

# 日本温泉科学会第51回大会

## 一般講演要旨

### 1. 島根県木部谷間欠泉のメカニズム

関東学院大学工学部 石井 栄一・前田 直樹・鈴木 紀生  
 秋山 卓・藤田 岳之・武藤 豊  
 田中 康裕  
 自然工学研究所 伊藤 芳朗

### Mechanism of Kibedani Geyser in Shimane Prefecture

Faculty of Engineering, Kanto Gakuin University

Eiichi ISHII, Naoki MAEDA, Norio SUZUKI, Suguru AKIYAMA,  
 Takeyuki FUJITA, Yutaka MUTO, Yasuhiro TANAKA

I.N.S & T Yoshiro ITO

島根県西部にある木部谷間欠泉は、炭酸ガスで噴出するもので全国的にも珍しい。著者等は1997年9月と1998年6月に物理的な方法で調査を行った。以下、主な調査項目と結果の概要を示す。

- 1) 間欠泉周期は28分であり、噴出時間5分、休止時間23分と非常に安定した間欠泉である。また、目視により噴出高さは1.5m程である。
- 2) 一回の噴出量は約1800ℓで、ボーリング孔の体積を考慮すると、約3本半分の温泉水が噴出しており、少なくともこれ相当の空洞の存在が考えられる。
- 3) 噴出中の泉温の変化を、噴出口に取り付けた温度計で連続測定を行った。噴出初めは約19℃の地下水が30秒程噴出してから22℃の鉱泉が噴出している事が解った。地下水の帯水層は温泉水より上部に位置している事が解る。噴出は徐々に弱まっていくが、と同時に温度も若干低下していった。これは地下水の割合が多くなる為である。
- 4) 間欠泉付近の地表面で測定線を定め、放射線(γ線)測定と自然電位測定を行った。放射線は間欠泉位置より北東方向が高い値を示した。温泉水及びガスの流動方向が同方向にあると考えられる。また自然電位の異常も北東方向に見られ、これは地下水の流動方向ではないかと考えられる。
- 5) 地震計により、間欠泉の挙動に伴う微動を測定した。噴出直前・噴出中・噴出直後・休止中の4パターンの振動が繰り返し現れている事が解った。

以上の結果から空洞の存在、地下水の混入、温泉水及びガスの流動方向が見出せた。

文献：1) 相川嘉正, 野口喜三雄：温泉科学, 182-190, 第30巻(1980)

## 2. 間欠泡沸泉と津和野間欠泉

自然工学研究所 伊藤 芳 朗  
 関東学院大学工学部 前田 直 樹・石井 栄 一  
 田中 康 裕・鈴木 紀 生  
 武藤理科 武藤 豊  
 KK地熱 浜田 真 之  
 津和野町役場 斎藤 道 夫

### Periodic Bubbling Spring and Tuwano Geyser

I.N.S. & T. Yoshiro ITO

Faculty of Engineering, Kanto Gakuin Univ

Naoki MAEDA, Eiichi ISHII, Norio SUZUKI, Yasuhiro TANAKA

Muto Rika Co. Yutaka MUTO

Chinetu Co. Masayuki HAMADA

Tuwano Town Office Michio SAITO

#### 1. 間欠泉の噴出の動力

- (1) 間欠泡沸泉は熱水型であり、噴出の動力の過熱蒸気溜りの発生場所は、噴出通路に連なる空洞か流動通路中(垂直管中)である。つまり、空洞方式(例：N.ZのRotorua)かパイプ方式(例：米国のOld Faithful, 上諏訪)の2方式である。多くの研究がある。
- (2) 間欠泡沸泉(泉温は沸騰温度以下)はガス型であり、噴出の動力は炭酸ガス、メタンガスなどの圧力による。そのガスの溜り場所は、管中か噴出通路に連なる空洞であったり、または、ガス田から噴出通路への直接の供給によったりする。つまり、それぞれラムネ方式(例：塩原温泉元湯, 1回の噴出量は管容積の30%), 空気ポンプ方式(例：島根県木部谷温泉, 1回の噴出量は管容積の350%, 空洞あり), 紙鉄砲方式(例：岩手県新安比温泉, 7時間噴出, 20時間以上休止, 1回の噴出量は管の容量17トン程度か。島根県津和野温泉, 1回の噴出量は管容量の10%程度)の3方式である。

#### 2. 島根県津和野間欠泉(現在工事中)

掘削深度は1,630m, 炭酸ガス, 長周期=11.3分(噴出4.8分), 短周期=8.9分(噴出3.0分)の噴出が交互に活動, 泉温35℃, 噴出高=50m. 長周期噴出量6.2トン, 短周期噴出量4.7トン, 噴出量は坑井の容積の10%以下. 短周期噴出4.7トンの水塊と長周期噴出6.2トン(=4.7+1.5)の水塊とガス塊とがサンドイッチ状に連結し, 坑底からの高圧のガスにより順次噴出する(地震計により確認).

### 3. 温泉井温度検層結果の検討

日本地下探査 高屋 正・松 枝 富士雄  
日本地科研究所 佐藤 幸二

#### Study of Temperature-log for Thermalwater Wells

Nihon Chika Tansa Tadashi TAKAYA, Fujio MATSUEDA  
Nihon Chika Kenkyusho Koji SATO

近年、新しく温泉源を開発する際、地温の上昇に期待して1000m以上の深層部まで掘削する事例が多くなっている。そしてストレーナーの位置を決めるなど井戸仕上げ工立案に際し、殆どの場合電気検層と共に、温度検層が実施されている。電気検層で求められる比抵抗値については、地層境界を判別し地層の透水性を評価する基礎資料として利用される。温度検層からは、孔内の温度分布の状況が明らかとなり、湧出泉温を想定したり、湧出個所を検討する上で重要な役割をになっている。

本研究は各地の温泉井で実施された温度検層の結果を整理し検討したもので、次のような結果を得た。

- ①全国157孔の温泉井(深度200～1600m)の温度検層データによると、全国の温度勾配の平均値…3.38℃/100mである。
- ②地方別では東日本が高い。特に東北地方では最も高い(5.52℃/100m)。北関東、甲信、北陸では3.8℃/100m前後で、西日本では低い(2.2～2.7℃/100m)。
- ③地質別では第三紀の堆積岩、火山岩類で高い(4.1℃/100m程度)。中生代の堆積岩、変成岩類で低い(2.5℃/100m)。花崗岩を含む深成岩類では平均的な値で2.9℃/100mであった。(中生代のものが多い)

なお、今回の検討に用いたデータは、北海道を除き全国にわたっている。特に関東から中部地方のデータが多い。井戸深度としては一部を除いて500～1500mのものが殆どである。

### 4. 冷鉱泉も立派な温泉！－北海道における温泉施設の冷鉱泉利用－

北海道立地下資源調査所 鈴木 隆 広

#### Cold Spring is Good Spring !

#### －Cold Spring Use for Spa Facilities in Hokkaido－

Geological Survey of Hokkaido Takahiro SUZUKI

北海道は温泉の豊富な地域である。最近では、従来温泉徴候のなかった地域に市町村の経営する公営温泉が増加してきている。この影響を受け、最近では2000mクラスの大深度掘削によって温泉開発を実施する地域も出てきた。これらの地域は、おおむね低地温勾配・低比湧出量が予想される開発可能性の低い地域である。

一方で北海道には25℃未満の冷鉱泉を浴用利用している温泉施設も多数存在している。施設数は民営と公営で47施設あり、なかでも公営の施設は31施設で66.0%を占める。また、全公営温泉施設中の冷鉱泉利用施設は31施設で21.4%を占める。冷鉱泉利用施設は、低地温勾配・低比湧出量の予想される古い時代の地質から構成される地域に集中して分布している。温泉開発をする場合、

基本的には沸かさずに利用できる高温泉が望ましいが、浴用利用に限定した場合、人間に対する肉体的・精神的効果が認められれば、冷鉱泉を沸かして利用しても立派な温泉のはずである。よって高い開発リスクやコストをかけてまで高温泉を目指すよりは、自然湧出や浅部掘削によって得られる冷鉱泉を沸かして利用した方が得策ではないかと考え、冷鉱泉を再評価する意味でイニシャルコストとランニングコストの面から比較した。

8パターンに分類してコスト比較した結果、北海道での平均的な温泉水利用形態(泉温:40~50℃・動水位:100~150m)と比較して、冷鉱泉の利用はコスト面であり変わらなかった。一方、動水位が低い(500m)温泉水の利用は、コスト面で2倍近くかかった。結果として、低地温勾配・低比湧出量の予想される地域での、冷鉱泉の浴用利用はコスト面で評価できるものと考えられる。

## 5. 本邦温泉の地域的特性について

中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄

### Regional Characteristics of Hot Spring Resources in Japan

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

環境庁の統計資料によれば、1997年時の本邦温泉資源は、総源泉数25,000ヶ、総温泉地数25,000ヶ、総湧出量 $2,500\text{m}^3/\text{min}$ に達している。今回は、この資料と金原のデータを用いて、源泉、温泉地、湧出量、及び泉質のおよその目安として、塩化物泉、硫酸塩泉、炭酸水素塩泉、酸性泉、放射能泉などの分布をとりあげ、これら分布と日本列島の構造や地質分布との関連について検討した。

その他、温泉資源の利用面で、温泉リゾートのタイプ(山村, 1989)、集中管理システム下にある温泉、湯治の日数などの地域特性との対比もあわせて言及する。

これらの結果、本邦の温泉は、資源の面でも、また利用状況の面でも、地域特性として、東と西で大きな相違があることが判明した。

このことは、本邦の気候、風土、歴史、文化、民族、植生などの諸要素についても、東西の地域性が顕著であるという従来の見解と合わせて考えると、大変興味もたれる事実である。

## 6. 埼玉県の温泉資源について

中央温泉研究所 甘露寺 泰 雄・高 野 聖 子・一 柳 はな子

### Hot Spring Resources in Saitama Prefecture

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI, Seiko TAKANO, Hanako ICHIYANAGI

県下の温泉は、大きく西部の山岳地域と東部の平野部に地域的に大別される。

前者は、古くから秩父7湯といわれてきた、主として、古い地層の亀裂から自然湧出し湧出量の少ない、硫化水素を含む低温泉と、最近1000mを越える掘削により採取される揚湯量の少ないアルカリ性単純温泉及びそれに類似するタイプの温泉である。

後者は、平野部で1000ないし2000m程度掘削されて揚湯される比較的微温の(最高46℃どま

り)塩類泉で、これは、Na-HCO<sub>3</sub>型とNa-Cl型に大別される。このNa-HCO<sub>3</sub>型は多少着色(腐植質による)し、メタンガスを伴い、SO<sub>4</sub>の含量が少ないのが特徴である。

東部地域の平均地下増温率は2.5ないし3.5℃、北部程高くなる。隣接する群馬県伊勢崎地域で深度500m弱で52℃の温泉が出現した(五色温泉、Na-HCO<sub>3</sub>泉)。

平野部の温泉は、隣接する東京都、千葉県、茨城県、栃木県、群馬県の平野部の温泉と同じタイプの非火山性温泉として特徴づけられるものであろう。

## 7. 神奈川県の大深度温泉と地下温度

神奈川県温泉地学研究所 大山 正雄

### Deep Thermal Water and Subsurface Temperature of Kanagawa Prefecture

Hot Springs Institute of Kanagawa Prefecture Masao OYAMA

最近の温泉開発は既存温泉地やその周辺地域のみならず、都市部にまで広がっている。新規源泉井の多くは掘削深度1000m級で、深層温泉水を採取している。このような大深度井からの温泉採取は地下深部にまで水循環と地下温度に変化を及ぼす。今回はこれまでに得られた大深度掘削孔の資料を用いて、関東地方南西部に位置する神奈川県の地下温度について報告する。

神奈川県は大きく分けると西端の箱根・湯河原火山の火山地域とその東の非火山地域に2分される。非火山地域の地下温度はほぼ一様であり、およそ深度500mで30℃、1000mで40℃、1500mで50℃である。東京駅付近の孔井によれば深度3000mで80℃となっている。孔井深度1000～1500mの源泉井から湧出する温泉の温度は35～45℃である。

箱根火山地域の地下温度は劇的に変化をしている。地下温度は古期外輪山の山麓からカルデラ中心部に位置する中央火口丘神山(標高1437m)に向かって急上昇している。中央火口丘神山は標高1000m付近で火山性蒸気を噴出し、硫気地帯を形成している。これまで測定された最高温度は神山周辺部の掘削井(深度200～300m)で208℃である。神山の東麓では95～8℃(水の沸点温度に相当)の温泉を湧出している。

温度勾配は、火山地域で高く、非火山地域で低い。それらは次のようである。箱根火山地域ではカルデラ内で5～80℃/100mと大きく変化し、外輪山で3～5℃/100mである。非火山地域では2～3℃/100mである。

## 8. トルコ西部のパムッカレ温泉における炭酸塩鉱物のテラス生成

九州大学名誉教授 古賀 昭人

### CO<sub>2</sub>-rich Travertine Depositing Spring of Pamukkale in West Turkey

Emeritus Prof. of Kyushu Univ. Akito KOGA

パムッカレとはトルコ語で綿の城の意味だが、古代よりCO<sub>2</sub>を含む35℃、30トン/分といわれる多量の温泉水が湧出しており、長さ数Km、幅1Kmの広さにわたり厚さ数十mの棚田状の真っ白な炭酸塩鉱物(Travertine)が形成されている。

温泉水そのものは $\delta D$ や $\delta^{18}O$ で天水起源を示すが、溶存 $CO_2$ の $\delta^{13}C$ はマントル起源でガス中の $^3He/^4He$ 比も付近より大きいと言われる。

1997年10月、現地では泉温やpHを測定、採水密栓して帰国後に主成分の分析を行った。結果は次表のようである(単位はppm)。

湧出温度	pH	Na	K	Ca	Mg	F	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	B	SiO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
35.0	6.15	42.5	6.10	430	97.1	1.41	12.0	635	1125	1.08	36.6	1250

泉質は含 $CO_2$ - $CaSO_4$ - $Ca$ 、 $Mg(HCO_3)_2$ 泉である。昔時から現在と同じ程度の $CO_2$ が含有されていたとして、年間2万トンの $CO_2$ が地中から出ていた事になる。すなわち、地中では $CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca^{2+}+2HCO_3^-$ の反応が起こるが、湧出後に $CO_2$ が放出されると右辺から左辺に逆反応が起こって炭酸塩鉱物の沈殿が生じる事になる。棚田状テラスは下流側を狭い畦(あぜ)石で囲まれ、その部分は $CO_2$ の逸出が大なので成長速度が速く、温泉水は緩やかに畦石を越えて次のプールを作っていく。

## 9. チリの温泉

東邦大学 今橋正征・小林雅子・古関晴康  
秋田大学 松葉谷 修

### Hot Springs in Chile

Toho University Masayuki IMAHASHI, Masako KOBAYASHI, Haruyasu KOSEKI  
Akita University Osamu MATSUBAYA

南米大陸の南西部に位置するチリは、太平洋とアンデス山脈に挟まれた南北に細長い国で、火山も多く温泉も50以上あるとされている。チリを大ざっぱに、北部、中部、南部の三つの地域に分けると、北部は乾燥地帯、中部は田園地帯、南部は湖の散在する針葉樹林地帯である。今回は北部で4つ(1~4番)、中部で3つ(5~7番)、中~南部で2つ(8, 9番)の計9箇所の温泉の化学成分と酸素・水素同位体比からこれらの温泉水の起源について考察した。9温泉11試料について化学分析等を行った。1~2は比較的標高の高い砂漠地帯、3は標高の高い噴気地帯、4は3より少し標高の下がったところ、5~7はアンデス山脈の麓、8~9は標高の低い森林地帯からそれぞれ湧出していた。pHは7.1~9.3、水温は21.2~84.5℃であった。最高の84.5℃は3のタティオ間欠泉で標高が高い(4300m)ので沸騰温度と思われる。温泉水の起源についておよそ次のことがわかった。イ) 1~2の水の起源はアンデス山脈の伏流水(天水)と思われ、化学成分は薄くペルー南部の砂漠地帯からの温泉と少し似ていた。しかし1と2では酸素・水素同位体比がかなり異なっていたが、これは標高と水温の違いによるものと思われる。ロ) 3はNa-Cl型でおそらくアタカマ塩湖の水が伏流水等で希釈されそれが加熱されたものと思われる。ハ) 4は3の水が伏流したものといわれているが、酸素・水素同位体比から必ずしもそうではなかった。ニ) 5~9はアンデス山脈のふもとから湧出しているもので、いずれも化学成分含量は小さいが、8~9の方が比較的高温であった。これらの水はいずれも天水起源と思われる。

## 10. イエローストーン国立公園のシンターと温泉水の特徴

福岡大学理学部 田口 幸洋  
九州大学工学部 渡辺 公一郎・井沢 英二  
九州大学理学部 本村 慶信

### Geochemistry of Hot Springs and Sinter Deposits at Yellowstone National Park, U.S.A.

Faculty of Science, Fukuoka University Sachihiko TAGUCHI  
Faculty of Engineering, Kyushu University Koichiro WATANABE, Eiji IZAWA  
Faculty of Science, Kyushu Univ. Yoshinobu MOTOMURA

イエローストーン国立公園の温泉活動には、多くのシンターが伴っており、それらには微生物活動の関与が知られている。今回、Lower Geyser Basinの、主に2つの形状の異なるシンターに伴う温泉、Steep ConeおよびOctopusの化学的特徴について報告する。Steep Coneは名前の如く高さ6.6mの台錐形状のシリカのマウンドをなしており、頂部には3×2.5mの温泉湧出口がある。湧出してくる温泉水は常時沸騰しており、溶存しているシリカは、湧出時にはその温度、pH、イオン強度の条件下では非晶質シリカに対して若干不飽和で、流出孔より数m流下し、温度が低下してから過飽和になりはじめる。一方、Octopusは全体的に平らでゆるやかなシンターをつくっており、湧出する温泉も沸騰点を若干下回る温泉が常時湧出し、ときたまこれに沸騰したものが沸き上がってくる。Octopusでは、今回測定した湧出口からの距離範囲ではシリカは非晶質シリカに対し不飽和で、湧出口から45~50mの付近から過飽和になりはじめることが予想される。このようにシンター形状の違いは、温泉水のシリカ成分が非晶質シリカに対し過飽和になるまでの距離が起因していると考えられる。また、流路内のシリカの不飽和および過飽和両領域にも微生物の活動が認められる。

## 11. セラミックスを用いた水処理による温泉スケールの除去および防止に関する研究

宮崎大学機器分析センター 田辺 公子  
日本治水株式会社 首藤 里香・加賀 桃子  
高知大学農学部 石川 勝美  
宮崎大学工学部 志摩 健介

### Prevention and Removal of Scales in Hot Spring Water by Fluidization with Ceramics

Materials Research Center, Miyazaki University Kimiko TANABE  
Nihonjisui Co., Ltd Rika SHUTO, Momoko KAGA  
Faculty of Agriculture, Kochi University Katsumi ISHIKAWA  
Faculty of Engineering, Miyazaki University Kensuke SHIMA

我々はセラミックス流動水処理装置でスケールの除去および付着防止を目的として、鹿児島県牧園町塩浸温泉と、長崎県南高来郡小浜町小浜温泉の2ヶ所において実験を行った。主成分がシリカ

70%, アルミナ12%の原石(宮崎県東臼杵郡北川町産)を粉砕し, パウダー状にしたものを粒状に加工し, 1200°Cで焼結させたセラミックスを用いた. 塩浸温泉は炭酸水素イオンが多く, 小浜温泉は, ナトリウムイオン, カリウムイオンそして塩素イオンが多い. また, 2つの温泉のカルシウムイオン, 鉄イオンの濃度の差はほとんどなかったが, 塩浸温泉のスケールは鉄分が多く, 小浜温泉のそれはカルシウム分が多かった. 塩浸温泉では, 処理により温泉水の溶存成分の変化はみられなかったが, 付着したスケールの軟化がみられた. 小浜温泉では, 温泉水中のカルシウムイオン, イオン状シリカおよび懸濁物質の量が処理前より増加した. また装置通過後温泉水が懸濁したことにより, スケールの剥離現象が起こっていると考えられる. また, 配管系においても処理により, スケールの付着が防止されているのを確認した. そこで本水処理装置は, 特にカルシウムスケールの除去および防止に対して有効であることが判明した.

## 12. 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・高 橋 諭

### Removal of Silica and Arsenic in Geothermal Water

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

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°Cに低下すると急速にシリカ分が析出し還元井パイプの目詰まりを起こすので, シリカが析出しない限度温度の90°Cで地下に還元している. 本研究では地熱水温を約40°Cまで熱交換したのち, 吸着剤を添加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0.1mg/l以下にし熱水の直接利用可能性についても検討した. 吸着剤として, 塩化鉄(III)を担持させた粒径-10~+5 mmの岩手県産アカマツ木炭を用いた. 試験はバッチ法で行い, 300mlの地熱水を40°Cに保ち, 吸着剤を添加し, 200rpmで10分間攪拌したのち, 1.2 $\mu$ mメンブレンフィルターで濾過分取し, 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, Fe/Si=1.5(モル比)のとき, 200mg-SiO<sub>2</sub>/l以下になったが, 同吸着剤を分離し再び新しい地熱水に添加した結果, くり返し2回目以降は目標値に至らなかった. ヒ素除去について, Fe/Si=2.0(モル比)のとき0.2mg-As/lを得たが, いずれも目標値に到達できなかった. ただし, ヒ素の場合, これらの条件でも約1時間では0.1mg-As/l以下になった.



## 13. 「鉱泉分析法指針」と温泉分析

山梨県衛生公害研究所 深澤喜延

## “KOUSEN-BUNSEKIHOU-SHISHIN” (Standard Methods of Analysis for Mineral Springs, Japan) and Actual Analysis for Hot Springs Water

Yamanashi Institute for Public Health Yoshinobu FUKASAWA

「鉱泉分析法指針(以下「指針」)」が19年ぶりに改定されたことを受けて、指定分析機関を対象とした温泉分析の方法に関するアンケート調査を実施した。その調査結果の概要は第10回温泉分析法研究会に報告したが、研究会での意見も含めて報告した。

〔調査方法〕①調査期間：1997年9月～12月。②調査対象：82指定分析機関。③調査方式：試験項目別に指針収載分析法を掲げた選択方式(複数回答可)と独自分析法の記載。

〔調査結果〕①回収状況：回収数63(回収率76.8%)、有効回答数58(温泉分析実施機関)。②回答内容：(a)放射能：RnはIM泉効計が36機関、Raは51機関が実施せず。(b)主要陽イオン：NaとKは、指針の蛍光法を23、24機関が採用し、MgとCaは指針のAA法を40機関以上が採用。(c)主要陰イオン：指針改訂で新収載のIC法を40機関が採用。(d)微量元素：指針収載AA法の採用機関が多いが、他の一斉分析法も普及。(e)硫黄関係：H<sub>2</sub>S、全S、S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は指針法採用が多数、CdCO<sub>3</sub>法は未普及。(f)二酸化炭素系：重量法2機関、容量法53機関、TOC計分析例3機関。(g)その他：指針新収載の腐植質は21機関が実施。

〔考察〕①指定分析機関のうち大学は休眠状態。②各機関が日常的に分析法を工夫。③普及率が高い機器分析法の指針への収載希望は多いが、精度管理が日常的に不可欠。

## 14. 岩石と酸溶液との反応による岩石の性質の変化

東邦大学理学部 吉池雄蔵・岡村 忍・大野浩昭

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

Faculty of Science, Toho University

Yuzo YOSHIKE, Shinobu OKAMURA, Hiroaki OHNO

温泉中に含まれる化学成分の出所由来を考えて、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：秋田県玉川温泉、玄武岩：伊豆大島三原山、花こう岩：茨城県筑波山稲田、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pH 1, 2, 3の各酸溶液を6ml/min.の流速で反応させた。

これらの岩石試料で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様相傾向を示す。組成成分含有%の比較と溶出量の関係において、含有% SiO<sub>2</sub>% = 花こう

岩>安山岩>玄武岩,  $\text{Fe}_2\text{O}_3\%$ =玄武岩>安山岩>花コウ岩,  $\text{CaO}\%$ =玄武岩>安山岩>花コウ岩,  $\text{MgO}\%$ =玄武岩>安山岩>花コウ岩である. 溶出率(元存在量と全溶出量から求める)と比較して溶出傾向をみるとpH1での反応で $\text{SiO}_2$ の溶出は安山岩>玄武岩>花コウ岩,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は花コウ岩>安山岩>玄武岩,  $\text{MgO}$ は花コウ岩>安山岩=玄武岩のような溶出模様である. これは岩石中に多量に含有している成分が, かならずしもよく溶出よるとは限らなく, 岩石試料中の鉱物組成の違いにより大きく溶出模様が異なってくる. また反応に用いた岩石試料を溶出した成分量から岩石中に残留した成分の量を計算する事により, 時間の経過による岩石の組成変化を求めた. その結果反応前と反応後の岩石組成が大きく変化をして $\text{SiO}_2$ は, 安山岩58.9~70.1, 玄武岩52.5~56.7, 花コウ岩74.4~78.4%と変化をしている.

## 15. 北海道の中性~アルカリ性硫酸塩泉について

北海道立地下資源調査所 松波武雄

### Neutral~Alkaline Sulphate Waters of Hokkaido.

Geological Survey of Hokkaido Takeo MATSUNAMI

温泉ボーリングの進展により西部北海道の新第三系分布域を中心に多くの地点で中性~アルカリ性硫酸塩泉がとりだされてきている. 今回, 主要陰イオンmval%でClイオン・ $\Sigma\text{CO}_2$ イオンとも20%を越えることなく, 陰イオンとして $\text{SO}_4$ 単独で記される中性~アルカリ性硫酸塩泉(50泉:便宜的に単独硫酸塩泉と記す)について, 地質・化学面から検討した.

1) 貯留岩の90%は火山岩類に卓越した新第三系であり, 大部分は上流側に何らかの鉱化変質帯が存在する. 特に千歳鉱山(Au-Ag)・大江鉱山(Mn-Zn-Pb)の坑内温泉が注目される. 2) 活発な火山に隣接して分布することは稀である. 3) 蒸発残留物は全体の70%は2,000mg/kg以下であり, Cl濃度は最大273.6mg/kgである. 4) 主要陽イオンはCa・Naであり, 自然湧出泉・浅いボーリング井ではCa>Naである.  $\text{SO}_4$ とCa+(Na-Cl- $\text{HCO}_3$ )のミリ当量は相関する. 5) B/Clモル比は0.01~1であり, 全体の65%は0.1~1である. 6) 付随ガスは $\text{N}_2$ ( $\text{N}_2/\text{Ar}$ 比63~76)を主体とする. 7) 酸素・水素同位体比は天水起源をしめす. 8) 硫黄同位体比は $\delta^{34}\text{S}$ =+13.0~+18.7%である.

以上のことから, 単独硫酸塩泉は天水が深部循環したものと判断されるが,  $\text{SO}_4$ イオンの起源については, 海成硫酸塩鉱物の溶解・火山性酸性硫酸塩泉との関連・鉱化変質帯中の硫化物の酸化など多様な面から検討される必要があらうと思われ, それらの問題点を整理した.

## 16. 洞爺湖温泉の化学成分と湧出温度の経年変化

北海道大学大学院理学研究科 常 田 陽 子  
 北海道立地下資源調査所 秋 田 藤 夫  
 北海道大学大学院理学研究科 浦 上 晃 一

### Secular Variations of Thermal Water Temperature and Chemical Constituents in Toya Hot Spring Area, Hokkaido

Graduate school of science, Hokkaido University Yoko TSUNEDA  
 Geological Survey of Hokkaido Fujio AKITA  
 Graduate school of science, Hokkaido University Koichi URAKAMI

洞爺湖温泉は洞爺湖の南岸，有珠山の中腹部から山麓にかけて湧出する典型的な裂罅層状泉であり，現在，12ヶ所の泉源から温度34.8～66.1℃の温泉が合わせて1,717 l/minが動力揚湯されている。温泉は地下水の上部を薄く層状になって(厚さは10～30m)山側から湖に向かって流動している。この地域の温泉は1910年の有珠山の火山活動にともない初めて湧出するようになったものであり，活動の中心となった爆裂火口の火道が深部から温泉を導く通路となっていると考えられている。温泉は利用協同組合で集中管理されているが，1977年の有珠山の噴火活動にともない多くの泉源が破損したため，有珠山の中腹部に集中して泉源が掘削された。1977年の噴火活動にともなう湧出温度や化学成分の変化1977年の噴火活動にともなう湧出温度や化学成分の変化については，すでに山口ほか(1980)によって調べられているが，その後の変化や新たに泉源が掘削されたことによる影響を調べるために，未利用泉源を用いて温度検層を行い温泉の化学分析を行うとともに，温泉組合によって約25年間にわたって測定されている湧出温度と揚湯量の記録を整理した。その結果，1978年のマグマ水蒸気爆発にともない地域南西部にHCO<sub>3</sub>に富んだ温泉が湧出するようになったが，しだいにHCO<sub>3</sub>が地域全体で増加したことが明らかになった。また，湧出温度や温泉帯水層の最高温度が，1ヶ所泉源を除き，年間に0.5～1.0℃の割合でほぼ全域にわたって低下しており，過剰揚湯に様相を呈している。

## 17. 鹿児島県霧島地域の温泉の地球化学的研究

鹿児島大学理学部 藤 田 俊 一・坂 元 隼 雄  
 鹿児島大学教育学部 桐 山 哲 也

### Geochemical Studies of Hot Springs in Kirishima Area, Kagoshima Prefecture

Faculty of Science, Kagoshima University Syunichi FUJITA, Hayao SAKAMOTO  
 Faculty of Education, Kagoshima University Tetuya KIRIYAMA

霧島地域から湧出する温泉には，地理的には狭い範囲において様々な温泉があることから，その湧出機構を検討した。現在これら一連の温泉についての湧出機構は，霧島火山南西部の温泉流動模式概念図(NEDO, 1990 露木加筆)として報告されているが，むしろ箱根温泉の成因モデル(大木・平野, 1974)を適用した方が，霧島地域の温泉の湧出機構をうまく説明することができることがわかったので報告する。

霧島山麓下部の薩摩荘, 鹿大温泉病院は弱アルカリ性食塩泉で, 霧島山麓中部の林田温泉, 明礬温泉は硫酸酸性泉である。霧島山麓上部の新湯温泉は, 硫化水素を比較的多量に含む硫化水素単純泉である。

また, これらの温泉では, 標高が高くなるほど泉温が下がることから, 下方から順に, 高温の熱水もしくは火山ガスの熱を地下水などが奪い湧出しているものと考えられる。

霧島山麓最下部のラムネ温泉は炭酸泉である。年間を通して泉温は一定であるので, 降水の影響を受けないと考えられる。霧島山麓下部の温泉に比べ, ラムネ温泉では一価の陽イオンは減少, 二価の陽イオンは増加, 鉄イオン, 炭酸水素イオンは増加している。

これら一連の温泉に関しては, 火山ガスの分化作用, 化学成分の分別溶解を考えた箱根温泉の成因モデルを適用すると, 霧島という狭い範囲に様々な泉質の異なる温泉が存在できることをうまく説明できる。

## 18. フランスの皮膚病湯治場ラ・ロシュ・ポゼ

盛岡市上田病院 野口 順一  
日本温泉協会 木暮 金太夫

### La Roche Posay (France) and Patients of Skin Diseases

Ueda Hospital in Morioka Jun-ichi NOGUCHI  
Japan Spa Association Kindayu KOGURE

Creuse河畔のローマの要害で, 古くからの温泉地でもある。毎年パリなどから1万人以上の皮膚病患者が来訪する。女38%, 男32%, 6ヶ月以上の小児30%, 皮膚病の種類としては: 湿疹(いわゆるアトピー性皮膚炎含む)30%, 乾癬45%, 瘡瘡7%, 酒皰4%, 瘢痕(熱傷の後胎症など), 褥瘡, 魚鱗癬, 扁平苔癬, 掌蹠角皮症, 特殊な痒疹, 口腔皮膚炎などである。泉質は, 単純泉13°C, pH 7, 残渣550mg, 硬度38°, HCO<sub>3</sub> 370mg, 特殊成分: Se 45μg, Zn 10μgであり, 浴治療は28~38°Cで約30分の長時間浴で, 感染防止のため, アミン系色素を併用することもある。飲泉は1ℓ以上のボトルを用い大量に飲む。水治療法としては: 灌注(粉霧, 糸状灌注, 高压灌注), 水中体操, マッサージ, 指圧などが皮膚症に応じて施行される。温泉水を含有する特製外用剤が地域内のポマード工場で調製され, 外用される。それらの外用剤には防腐剤や香料は含有されておらず, またステロイド剤や非ステロイド剤なども混入されていない。遊戯療法, 心療的療法 子供向けの遊園地, 競技施設, 図書館などが完備し, 集団療法的企画を扱う組織もある。療養費保険給付あり, 医師の診療謝礼やthermeでの治療に対しては即時に保険適用になり, 自己負担は30~50%, 滞在費用などは領収書を提出してprise en chargeとなる。交通費はS.N.C.F.(フランス国有鉄道)の割引制度がある。

## 19. 温泉の効能に関する一考察－血液成分量の変化とその要因について－

秋田県衛生科学研究所 武藤倫子・黒沢新・小沢喬志郎  
佐野健・宮島嘉道

A study on the Medical Benefit of Hot Springs  
－ The changes in the Blood Composition by Bathing and Drinking,  
and its Causes －

Akita Prefectural Institute of Public Health

Noriko MUTO, Arata KUROSAWA, Kyoujiro OZAWA

Tuyosi SANO, Yosimiti MIYAJIMA

温泉の浴用や飲用の効果が医学的に検証されることは、県民の健康増進や疾病予防に果たす温泉の役割の拡大に結びつく。

当所では、平成6年度から「温泉の浴用(飲用)効果に関する医学的調査研究」を開始した。温泉入浴(飲泉)による効果を血液成分量の変化でみようとするものである。

これまでの対象者119名の血液検査結果等については、現在解析中であるが、調査初日と終了日の血液成分量の変化をみると、総コレステロール値(以下、T-CHO値)が泉質ごとのグループ間で、あるいは個々の対象者間で、比較的大きな差を示した。また、T-CHO値に対応して血液中のヘマトクリット値(以下、Ht値)も比較的大きな変化を示した者がみられた。温泉の効果を論ずる場合、これらの変化やその差がどのような要因によるものかを解明することは重要である。

平成9年10月に行った調査のうち、温泉入浴及び飲泉を10日間行った対象者10人の結果では、T-CHO値の減少が6人にみられた。また、最も減少した人でおよそ50mg/dlであった。これらの減少が温泉入浴あるいは飲泉による効果なのか、あるいは別の要因によるものかを検討するために血液成分量の変動についての補足実験を行った。その結果、日内変動は比較的小さかったが、日差変動は5～7日間でおよそ40mg/dlであった。また、日差変動におけるT-CHO値とHt値は有意に正の相関があった。これらのことから、温泉の効果を血液成分量の変化でみるためには、さらに追跡調査等が必要と思われた。

## 20. 温泉水および皮膚のORP(酸化還元電位)とpHの関係

法政大学工学部 大河内 正一・勝本 雅之  
菅野 こゆき・石原 義正  
中央温泉研究所 甘露寺 泰雄  
東邦大学医学部 漆 畑 修

### Relationship between Redox Potentials and pH in Hot and Cold Spring Waters and Human Skins

Faculty of Engineering Hosei University Shoichi OKOUCHI, Masayuki KATSUMOTO  
Koyuki SUGANO, Yoshimasa ISHIHARA  
Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI  
Faculty of Medicine, Toho University Osamu URUSHIBATA

1. 演者らは大気と平衡にある水のORP(酸化還元電位)とpHの関係を導き、この関係に基づき、新たに28の温泉源泉および東京都の冷泉14源泉について調査をした。その結果、前回の70源泉と同様に、温泉水はいずれも平衡ORPより低く、時間の経過にともない平衡ORP値に近づいた。この温泉水が平衡ORPに近づく現象を定量的に評価するため、平衡ORPと温泉水のORPとの差または割合(%)として温泉水のエイジング指標AI(Aging Index)を提案した。そして、温泉源泉よりの給湯配管距離および浴槽水に及ぼすORPとpHの関係を調査し、エイジング指標AIがそれら温泉給湯システムを評価する一方法として有効である結果が得られた。
2. さらに、入浴により影響を受ける人間の皮膚のORPとpHの関係について検討した。皮膚のORPについてはこれまで全く推定されていないため、ORPメータの電極を新たに皮膚測定用に改良し、性別および年齢別に皮膚のORPを調査した。さらに、温泉の泉質と与える皮膚のORPおよびpHの影響について検討を加えた。その結果、皮膚の調査では、pHはこれまでに報告されてきた値と同じ範囲にあることを確認できた。一方、皮膚のORPはいずれの年代の人も平衡ORPより低い値、すなわち還元系であるという新しい知見が得られた。また、入浴により、皮膚のpHは温泉水の泉質に影響を受けることがすでに報告されているが、ORPについても同様の影響を受けることが分かった。

## 21. アトピー性皮膚炎患者に対する温泉水利用の一試み

北海道立衛生研究所 内野 栄治・小島 弘幸  
佐藤 洋子・都築 俊文  
長谷川クリニック 長谷川 浩

### An Attempt at Using Hot Spring Water for Patients with Atopic Dermatitis

Hokkaido Institute of Public Health Eiji UCHINO, Hiroyuki KOJIMA  
Youko SATOH, Toshifumi TSUZUKI  
Hasegawa Clinic Hiroshi HASEGAWA

アトピー性皮膚炎(AD)に対する温泉水の治癒効果を明らかにする目的で、札幌市に在住する難

治性AD患者2名に、豊富町から定期的に搬送された温泉水に1ヵ月間毎日入浴してもらい、皮膚症状、冷えおよび倦怠感の経日変化と血液免疫学的パラメーターの連浴前後の変化について調べた。

対象とした2名は22歳の男性と28歳の女性で、いずれも小学校の時に発症し、数軒の病院を転院した経緯があり、調査期間中は開始直前まで行われていた治療を続け、症状の軽快に伴って薬剤量を減量するに留めた。使用した温泉水の泉質はナトリウム-塩化物泉であった。温泉浴は市販のバスパックを利用した。皮膚症状は視診により本患者にしばしば認められる皮膚の掻痒、粧糠乾燥、発赤、湿潤痂皮および小丘疹面について点数化し評価した。また、冷え、倦怠感については患者からの聞き取りにより評価した。血液学的検査は温泉浴開始前と開始1ヵ月後に患者の静脈より採血し、リンパ球、好酸球、血清LDH(アイソエンザイム1, 2, 3, 4, 5を含む)、血清IgE, IgG, IgA, IgM, CD4陽性細胞、CD8陽性細胞、CD4/CD8比およびPHA, ConAに対する反応性等について行った。

その結果、2名ともに温泉の連浴による皮膚症状の軽快が視診から明瞭に認められた。また、冷えや倦怠感の改善が明らかに認められた。一方、血液学的にも連浴後、血清LDH値、中でもそのアイソエンザイム3, 4, 5値に明らかな低下が認められた。また、血清IgE値、CD4陽性細胞数およびCD4/CD8比は若干の低下傾向を示した。更にリンパ球のPHA, ConA刺激による細胞分裂促進能は増加傾向を示した。

## 22. 温泉の*Legionella*検出方法と検出事例

北里環境科学センター 菊野理津子・石井弥生・青木正人  
奥田瞬治・小池満・平野富雄

### Isolation Method and Case Study of *Legionella* in Hot Springs

Kitasato Research Center of Environmental Sciences

Ritsuko KIKUNO, Yayoi ISHII, Masahito AOKI  
Shunji OKUDA, Mitsuru KOIKE, Tomio HIRANO

温泉の*Legionella*汚染が懸念されているので、その汚染実態を把握するため、日帰り温泉を中心に検出・調査を試みた。*Legionella*の検出方法は、「レジオネラ症防止指針(厚生省生活衛生局企画課監修)」の方法に準じたが、試料水の*Legionella*の濃縮を、遠心沈澱法から0.22  $\mu$ mのメンブランフィルターろ過法に変更した。WYO  $\alpha$ 寒天培地で発育した集落について、血液寒天培地とBCYE  $\alpha$ 寒天培地に培養し、BCYE  $\alpha$ 寒天培地にのみ発生したグラム陰性の桿菌を*Legionella*とし、血清凝集反応による型別を行った。

調査を行った温泉30件の50%以上から $10^3 \sim 10^5$ CFU/100mlの*Legionella*を検出した。検出した*Legionella*の血清型別はグループ4, 5, 6に属するものが大部分で、24時間風呂から検出される*Legionella*の血清グループと同じ傾向が認められた。

## 23. 東北地方の酸性温泉に生育する藻類

東京理科大学理学部 長 島 秀 行

## Microalgae Living in Acid Hot Springs in Tohoku District of Japan

Faculty of Science, Science University of Tokyo Hideyuki NAGASHIMA

一般に、温泉には細菌類のほか、藍藻、緑藻、珪藻などの微細藻類が分布しているが、酸性温泉には単細胞で青緑色の紅藻イデユコゴメ *Cyanidium caldarium* とガルディエリア *Galdieria sulphuraria* などが分布している。このうちイデユコゴメは細胞構造が単純で、もっとも下等な真核藻類の一種と考えられている。これらの藻はpH 2~3、温度35~55℃の酸性温泉に広く分布している。

調査は、秋田県と岩手県にまたがる八幡平(はちまんたい)温泉郷の玉川、蒸ノ湯(ふけのゆ)、後生掛(ごしょがけ)、藤七温泉、それに秋田県の乳頭(にゅうとう)温泉郷の蟹場(がにば)、鶴の湯、黒湯温泉において1997年8月に行われ、現地にて温度、pHを測定後、試料を採集して持ち帰り冷蔵保存した。また、試料を各種培地で培養し、藻類の分離を試みた。

その結果、イデユコゴメは鶴の湯温泉(中性)を除くすべての酸性温泉に優占して分布しており、ガルディエリアは玉川、後生掛、藤七、黒湯温泉に認められた。ガルディエリアはイデユコゴメに類似しているが分類学上の位置が不明確で、興味もたれている。玉川、黒湯温泉からは、さらに、シアニディオシゾン *Cyanidioschyzon merolae* とおもわれる単細胞の藻が認められた。この藻はこれまで日本の温泉からは知られていなかったもので、棒状、または、ひょうたん型で、二分裂による増殖という、もっとも原始的な特徴をもっている。

## 24. Karymsky火山噴火後に湧出した熱水に生息する生物

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

## Biological Studies of Thermal Water which Spring out after Eruption of Karymsky Volcano, Kamchatka

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

比較的新しいKarymsky火山は1996年1月1日の大地震に引き続き翌2日に噴火を起こした。ついでとなりのKarymsky湖の北西部において火山活動(湖底噴火)が起こった。これに伴い、数ヶ所で新たな熱水の湧出が見られ、この熱水は2ヶ所の異なった断層に沿って存在していることがわかっていく。今回、従来からあった熱水湧出口【86℃(pH 8.77), 96℃(pH 6.42), 89℃(pH 8.36)】ならびに新たな湧出口【(Ushakov Spring/97℃, pH 7.7 and 86℃, pH 3.7), (湖底噴火の北方熱水/60~80数℃, 約pH 7)】に生息する微生物について考察を行った。

好熱性細菌については *Bacillus* Medium (No. 573) の変法培地 (pH7) を用い70℃にて培養したところ、2種類の性質が異なった細菌が分離された。それらの形態ならびに各種性状より孢子を形成する *Bacillus* 属と比較的細長い *Thermus* 属に属する細菌であると考えることが出来る。また、酸性熱水に関しては *Sulfolobus* 用培地 (酸性) を用い好熱性細菌の分離を試みたところ、好酸性好熱



菌が分離されたが、これについては現在検討中である。好熱性の藻類に関しては噴火によって出来た新たな湧出口の流れの中央部に於て、60℃という温度を境に、茶色と緑色の2種類の藻類の生息が確認された。光学顕微鏡および電子顕微鏡観察により全く種類の異なっている好熱性藻類であることがわかったが、現在、その種については検討中である。

## 25. 兵庫県南部地震後の温泉・地下水の変動

京都自然史研究所 西村 進

### Variation in Discharge and Temperature of Some Hot-springs and Underground Water after the Southern Hyogo Prefecture Earthquake

Kyoto Inst. Nat. History Susumu NISHIMURA

前回に一部報告したがその後のデータの集約と分析を一部おこなったので、報告する。

温泉・深部被圧地下水は、主震の前、すなわちPre-seismicに変動を始めるCase-Iと主震の後、すなわちPost-seismic, Co-seismicに変動するCase-IIと変動しないCase-IIIに分類出来る。このほか浅い地下水や伏流水の水位、河川水の量や温度が変動したとの報告があるがそれらは地震動による変動であるので、ここでは取り扱わない。自噴泉・温泉・深部被圧水のみについての變動について議論をすすめる。

Case-I, Case-IIともに水位の上昇、自噴量の増大や温度の上昇、成分の増大してのちもとに戻らず一定の値のまま推移している場合①、下降、減少してのちもとに戻らず一定の値のまま推移している場合⑤、上昇、増大して時間とともにもとに戻る場合②、振動して次第にもとの値に戻る場合③、下降、減少して次第にもとにもどる場合④に分けてみることにする。なかには②③④のばあいでも、兵庫県南部地震後、非常に地震が敏感になったり、鈍感になったりした場合もみられるが、この場合は前者の方が多く感じる。ただ、地震の後で調べるので、Case-IとCase-IIの区別のつかないばあいが多い。

近畿地方の場合では、温泉・深部被圧地下水は地質構造線に関係ある場合と堆積盆のあついで堆積物の深部の地下水とに分けられるが後者はほとんどCase-IIの②③④に限られる。従って、地質構造線に関係するもののみに限って考察をすすめれば今後の地震予知に役立つものと考えられる。

## 26. 箱根湯本温泉と神奈川県西部の地震

### (1)温泉発見に関する2つの伝承

北里環境科学センター 平野 富雄

### Relations of Earthquakes in Western Kanagawa District to the Hakone-Yumoto Hot-spring

#### (1) Two legends on the Discovery of Thermal-springs in the Hakone-Yumoto

Kitasato Research Center of Environmental Sciences Tomio HIRANO

古い温泉地の温泉発見伝説は、大きく二つのパターンに分けられる。一つは、白鷺や鹿などが温

泉に浸かって傷を癒しているのを里人が見て、温泉を発見する話である。もう一つは、行者や高僧などが温泉を突き当てる話である。温泉発見伝説には、温泉地の発祥の違いが反映しているのである。これまで箱根湯本温泉の発見伝説は、後者の部類の話とされていた。

箱根湯本や、熱海、伊豆山の温泉発見と湧き出しの伝承は、噴火や大地震を思わせる烈しさが感じとれる。伊豆半島東方沖では、今でも群発地震が続いている。平成元年(1989)7月の手石海丘の噴火のさいには、伊東温泉の湧出に著しい変化が表れた。伊豆・箱根地域に残る温泉発見の伝承には、この地域の地殻変動の歴史が記録されている可能性がありそうだ。

北村季吟が著した「湯もとの記」によると、箱根湯本温泉は天平10年(738)に越の大徳泰澄の弟子の浄定が、「白山権現を勧請して十一面観音を刻み十一面の修法を行うと、湯本の山が裂けて」、温泉が湧き出した。この温泉の湧き出し方は、地震との関わりを暗示しているように思える。

箱根湯本温泉には、大正12年(1923)の関東大地震後に起きた、第二の温泉発見物語が存在する。この地震後、被害対策が少しづつ進み、人々の気持ち落ち着いて来た頃、誰言うともなく「須雲川の川底から温泉が湧出している」と噂されるようになった。この噂から、現在に続く須雲川沿いの温泉開発が始まった。

## 27. 箱根湯本温泉と神奈川県西部の地震

### (2) 須雲川のリニアメントが2分する泉質の分布

#### — 須雲川—早川活断層存在の可能性について—

北里環境科学センター 平野 富雄  
神奈川県温泉地学研究所 八巻 和幸

Relations of Earthquakes in Western Kanagawa District to the Hakone-Yumoto Hot-spring

(2) Along by the Linearment of Sukumogawa, Characteristics of the Thermal Waters in the Hakone-Yumoto are Divided to Two Types

Kitasato Research Center of Environmental Sciences Tomio HIRANO  
Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture Kazuyuki YAMAKI

箱根湯本温泉の発見の伝承は、この地域で起きた地震と深く関わっていることをうかがわせる。温泉は箱根火山の基盤岩の早川凝灰角礫岩、その下部の湯ヶ島層群の亀裂から湧出しているが、その主体は須雲川の谷に沿って分布している。温泉の温度や泉質、温泉の経年変化などは、川の右岸と左岸に分布する源泉で大きく異なっている。しかも、湧出の中心が川の両岸で異なり、右岸の温泉に対して、左岸の温泉は下流側に500m以上ずれて、非対称な分布になっている。

須雲川は、新期外輪山の湯坂山南麓と古期外輪山のカルデラ壁の底部を流れ、湯本で早川に合流する。地形の観察や、地形図や衛星写真で地形を観察すると、谷に沿う直線性が極めて明瞭で、リニアメント(線状構造)が形成されている。リニアメントとは、いくつもの谷が連なり、全体として直線的な溝状を呈する地形のことで、断層で形成されるのが最も普通の出来方だと考えられている。これは地層が断層で破碎されてもろくなり、周辺地域に比べて浸食が進みやすいためである。箱根湯本地域には、まだ活断層の存在は指摘されてないが、リニアメントに沿って湧出する温泉の非対称な分布や、最近、この地域で起きた地震の発震機構などが、その存在を暗示しているように思える。

## 28. 起源水分布から見た大分県内温泉の特徴

地質調査所 野田 徹郎

### Characteristics of Hot Springs in Oita Prefecture from the Viewpoint of those Source Water Distribution

Geological Survey of Japan Tetsuro NODA

演者は、温泉のもととなる水系(起源水)の分類について、温泉水中の化学成分を主な判定指標とする分類法の改良を重ね、実フィールドへの適用を試みている。改良した分類法では、起源水判定の絶対指標を、①pH、②湧出温度、③主要化学組成、④Cl、⑤同位体、⑥地質、補助指標を、⑦溶存物質総量、⑧B/Cl、⑨SiO<sub>2</sub>、とし、温泉水のデータを基準値と照合して、①深部熱水、②海水関連熱水、③火山性熱流体、④高温蒸気加熱水、⑤低温蒸気加熱水、⑥火山性温泉水、⑦非火山性温泉水、⑧酸性変質地下水、⑨変質地下水、⑩天水、⑪海水、の11種の起源水に分類する。また判定が容易に行えるよう樹形判定図を作成した。

大分県で目立つのは別府-湯布院-九重の軸上に、高温の起源水(深部熱水、火山性熱流体、高温蒸気加熱水)が並んでいることである。その軸を広く覆うように火山性温泉水が、さらにもっと広がりをもって低温蒸気加熱水がほとんど県下一円に分布している。一方、非火山性温泉水はほとんど分布しない。別府-湯布院-九重のラインは、いわゆる別府-島原地溝帯の一部であり、同地溝帯は火山など熱活動の盛んな区域であるが、起源水の分布はこの構造的背景と矛盾しない。

温泉-地熱系の詳しい解釈は専門家に委ねられるが、専門的知識や経験がなくても、本法を用いれば機械的に起源水の分類と分布を知ることが可能であるため、温泉-地熱系モデルをイメージする第一歩として使えるものと思われる。

## 29. 湯平温泉における温泉賦存量調査について

西日本技術開発株式会社 嶋田 洋行・藤野 敏雄・清田 由美  
大分県生活環境課 太田 幸憲・御沓 稔弘・挾間 健  
湯布院町 立川 誠一

### Evaluation of The Hot Spring Capacity at Yunohira SPA

Geothermal Department of West Japan Engineering Consultants, Inc.

Hiroyuki TOKITA, Toshio FUJINO, Yumi KIYOTA

Oita Prefectural Government Yukinori OTA, Toshihiro MIKUTSU, Ken HASAMA

Yufuin Town Government Seiichi TACHIKAWA

大分県と湯布院町では、湯平温泉の保全を検討するうえでの科学的な基礎資料を得る目的で、①現地調査、②変動調査、③賦存量解析から成る温泉賦存量調査を実施し、以下の知見が得られた。

- (1) 温泉水の起源は久住山方面で降った雨水が地下深部に浸透して加熱され、岩石との反応が十分に進んで生成された熱水と推定される。大局的には北西-南東系の断層に沿って西側から供給され、深部から浅部へと上昇する200℃程度の高温熱水と40℃程度に加温された地下水との混合によって生成すると考えられる。
- (2) 自然湧出泉を有する浅部温泉帯水層の地下水混入割合は30~50%であったが、動力泉の導入

後は50～70％に増大し、Cl濃度等が希釈されたと推定される。大湯では湯水期に水位が徐々に低下し、泉温やCl濃度が上昇する傾向が観測されたことから、降水量が水位や希釈水の混入割合に深く関わっていると考えられる。

- (3) 町有泉の揚湯量を変化させ、大湯の水位変化を計測した結果、大湯と町有3号泉との間に圧力干渉が認められ、大湯周辺のkh値(浸透率-層厚積)は8darcy-m程度と解析された。lumped parameter modelと数値モデルを作成し、由佐(1987)の手法による賦存量の計算と3次元数値シミュレーションによる水収支の計算を行った結果、浅部温泉帯水層の賦存量は約240 l/minと推定された。また、現在の揚湯量179 l/minは賦存量の74％に相当し、湯水期には74％以上に達している可能性が示唆された。

### 30. 長湯温泉における温泉賦存量調査について

西日本技術開発株式会社 鶴田洋行・高木博・清田由美  
大分県生活環境課 太田幸憲・御杵稔弘・挟間健  
直入町 吉野幸一

#### Evaluation of The Hot Spring Capacity at Nagayu SPA

Geothermal Department of West Japan Engineering Consultants, Inc.  
Hiroyuki TOKITA, Hiroshi TAKAGI, Yumi KIYOTA  
Oita Prefectural Government Yukinori OTA, Toshihiro MIKUTSU, Ken HASAMA  
Naoiri Town Government Kouichi YOSHINO

大分県と直入町では、長湯温泉の保全を検討するうえでの科学的な基礎資料を得る目的で、①現地調査、②変動調査、③賦存量解析から成る温泉賦存量調査を行い、以下の知見が得られた。

- (1) 長湯温泉帯水層は、帽岩の役目を果たす阿蘇火砕流堆積物の強溶結部の下位に分布する長湯流紋岩や庄内火山岩類中の標高500～-100mに形成され、割れ目に富む溶岩や礫岩軽石質の砂岩、凝灰岩等の透水性の高い部分に温泉水が貯留されると推定される。
- (2) 温泉水は長湯温泉の北西から標高-200～-400m付近を流動して本地区に到達した後、芹川に沿った東北東-西南西方向の断層で形成された第三紀層及び基盤岩の隆起によって堰止められて上昇し、標高0～300mに貯留して温泉帯水層を形成したと考えられる。
- (3) 長湯の温泉水の特徴を有する熱水の賦存域は、比較的Cl濃度の高いHCO<sub>3</sub>型温泉水が芹川沿いの断層に沿って上昇した領域に限られ、約1.15km<sup>2</sup>の範囲と推定される。この範囲でlumped parameter modelを作成し、由佐(1987)の手法により温泉賦存量を算出した結果、3,590 l/minと推定された。また、3次元数値モデルによるシミュレーションでも3,216 l/minと算出され、lumped parameter modelと調和する結果が得られた。

以上より、長湯温泉の賦存量は3,200～3,600 l/min程度と考えられ、現在のポンプ揚湯量約700 l/minは賦存量の20～24％に相当すると評価された。ただし、温泉水と共に放出されるCO<sub>2</sub>ガス及び温泉水中のCO<sub>2</sub>やHCO<sub>3</sub>等を加えた炭酸成分の総量について調査した結果、減少傾向にあることが示された。

### 31. 青色温泉水の発色機構

東邦大学理学部 川村 隆夫・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・由佐 悠紀

#### Coloring Mechanism of Blue Hot Spring Water

Faculty of Science, Toho University

Takao KAWAMURA, Nobuki TAKAMATSU, Masayuki IMAHASHI  
Beppu Geothermal Research Laboratory, Graduate School of Science, Kyoto University  
Shinji OHSAWA, Yuki YUSA

第50回大会において、青く着色した温泉水を紹介し、その発色機構の一つとして、コロイド粒子によって太陽光の青色成分が選択的に散乱するレイリー散乱によるものであり、紹介した青色温泉水は重合したシリカ、つまりシリカコロイドによるレイリー散乱が青色の発色機構であることを提案した。この考えを検証するために、天然の青色温泉水および実験室で合成したシリカコロイド溶液について、シリカの粒子径と色彩の関係を調べ、提案した考えを支持する有力な証拠を得た。

湯の色が無色から青色に変化する様子を観察できる別府市鉄輪地区にある神和苑の露天風呂の湯の色の変化の観察とシリカの粒度分布の測定と化学成分の分析を一週間にわたって行い、青色と関係があるのは、粒径 $0.1\sim 0.45\ \mu\text{m}$ のシリカであることをつきとめた。なお、別府市内に存在する他の青色温泉水の結果から、青色温泉水はNa-Cl型温泉水であることがわかり、粒径 $0.1\sim 0.45\ \mu\text{m}$ のシリカによる発色を示す証拠も得られた。

神和苑の露天風呂で見られた、粒径 $0.1\sim 0.45\ \mu\text{m}$ のシリカによる水の着色を室内実験により再現させた。4%水ガラス水溶液からシリカコロイド溶液を調製し、この合成溶液について、色彩測定とシリカの粒度分布の測定を行い、シリカコロイド溶液の色の色相は、天然の青色温泉水の色相と同じであることを確認した。

以上の観測・実験結果から、温泉水の青い着色の原因は、 $0.1\sim 0.45\ \mu\text{m}$ 粒径のシリカコロイドによる太陽光の青色成分の選択的散乱(レイリー散乱)であると結論される。

## 32. ガスおよび溶存成分から見た大分県長湯温泉の起源

東邦大学理学部 岩倉一敏・高松信樹・今橋正征

東邦大学医学部 加藤尚之

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・由佐悠紀

## Origin of Nagayu Hot spring Inferred from Gas and Dissolved Components

Faculty of Science, Toho University

Kazutoshi IWAKURA, Nobuki TAKAMATSU, Masayuki IMAHASHI

Beppu Geothermal Research Laboratory, Graduate School of Science, Kyoto University

Shinji OHSAWA, Kazutoshi OUE, Yuki YUSA

Toho University, School of Medicine Naoyuki KATO

大分県長湯温泉は日本でも有数の炭酸泉として知られており、泉温40～50℃の温泉水は遊離ガスをともなう泡沸泉の状態湧出している。また、長湯温泉は火山前線と大分-熊本構造線との交点に存在しており、その西方10kmには活発な噴気活動の見られる九重火山群が展開する。本講演では遊離ガスの由来と温泉水の生成機構を明らかにすることを目的として、温泉遊離ガスおよび温泉水の主要成分および微量元素分析により得られたデータの地球化学的解析の結果を報告する。

温泉遊離ガスの分析結果は、 $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ 比から少なくとも堆積岩の続成作用や変成作用により生成するガスでないことを示し、 $\text{CO}_2$ -He-Ar組成からは、マグマ性ガスの関与を強く示した。さらに温泉水のCl-B-Li組成や約20元素による多変量解析結果から、溶存化学成分の多くが高温熱水と流紋岩のような珪長質火成岩との相互作用により溶出されたものであることを示した。またNa-K温度計により算出された源熱水の温度は約300℃であった。以上の解析結果とこれまでの知見を総括すると、長湯の高濃度炭酸泉は、 $\text{CO}_2$ を主成分とするマグマ性ガスにより熱と成分を付加された地下水が、この地域に広く分布する流紋岩質火成岩から様々な成分を供給されて形成されたと結論される。

## 33. 火山性流体フラックスの増大による火山体内部への大気の吸引

## - 1995年九重硫黄山の水蒸気爆発の例 -

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・由佐悠紀

大上和敏・網田和宏

## Atmospheric Air Suction into Volcanic Edifice due to Increase of Volcanic Fluid Flux

## - A Case Study at Kuju-Iwoyama Volcano during 1995 Phreatic Eruption -

Beppu Geothermal Research Laboratory, Graduate School of Science, Kyoto University

Shinji OHSAWA, Yuki YUSA, Kazutoshi OUE, Kazuhiro AMITA

九重硫黄山では、1日当り840トン程度のマグマ性水蒸気が定常的に噴出していたが(大沢ほか、

1997), 1995年10月11日に発生した水蒸気爆発直後に10倍以上に増加した(1日当たり約30,000トン; 平林ほか, 1996). 一方, 0.1以上の高い値を維持していた噴気ガスのHe/Ar比は, 爆発直後に0.05程度まで急減したことが分かった. この変化は, 噴気ガスに占めるマグマ性ガスの割合が爆発後に減少し, 空気成分に富むようになったことを意味する. これは, 爆発後のマグマ性水蒸気の放出量の増大と矛盾する結果である. 爆発前後のマグマ性Heの放出量と大気起源のHeのそれをそれぞれ計算し, 両者の比較を行ったところ, 爆発直後にマグマ性Heの1日当たりの放出量は12倍に増加しており, 上述のマグマ性水蒸気放出量の動向と矛盾しないことが示された. ところが, 大気起源のHeに関しては, それをはるかに上回る38倍もの増加が見られ, これが噴気ガスのHe/Ar比を見掛け上低下させている原因であることが分かった. マグマに由来する火山性流体の放出量の急速な増加は, 水蒸気爆発を引き起こしただけではなく, 流体流路への急激な大気の吸い込みという現象も誘発していたことが分かった. 爆発後の大気起源のHeの放出量の増量から, 吸引された空気の体積(1気圧, 20°C)を見積ったところ, 約200,000リットル/日という値が得られた.

#### 34. 1995年くじゅう山系硫黄山噴火前後の湧水の挙動

日本文理大学環境科学研究所 河野 忠

##### Trend of Spring Water in the Mt. Kuju-Iwoyama before or after the 1995 Volcanic Activity.

Research Center of Environmental Science and Technology, Nippon Bunri University  
Tadashi KONO

1995年10月12日, 320年ぶりに突如噴火したくじゅう山系硫黄山は周辺の湧水にも大きな影響を及ぼした. くじゅう連山周辺に分布する老野, 納池, 男池湧水の湧出量には噴火前後に大きな変動が見られ, 特に老野湧水では'94年12月から'95年4月まで枯渇した. 噴火前の地殻変動により一時的に枯渇する前兆現象と考えてよいであろう. 男池湧水の水温は, 12.0°Cから噴火直前まで徐々に上昇後, 12.5°Cに達した. '96年11月の小噴火後低下し初め, '97年11月以降は噴火前のレベルに戻っている. 老野湧水の水温は噴火後半年ほどで急激に2.5°Cも上昇し, 2ヶ月後平常値に戻った. 熱水系の移動が間接的, 直接的に影響したものと考えられる. したがって老野湧水は久住山付近で涵養された地下水が半年ほどで流動しているものと推定できる. 主要無機成分では $\text{SO}_4^{2-}$ に顕著な変化が認められる. 老野湧水の $\text{SO}_4^{2-}$ の値は春から夏にかけて極端に上昇し, 冬になると低下した. これは $\text{SO}_4^{2-}$ に富む熱水が流入すると考えられる. 現在その傾向は非常に小さくなっている. その他にも, 老野や男池で噴火前後の $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ や $\text{SiO}_2$ 濃度の急激な変動が認められた.

### 35. 九重硫黄山におけるマグマ性流体の流出過程に関する一考察

京都大学大学院理学研究科地球熱学研究施設 北 岡 豪 一

#### Discharge Processes of Magmatic Fluids at Kuju-Iwoyama Volcano, Kyushu, Japan

Beppu Geothermal Research Laboratory, Kyoto University Koichi KITAOKA

九重硫黄山では、1960年前後は、噴気蒸気の水素と酸素の安定同位体比が天水に比べて著しく高く、マグマ性蒸気そのものを噴出していた。しかし、1995年の水蒸気爆発の前は、そのような同位体比の高い蒸気は見出されず、深部からのマグマ性流体は天水によってかなり希釈されていたと考えられる。一方、噴気地から湧出する温泉水の同位体比から、天水の一部は少なくとも臨界温度付近まで高温化していることが推定される。時期の異なる噴気蒸気の一連の同位体比は、マグマ性蒸気と臨界温度以上に高温化した天水蒸気との混合を考えると矛盾しないものである。1960年ころは、マグマ性蒸気の圧力は、浅部二相系の全層にわたり平衡圧力よりも高い状態にあったと考えられるが、その後の蒸気同位体比低下には、マグマ性流体が少なくとも二相系に達するまでに、その圧力が臨界圧力よりも低くなったことが考えられる。実際、1979年に観測された噴気流出量45.8kg/s(噴気地面積0.13km<sup>2</sup>、江原ほか、1981)にDarcyの法則を適用してみると、蒸気通路の透過係数と間隙率によっては、比較的浅部におけるマグマ性流体の圧力が水の臨界圧力よりも低い状態が十分にありうるということが認識される。この火山では、水蒸気爆発前の数10年の間に、マグマ性流体の上昇通路で透過性が悪くなり(目詰まり)粘性による圧力低下が進んだが、あるいは、何らかの原因で深部貯気槽で圧力低下が生じたものと推定される。

### 36. 別府温泉の地熱流体供給域における比抵抗構造

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・大 沢 信 二・由 佐 悠 紀

#### Resistivity Structure of Geothermal Upflow Area in Beppu

Beppu Geothermal Research Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

Kazuhiro AMITA, Sinji OHSAWA, Yuki YUSA

別府-島原地溝の東端に位置する別府温泉は、日本でも最大級の地熱地帯として知られており、噴気・沸騰泉・一般温泉・高温湖沼・地熱変質帯と多種多様の地熱温泉現象が展開している。

本地域では、長年にわたり温泉研究が活発に行われてきた。その結果、側方流動域(火山性扇状地内)については、大まかな部分が明らかにされたと言える(例えば、Allis and Yusa, 1989; 由佐, 1995; 竹村, 1995; 由佐・大沢, 1998)。しかし、地熱流体の供給域と考えられている山岳部での調査は、いまだ十分に行われておらず、別府温泉の地熱流体の、地下深部のどこから、どのような経路をたどって山岳部のどこへ上昇してきているかについては不明な点が多い。

そこで最近行った、山岳部を視野に入れた地球化学的研究(大沢ほか, 1994; 大沢・由佐, 1996; 網田ほか, 未発表)から、地熱流体の供給域が鶴見火山群を構成する伽藍岳の東麓にある噴気変質地帯(鍋山)近傍にあることが強く示唆された。



本研究の目的は、電磁気学的手法を用いて別府地域における地熱流体の供給域を推定することである。そのために、まず鍋山および周辺地域において広帯域MT観測とVLF-MT観測をおこなった。今回、得られた結果はまだ予察的なものであるが、鍋山の地下数km付近に少なくとも数10 m程度の低比抵抗体が存在することが示されている。

### 37. $^{210}\text{Pb}$ 法による温泉沈殿物の堆積速度の推定

— およそ100年前に堆積した血の池地獄の沈殿物の発掘 —

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

大上 和 敏・大 沢 信 二・由 佐 悠 紀・北 岡 豪 一

Accumulation Rates of Hot Spring Deposits Estimated by the  $^{210}\text{Pb}$  Method

— Case Study at the Chinoike-Jigoku Hot Pool in Beppu Geothermal Field, Japan —

Laboratory for Volcanology and Geothermal Sciences (Beppu Geothermal Research Laboratory), Graduate School of Science, Kyoto University

Kazutoshi OUE, Shinji OHSAWA, Yuki YUSA, Koichi KITAOKA

別府温泉に存在する熱水性湖沼の一つである血の池地獄では、温泉沈殿物が層状に堆積している。温泉沈殿物の鉱物組成は、熱水の温度や化学組成の変化を鋭敏に反映することから(大上ほか, 1997)、熱水活動の変遷の復元を目的とした、血の池地獄の温泉沈殿物堆積層の掘削を行った。作業は、1997年12月9日に行い、成層状態の良い全長40cmの柱状試料が採取された。

今回、この柱状試料に関する研究の基礎となる、温泉沈殿物の堆積速度を、 $^{210}\text{Pb}$ 法(Faure, 1986)により推定したので報告する。

$^{210}\text{Pb}$ 法により推定された堆積速度は、柱状試料上部(9~19cm)で0.53~4.06cm/year、下部(19cm以深)で0.10~0.22cm/yearであった。これらの堆積速度から、採取された柱状試料の最深部の年代を見積もると、およそ120年となる。これは、懸案であった1990年以前の血の池地獄の温泉沈殿物の入手(大上ほか, 1996)が、達成されたことを意味する。

## 38. 噴気地からの放熱過程－別府・伽藍岳の例－

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

由 佐 悠 紀・大 沢 信 二・北 岡 豪 一

京都大学大学院理学研究科 福 田 洋 一

Heat Discharge Process from Fumarolic Area  
－ An Example at Garandake, Beppu －

Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

Yuki YUSA, Shinji OHSAWA, Koichi KITAOKA

Graduate School of Science, Kyoto University Yoichi FUKUDA

伽藍岳(硫黄山:標高1,045m)は、別府温泉の熱源である鶴見火山群の最北端に位置する活火山である。山頂の南側には、直径約300mの円弧状の崩壊地形が発達し、その内側に過熱蒸気の噴出を含む活発な噴気活動があり、また、少量の強酸性温泉水が湧出している。噴気地から流出する蒸気量は1.4kg/s、熱量は3.8MWである。一方、噴気地を中心とする $5.5 \times 10^4 \text{ m}^2$ の面積から放散される熱量は、ヘリボン熱映像法によって19.5MWと計測されている。したがって、総放出熱量(23.3MW)の主要部分は、地表面を通しての放散(放射と渦動拡散)である。

この地表面を通しての放散熱の一部は、伝導熱である。噴気地で掘削された井戸での地温データによれば、地表付近で100℃、300m深で200℃であった。この地温勾配から推定される伝導熱量は0.03MW程度でしかなく、前期の熱量に比べて無視できる。したがって、この山の大きな放散熱の輸送には、伝導とは別の過程が作用していると考えられる。

伽藍岳の山体内では、液体の水と蒸気が共存する二相流系が存在していると考えられている。そうとすれば、鉛直二相流による、蒸気の上昇→凝縮による潜熱の放出→凝縮水の下降、の過程によって、熱が効率よく上方に輸送され、地表温度が高められる結果、大きな熱放散が可能になるものと解釈される。また、噴気地から流出する蒸気は、上昇してくる蒸気の一部と見なされる。