 足澤輝夫

Clinical Evaluation of Tamagawa Hot Spring Bathing

Tarusawa Medical Office Teruo TARUSAWA

平成6年夏に、玉川温泉診療所における湯治者245名を対象に調査票により湯治法、湯治期間等、湯治状況を調査し、更に近年行われている岩盤利用の実態を調査した。

- 1) 来湯者の年齢構成は40歳未満8%, 41~60歳37%, 61歳以上55%
- 2) 来湯回数は初回26%, 2回以上74%
- 3) 療養形態は温泉浴+飲泉+岩盤60%, 温泉浴+飲泉23%, 温泉浴+岩盤6%, 温泉浴のみ10%
- 4) 入浴回数/日は3回48%, 4回22%, 2回20%, その他9%, 飲泉する83%, 岩盤利用66%であった。
- 5) 岩盤は本泉特有の利用法で、地獄の岩盤の表面の温度を熱電対で測定すると平均温度67.4℃(57.2~76℃)で浴回数は1日1~2回, 1回平均40分でその効果は鎮痛, 保温, 食欲増進が主なものであった。健常男子11名の岩盤浴時の直腸温は岩盤浴開始30~40分で38.4~38.9℃であった。

36. 地域における温泉病院の現状と役割

大湯リハビリ温泉病院 小笠原真澄

Present Status and Role of Hot Spring Hospital in Community

Oyu Rehabili Hot Spring Hospital Masumi OGASAWARA

高齢化社会の到来とともに、地域における温泉病院の現状は大きく変わってきているが、その現状を分析し役割について報告した。

1) 当院の温泉療法の現状

当院での温泉療法は、①訓練室でのリハビリ訓練②通院でのデイケア③温泉・物理療法④屋外訓練場の利用による森林浴などの総合的なリハの一環として位置付けられている。

泉質はpH 8.5の弱食塩泉で、入浴形態は低温高温の運動歩行浴、座位入浴としてのリフト浴、臥位入浴としての舟型浴、ハーバード浴などがあり、気泡浴、渦流浴なども併用されている。

2) 温泉治療室利用者の概要

利用者は、1日平均132名で、入院外来はほぼ同数であり、年齢は25歳から96歳まで平均70.7

歳であった。利用法は医師の指示によるが、歩行浴槽を利用した運動浴は外来では約70%がこの利用法であるのに対し、入院では25%にすぎず年々減少傾向にあった。利用回数では週2～3回が最も多かった。

対象疾患では、脳血管障害が半数以上を占めているが、入院では機能獲得上の阻害因子となるような内科的合併症や、痴呆・半側空間無視などの高次機能障害の合併がそれぞれ約40%、約60%に認められ、いずれも5年前の2倍に増加していた。

3) まとめ

経年的に①高齢化②合併症の重症化③高次脳機能障害の増加などにより、積極的な温泉療法利用例が減少してきている。しかしデイケア対象者のなかに、歩行訓練、リラクゼーション、疼痛緩和など多様に利用されている例があり、ローケア群に対する対応も含めて温泉病院の今後の課題となっている。