

日本温泉科学会第52回大会

一般講演要旨

1. アンケート調査によって検出された地震活動に伴う伊東温泉の変化

地質調査所 佐藤 努・佃 栄吉・野田 徹郎

Anomalous Changes in Ito Hot Springs in Relation to Earthquake Activities Indicated by Questionnaire Surveys

Geological Survey of Japan Tsutomu SATO, Eikichi TSUKUDA, Tetsuro NODA

年に1回ほどの割合で群発地震活動が続いている伊豆半島東方沖にほど近い伊東市周辺の温泉使用者に、温泉アンケート調査を実施した。1993年から1998年までに行った温泉アンケート調査によって、地震活動に伴って温泉に生じる変化の特徴が浮き彫りになってきた。アンケート調査で得られた温泉変化の中で、色の変化に関してはその原因がほぼ明らかになっている。しかし、湧出量や水位、温度といったその他の変化に関しては、有感地震に伴って生じた可能性と、地震活動前の地殻変動に伴って生じた可能性がある。アンケート調査では色の変化は必ず捕らえられているので、その原因であるスケールのはく離や土粒子の流出が起きている有感地震の時期を特定することができる。逆に、色の変化がほとんど見られないときの、湧出量、水位、温度の変化は、地殻変動によるものと考えてよい。伊東温泉におけるアンケートの大きい目的は、海底噴火に至るような大規模な地殻変動に伴う温泉変化をとらえることであるが、本調査がこの目的を果たせる可能性は十分ある。

2. 火山噴火に伴った温泉の温度変化

関東学院大学工学総合研究所 田中 康裕

(元：気象庁地震火山部)

The Changes in the Temperatures of the Hot Springs, in Connection with the Volcanic Eruptions

Kanto Gakuin University · Japan Meteorological Agency Yasuhiro TANAKA

活火山に隣接した温泉で長期に亘り実施された気象庁の温度観測資料の内の16か所、及び、古記録による史料6か所から温泉の異常と火山噴火との関係を調べた。噴火に関連して温泉の温度は次の4種類の中のいずれかの形態で変化していることがわかった。

A型：噴火の前兆として温度が上昇する。時には新しく温泉を生成する。

B型：噴火と同時に温度が上昇する。

C型：噴火後に温度が上昇する。時には新しく温泉を生成する。

D型：噴火と無関係な温度変化をしている。

上記A～C型は活動火口から4 km以内の火口に近い温泉で起こることが多い。火口から数km以上離れた温泉では大抵D型である。前者は地下構造が該火山の熱源と繋がっている温泉であろう。

噴火の前兆として温度が上昇するのは噴火発生のせいぜい10日程前からと考えられる。B型の場合も連続記録があれば、そうであることが確認出来る。したがって、温泉の温度の監視は火山噴火の直前予知に役立つ。

3. 紀伊半島の温泉とその熱源について

京都自然史研究所 西村 進

Hot-springs in Kii Peninsula and their Heat Sources

Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA

紀伊半島には、所々に昔から高温～低温の温泉が自噴や浅い掘削によって得られている。これらの成分は重曹・塩類泉が多く、硫化水素を含むことも多い。海岸近くでみられる温泉の一群は田辺湾沿いに白浜温泉が最も高温で、南の方には椿温泉まで続く。次に古座川のリングダイク沿いと、リングダイクの西端と東端では南北の小断列帯に温泉の湧出がみられる。とくに、東端の湯川温泉・勝浦温泉は有名である。

内陸部の日高川の源流に龍神温泉があり、 He^3/He^4 比が高い(Wakita, et. al., 1987)。東の峠を越えて十津川の支流上湯川に十津川温泉上の湯、下の湯が東西にみられ、十津川の二津野ダムの人工湖の最北端の近くに湯泉地温泉の湧出がみられる。十津川は果無山脈を横切り南流し熊野川となり、本宮町に入る。中辺路の本宮に出る少し手前に湯の峰温泉が沸騰泉として湧出している。ここでも He^3/He^4 比が高い(新エネルギー産業技術総合開発機構, 1993)。湯の峰温泉から東南に小さな尾根を越え、渡瀬温泉さらに川湯温泉がみられる。筆者の卒業当時(1956)三月月におよぶはじめての温泉調査の地域である。また平成3, 4年度の近畿地方で唯一の地熱開発促進調査の実施場所になり、筆者は幸運にも調査及び調査結果の検討に参加した(新エネルギー産業技術総合開発機構, 1993; 1994)。

これらの温泉の存在は非常に古くから知られているが、海洋プレートの付加体の四万十累帯の中で、熊野酸性岩類などの火成作用などとの関連の議論がされているが、これらの温泉の成因がなかなかわからなかった。

最近、近畿地方の地質構造の解析と将来予測の研究を進め(西村, 1998)、また、島弧の火成活動の研究を進めてきた(Nishimura and Suparka, 1986; Nishimura, 1998)。その結果、紀伊半島における温泉は前弧火成活動・沈み込みのフィリピン海プレートの脱水との関連があるとの提案を試みた。

4. 鶴見火山における自然電位観測

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

網田 和 宏・長谷 英 彰・坂 中 伸 也
大 沢 信 二・由 佐 悠 紀

Self-potential Observation in Tsurumi Volcano

Laboratory for Volcanology and Geothermal Sciences,
Graduate School of Science, Kyoto University

Kazuhiro AMITA, Hideaki HASE, Shinya SAKANAKA
Sinji OHSAWA, Yuki YUSA

鶴見火山は、別府温泉の西方に位置する火山群で、東西6km、南北6kmの範囲に、最高峰の鶴見岳(標高1374.5m)をはじめ、内山、大平山、伽藍岳・鬼箕山火山などが展開している。近年の研究から、この鶴見火山は別府温泉への地熱流体の供給域にあたると思われる。別府温泉の形成機構を考える上で非常に重要な火山である。しかし、地熱流体が山岳部の「どこから」、「どのようにして」上昇してくるのかについては、いまだに詳しい研究が行われていない。

そこで本研究では、鶴見火山において自然電位(SP)観測を行い、その結果から地熱流体の上昇域を推定しようと試みた。

SPを変化させる要因はいくつか考えられるが、活動的火山などで検出されるSPの異常は、流動電位(多孔質媒質中の流体の流れに伴うイオンの選択的輸送によって発生する電位差)によって生じると考えられている。特に、噴気地や高温異常地域では正のSP異常が見られることが多く、それらはしばしば熱水の上昇を示すものとして解釈されている。

観測は継続中であるが、現在までに得られた結果から、鶴見火山には地形効果以外の要因によって生じたSP異常が存在する可能性が示唆されている。今後は、地形効果の影響を取り除き正確なSP分布を解明するとともに、より広範囲にわたる鶴見火山のSP分布を求めていく予定である。

5. 噴気ガスの化学組成から得られる箱根火山の地熱情報

京都大学地球熱学研究施設 大 沢 信 二・由 佐 悠 紀
神奈川県温泉地学研究所 大 山 正 雄

Information of Geothermal Systems beneath Hakone Volcano Obtained by Chemical Compositions of Discharged Gases

BGRL, Kyoto University Shinji OHSAWA, Yuki YUSA
HSRI of Kanagawa Prefecture Masao OYAMA

箱根火山の主要な噴気地帯である大涌谷、早雲山および硫黄山の噴気孔・蒸気井などから放出されるガスの化学分析データから、以下のことが示された。

(1) 大涌谷の蒸気井から、HCl, SO₂を含む過熱蒸気が噴出している。それら以外は、全て噴出地点の標高に相当する水の沸点に近い噴出温度を示すCO₂, H₂S主体のガスである。

(2) 箱根火山の中心部には、およそ250℃の熱水が存在し、これより分離した蒸気がより浅部に気液二相状態の二次的な熱水系(150~200℃)を形成していることが示された。これらの蒸気が早雲

山と硫黄山の噴気地帯を形成している。この結果は、これまでに得られているモデルと極めて調和的である。

(3) これまでの研究では認識されなかった、水の臨界温度以上の温度を示すマグマ性流体が、大涌谷の噴気地帯に向けて上昇してきている可能性が示された。また、大涌谷の地下浅部には、そのような流体と浅層地下水の相互作用によって未成熟な熱水系が形成されており、強酸性Cl-SO₄型の熱水が生成するプロセスの存在が推定された。大涌谷の噴気地帯に噴出するCO₂、H₂S主体のガスは、このタイプの熱水から分離してきたものである可能性が高く、同様な化学組成を示す早雲山と硫黄山のガスとは、本質的に生成機構が異なることが示唆された。

6. 高温湖沼堆積物を用いた熱水系の変遷の復元

京都大学地球熱学研究施設 大上 和敏・大沢 信二・由佐 悠紀
岡山理科大学理学部 北岡 豪一

Evolution of the Hydrothermal System beneath the Chinoike-Jigoku Hot Pool, Beppu Geothermal Field

BGRL, Kyoto University Kazutoshi OUE, Shinji OHSAWA, Yuki YUSA
Okayama University of Science Koichi KITAOKA

大分県の別府温泉には、赤色の温泉沈殿物が堆積している「血の池地獄」と呼ばれる高温湖沼がある。湖沼の最深部からは、硫酸酸性・食塩型の熱水が湧出しており、温泉沈殿物は、ヘマタイト、ジャロサイト、クリストバライト、カオリナイトから構成されている。

現在までの研究により、血の池地獄の湖沼水(温泉水)は、高温(250~300℃)で食塩型の熱水と、比較的低温(~100℃)で硫酸酸性型の熱水の混合により形成されており、温泉沈殿物の鉱物組成は地下の熱水温度に依存し、ひいてはこの2種類の熱水の混合割合の変化を反映していることが明らかになった(大上ほか, 1998)。そこで、本研究では、湖沼に堆積している沈殿物のコアを採取し、過去に堆積した沈殿物の鉱物組成に基づいて、血の池地獄の熱水系の変遷過程の解読を行った。

湖沼底に堆積している沈殿物から長さ40cmのコア試料を採取し、堆積速度の推定に利用されている²¹⁰Pbを利用し、柱状試料中の沈殿物の堆積年代の推定を行った。これにより、柱状試料の最深部の試料は、1860年代に対応することが示された。

低温環境の指標となるジャロサイトが、1900年代の中頃から沈殿物中に含まれるようになったことは、過去が現在よりも高温であったことを示す。

7. 炭素・ヘリウム同位体組成からみた長湯温泉の遊離ガスの起源

東邦大学理学部 岩倉一敏・高松信樹・今橋正征
京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

大沢信二・大上和敏・網田和宏
由佐悠紀

東京大学大学院理学研究科 野津憲治

Origin of Free Gas in Nagayu Hot Spring Inferred from Carbon and Helium Isotopic Compositions

Faculty of Science, Toho University

Kazutoshi IWAKURA, Nobuki TAKAMATSU, Masayuki IMHASHI
Beppu Geothermal Research Laboratory, Graduate School of Science, Kyoto University

Shinji OHSAWA, Kazutoshi OUE, Kazuhiro AMITA, Yuki YUSA
Laboratory for Earthquake Chemistry, Graduate School of Science,
The University of Tokyo Kenji NOTSU

大分県の長湯温泉は、温度を伴った日本でも有数の炭酸泉として知られ、温泉水からは常に遊離ガスが噴出している。本研究では、この遊離ガスを採取して化学組成ならびにヘリウム同位体比、CO₂の炭素同位体比を測定し、長湯温泉の遊離ガス成分の起源を推定したので報告する。

遊離ガスはその大半がCO₂であり、He/Ar比の最高値は0.083(空気: 0.00056)を示すことから深部由来のHeが含まれていることを示唆した。遊離ガス中のCO₂および温泉水中の炭酸成分の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$ 値)と、気液比(遊離ガス/温泉水比)ならびに遊離ガスと温泉水の炭酸濃度から算出した、ガスが遊離する前のCO₂の炭素同位体組成は、-7.47‰~-8.61‰であり、遊離したCO₂ガスは、0.1‰~0.9‰軽くなることが示された。また、ヘリウム同位体比(³He/⁴He比)は、6.27~6.82R/R_{atm}であり、CO₂-³He-⁴He相対組成(Ono et al., 1993)の検討から、長湯温泉から放出されるHeおよびCO₂はマグマ性であることを示した。このうちCO₂に占めるマントル起源ガス、沈み込む海成炭酸塩、地殻堆積物中の有機炭素の寄与率は、それぞれ8%、67%、25%程度であった。

8. 群馬県のいくつかの温泉でみられる特徴的なトリチウム濃度

岡山理科大学理学部 北岡豪一
群馬県環境生活部 酒井幸子
群馬県温泉協会 木暮金太夫

On Characteristic Tritium Concentration Found in Some Hot Spring Waters in Gunma Prefecture

Okayama University of Science Koichi KITAOKA
Gunma Prefectural Office Yukiko SAKAI
Gunma Hot Spa Association Kindayu KOGURE

群馬県北部の山間部には、トリチウムをほとんど含まない温泉水の自然湧出がいくつか見られる(四万温泉など)。トリチウム濃度の低い温泉湧出は、天水が深部を時間をかけて経由し、浅層地下

水の混入を受けることなく湧出していることを示す。このような原温泉水ともいえる熱水が自然に湧出することには、泉源保護の配慮が長く払われてきたことがうかがわれる。一方、トリチウムを含む温泉では(多くは動力泉)、温泉地ごとにトリチウム濃度と温度、あるいは塩化物イオンとの間に明瞭な直線的な関係の見られる場合が多い。温度と塩化物イオン濃度との直線的な関係は多くの温泉地で見られるが、それらがトリチウム濃度とも直線的な関係をもつので、深部由来の熱水と浅層の循環水の混合が湧出点近傍で速く起こっているものと考えられる。ところで、トリチウムからみて最も特異な姿として、県中部の伊香保温泉で、トリチウム濃度が浅層の循環水よりもかなり高い温泉水が湧出していることである。それは、循環水の取り得る上限をかなり超えるものであり、浅層系から遮断された被圧的な流動系が温泉湧出に関係していることを示唆する。伊香保温泉では、深部由来のトリチウムを含まない熱水のほかに、浅層系と遮断されてから湧出地に達するまでに数10年ほど経過したトリチウム濃度の高い水が存在し、浅層の循環水の混入をほとんど受けることなく、それらが混合して湧出しているものと考えられる。

10. ラドン濃度よりみた山地小流域の地下水の流出特性

大妻女子大学社会情報 堀内 公子・岸 亜橘
大阪教育大学 中村 知史・小林 正雄

Special Flow Properties of Groundwater in a Small Mountainside Area by Using Radon Concentration

School of Social Information Studies, Otsuma Women's University

Kimiko HORIUCHI, Akitsu KISHI

Dept. of Natural Science, Osaka Kyoiku University

Tomofumi NAKAMURA, Masao KOBAYASHI

山地流域の河川水・地下水の流出特性の調査は、温泉地の地すべりや、山崩れなどの防災や環境保全の立場からも重要である。しかし、山地流域の流出水に関しては、ゴルフ場や大規模土地造成地などの人工改変部を含む流域、あるいは断層が分布するような流域での調査例は少ない。そこで地形・地質及び土地利用形態など、場の条件が異なる3つの小流域の地下水の流出特性の検討を行なうことにした。

調査流域は大阪府柏原市内の①自然流域、②山地の一方の斜面を削った土、岩石で谷筋を埋めた人工改変流域、③流域内に断層が分布する地すべり地を含む流域の3ヶ所である。1998年6月よりラドン濃度(ラドンは10月)、降水量、流量、水温、pH、陰イオン等の調査を開始し現在も継続中である。ラドンは月2回、その外は毎週1回ほぼ定期的に行なったが多降雨時には随時実施している。

季節変動を長期間観測して基礎データを集め、これらの流域における地下水の動態を把握することを目的としている。

11. 岩石と酸溶液との反応による溶出液と岩石の性質の変化 (続)

東邦大学理学部 吉池雄蔵・岡村忍

Variation in Properties of Residual Rocks Produced by the Reaction of Rocks with Flowing Various Acid Solution

Faculty of science, Toho University Yuzo YOSHIKKE, Shinobu OKAMURA

温泉中に含まれる化学成分の出所由来を考慮して、各種の岩石と温泉水、または種々異なった酸溶液(pHの異なる塩酸あるいは塩酸・硫酸混合溶液)と反応させた。その岩石から溶出される成分を、反応時間の経過と共に各成分の濃度を測定し、その濃度と量から各反応時間ごとの岩石成分変化を求め、各種岩石がどのように成分変化をし、性質が変る様子を追跡した。また反応前の岩石と反応後の岩石試料のX線分析を行い鉱物組成の変化を見た。

岩石試料は安山岩(A₂):浅間山1783年噴火溶岩(鬼押出し)に産出したものを用いた。反応は流動法で反応温度80℃で120時間(5日間)、反応溶液はpH1, 2, 3の各塩酸・硫酸混合溶液を6ml/minの流速で反応させた。

これまでも秋田県玉川温泉産安山岩(A₁)を用いた模型実験をしばしば報告した。玉川温泉産と比較して浅間山溶岩は反応溶出液中の溶出金属成分の濃度変化は一様ではなく、各成分によって特有の溶出傾向を示す。

12. 草津湯畑で行われた岩石変質実験の結果とその解釈

上智大学理工学部 木川田喜一・井上敦子・小坂知子
大井隆夫

玉川大学学術研究所 小坂丈予

Rock Alteration by Kusatsu-Yubatake Hot Spring Water

Faculty of Sci. and Technol. Sophia Univ.

Yoshikazu KIKAWADA, Atsuko INOUE, Tomoko OSSAKA, Takao OI
Research Inst. Tamagawa Univ. Joyo OSSAKA

酸性温泉水による岩石の変質機構の詳細を明らかにすることを目的とし、群馬県草津温泉の強酸性源泉である草津湯畑において岩石の人工変質実験を試みた。実験は草津湯畑の湧出口に未変質の安山岩および玄武岩の小ブロック(一辺が約3cm)を1984年から1994年の10年間浸すことにより実施された。実験後回収された岩石ブロックは外縁部と中心部、その中間の三部分に分けて分析に供した。

安山岩試料の化学分析の結果は、Mg, Feに比較してNa, Ca, Alの溶脱が大きいことから、輝石に比較して長石の分解が優勢であることを示しており、XRDの結果と調和的であった。また、EPMAによる外縁部—中心部にかけての線分析の結果は、強変質部と弱変質部との間に明瞭な境界があることを示しており、外縁部から内部に向かっての変質の進行が連続的でないことを示している。

13. 鹿児島県霧島地域の温泉の地球化学的研究 (II)

鹿児島大学大学院理工学研究科 藤田 俊一・坂元 隼雄・富安 卓滋

Geochemical Studies of Hot Springs in Kirishima Area, Kagoshima Prefecture

Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

Syunichi FUJITA, Hayao SAKAMOTO, Takashi TOMIYASU

温泉水中のLi/Na重量比(以後は原子比は重量比)およびLi/Kは天然水と比較して著しい相違があることが知られている。White(1957)は、火山性温泉における食塩泉のLi/Naは0.01程度であり、天然水および火成岩(Li/Na: 0.0008)よりも大きい。このような温泉水中のリチウムは岩石あるいは循環水から由来すると説明することは困難であるとしている。

これまでに、霧島地域およびその南西部の温泉水中のリチウムイオン濃度については報告がないので、リチウムイオンの定量を試みた。

霧島地域とその南西部の温泉のリチウムイオン濃度は、含硫化水素単純泉の新湯温泉(河川水と考えてよい試料)は定量限界以下だったが、それ以外の温泉では0.003~10.7mg/lと比較的広い濃度範囲で存在する。

Li/NaおよびK/Naの関係は泉質別(含硫化水素泉、硫酸酸性泉、食塩泉、土類炭酸泉、アルカリ炭酸泉)に分類することが可能である。

薩摩荘および鹿大りハビリセンターの温泉(pH7.81~8.64: 泉温80.6~96.7℃の食塩泉)のリチウムイオン濃度は非常に高く、ナトリウムイオンとリチウムイオンの間には高い正の相関($R^2=0.994$)が認められる。また、これらの温泉のLi/Naは約0.012であり、White(1957)による火山性温泉(食塩泉)のLi/Na重量比の値0.01に非常に近いことがわかった。

14. 山形県広河原間欠泉の不規則周期について

関東学院大学工学部 石井 栄一・前田 直樹・遠藤 敏之
吉田 裕之・片瀬 正浩・竹村 進
鏡 裕行
自然工学研究所 伊藤 芳朗

Sporadical Period of Hirogawara Geyser in Yamagata Prefecture

Faculty of Engineering Kanto Gakuin University

Eiichi ISHII, Naoki MAEDA, Toshiyuki ENDO, Hiroyuki YOSHIDA

Masahiro KATASE, Susumu TAKEMURA, Hiroyuki KAGAMI

I.N.S. & T Yoshiro ITO

山形県飯豊町の山麓に炭酸ガスによる間欠泡沸泉がある。泉温約35℃、湧出量約3160ℓ/回、食塩を含む炭酸泉である。

ボーリングを行った昭和47年の報告書によると、深度は42mとあったが著者らが測定を行った所88mもあり、空洞が存在していた。この空洞が原因で間欠泉となったと考えられる。不規則周期の原因は、ごく僅かだが温泉水が湧出している所が数箇所あり、その事が不規則周期の原因であると

考えられる。昨年と1999年5月にほぼ丸一日の連続温度観測から、昨年よりも周期が短くなっている。この原因は露天風呂を整備し地表面を固めた為に、付近からガスが抜けていたのを噴出孔に集中させてしまった為にガスの過剰供給と考えられる。

15. 島根県木部谷間欠泉における振動について

関東学院大学工学部 前田直樹・石井栄一・鈴木紀生
 秋山卓・佐藤統
 武藤理科器械 武藤豊
 自然工学研究所 伊藤芳朗

Ground Vibration Observed at Kibedani Geyser, Shimane Prefecture, Japan

Kanto Gakuin Univ. Naoki MAEDA, Eiichi ISHII, Norio SUZUKI,
 Suguru AKIYAMA, Osamu SATO
 Muto Sci. Inst. Yutaka MUTO
 I.N.S. & T. Yoshiro ITO

島根県柿木村木部谷温泉にある間欠泉周囲で振動の観測を行った。その結果、振動は噴出するときのみに発生しているわけではなく、噴出前、噴出後にも観測された。今回は振動源位置の推定を行ったのでその結果を報告する。振動源位置を求めるために、初動時刻を用いた地震の震源決定と同様な手法を用いた。また、多くの振動源位置を推定するために、初動による振動源位置を正しいものとし、振幅の距離減衰を求め、これを利用した振動源位置の推定を行った。その結果から、噴出開始前に振動源が浅くなること、噴出中の振動源の深さが深いこと、噴出終了後にみられる振動は、噴出中の振動よりも浅く噴出前の振動よりも浅いことがわかった。今回の結果は、速度の見積もりが大雑把なため、絶対的な深さは信用できないが、相対的な位置関係は正しいと考えている。

16. 電気伝導度検層から推定される坑井内での温泉水挙動

北海道立地下資源調査所 鈴木隆広

Athermal Water Actions in Well Inferred from Electric Conductivity Logging

Geological Survey of Hokkaido Takahiro SUZUKI

一般に温泉井の仕上げを行う場合、温泉水が賦存していると予想される深度にストレーナーパイプ(孔明管)を配置する。地熱地域などで掘削する深度の浅い温泉井を別にする、と、深度1000m級のボーリング井では、ストレーナーパイプの長さが、数100mになることも珍しくない。そのような場合、温泉水の湧出箇所(深度)が1箇所ではなくて複数箇所であることがあり、その泉質も異なることが多い。複数箇所からの温泉の湧出は各層の圧力バランスによって決まるため、揚湯量の変化などによって湧出量の配分も変化してくる。

昨年、北海道東部の弟子屈町川湯地域で深度1080mのボーリング調査を実施し、温泉水の開発

に成功した。この温泉井は掘削状況や比抵抗検層などから、深度700m付近と深度900m付近の2層に温泉水が賦存していると考えられるが、揚湯試験中および揚湯試験後に行った電気伝導度検層の結果から、各電気伝導度値の変化は形状こそ類似するものの、時間の経過とともに全て異なっており、揚湯時と自噴時では各層からの温泉水の動きが変化していると推定することができる。

17. 二酸化炭素泉のORPとpHの関係

法政大学工学部 大河内 正 一・菅野 こゆき・鈴木 雅 樹
石原 義 正
中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄

Relationship between ORP (Redox Potentials) and pH in Hot and Cold Spring Waters of Carbon Dioxide Type

Faculty of Engineering, Hosei University

Shoichi OKOUCHI, Koyuki SUGANO, Masaki SUZUKI, Yoshimasa ISHIHARA

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

演者ら¹⁾は温泉のより本質的特徴として、ORP(酸化還元電位)とpHの関係より、温泉は大気と平衡にある水のORP(平衡ORP)より低い還元系で、時間の経過にともない酸化されて平衡ORPに近づくことを明らかにし、エージング指標AI(Aging Index)を提案した。さらに、AIと皮膚のagingの関係より、温泉の新たな効能として皮膚の酸化を防ぎ、老化の防止に役立つ可能性を示唆する報告²⁾をした。それ故、温泉の評価法としてORP-pH関係は有効と思われる。そこで今回、温泉の泉質で特に二酸化炭素泉は血圧を下げ、疲労回復の促進等の生理学的効能が明らかにされており、泉浴の健康面で期待できることから、二酸化炭素泉(含CO₂ 250ppm以上の約15源泉)について、ORP-pH関係をより詳細に検討することとした。その結果、二酸化炭素泉はいずれも還元系にあり、時間の経過にともない平衡ORPに近づく従来の結果と、同様の結果が得られた。一方pHでは、今回調査した二酸化炭素泉の多くは中性付近から弱酸性に分布し、弱酸性で還元系の皮膚との類似性を有することが分った。また、人工炭酸泉との比較では、人工炭酸泉はいずれも平衡ORP以上となり、天然の二酸化炭素泉の還元系と異なる結果を示した。

文献：1) 大河内ら、温泉科学, 48, 29 (1998)

2) 大河内ら、第51回温泉科学会講演要旨, p.34 (1998).

18. 温泉の新規掘削時とその後の変化について

群馬県衛生環境研究所 丸山章代・真砂秀夫・大塚広末
群馬県業務課温泉係 高橋政夫・内藤敏幸・恩田明子

The Comparison of Water Qualities between New Excavation of Hot Springs and Thereafter

Gunma Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

Akiyo MARUYAMA, Hideo MASAGO, Hiromi OOTUKA

Gunma Prefectural Government

Masao TAKAHASHI, Toshiyuki NAITOU, Akiko ONDA

平成5～9年度、新規の掘削により当所で中分析を行った源泉34件について、泉温・湧出量・化学成分が、その後どの程度変化しているかを平成10年度に調査した。その結果、次のことがわかった。

1. 泉温は、低下した源泉が多くみられ、2.0℃以上、上昇した源泉は5件である反面、2.0℃以上低下した源泉は13件であった。
2. 湧出量は、減少した源泉が多く、20%以上減少した源泉が、13/27源泉であった。一方、20%以上増加した源泉は、4件あった。
3. 溶存物質量は、20%以上減少した源泉は、9/34源泉であり、そのうち半分以下となった源泉が2件あった。一方、20%以上増加した源泉は、4源泉であり、そのうち2倍以上となった源泉が1件あった。また、泉質が変化したと考えられる源泉が12源泉あった。

今回の調査は、新規中分析後、最短で6ヶ月、最長で5年6ヶ月経過しているが、既に、泉温・湧出量・化学成分の変化がある源泉が多かった。

19. 評点法による温泉評価の提案

日本地科研究所 佐藤幸二

A Proposal of Score Method for the Evaluation of Thermal Spring

Nihon Chika Kenkyusho Koji SATO

活用に供される温泉は、これまで主として泉温と湧出量によって評価されてきた。しかし、最近では温泉の揚湯水位がだんだん深くなる傾向にあり、揚湯にはますますコストがかかるようになってきて、揚程による評価も看過せないようになってきた。

そこで、泉温、湧出量、揚程の3項目を、それぞれ5クラスに分けて1～5の評点を与え、それらの評点の合計によって温泉を評価する評点法を考えた。泉温は、浴用に好適な温度範囲(45～60℃)のクラスに評点5を与え、それよりも低温のものも高温のものも順に小さい評点とした。湧出量は、わが国の1源泉当りの平均湧出量程度の範囲(100～200ℓ/min)に評点5を与え、それよりも少ないものも多いものも順に小さい評点とした。揚程は、自噴(0m)を評点5とし、揚程が大きいものは順に評点を小さくした。それらの評点を合計した合計評点は、したがって最高は15に最低は3になる。

浴用のために好適な温泉は合計評点が13以上の温泉であり、合計評点9以下の温泉は何らかの項目に難点があるといえよう。段階揚湯試験によって、限界採取量が推定され、さらに妥当な採取量

が選ばれるのが普通であるが、その場合も合計評点を参考とすることが考えられる。

浴用以外の用途の場合や、浴用であっても地域給湯のような場合は、pHや泉質といった他の項目が必要となるであろうし、項目のクラス分けも異なったものとなるであろう。

20. ポリアクリル酸注入による炭酸カルシウムスケール付着抑制技術

地熱エンジニアリング株式会社 佐藤 敬二・柳谷 茂夫
日本重化学工業株式会社 釈 永信彦
日重建設株式会社 野村 弘

Technique for the Prevention of CaCO₃ Scale Deposition Using Poly-acrylic Acid

JMC Geothermal Engineering CO., LTD. Keiji SATO, Shigeo YANAGIYA
Japan Metals and Chemicals CO., LTD. Nobuhiko SHAKUNAGA
JMC Engineering CO., LTD. Hiroshi NOMURA

北海道の森地熱地域では発電所運転開始当初に、生産井坑内に炭酸カルシウム(以下、CaCO₃と記す)スケールが付着し坑内を閉塞する障害が発生した。CaCO₃スケールの生成は、CO₂を多量に含んだ熱水が坑井内で沸騰する際の、脱CO₂ガスと溶存成分の濃縮に起因している。スケール対策として、当初は付着したスケールを定期的に浚い工事で除去しながら、抜本的な対策としてCaCO₃スケールの付着抑制効果が高い薬液を坑井内に注入する方法の検討を行った。薬液としては、スケール析出抑制及び付着防止効果、薬品自体の耐熱性、腐食性、コスト等の観点から、最終的にポリアクリル酸を選択した。また、薬液の選定とともにスケール生成予測や耐久性に優れた薬液注入設備及び注入後のスケール抑制効果の把握方法について検討し、ポリアクリル酸注入によるスケール付着抑制トータルシステムを確立した。森地熱地域では、現在本システムによりCaCO₃スケール付着が抑制され、安定した蒸気生産が行われている。

温泉井においてもCaCO₃を主成分とするスケールの付着による生産障害が知られている。当社グループでは地熱井での実績を踏まえて、温泉用薬注システムを開発し高温の温泉井(沸騰泉)でCaCO₃スケール抑制を行っている。その結果、当該温泉井においても、ポリアクリル酸注入によるCaCO₃スケール付着抑制効果が高いことを確認した。

21. 地熱水中のヒ素の除去

岩手大学工学部 梅津 芳生・高橋 諭・小笠原 渉
成田 榮一

Removal of Arsenic in Geothermal Water

Iwate University Yoshio UMETSU, Satoshi TAKAHASHI
Wataru OGASAWARA, Eiichi NARITA

地熱水中には環境排水基準値0.1mg/lを上回るヒ素が含まれていることが多く、直接利用において問題となっている。ヒ素除去の一方法として、オゾンによってヒ素(III)を酸化したのち、鉄(III)

を担持させた木炭を吸着剤として用い、その効果について化学的見地から検討した。

供試した地熱水は岩手県葛根田地区のものでAsとして4mg/l含まれている。地熱水とオゾンと同時にガラス管内を向流方式で通水通気し、溢流水について酸化率および除去率を求めた。吸着剤は岩手県産アカマツ黒炭を粒径5~10mmに粉碎し、これに塩化鉄(Ⅲ)を担持させ調製した。ヒ素の除去効果は試験後の残存濃度を測定することによって評価した。

オゾンによるAs(Ⅲ)酸化予備試験をバッチ式で行った結果、水温25℃、地熱水100mlで①通気時間1minにおける加電力50V~100V(0.86~2.18mg-O₃/min)の効果は50Vで95%、70V以上で100%、②経時的には100V、30secで100%であった。水温の影響は50℃>25℃>70℃で、この順は高温ほど高酸化率を得られるはずであるが、オゾンの溶解度は低下するので、その相殺結果によるものと推察される。カラム式では水温50℃、100V、16.6ml/secで100%であった。オゾン電圧100V、水温50℃、地熱水流量16.6ml/sec、オゾン接触時間30secの条件での処理水100mlに鉄担持木炭0.5gを加え、10minかきまぜたところ、残存ヒ素濃度は0.1mg/lを下回った。

22. 都市の温泉について—東京都の場合—

東邦大学名誉教授 相川嘉正

Hot Springs in Metropolitan Area — The case of Tokyo city —

Professor Emeritus of Toho University Kasho AIKAWA

従来都市の温泉は一般に市街周辺部や、市の近郊に存在していたが、最近では市街中心部に温泉が増えつつある。その理由の一つに温泉探査の進歩と、掘さくの技術の向上が大きく寄与している。実際、掘さく深度1000メートル以上のボーリングしたものが多く、その結果全て温泉法に適合した温泉となっている。さらに大きな理由の一つには温泉ブームによる従来とは異なる温泉利用方法が開発したことである。つまり温泉を中心とした総合レジャー施設「スーパー銭湯」の出現である。まさに都市ならではの温泉である。

次に東京都の場合について注目すると、掘さく許可状況を例にとると平成5年以降都市部23区の掘さくが進み、平成10年には多摩および島部を抜き許可件数が最も多い。また温泉湧出量についても前述のように大型温泉施設ともなれば多量な湧出量が必要となる。現在大都市、東京の温泉が抱える問題点は、かつて地下水の揚水による地盤沈下との関連である。特に23区に於いて急激な温泉開発による掘さくである。本来地下水とは異なるものの、上記の理由により温泉に係わる地盤沈下防止対策として全国に先がけ新たに温泉の許可基準を設定した。地域別に吐出口断面積、一日最大揚湯量の基準にもとづき今回掘さく等の規制が決定した。発表に際しご協力いただいた東京都前衛生局、環境衛生課温泉担当奥村龍一氏に感謝する。

23. 東京都多摩地域の温泉資源について

中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄

Hot Spring Resources in Tama-district in Tokyo

Hot Spring Research Center Yasuo KANROI

現在多摩一奥多摩地域におよそ16ヶ所内外の源泉がある。これらの温泉は、地域的に青梅市(小曾根・岩蔵)地区、八王子一多摩市地区、及び奥多摩地区に分けられる。

青梅市は源泉数3ヶ所、殆ど自然湧出泉、アルカリ性で塩分含量が少なく、Fを含む温泉法の温泉である。隣接する埼玉県側の名栗地区にも同質の温泉がある。

八王子一多摩地区は最近掘削により開発された温泉で、深度は1500m程度、泉温は最高45℃に達し、都内では最高である。源泉数は3ヶ所、泉質は塩化物泉と単純温泉である。

奥多摩地域は最も源泉が多く、10ヶ所、殆ど掘削井で、最近掘削された井戸では深度1500m前後、泉温は比較的低温である。塩分含量は少なく、 H_2S やFを含みアルカリ性が強いのが特徴である。泉質はアルカリ性単純温泉、アルカリ性単純硫酸泉及び温泉法(総S、Fなど)の温泉などである。

本地域の掘削井の資料から、地温勾配はおおよそ、2~2.5℃程度で、1500m深の温度は40℃前後に達するが、深層では23区内のように透水性がよいとは限らず、主として裂か中の水を汲み上げることになり、採取温度は23区内程高くない。

24. 北海道における温泉井の比湧出量について

北海道立地下資源調査所 松 波 武 雄

Specific Capacity of Hot Spring Wells in Hokkaido

Geological Survey of Hokkaido Takeo MATSUNAMI

近年の温泉開発技術(掘削技術・揚湯技術)の進展により、名目的な温泉は至る所で取り出すことが可能となっている。しかし、温泉を資源として見た場合には、開発深度・揚程・温度・湧出量について自ずから常識的な基準があるように思われる。

北海道の温泉井(深度500m以上)の比湧出量について検討した。その際、 $10^{-1} \cdot 10^{-0.5} \cdot 10^0 \cdot 10^{0.5}$ および $10^1 \ell/\text{min}/\text{m}$ を境とし6階級に対数区分し、下位より“温泉井の比湧出量階級00・0・I・II・IIIおよびIV”と呼称した(以下、“階級”と略記)。なお、多量に自噴(100ℓ/min以上)するために揚湯試験が実施されていない温泉井を“階級IV”、連続揚湯不能な温泉井を“階級00”として取り扱った。また、比湧出量分布の地域性を検討するため、先第三系(基盤岩類)の構造区分および新第三系分布の特徴から道内を18地区に区分した。

- 1) 道内の温泉井(495坑)の比湧出量は、“階級00~0”が14%、“階級I~II”が26%、“階級III~IV”が60%である。
- 2) “階級III~IV”が圧倒的な地区は、新第三系~第四系の大規模な構造盆地である。これらの地区には、温泉井の過密化から広域的な圧力低下を招いている地域が存在する。
- 3) “階級00~0”と“階級I~II”が圧倒的な地区は、基盤岩類が広く分布する地区である。これらの地区では高揚程井が見られてきている。

25. 循環社会と温泉の循環利用—温泉の何が問題なのか—

北里環境科学センター 平野 富雄

Problems of Hot Spring Water Reclamation, Recycling and Reuse

Kitasato Research Center of Environmental Sciences Tomio HIRANO

資源・エネルギーの大量生産・大量消費と、それらの大量廃棄がもたらした地球環境問題の解決策として、循環社会の構築の必要性が求められている。我が国の温泉源と温泉利用の現状は、地球環境問題とかなり似た側面を持っている。しかし、温泉の場合はその「循環利用」によって、見かけはさほど深刻な状況にはなっていない。

昭和23年に制定された温泉法の下での温泉と温泉利用の制度では、その循環利用が想定されているわけではない。それは法第2条の「温泉」の定義と、温泉利用に関する第12条および第13条の条文中で明らかである。

法12、13条で規定された温泉は「地中から湧出した温泉」を指していて、温泉の混合・希釈はもちろんのこと、一旦浴槽を満たしたものを濾過して再利用する温泉の循環などは想定されていない。そのために、温泉利用の現状はまさに無法状態で、混合・希釈はもちろんのこと、濾過・加熱・循環利用がさかんに行われている。

高齢化と余暇社会の出現で、温泉による入浴ビジネスへのニーズが高まるに連れて、温泉の循環利用が益々増加するに違いない。早急に、「温泉」と「循環温泉」の区分法や表示方法をはじめ、浴槽水の細菌学的検査法の確立及びその検査などに取り組まなければならない。

26. 「甲斐国志」にみえる温泉とその現状

山梨県衛生公害研究所 深澤 喜延

Hot Springs Recorded on “KAIKOKUSHI” and Present Aspect

Yamanashi Institute for Public Health Yoshinobu FUKASAWA

「甲斐国志」は享和3(1803)年から資料収集をはじめ、文化2(1805)年に松平伊予守定能が編纂に着手し、文化11(1814)年に完成し幕府に献上された首巻を含む全124巻の山梨県の地誌である。

最終の第123巻附録之五に「温泉」の項があり、塩山・河浦・志摩・下部・湯島などの今に続く温泉を含む31の温泉(地)が紹介されている。その他、「山川部」に散見される冷泉を合わせると34ヵ所にのぼる。これらの温泉はその当時(約200年前)純粹に自然湧出していた源泉として、本県温泉の原点を探るうえに貴重なものである。

「国志」にみえる34の温泉(地)のうち、編纂時に加温せずに浴用に供していた温泉は「沸湧」と表現された河浦温泉(現：川浦)、「不冷不甚熱」とされた志磨温泉(現：湯村)と「温なり」の湯島温泉(現：西山)の3温泉(地)にすぎない。「凄寒・清冷」と称された霊泉(いでゆ)も温泉として扱われ、その存在を確認できないものも少なくないが、中には地域の憩いの場として現在も機能しているところもある。

先にあげた温泉(地)のうち、現在も自然湧出し、かつ高温を維持しているのは湯島のみである。河浦は洪水で湯口が塞がれ、現在は近傍に掘削した高温泉を利用している。志磨は昭和初年に付近で多数掘削され自然湧出は途絶え、現在は動力揚湯に依存している。

「国志」収載の温泉を我々の温泉分析事例と比定し、源泉の盛衰を紹介したが、未確認の源泉があることから、さらに調査を継続して報告する。

27. 酸性硫黄泉に依る尋常性乾癬の治療

盛岡市上田病院 野口 順一

Therapy of Psoriasis Vulgaris by Acid Sulphur Spring

Ueda Hospital in Morioka Jun-ichi NOGUCHI

尋常性乾癬は日光照射や食習慣との関連が大きいとされている皮膚疾患であり、戦後、日本でもその患者が多くなってきた。

尋常性乾癬は難治の疾患であり、西欧でも、古来、温泉療養の適用対象であった。Bad Nenndorf, Bad Ishl, Droitwich Spa, Донецкий Источник や Курорт Вангоу また死海など、主としてアルカリ性ないし中性の硫黄泉や高張塩類泉が有効とされてきている。

1965年、旧СССРのСоломатинは、Остров КунаширのКислый Ключで尋常性乾癬の治療を行い、有効であると、Вопросы Курортологии, Ф.и.Л.Ф.К.に報告している。

私も、1970年、玉川温泉などの酸性硫黄泉に依り、尋常性乾癬の治療を行い、有効であることを確認し、発表した。

酸性硫黄泉では、多くの場合、遊離硫化水素が多量に含有されているため、その硫化水素は容易に皮膚を透過して皮内に達し、その部位の血管拡張や抱合解毒の作用に関わり、またその水硫イオンは、アミノ酸や蛋白質と結合して、角質成分の補給を促進するため、アルカリ性や中性の硫黄泉と比較すると、より効果的であると、考えられる。

尋常性乾癬の経過5年以内の症例では、Göckerman sche Methodeを併用して、通常は、約3ヶ月間で軽快させることができる。ステロイド剤、チガサン、サンデユミンやメトトレキセート、ステロイド軟膏やボンアルファ軟膏などは使用しない。

陳旧癬痕性乾癬、紅皮症型乾癬や膿疱性乾癬では、長期間を要する。

関節症性乾癬では、関節痛の軽減や機能回復訓練も、温泉療法では、皮疹の治療と併行して、実施できるので、効率的である。

28. テストステロン-5 α -リダクターゼ活性に及ぼす還流電解温泉水の影響

東邦大学医学部 大野 章・加藤 尚之
 財団法人日本極地研究振興会 荒木 匡
 自然水健康クラブ 山寺 敏雄・小山 秀夫
 株式会社JAC 笠井 一弘

Effect of Reflux Electrolytic Hot Spring Water on Testosterone-5 α -reductase Activity

Toho University, School of Medicine Akira OHNO, Naoyuki KATO
 Japan Polar Research Association Tadashi ARAKI
 The Health Club of Natural Water Toshio YAMADERA, Hideo KOYAMA
 JAC Inc. Kazuhiro KASAI

温泉は古来より健康に対してさまざまな効果を示すことが知られている。また最近では水を電解した強酸性水に、強い消毒殺菌効果があることなどが報告されている。我々は温泉水を独自の方法で電解することで高い酸化還元電位(ORP)と温泉成分を保持した還流電解温泉水を得る方法を考案した。その応用として、今回は男性ホルモンの一種、ジヒドロテストステロンに着目し、その産生を触媒する5 α -リダクターゼ(5 α -H)に対する還流電解温泉水の阻害効果について検討した。尚、還流電解温泉水の生成には蔵王温泉水(pH: 1.14, ORP: 446mV)を用いた。

実験はラット前立腺にトリス塩酸緩衝液を加えホモジネートした試料に、 β -ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド還元型(NADH)および放射ラベルしたテストステロンを加えた。これに、還流電解温泉水または対照溶液を加え、37°Cで30分間反応させた。反応後、薄層クロマトグラフィーを行い、生成した放射ラベルジヒドロテストステロンの量を、パイオイメーキングアナライザーにより定量し、阻害率を算出した。

5 α -H活性阻害効果は、還流電解温泉水で95.2%、温泉源水で80.8%、市販強酸性水で51.2%であった。市販強酸性水(ORP: 1,142mV)でも弱い阻害効果を示したことは、*in vitro*で5 α -H活性阻害にORPが影響していることが示唆された。しかし、ORPが低い温泉源水で80.8%と、市販強酸性水以上の阻害率を示したことは、温泉成分に主要な阻害作用がある可能性を示唆するものであった。そして最も高い阻害率を示した還流電解温泉水(ORP: 1,200mV以上)は、ORPと温泉成分の両者が作用したためと考えられた。

29. Karymsky Lake周辺の地熱地帯に生息する好熱性細菌

東邦大学医学部 杉 森 賢 司・五十嵐 広 明
 ロシア科学アカデミー火山研究所 S.M. FAZULULLIN, S. USHAKOV

Thermophilic Bacteria Living in Geothermal Area of near the Karymsky Lake, Kamchatka

Toho University, School of Medicine Kenji SUGIMORI, Hiroshi IGARASHI
 Institute of Volcanology, Russian Academy of Science S.M. FAZULULLIN, S. USHAKOV

1996年1月2日のカリムスキー火山の噴火にともない発生したカリムスキー湖の湖底噴火後に、数

ヶ所で見られた新たな熱水および従来から存在した熱水を含めた高温環境に生息している好熱性細菌について考察を行った。サンプルはカリムスキー湖の北方に存在する熱水の川から3サンプル、その対岸に従来から存在する熱水湧出口(間欠泉)および噴火後に出現した熱水湧出口から5サンプルの計8サンプルを用いた。サンプルを中性の培地(*Bacillus medium* No. 573の変法培地)および酸性の培地(for *Sulfolobus*; BY-培地)に10%の割合で接種後、55℃と70℃にて培養した。培養した結果、培養温度70℃において、中性領域で増殖可能な微生物は酸性地点であるNo 1-2地点を除いたすべての地点から検出されたが、酸性領域ではその逆で、酸性領域で増殖可能な微生物はNo 1-2地点からのみ検出された。No 1-1地点より分離された好熱菌は孢子を形成する*Bacillus* sp.と短桿菌が混在し、No 3-2地点においても桿菌と短桿菌が混在しているのが見られた。その他の中性領域にて増殖した細菌はその形態から*Thermus* sp.と考えられる。No 1-2地点より分離された細菌は孢子を形成する*Bacillus* sp.である。培養温度55℃において、No 2地点を除いたすべての地点から中性領域で増殖可能な好熱菌が検出された。それらは未同定の短桿菌が主流であるが、中にはフィラメント状にのびた細菌、孢子を形成する桿菌(*Bacillus* sp.)等が観察された。

30. 温泉の細菌汚染等に関する研究

中央温泉研究所 甘露寺 泰雄・高野 聖子・一柳 はな子
日本温泉協会 木暮 金太夫

Bacteriological Study of Hot Spring Waters

Hot Spring Research Center

YASUO KANROJI, SATOKO TAKANO, HANAKO ICHIYANAGI

Japan Spa Association Kindayu KOGURE

環境庁の委託で、東京都周辺の温泉地を対象として、温泉、タンク、浴槽など総数138例、飲泉場28例について、*Legionella*属菌、一般細菌、及び大腸菌群について検査した。

平成7年度について：酸性泉、硫黄泉、鉄泉などを除く106例について実施した。

1) *Legionella*属菌

検出率は源泉・タンク等で32例中2例(6.3%)、浴槽106例中63例(46%)。菌数の最高は、源泉・タンクで10CFU/100ml、浴槽で 2.2×10^4 CFU/100mlであった。

2) 一般細菌

検出率は源泉・タンク等で32例中16例(50%)、浴槽106例中93例(88%)。菌数の最高は、源泉・タンクで 3.1×10^5 CFU/ml、浴槽で 2.1×10^6 CFU/mlであった。

3) 大腸菌群

検出率は源泉・タンク等で32例中1例(3%)、浴槽106例中14例(13%)。菌数は、源泉・タンクは不検出で、浴槽では最高30CFU/mlであった。

平成8年度は酸性泉、硫黄泉、含鉄泉などについて検査したが、酸性泉、硫黄泉では、*Legionella*属菌及び大腸菌群は検出されなかった。

31. 黄色ブドウ球菌の消長に及ぼす温泉水の影響

北海道立衛生研究所 内野 栄治・砂川 紘之・佐藤 洋子
都築 俊文

The Influence of Hot Spring Water on *Staphylococcus aureus* Survival

Hokkaido Institute of Public Health

Eiji UCHINO, Hiroyuki SUNAGAWA, Youko SATOH, Toshifumi TSUZUKI

アトピー性皮膚炎(AD)の治療, 予防における温泉水の効果を調べる目的で, その増悪因子の一つと考えられている黄色ブドウ球菌(黄ブ菌)の消長に及ぼす種々の温泉水の影響について検討した.

試験は予めメンブランフィルターを用いて除菌した温泉水3mlに対して菌液30 μ lを添加し, 37 $^{\circ}$ Cにて一定時間保温した. 次に上記保温液とそれを生理食塩で100倍に希釈した希釈液各30 μ lを普通寒天平板表面に塗末し1夜培養後, コロニー数をカウントした. なお, 用いた温泉水は泉質, pHおよび含有成分の特徴等を考慮して, 道内27地域の温泉から採取した.

その結果, pHが3以下の酸性泉では, 24時間の時点で成分含量の多少に関わらず, 黄ブ菌に対し著しい殺菌, 生育抑制作用が認められた. 同様に, ホウ酸濃度の高いpH6.6~7.6の中性の温泉でも著しい殺菌, 生育抑制作用が認められた. 一方, それらの温泉水の中でも泉質の微妙な違いにより, 1時間の時点で黄ブ菌に対して著しく殺菌, 生育阻害作用を示すものも認められた. また, 中性, アルカリ性のいくつかの温泉水では保存日数や菌株の違いによってもその作用に差が認められた.

32. 温泉に生育する微細藻類に対する金属イオンの影響

東京理科大学理学部 長島 秀行・増田 博長

Effects of Metal Ions on the Growth of Hot Spring Microalgae

Faculty of Science, Science University of Tokyo

Hideyuki NAGASHIMA, Hironaga MASUDA

温泉にはバクテリアやカビなどの微生物のほか, 光合成を行う微細な藻類が生育している. 演者らは, これまで, 紅藻イデユコゴメ *Cyanidium caldarium* と温泉成分との関係を調べてきたが, 今回は, 紅藻ガルディエリア *Galdieria sulphuraria* についても同様の実験を行った. 培養は硫酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ などを含む無機培地を硫酸でpH2.5に調整したものを基本培地として用い, 3,000Luxの光を照射し, 40 $^{\circ}$ Cで振とう培養して細胞の増殖量を求めた. まず, イデユコゴメに塩化アルミニウム AlCl_3 の他, 硫酸銅 CuSO_4 , 塩化カドミウム CdCl_2 を添加して培養したところ, 10mMのAlイオン, 5mMのCuイオンまで耐性があったが, Cdイオンでは0.1mMでも大きく阻害された. つぎに, ガルディエリアに同様に金属塩類を添加して培養したところ, 0.1~10mM Alイオン, 0.1~1mM Cuイオンで促進され, Cdイオンでは10mMまで耐性があった. 以上のことから, ガルディエリアはイデユコゴメよりもAl, Cu, Cdイオンに対して耐性があり, ある濃度範囲ではAl, Cuイオン添加によりむしろ生育が促進されることなどから, 温泉環境によく適応していることが分かった.

33. 玉川温泉の新小湧出口(中噴)の熱水の化学組成とその湧出機構

香川大学教育学部 佐々木 信 行・田 中 一 路

Chemical Compositions and Gushing Mechanism of Thermal Waters Gushed from New Small Vent in Tamagawa Hot Spring

Faculty of Education, Kagawa University Nobuyuki SASAKI, Kazumichi TANAKA

1998年、玉川温泉源泉の大噴湧出口の北隣りおよそ5mの地点に小さな湧出口が生成しているのを見出した。新しい湧出口の大きさは、直径およそ50cm程度で、そこから15mほど下流にある小噴湧出口よりやや大きく、湧出量は小噴と同程度かやや多いようであった。筆者らはこの湧出口を中噴と名付け、熱水を採水し化学分析を行った。

新しくできた湧出口の熱水は、いずれの溶存成分濃度も大噴のものよりやや高く、小噴のものよりやや低い値を示し、両者の中間の組成をもつものであることがわかった。しかし、3つの湧出口の熱水の各溶存成分の濃度比は溶存成分の種類によって微妙に異なり、大きく2つのタイプの濃度比があることがわかった。

このような測定結果をもとに、新しい湧出口の熱水の湧出機構や湧出経路、および大噴、小噴湧出口との関係などについて考察した。

34. 玉川温泉の最近の泉質と北投石の生成能力

香川大学教育学部 佐々木 信 行
立正大学経済学部 綿 拔 邦 彦

Chemical Compositions of Recent Tamagawa Hot Spring Waters and its Ability of Precipitating Hokutolite

Faculty of Education, Kagawa University Nobuyuki SASAKI
Faculty of Economics, Rissho University Kunihiko WATANUKI

秋田県玉川温泉は微量のラジウムを含む熱水型の強酸性泉であり、特別天然記念物の北投石を産することでも有名である。しかし、最近、その玉川温泉の硫酸イオンや塩化物イオン濃度が徐々に低下しており、その動向が懸念されている。

硫酸イオン濃度は1970年代の増加期を経て減少に転じ、1980年代の終わりから1990年代のはじめにかけて、1000ppmを下回る濃度低下を見せており、その後、1990年代半ばに一時減少傾向がおさまったかのように見えたが、一昨年より再び下がりがつつある。また、塩化物イオン濃度は1985年あたりから硫酸イオン濃度の減少に追随するかのよう減少が始まり、最近では2000ppm前後であり、現在でも回復に向かっているとは断定できない状態である。

このような濃度低下は、実は、北投石を産するもう一つの温泉である台湾の北投温泉ですで見られており、濃度が著しく低下した北投温泉では、現在、北投石の生成はほとんど見られなくなっている。このような状況を考えると、同様の濃度低下傾向を示している玉川温泉の北投石の生成条件が悪化することが危惧される。

そこで、現在の玉川温泉大噴泉の主要成分濃度と微量成分濃度から、筆者らの開発した現象論的方程式を用いて、どのような北投石が生成するかを予想した。その結果は、温度60℃で生成した場

合, 化学組成がモル%で, $X_{\text{BaO}}=94.0\%$, $X_{\text{PbO}}=5.5\%$, $X_{\text{SrO}}=0.5\%$, 結晶成長速度は, 前回取り出した結晶の場合の0.35倍で, およそ3分の1であった. 化学組成, 結晶成長速度ともに, ここ十年の玉川温泉の泉質変化により, 大きな変化が生じつつあることがわかる.

このまま濃度低下が続けば, 最悪の場合, 北投石の生成が停止するという事態も考えられる. 玉川温泉が, 台湾の北投温泉のように「北投石を生成しない温泉」にならないためにも何らかの対策が必要である.