
 一般講演要旨

1. 層状泉(深層水)における影響圏について

北海道立地下資源調査所 早川 福利

Area of Influence in Geothermal Water Reservoir

Geological survey of Hokkaido Fukutoshi HAYAKAWA

温泉の保護と利用の適正と云う観点で泉源の距離制限が行なわれる場合がある。この場合、主として泉源相互の干渉影響が因子となる。つまり、既存泉源の湯量・水位・泉温の低下や水質変化などの異常徴候があったり予測される場合である。現実には上述の異常徴候が発生してから問題とされる場合が多い。

深層水などの層状泉について、事前に第一近似として影響圏半径の検討を行なうことは重要な意味を持つと同時に制限距離についてのある程度の根拠となると考えられる。

地下水におけるダルシイ法則から導かれる坑井周辺の定常状態の水頭分布の式(被圧)は

$$\text{Log}R = 2.73KM(H-h)/Q + \text{Log}r$$

影響圏半径Rは、透水係数K、帯水層の厚さM、静止水頭H、動水位h、揚水量Qおよび井戸半径rの関数で表わされる。

これを利用して、最近急速に開発された北海道帯広市周辺の温泉について試算を行なった結果、現状ではR=260mとなった。また、泉源の一元管理に近い状態にある阿寒湖畔温泉における試算では350L/分の揚湯でR=40mとなり、適正泉源配置計画として100m程度の間隔が提案された。

これらの算定には、取水層の厚さに対応した透水係数の決定に特に注意を要するほか、動水位降下(H-h)が影響圏Rに対して大きく左右することが推定され、温泉の動力揚湯時の運転水位には特に注目すべきと考えられる。

2. 温泉の物理検層

(株)志賀ボーリング ○藤原 忠一・佐藤 友紀
 物理計測コンサルタント 松岡 清幸
 (株)利根 相沢 要人

Geophysical Well Logging of Hot Spring Well

Sigaboring Co., LTD. ○Chuichi FUJIWARA, Tomonori SATO
 Geophysical Surveying Co. LTD. Kiyoyuki MATSUOKA
 Tone Co. LTD. Kanato AIZAWA

温泉開発における物理検層の解釈の基本的な問題を検討し、現場データに基づき事件的に研究し、温泉開発に役立てる方法を報告する。

1. 物理検層の目的

(1) 電気検層

地層の比抵抗を調べることにより、地層の境界、層厚の決定、地層対比、地層の物理的性質の関係を検討することにより、貯留層評価の資料を得る。

(2) 温度検層

坑井内流体の温度を測定して地層温度を知ると同時に、温度曲線の異常による貯留層の検知と評価の資料を得る。

2. 物理検層結果の解釈の考え方

(1) 基本的な考え方

(イ) 岩石の比抵抗(岩石の物理的性質)

オームの法則の導入と地層の物理的性質、すなわち地層比抵抗係数を検討。

(ロ) 自然電位の考え方

堆積岩のみに確立しているS・Pについて検討し、地層水の比抵抗を算出し、温度との関係から温泉の可・否を検討する。

(ハ) 温度曲線の異常

温度曲線の異常から、逸水層の検知と対流現象を考察し、貯留層を考えるものである。

(ニ) 地温勾配

3. 物理検層結果の解釈

現場データについて、基本的考え方に基づいて解釈を試みる。

(1) 坑内水の比抵抗と温度の関係

(イ) 自噴井における比抵抗と温度

(ロ) 生産井における比抵抗と温度

(2) 温度曲線と比抵抗曲線の関係

(イ) 対流現象と比抵抗曲線

(ロ) 地温勾配と比抵抗曲線

(3) 堆積岩の温泉

(イ) 自然電位と比抵抗曲線

(4) 地層比抵抗係数と算出可能性

(イ)貯留層の比抵抗と地層水の比抵抗

(ロ)地層比抵抗係数と算出量

人 (ハ)貯留層評価

3. 噴気地帯, 温泉地帯における土地電流のスペクトル

関東学院大・工 ○伊藤 芳朗・石井 栄一

前田 直樹・田中 康裕

武藤 竹男・泉 貞之

相沢 道子・綾井 咲月

Spectra of Ground Electric Current at Geothermal Area

Earth Science Lab., Faculty of Engineering, Kanto Gakuin Univ. Yoshiro ITO, Eiichi ISHII, Naoki MAEDA, Yasuhiro TANAKA, Takeo MUTO, Sadayuki IZUMI, Michiko AIZAWA and Satuki AYAI

高土地電流とは、土地に起因する電気と土地を流れる人工電流とを総称して使用する。

地熱地帯には噴気、温泉噴出が見られ、地下では熱水が流動したり、過熱熱水が上昇の途中で沸騰し、液体から気体への相変化が活発に行なわれて居るはずである。これらの熱流体の流動により、流動電流が発生している事が考えられる。

これまでの典型的な例は、間欠泉の噴出、停止に伴う流動電流の変動、周波数スペクトル(栃木県塩原元湯炭酸ガス間欠泉、長野県上諏訪間欠泉)に見られる。また、自噴泉の周囲に見られる自然電位の分布、それは通常、自噴井を中心に等電位分布をなし、中心が高電位となっている現象(伊豆峰沸騰泉)に見られる。また、温泉の流動経路のSP法による検出原理も、温泉の流動による流動電位の発生が前提と成っている。これらより、流動電流は10Hz以下のスペクトルの動的電流と、熱流体の定常流れによる時間的変動の小さい静的電位(自然電位あるいはSPと略称)とに分類することが出来る事が判明している。

今回は、秋田県八幡平後生掛地熱地帯において、流動電流の測定を行なった。

- (1) 自然電位(SP)の東西、南北の両成分の合成から電場のベクトルを作成し、地下の熱水の流動方向を判定した。
- (2) 土地電流の4 Hz以下の長周期のスペクトルを示す地帯は地中の激しい熱水活動の存在を、4 Hz以上のスペクトルを示す地帯は、地表に噴気、熱水噴出がみられる地帯である事が判明した。なお、人工電流は小さかった。

4. 温泉水の泉質とその深部温度—別府温泉を例として—

九州大学名誉教授 古賀 昭 人

Relationship between Chemical Components of Thermal Waters and its Evaluation of Deep Temperatures in Geothermal Systems —(Example) Beppu Hot Spring Waters—

Emeritus Professor of Kyusyu University Akito KOGA

温泉科学を学ぶ上で、まず知らねばならぬ事は温泉成分の中で陽イオンのNa, K, Ca, Mgや陰イオンのCl, HCO₃, SO₄の相対濃度が温度の変化による規制を受けているという知識である。逆にいえば、温泉水の化学組成はその温泉が生成した時の温度を示しているのであって、多くの化学的地熱温度計を生みだした根拠となっている。

別府は火山性温泉の多岐にわたる生成過程により多くの泉質を持っているが、最高温度は高温熱水系のNaCl型であり、次第に温度が低下するにつれ泉質は変化していくはずであるから、別府地熱地帯の各種泉質の温泉(およそ350個を試料にした)とその化学平衡温度との関係を追求すると、

- 1) Cl/(Cl+SO₄+HCO₃)%と平衡温度(KとMg濃度を指示元素とした)との関係ではCl%の高い方が当然温度は高く、Clは深部起源、SO₄やHCO₃は浅部起源であることを示している。
- 2) 泉質と生成温度との関係はNaCl型が最も高く、ついでNa-Cl(SO₄)型で別府の地獄温泉はこれに属しているのが多い。Na-Cl(HCO₃)型は比較的溫度は高いが、Na-HCO₃(Cl), Na(Ca)-HCO₃(Cl), Ca(Na)-HCO₃(Cl)型となるにつれ温度は低下する。また、Clの少ないNa-HCO₃(SO₄)型は蒸気性の熱水からできたものだが、Na-SO₄(HCO₃)型よりは温度は高い。更にNa(Ca)-HCO₃型やCa(Na)-HCO₃型は温度が低いようである。
- 3) 別府全体の泉質図から全体の温度図を画くことができ、別府温泉の構造図を知ることが可能である。ただし、噴気系の所ではガス地熱温度計(CO₂とH₂濃度から計算)を用いる必要がある。

5. 初生水とマグマ水の地球化学的研究

東京工業大学名誉教授 岩崎 岩次

Geochemical Study on Juvomile Water and Magmatic Water

Prof. Emeritus, Tokyo Institute of Technology Iwaji IWASAKI

初生水の定義には各種のものがあるが、地下深所の物質が火山噴火などで、地表にはじめて出てきた水といわれているようである。火山噴火の原因はマグマであり、このマグマには水成岩や初生物質までものいろいろの物質が取り込まれているものもあり、マグマ物質は必ずしも全部が初生物質だけではないが、初生水を含む可能性は他の物質に比べて大である。

不明物質の解明は化学者の研究課題で、マグマ水中の初生水の化学組成だけでなく、その同位体組成比までもの研究が世界的に多く行なわれている。

ただ、マグマ水は、マグマの性質、マグマからの分離条件、マグマから分離した後の環境条件の変化などによって各種の性質のものが知られている。もしこれらのマグマ水が初生水であるならば、初生水はただ一種ではない。化学的方法で物質の出所由来を知るには標準物質である真正の初生水が必要である。それがまだ採取されていないのでその性質は全く不明であり、研究は困難である。

6. 中部領家帯の温泉の化学成分について

ジオサイエンス株式会社 ○井 上 裕 子・稲 澤 智 昭
小 俣 雅 志・久 家 直 之
牛 島 明・岡 野 英 樹

Chemical Composition of Hot Spring Waters in Ryoke Belt, Central Japan

Geoscience Co., LTD. Yuko INOUE, Tomoaki INAZAWA, Masashi OMATA,
Naoyuki KUGA, Akira USHIJIMA and Hideki OKANO

長野県、愛知県、岐阜県が隣接する木曾川の下流沿い帯には中生代白亜紀後期の領家花崗岩類が広く分布している。今回この地域の温泉について、泉質データを収集し解析を行った。

この地域に分布する温泉のほとんどは自然湧出であり、泉温が低く(20℃以下)、泉質は単純弱放射能泉が多い。また数は少ないが深度1000m以上の掘削により得られた温泉もあるが、比較的泉温が低く(30℃前後)、泉質はアルカリ性単純温泉である。

泉質データの主要化学成分について検討した結果、この地域内で北部・西部・東部地域と地域ごとに差が見られた。

ヘキサダイアグラムによって泉質を区分すると、この地域の北部の温泉がCa-HCO₃型に属し、それ以外の西部・東部地域の温泉はNa-HCO₃型とNa-Cl型に属する。

pHおよびNa/(Na+K+Ca+Mg)、HCO₃/(Cl+HCO₃+SO₄)の比は西部・北部地域で低く、東部地域で高い。K/(Na+K+Ca+Mg)、Ca/(Na+K+Ca+Mg)、Mg/(Na+K+Ca+Mg)は東部地域で低く、西部・北部地域は高い。他の主要陰イオン(Cl, SO₄)とその総和(Cl+HCO₃+SO₄)の比には上記の陽イオンのような傾向は見られない。3つの陰イオンの含有量を比較すると北部地域ではHCO₃が9割を占めるが西部・東部地域では5割程度である。

ラドン含有量は東部・北部地域で低く、西部地域で高い。またNa, K含有比を用いるアルカリ比温度計(ARNORSSON *et al.*, 1983; FOURNIER, 1979)で計算した温度は東部地域で低く、西部・北部地域は高い。

これらの北部・西部・東部地域は北西-南東方向の阿寺断層群と北東-南西方向の猿投山北断層によって境される地質ブロックに相当する。

7. 花崗岩地帯温鉱泉水の微量成分

東邦大・理学部 ○高松 信樹・今橋 正征
東邦大・医学部 ○加藤 尚之・相川 嘉正
日本分析センター 荒木 剛 匡

Minor Constituent in Hot and Mineral Spring Waters from Granitic Area

Faculty of Science, Toho University ○Nobuki TAKAMATSU, Masayuki IMAHASHI
Toho University School of Medicine Naoyuki KATO, Kasho AIKAWA
Japan Chemical Analysis Center Tadashi ARAKI

花崗岩地帯には比較的低濃度の温鉱泉水が多数湧出している。これは花崗岩が粗粒で透水性が高いため、水と岩石の接触時間が比較的に短いためと考えられる。本邦の花崗岩地帯の温鉱泉水については丹沢山地(大木, 平野, 1967), 阿武隈山地周辺(益子ら, 1959; 鈴木, 1979; 一國ら, 1982), 富士川上流域(高松ら, 1980; 加藤ら, 1987, 1988)などの報告があるが、これらの多くは温鉱泉水の組成が決定している因子について主要成分から考察するものであった。

我々は、一昨年(山梨県富士川流域)、昨年(福島県阿武隈山地)と花崗岩地帯の温鉱泉水中の微量成分含量について報告し、pHやアルカリ度と微量成分含量との関係などから花崗岩地帯温鉱泉水の生成機構を考察した。上記2地域にはアルカリ性の温鉱泉水が多く、低CO₂分圧下での花崗岩-水相互作用によって生じた水が多いと考えられる。今回は、高CO₂分圧下での花崗岩-水相互作用によって生じていると考えられる兵庫県六甲山地のpHのあまり高くない(7~8)湧水の微量成分含量の測定結果を加え、花崗岩地帯における温鉱泉水中の微量成分の特徴を総括した。

8. 温泉資源の開発当初における湧出量の減衰とその関連現象

その1 山梨県石和温泉とその近隣地域

(財)中央温研 甘露寺 泰雄

Deterioration of Hot Spring Resources with the Development of Spas

Part 1 On the Change of the Amount of Flow and the Chemical Constituents of Hot Spring Water in Isawa Spa and the Neighboring Area, Yamanashi Pref.

Hot Spring Research Center's Institute Yasuo KANROJI

被圧温泉帯水層に掘削された温泉井では、当初豊富であった湧出量が次第に減少する例が多くの温泉地で見受けられる。この場合、泉温や化学成分も変化することが多いが中には殆ど変化しないケースもあり、地下における温泉貯留層とそれをとりまく周辺環境が密接に関係していることを想定させる。

本報告は、山梨県甲府盆地にある石和・春日居・一宮温泉を対象にして、開発当初から数年間の資料を再検討し、特に湧出量の減衰に着目して変化を追跡した。

昭和36年以降、掘削井の増加と共に、個々の源泉では、湧出量、泉温の低下、主要化学成分濃度、組成の変化が著しかったが、およそ10年前から変化度合いが緩慢になり、現状ではやや落ち着いた状態にあることは多くの報告で述べられている。

今回は、次の各項目について検討した結果を報告する。

- 1) 開発当初の資源の状況
- 2) 掘削柱状図と孔底温度-深度曲線
- 3) 湧出量と泉温、主要化学成分の変化
- 4) 資源の減衰と温泉を取り巻く環境との関係についての考察

9. 秋田県銭川・トロコ両温泉地内の掘削井の温泉水について

秋田県衛生科学研究所 ○武藤倫子
秋田大学鉱山学部 松葉谷治

On Hot Water from Boring Wells in Zenikawa and Toroko Hot Spring Areas, Akita Prefecture

Akita Prefectural Institute of Public Health ○Noriko MUTO
Research Institute of Natural Resources, Mining College, Akita University
Osamu MATSUBAYA

秋田県北部の八幡平地域では、焼山および八幡平の2つの火山を結ぶ線の北側に地熱地帯が広がり、そこにはナトリウム-塩化物泉、酸性泉、硫黄泉、単純温泉など様々な泉質の温泉が存在している。

この地域内の銭川温泉には岩の湯、川原の湯、間欠泉、中庭の湯の4つの自然湧出泉があるが、それらの泉質はいずれも $Cl > SO_4$ 型である。1992年、同地内に新しい温泉井が掘られたが(深度54.5m)、そこから得られた熱水はこれまでの源泉とは異なり $SO_4 > Cl$ 型のものであった。また、銭川温泉と国道を挟んで相対しているトロコ温泉地内にも掘削井があるが(深度256.5m)、この源泉の泉質は $Cl > SO_4$ 型であった。そこで、銭川温泉地内の $SO_4 > Cl$ 型熱水の起源を知ることを目的に、銭川、トロコの各源泉および付近の地滑り防止用の水抜き井の水の酸素と水素の同位体比、および化学成分等を調査した。その結果、秋田県八幡平地区に広く分布する火山ガス起源の熱水と天水起源の熱水が銭川温泉地区内で交錯していることが推察された。

10. 温泉水と排水基準

群馬県中之条保健所 ○酒井 幸子・山本 輝幸
篠原 重行・嶋中 一彦
石坂 庫平・大木 俊英

Hot Spring Water and Effluent Standard

Gunma Nakanojo Health Center

○Yukiko SAKAI, Teruyuki YAMAMOTO, Sigeyuki SHINOHARA,
Kazuhiko HATANAKA, Kurahei ISHISAKA and Toshihide OKI

旅館業の入浴施設において、昭和49年12月1日より以前に湧出していた温泉を利用している場合、その排水水については、ヒ素およびその化合物、水素イオン濃度、銅含有量、亜鉛含有量、溶解性鉄含有量、溶解性マンガン含有量、クロム含有量及びフッ素含有量の8項目について水質汚濁防止法上の排水基準は適用されない。群馬県内の大規模温泉地は昭和49年以前に開発されており、上記の排水基準の適用を受けないために、入浴施設排水は処理せずに河川に排水することが可能である。

昭和49年12月1日以降に開発された温泉でヒ素を多く含んでいる温泉は、当然温泉水利用後の排水対策が必要となっており、ヒ素の排水基準をクリアーするために、雑排水で希釈しているのが現状である。ある温泉利用施設では比較的豊富な揚湯量が可能であるにもかかわらず、循環式の入浴施設を設計し、ヒ素を含んだ温泉水の使用量を押さえ込むことによって、排水中のヒ素濃度をコントロールしている。群馬県の温泉水の成分濃度からみると、ヒ素以外では、①pH, ②フッ素含有量の2項目の排水基準をこえている温泉があるが、通常の施設排水(雑排水)量で排水基準までの希釈は可能な濃度範囲である。

11. 中国雲南省騰冲火山区の地熱活動(その1)概要

京都大学理学部地球物理学研究施設 ○由 佐 悠 紀・大 沢 信 二
中国科学院南京地理与湖泊研究所 王 雲 飛

Geothermal Activities in Tengchong Volcanic Region, Yunnan Province, China (Part 1) General

Beppu Geophysical Research Laboratory, Kyoto University

○Yuki YUSA and Shinji OHSAWA
Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica Yunfei WANG

中国には2500箇所を超える地熱温泉地があるが、それらは主に、チベット-雲南、東経104度に沿う地帯、大陸東沿岸および台湾の4地帯に集中している。この内、チベット-雲南地帯の東部を占める雲南省とミャンマーの国境地帯は、2つの大陸プレート(ユーラシアおよびインド・ブ

レート)が衝突する境界の東端部に当たり、そこでは新しい火山活動と活発な地熱温泉現象が見られる。我々は、昨1993年11月の下旬に、約2週間、この地(騰冲火山区)の地熱温泉現象を調査する機会を得たので、その概要を紹介する。

地方行政区である騰冲県は、高黎貢山脈の東斜面に位置する(標高3780mから930m)。中心部はイラワジ川の支流に沿う沖積地で、その標高は1640m、年平均気温は14.7℃、年平均降水量は1425mmである。8つの民族から成る約50万人の人口の内、90%以上が農業に従事している。

この地域には玄武岩流や安山岩質の単成火山あるいはマールなどがあり、新生代後期の火山は50個と数えられている。また、58箇所の活動的な地熱温泉地のほか、低温の炭酸泉が散在している。地熱温泉活動が最も活発なのは、騰冲市街の南西約11kmに位置する熱海地熱地域である。最高97℃に達する熱水が、溪流に沿う花崗岩質礫岩層の割れ目などから流出し、流出口の周辺には炭酸カルシウムの沈積が見られる。

12. 中国雲南省騰冲火山区の地熱活動(その2)温泉水の化学的特徴

京都大学理学部地球物理学研究施設 ○大 沢 信 二・由 佐 悠 紀
中国科学院南京地理与湖泊研究所 王 雲 飛

Geothermal Activities in Tengchong Volcanic Region, Yunnan Province, China (Part 2) Chemical Characteristics of Hot Spring Waters

Beppu Geophysical Research Laboratory, Kyoto University

○Shinji OHSAWA and Yuki YUSA

Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica Yunfei WANG

今回の調査で計10個の温鉱泉水を採取できたが、Na-Cl型のいわゆるchloride waterは見いだせなかった。この地域を十分に踏査し、約70個の温泉水を採取・分析したZhang *et al.* (1987)のデータからも同じことが言える。陰イオンの組成からは、それらの温鉱泉水は一般にCl-HCO₃ waterないしbicarbonate waterに分類されることが示される。このようなタイプの温泉水は、いずれもchloride waterの周辺に分布する派生的な水であることが多く、200℃を越す温度での岩石-水間の化学平衡を直接経験していることはほとんどない。

主要陽イオンの化学分析値を用いた地熱・温泉水の解析法(Giggenbach, 1988)を今回の分析データに適用してみた。意外にも地熱生産井から得られるchloride waterのように高温での岩石-水間の化学平衡を示す温泉水の存在が示された。即ち、albite, K-feldspar, K-mica, chloriteなどの熱水性鉱物と260~270℃で完全平衡の状態にあった熱水が、地下水などによる希釈を受けることなく直接しかも急速に地表に湧出した温泉水である。また、二酸化炭素ガス分圧は20barであることが示された。これは、地熱生産井から得られるchloride waterと異なる点であり、この高い二酸化炭素ガス分圧が、温泉水の炭酸水素イオン濃度を高くしている一因であると推察される。

以上のような性質の温泉水は、現在演者らの知るかぎり、世界的にも珍しい存在である。まだ検討の余地は残されているが、このような水は従来のさまざまなタイプの水と区別し、HCO₃ bearing chloride waterと呼ぶべきものかもしれない。

13. タイ国南部の温泉

タイ国 プーケット教育大学 Chokdee SANGSAI

琉球大学名誉教授 ○兼 島 清

Hot Spring in Southern Part of Thailand

Chemistry Dept., Phuket Teachers College Chkdee SANGSAI

Emeritus Professor at Ryukyu University ○Kiyoshi KANESHIMA

タイ国南部北緯10度から南マレーシアの国境までの地区に湧出する温泉21か所についてその分布や泉質について調査し、地球化学的な検討を行った。

その結果、泉質はNaCl型、 $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3\text{-SiO}_2$ 型、 CaSO_4 型、Ca, Mg- CO_3 型、その他、各種の混合型等がある。その分布は、NaCl型が海岸近くに多く分布し、 $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{CO}_3\text{-SiO}_2$ 型は内陸部に広く分布し、 CaSO_4 型は石膏鉱山の多い地域に見られ、Ca, Mg- CO_3 型は石灰岩の露出した地域に見られる。この様にその泉質は地質と関連が深いようである。

泉温は78~40度で平均52度をしめす。NaCl型は泉温が低い傾向にあり、その他は50度に近く高いものが多い。

成分相互の関連については、蒸発残留物と塩素がCa, Mg, Na, Kの主要陽イオンの高い正の相関を示し、海水の影響がうかがえる。 HCO_3^- はpHと負の相関を示し、 HCO_3^- は水素イオンの影響を受ける。温泉沈殿物はほとんど炭酸石灰質で泉質に影響されない。

14. 本邦温泉分析の源流

昭和女子大学・文学部 ○大 沢 眞 澄

東海大学・文学部 塚 原 東 吾

法政大学・大学院 土 井 康 弘

Early Studies on Chemical Analysis of Mineral Spring Waters in Japan

Faculty of Literature, Showa Women's University ○Masumi OSAWA

Faculty of Literature, Tokai University Togo TSUKAHARA

Graduate student, Hosei University Yasuhiro DOI

本邦温泉水の化学的分析について、江戸期・蘭学の時代より明治初期に至るまで概観する。最初の記載はシーボルト『日本』(1832~)に見ることができる。その中の『江戸参府紀行』(斉藤信訳)で雲仙・阿蘇・霧島火山周辺の諸温泉について定性的な化学的調査を述べている。実際に実験を行ったのはビュルガーであり、その手稿(1827)が 1) オランダ、ライデン国立自然史博物館(7泉)、2) ベルリン日本学会→米国移管→ドイツ、ルール大学(12泉、東洋文庫)に現在残されている(中川昭三, 1977他; 後閑文之助・土井正民, 1936; 土井, 1978; 他)。シーボルト・ビュルガーの温泉研究は、彼らの『日本鉱物誌』(未刊)などよりみて地学的関心よりのものと思われる。

彼らから影響を受けたと推定される宇田川榕菴の温泉研究は1828年より現れる。『諸国温泉試説』、『榕菴温泉記事』(杏雨書屋蔵, 藤浪剛一, 1929)が知られているが, 有馬, 熱海など未定稿もあるようであり, また温泉案内記的なものも存在する。

『温泉分析法』(国立国会図書館蔵, 高野長英?, 写本)の存在, ポンペ『日本における五年間』の鉱物・温泉関係の記載, 宇都宮三郎, 太田雄寧らの業績が続く。

宇田川 榕菴 温泉研究
高野長英 温泉研究

15. 温泉水のトリチウム年代に関する考察

立正大学 綿 拔 邦 彦

A Consideration of Tritium Dating of Hot Spring Water

Faculty of Economics, Ritssho University Kunihiko WATANUKI

トリチウムは大気中の窒素と、中性子との反応で生成し、水分子にとりこまれる。その後、水分子が降水によって地下に浸透すると、水分子中のトリチウムは壊変により減少するのみとなる。したがって、トリチウムの初濃度を N_0 、試料中の濃度を N とすると、水のみかけ上の年代は次式で示される。

$$t = \frac{t_{1/2}}{0.693} \ln(N_0/N)$$

ここで $t_{1/2}$ はトリチウムの半減期である。Nは計測できるから、 N_0 がわかれば水の降ってからの年代が求められることになる。しかし、宇宙線の量は一定であるとは限らないし、人為的な核実験により、大気中のトリチウム量は大きく変動した。このため、 N_0 の推定は困難である。また最近降水中のトリチウム濃度は著しく減少しており、その計測は困難になっている。

最近、トリチウム起源の ^3He を測定する方法も行われているが、まだ熱水、温泉水中のトリチウムのデータは十分ではない。地下水の場合はほとんど問題はないが、熱水の場合にはマントル起源のヘリウム-3がどの程度あるかを考慮しなければならない。

トリチウムを用いて相対的な年代を求めてみると、山地の小流では、みかけ上3か月~6か月、やや大きな河川水では5~6年、その周辺の井戸ではそれより1~2年古く、温泉水となると10年~30年となる。

温泉源の保全のことを考えると、水資源の保全が、30年~50年と長期にわたって行わなければならないことが明らかである。

International Environment Consulting (EC), D-52355 Düren, Bruno SANSONI
G.B.-H.-Elektronik, D-31311 Uelze, Walter HEGER

The alpha-scintillation counter 3000 for IEC for IEC was designed as a small but universal instrument for radon detection. Since radon concentrations in water and air are relatively high, lower sensitivity can be tolerated and, therefore, smaller dimensions are possible. Radon in water as well as in air is measured in open, small size ZnS(Ag) cells, radon daughters after dust collecting on an Ag(Ag)-impregnated membrane filter.

16. 安定同位体およびトリチウムから推定される山陰地方の温泉の湧出経路について

京都大学理学部 ○北岡 豪一・大沢 信二
 富山県立大学環境工学科 吉岡 龍馬
 鳥取大学教養部 西田 良平
 京都大学防災研究所 小泉 尚嗣

Discharge Processes of Hot Spring Water in San'in District from Stable Isotopes and Tritium

Kyoto University ○Koichi KITAOKA, Naoji KOIZUMI and Shinji OHSAWA
 Toyama Prefectural University Ryuma YOSHIOKA
 Tottori University Ryohei NISHIDA

山陰地方の花崗岩地域に見られる温泉の湧出機構として、岩盤の深部まで(割れ目系)循環する水によって、深部の地熱が地表近くまで運びあげられるという見方がある(杉山, 1964)。そのような深部循環系を確かめるため、この地域の代表的な玉造、三朝、城崎の各温泉地で温泉水の水素と酸素の安定同位体比とトリチウム濃度の測定を行った。

得られた結果には、湧出温度の高い温泉水ほど、塩化物イオン濃度や硫酸イオン濃度が高く、水素と酸素の同位体比、およびトリチウム濃度の低い傾向が見られ、また、高地部に分布する地表水の同位体比が低地で湧出する温泉水と類似していることなどから、成分を含む高温の温泉水ほど、高地部で供給され、通過時間を要している(数10年)ものと推定される。また、温泉水のSiO₂温度は約150℃までの範囲にあるので、この地域の地温勾配を0.06℃/m(地表温度を15℃)とすれば、循環の鉛直規模は2.3km程度までの範囲であろうと推定される。さらに、温泉地ごとで温度の平面的分布を見ると、下流側で高温の傾向が見られ、深部経由の水ほど流出の末端部に湧出する状況がうかがわれる。

以上の結果は、この地域の温泉が広域(10km以上)かつ深部(数km)にわたる水の大規模循環系(割れ目系)によって形成されている可能性を示唆する。

17. Portable and Universal Alpha-Scintillometer for Radon Balneology: Radon in Water, Radon and Daughters in Air

International Environment Consulting (EC), D-52355 Düren ○Bruno SANSONI
 G.B.-H.-Elektronik, D-31311 Uelze Walter HEGER

The alpha-scintillometer 2000 for IEC was designed as a small but universal instrument for radon balneology. Since radon concentrations in water and air are relatively high, lower sensitivity can be tolerated and, therefore, smaller dimensions are possible. Radon in water as well as in air is measured in open, small size ZnS (Ag) cells, radon daughters after dust collecting on an ZnS (Ag)-impregnated membrane filter.

Central part of the instrument is a small photomultiplier with only 3 cm active diameter. Power supply is provided by a lead accumulator of 8 volt and 1 amp/hr for eight hours measuring time. Net connection allows continuous operation. Fixed counting times are 1, 5 and 10 minutes. Every counted alpha pulse is signalized by a green flash. The diameter of the open ZnS (Ag) cell is 4.0 cm, the size of the instrument together with cell ca. $28 \times 9 \times 12$ cm, the weight with cell 1.9 kg. The cost are about 5.5 TDM.

Sample volume is 1 l. An external battery-driven pump allows emanation of radon by air bubbling in two different modes, under equilibrium conditions or by complete evaporation.

Due to excellent optimisation of the dimensions of photomultiplier, sample volume, pump and connection, the sensitivity for radon measurement in water was better than expected. By this reason, normal tap water can be measured with detection limits of a few pCi/l radon. For comparison, officially recognized radon sources must have radon concentrations above $>18,000$ pCi/l. For extreme high radon concentrations either a special cell with reduced size has to be used or the volume of water sample has to be reduced. The problems of calibration by radon water with known radon concentration are the same like elsewhere.

In the lecture, the new alpha-scintillometer 2000 and examples for applications are to be demonstrated.

18. 空気中のラドン濃度の簡易測定(主として放射能泉の周囲)

山梨医大・RI ○石井 忠

大妻女子大・社会情報学部 堀内 公子

(株)ペスコ 目黒 昇

Simple Measurement of Rn Concentration in Air (Mainly Radioactive Spring Areas)

Yamanashi Med. College RI. ○Tadashi ISHII

Otsu Women's Univ. Kimiko HORIUCHI

Pesco Co. Ltd. Chubu Office Noboru MEGURO

§ 1. はじめに

空気中の放射性希ガス ^{222}Rn は地殻構成物質中に含まれる親核種 ^{226}Ra の α 崩壊により生成し、土壌中の亀裂や空間に放出される。通常 ^{222}Rn は土壌中の空間の拡散及び、地下水、他のガス成分の移動に伴って移送され空気中にもたらされる。

空気中のラドン定量法のうち動力を用いない方法(passive法)としては活性炭吸着法、トラック法、オープンバイアル法などいろいろあるが、先頃、活性炭を用いた空気中 ^{222}Rn 測定用バイアルが市販されるようになった(PICO RAD)。この測定バイアルを用い、主として強放射能泉地増富温泉の浴室内における ^{222}Rn 濃度の測定を試みたのでその結果を報告する。

§ 2. 実験・結果及び考察

増富温泉不老閣岩風呂内浴室及び飲泉室に測定バイアルを24時間セットした後、液体シンチレー

ター(LS)を加えLS中に溶離してくる ^{222}Rn を液体シンチレーションカウンター(LSC)で計測した。

浴室内 ^{222}Rn 濃度は207~458(平均 332.1 ± 65.0) Bq/m^3 であったが、飲泉室は3048~3640(平均 3409.6 ± 274.2) Bq/m^3 の高い濃度を示した。浴室内 ^{222}Rn 濃度は床から10, 70, 150, 200cmの4種類の高さの位置の濃度を測定し、その水平分布を調べたところ、200cmの ^{222}Rn 濃度が最も高い値を示した。

同時にLSに一定量の空気を循環させ、トラップした ^{222}Rn をLSCで測定する方法も試みたのであわせて報告する。

19. 浅虫温泉ボーリング孔のポァホールスキャナー観察

(株)建設技術研究所地質部 宇田進一・○大久保義和

The Results of Borehole Scanning on Asamushi Hot Spring in Aomori Pref.

Geological Section. C T I Engineering Co., LTD. Shinichi UDA and ○Yoshikazu OKUBO

本観察は浅虫温泉上流に建設を予定されている治水ダムの影響調査の一部として平成5年度に実施されたもので、青森県浅虫・駒込ダム建設事務所のご厚意により発表のお許しを頂いたものである。ポァホールスキャナーの観察を行ったボーリング孔は浅虫川下流左岸の温泉街に近い精神病院グラウンド脇の垂直100m孔で、使用した機器は(株)建設技術研究所製ポァホールスキャナーシステムで使用孔径 $\phi 66\text{mm}$ 、スキャンスピード1m/分(3000rpm)である。

本ボーリング孔は深度50m付近から自噴を始め、自噴水頭と温度は深度50mで0.4m, 38℃, 深度75mで0.37m, 44℃, 深度100mで1.2m, 50℃を記録している。自噴後の深度50m, 75m, 100mで採水した試料の主成分分析値は硫酸泉の成分を示している。

スキャナーの画像で見ると、深度50m以深の割れ目に方解石の沈着が顕著に見られ、特に深度59.3mの割れ目は走向 $\text{N}1^\circ\text{E}$ 傾斜 68°W を示し、開口幅は7.3cmで、両盤に幅1~2cmの方解石脈(粉末X線回折で同定)が認められる。この割れ目付近で孔内温度が 40°C から 42°C となり、自噴量も増加するなど、温泉の通路である可能性が高い。

○周辺の露岩や本ボーリング孔に出現した割れ目からシュミットネットを作成するとこの割れ目は母岩の層理面($\text{N}10\text{E } 20\text{W}$)と略同走向で西へ急傾斜を示す。

20. 三陸海岸小本における含硫黄高食塩泉(続報)

岩手医科大学教養部 ○中 館 興 一
 岩手大学名誉教授 後 藤 達 夫
 岩手県衛生研究所 高 橋 正 直
 岩手大学人文社会科学部 牧 陽之助

On the Sulfur-Sodium Chloride Spring at Omoto, Sanriku Coast-line (Follow-up)

Earth Science Lab., Faculty of Engineering, Iwate Gakuin University
 School of Liberal Arts and Sciences, Iwate Medical University ○Koichi NAKADATE
 Professor Emeritus, Iwate University Tatsuo GOTO
 Iwate Prefectural Institute Public Health Masanao TAKAHASHI
 College of Humanities and Social Sciences, Iwate University Yonosuke MAKI

岩手県では、東経141度10分付近を南に流れる北上川の東、北上山地地域ならびにその東縁の三陸海岸地域には25℃以上の温泉はなく、数か所の単純冷鉱泉が加熱利用されているだけである。しかし平成4年夏に岩泉町小本地内の掘さく井から含硫黄高食塩泉が湧出した。さらに同年末には大船渡市でも高濃度の食塩と硫化水素を含む地下水の湧出が報じられた。われわれは従来この地域にみられなかった型の鉱泉について湧出量、水質などを調査中であり、昨年に続きその経過を報告する。

調査地点は小本川河口であり、掘さく深度は11mである。平成5年9月の調査では、湧出量28.1 l/min (動力揚水)、泉温11.3℃である。またpH 7.1、蒸発残留物17.7g/kg (うち食塩11.3g/kg)、 NH_4^+ 12.0mg/kg、総硫黄16.3mg/kgであり、泉質名は含S-Na・Mg-Cl冷鉱泉である。

平成4年8月に調査をはじめてから、ポンプを交換したこともあって湧出量は大きく変動し、また蒸発残留物量も変動した。しかし NH_4^+ と総硫黄濃度の変化は少なかった。 NO_3^- および NO_2^- は検出されなかった。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る。

以上の成績およびLi, Br, Bなどの分析値から、この鉱泉水は現代海水が地下水と混合して生じたものと思われる。また NH_4^+ 、 HS^- および H_2S の供給には、浅海堆積層中の有機質の還元的な分解が関与し、とくに温泉指定の要因である HS^- および H_2S の起源には、硫酸塩の還元も必要であると考察した。

21. 秋田県銭川温泉(間欠泉)の地温の変遷

○石井 栄一・伊藤 芳朗
 田中 康裕・前田 直樹
 武藤 竹男・泉 貞之
 相沢 道子・綾井 咲月

Change of heat-flow from ground surface at Zenikawa Spa.

Earth Science Lab., Faculty of Engineering, Kanto Gakuin University

○Eiichi ISHII, Yoshiro ITO, Yasuhiro TANAKA, Naoki MAEDA, Takeo MUTO,
 Sadayuki IZUMI, Michiko AIZAWA and Satuki AYAI

八幡平温泉郷の中にある銭川温泉は、一軒宿の湯治場で、古くからオンドル室が多くあることで知られている。ここには小規模な間欠泉も存在し、その挙動については発表してきた¹⁾。

我々は、1974年からここ銭川温泉に注目し、地表面の温度測定・湧出孔温度・源泉の湧出量・間欠泉に伴う流動電位などの物理測定を行ってきた。

今回の測定(1994.6)とそれ以前の結果を比較すると、地表面温度は1978年の測定では20~40℃であったが、今回の測定では15~30℃と地表面温度の低下が顕著であることが解った。同様に温泉の湧出孔温度も1974年当初は95℃以上あったが、現在は約84℃と低下している。また、湧出量についても、1974~1982年では約42 (l/min)と比較的安定していたが、今回の測定では、約29 (l/min)と減少していることが解った。

最近では、トコロ温泉からの分湯や間欠泉も源泉として引湯されていて、間欠現象がはっきり観られなくなった。これらの変遷について述べる。また、これらの減衰には、地下水の函養の低下や熱源の減少が考えられる。これらの原因についての考察を行う。

1) 伊藤芳朗・斉藤輝夫・南雲政博(1978): 銭川間欠泉に伴う流動電位(1), 地熱, Vol. 15, No. 1 (Ser. No. 56)

22. 秋田県後生掛温泉の新湧出口について

香川大学教育学部化学教室 ○佐々木 信 行

岡山大学理学部大学院 杉 本 勝利・瀧 山 美智子

Newly Formed Vents at Goshogake Hot Springs, Akita Prefecture, Japan

Department of Chemistry, Faculty of Education, Kagawa University

○Nobuyuki SASAKI

Department of Earth Science, Faculty of Science, Okayama University

Katsutoshi SUGIMOTO and Michiko TAKIYAMA

後生掛温泉は那須火山帯の焼山火山に伴う噴気型熱水の温泉として同火山の東麓に位置するが、西麓にある熱水型の玉川温泉とは塩化物イオンの含有量など化学組成に大きな違いがみられる。筆者らは1985年より当温泉のおなめ、もとめ、紺屋地獄などの各湧出口の化学組成や活動状況の観測を続けているが、1989年(平成元年)の暮れにもとめ湧出口の隣に新しい湧出口が生成するのを認めた。その2~3年前頃よりその付近の遊歩道が少し変形していたり、遊歩道上の噴気孔が活発になっている様子が見られており、何らかの異変は予感できたものの、それまで何もなかった所に突然湧出口ができるのを目の当たりにするのはやはり大きな驚きと感動であった。

新湧出口の熱水は硫酸イオン中心の噴気型で、化学組成は従来よりあるもとめ湧出口のそれに近いが、多量の黒色泥を含む点は紺屋地獄の熱水に似ている。その後3年間調査・測定を続け、生成後の推移を見守った。新湧出口は生成後3年までの時点ではシリカや硫酸イオンが増加、pHが減少しつつある傾向がみられる。

筆者らは平成元年にできたこの湧出口を平成湧出口(平成口)と呼ぶことにした。今回、3年間の調査・測定を終えた時点での、この平成湧出口について得られた実験結果を整理して報告し、その生成機構について考察する。

23. 秋田県玉川温泉の化学成分の経年変化(続)

東邦大理 ○吉 池 雄 蔵・岡 村 忍・岩 崎 岩 次

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

Toho Univ. ○Yuzo YOSHIKAKE, Shinobu OKAMURA and Iwaji IWASAKI

秋田県玉川温泉の主源泉である大沸泉における化学成分の経年変動は演者らにより数十年間の測定観測記録がある。その結果は本会でもしばしば報告している。日本で代表的な活火山性酸性泉の一つであるこの温泉の特徴は Cl^- 、 SO_4^{2-} の溶存分量が、日本の他の酸性泉に認められるような $\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-}$ の型でなく、 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ の酸性泉であり、火山発散物の分化から考え、火山酸性泉の初期の火山活動の影響の多い温泉であると考えられている。そこで活火山性酸性泉の温

泉活動と温泉の生成機構を解明するために、温泉そのものの相当長期間の性質の変動を見る必要がある。その結果、この大沸泉におけるCl, SO₄含有量に大きな変動が認められた。1960年代後半までは、この大沸泉における性質の変動はほぼ一定であるといわれていたが、その後、30数年間におけるCl, SO₄の変化はⅢ期にわけられる。それは1960年代までの大沸泉水中のCl⁻, SO₄²⁻濃度は各々約3000mg/l, 1000mg/lではほぼ一定であった(I)。1970年代のSO₄²⁻は極端な変動を示し1972年900mg/lであった後、年々増加し、6年後の1978年には3000mg/lの濃度値を示した(II)。この値はこれまでの大沸泉における最大濃度であった。それ以降年々減少傾向にあり1993年には約1000mg/l程である(III)。一方、この間におけるCl⁻はSO₄²⁻のような大きな変動はなく約3000mg/l程で経年変化を繰り返していたが、最近10年間の変化はわずかな減少傾向にある。このような火山性酸性泉におけるCl, SO₄の生成機構を考え、特にSO₄²⁻の変動はどのような起因によるものか、また湧出量との関係、他の化学成分の変化等と共に大沸泉周辺の源泉での化学成分変化等をもとに考慮する。

24. 山形県肘折温泉の湧出状況

(株)サン・エンジニアリング 佐藤 幸二

Outflow of Thermalwater at Hijiori Spa. Yamagata Pref.

Sun Engineering Co. Ltd. Koji SATO

山形県肘折温泉には、10箇所を越える源泉があるが、そのうち掘削泉3、自然湧出泉3の6源泉の湧出状況(泉温、湧出量、導電率)と河川水2の状況(水温、導電率)を平成4年10月から月1回の頻度で測定した。今回は平成6年3月までの1年半にわたる測定結果をまとめた。泉温は、No. 1が最も高温で、以下No. 2, 3の掘削泉、No. 5, 4, 6の自然湧出泉の順となっている。河川水は低温で、季節変動が明らかであるが、自然湧出泉でも微かな季節変動が認められる。湧出量は、No. 1が飛び抜けて多く、No. 3, 2の掘削泉がそれに続く。No. 5, 6, 4の自然湧出泉は一般に少なく、融雪期に増加するという季節変化がみられる。導電率との関連から、No. 1, 2, 3の掘削泉は浅層地下水の混入が少なく、温泉華の付着の多少によって泉温、湧出量、導電率が変動し、No. 4, 5, 6の自然湧出泉では浅層地下水の混入量の多少によって、泉温、湧出量、導電率が変動すると考えられる。河川水位と温泉湧出量との関係は、No. 1～3の掘削泉では認められず、No. 4～6の自然湧出泉では正の相関が認められる。

温泉は、断層破碎帯に沿ってCO₂ガスリフトの形で上昇し、掘削泉はそれを上昇途中で捉え、自然湧出泉は地下浅部に至って、地下水の混入をうけたものであるとみられる。

25. 天童温泉の湧出機構

北海道大学理学部 浦上晃一

Thermal Water Flow Systems in the Tendo Hot Spring Area

Faculty of Science, Hokkaido University Koichi URAKAMI

山形県天童温泉は、山形盆地中東部の倉津川の小さな扇状地に湧出する温泉であり、3か所の泉源から温度60.5~69.0℃の温泉がおよそ800 l/min揚湯され集中管理されている。この他に1泉源があり、47.4℃の温泉が湧出している。平成5年から6年にかけて、電気探査、温泉湧出状況の調査、揚水試験、温泉や地下水の同位体分析などの調査を実施したので、温泉の湧出機構を中心に、調査結果の概要を報告する。

天童温泉では、表層から深度80~100mまでに沖積層が堆積し、その下部に、礫岩・角礫岩、凝灰岩、石英安山岩などで構成される第三紀層が分布している。天童温泉は典型的な裂罅層状であり、温泉は、この付近の元山断層と破碎帯が交差する部分に存在する地層の割れ目に導かれて、地下深部から上昇し、沖積層の下層部や、第三紀層最上部の礫岩・角礫岩層や凝灰岩層など比較的透水性がよい地層を流下している。また、安山岩層(上端深度125~150m)は透水性が悪く、この地域の不透水性基盤を形成している。現在の利用泉源は掘削深度が180~200mであり、第三紀層最上部から温泉を揚湯している。この地域では、かつて19か所に泉源があり、温泉を自噴していたが、これらの泉源は掘削深度が80~142mであったことから、主として沖積層内の温泉を採取していたものと考えられる。

天童温泉は、pHが8.0~8.5の弱アルカリ性で、Na・Ca-SO₄型の温泉であり、Naはもちろんのこと、CaやSO₄が多いこと(Ca, 203~243mg/l; SO₄, 1043~1062mg/l)が大きな特徴である。また、天童温泉の南方2.5kmには深度約1000mからSO₄が1875mg/lの温泉が湧出しており、この地域の深部には、SO₄の多い温泉が広く分布していると予想される。同位体分析の結果、温泉と地下水とは異なった循環経路をもつことが明らかになり、この付近には水温のやや高い地下水が分布するが、これらは地下水が下層の温泉によって熱せられたものであると考えられる。

26. 富山県の温泉ガスの地球化学的特徴

富山大学理学部生物圏環境科学科 佐竹洋

Geochemistry of Subsurface Gases in the Hot Springs of Toyama Prefecture

Department of Environmental Biology and Chemistry, Faculty of Science, Toyama University Hiroshi SATAKE

富山県内の約40か所の温泉についてその温泉ガスの成分と同位体比を分析し、その特徴を明らかにした。温泉ガスの主成分については二酸化炭素型、窒素型、メタン型、およびそれらの混合型のいずれかに大別された。温泉ガス中に多量(1%以上)に存在するメタンの起源は、その地理

的分布が第四紀堆積層の地域と一致する事と炭素同位体比(-80~-60‰)から、海成堆積物中の有機物と考えられる。一方、窒素ガスを主成分とする温泉ガスは、グリーンタフ岩類の分布地域に存在する。その N_2/Ar 比は30~270と空気(84)よりもかなり高い。また、 N_2/Ar 比の高い温泉ガスは高濃度のHeガスを含んでおり、 N_2/Ar 比と He/Ar 比には正の相関がみられた。この事は、高濃度のHeや N_2 ガスを含む地下深部ガスがあり、それが地表から浸透した溶存空気につけ加わって、温泉ガスを形成していることを示している。温泉ガス中の N_2 ガスの窒素同位体比(0~3.7‰)から地下深部の N_2 の同位体比は約4‰と推定され、日本列島の地下に沈み込んだ海洋堆積物から生じた N_2 であることが示唆された。東北日本の地下深部ガスと西南日本の地下深部ガスは、 He/Ar 比は同じものの、 N_2/Ar 比は東北日本のガスの方が約10倍大きいという報告があるが、富山県の温泉ガスにつけ加わった地下深部ガスの N_2/Ar 比は東北型と南西型のほぼ中間に分布する。この事は、富山県は東北型と南西型の地下深部ガスが漸移する地帯であるということを示しているのかも知れない。

27. 東北地方北部にある特異な泉質の温泉とそれらの皮膚科的適用

盛岡市上田病院 野口 順一

Three Characteristic Hot Springs in the North-eastern District of Japan Main Island and Dermatological Curative Indication of Them

Ueda Hospital in Morioka Jun-ichi NOGUCHI

1) 玉川温泉：pH 1.2, 98℃, 成分は殆んど硫酸と塩酸。この約42℃の浴泉に因り、皮膚は刺激され、痒感は疼痛に変じて封殺される。また皮膚は乾燥し、痂皮形成が促進される。この硬い痂皮は皮疹を掻爬の暴力から保護し、皮疹の痂皮下治癒を進行させる。

泉水の乾燥作用と強度の酸性に因り、皮上の病原細菌類は殺菌される。

以上の諸作用に因り、この浴泉は；神経性皮膚炎(いわゆるアトピー性皮膚炎)、痒疹、膿痂疹、真菌症などに有効である。

2) 日景温泉：pH 6.5, 43℃, 蒸発残渣($NaCl$, $CaCl_2$, $Mg(HCO_3)_2$, KCl , $MgCl_2$) 14g/l, H_2S 136mg/l (Bad Nenndorf 泉に近似)。この浴泉に因り表皮の血管は拡張される。また H_2S は皮膚中に留まり、座瘡や疥癬虫などに対して有効的に作用する。

皮膚科的適用としては：湿疹、皮膚炎、蕁麻疹、座瘡、疥癬、毛虱寄生などである。

硫化水素の空气中濃度が高くなると、生命に危険になるので、換気のため、浴室の特殊な設計が必要である。

3) 新安比温泉：pH 7.0, 53℃, $NaCl$ 20g/l, HBO_2 5.5g/l, CO_2 1g/l。高 CO_2 、高張(高滲透圧)の作用のため、皮膚科的適用は；尋常性乾癬、凍瘡、多形滲出性紅斑、天疱瘡、神経性皮膚炎、熱傷、褥瘡などである。

高張食塩温泉であるから、四季を通じて海水浴が可能ということになる。

28. 褥創に対する温泉水の治療効果

群馬大学医学部附属病院草津分院内科 白倉 卓夫

Therapeutic Effect of Hot Spring Water on Decubitus

Department of Medicine, Kusatsu Branch Hospital Gunma University School of Medicine

Takuo SHIRAKURA

褥創は寝たきり老人など、多くの場合、体力の低下した長期臥床患者のベッドとの圧迫部位に発生しやすく、極めて難治性で、かつ敗血症などの重症感染症の原因となりやすい厄介な疾患である。これまで褥創の局所治療には種々の試みがなされてきたが、その共通的な原則は褥創部を清潔に保ち、血行を促して組織欠損部分の修復を促す点にある。草津温泉は酸性(pH 2.0)明ばん緑ばん泉(Al・Fe(II)-SO₄泉)で、古くから創傷治療効果が高いことが知られている。今回我々は、褥創を有する各種疾患患者5例(脳梗塞3, 心筋梗塞1, 肺炎1例)を対象として草津温泉水を浸したガーゼを褥創面に毎日約20分間あてる方法で連続1ないし10か月間行い、温泉水の褥創に対する治療効果につき検討した。その結果、4例では褥創の治療、改善がみられ、1例では悪化し、本療法を中止した。

褥創の増悪因子には基礎疾患や全身状態の悪化、局所的には褥創面の汚染、感染、血行障害が指摘されている。今回の対象でも全身状態の改善が大きな改善要因の一因子と考えられたが、局所的には、温泉の持つ殺菌効果、明ばんの創傷治療過程促進作用、あるいは局所血行促進作用などもプラス要因として効果を発揮したと思われる。温泉水の局所的な利用でなく、全身浴がより効果的で危険はないと思われ、現在検討中である。

29. 前処理用カートリッジを使用したイオンクロマトグラフィーによる鉱泉水中のフッ素イオンの分析

栃木県衛生研究所 ○田崎 貞男・市本 範子

今井 清人・寺門 信子

岡田 安雄・山本 健

(社)栃木県薬剤師会 仁木 喜治

Analysis of Fluoride Ion in Spring Water by Ion Chromatography Through Using Cartridge for Pretreatment

Tochigi Prefectural Institute of Public Health

○Sadao TASAKI, Noriko ICHIMOTO, Kiyohito IMAI

Nobuko TERAKADO, Yasuo OKADA, Takesi YAMAMOTO

Tochigi Apothecary Society Kiyoharu NIKI

一般に使用されているEC(電気伝導度)検出器付きサプレッサー型イオンクロマトグラフィー

(以下「IC」という)によるフッ素イオンの測定については、幾つかの事項が測定値に影響を与える因子として指摘されている。

例えば、鉱泉水のように多量の陽イオンと低濃度のフッ素イオンを含む試料を測定する場合、サブレッサーで陽イオンが完全に除去されていないと、ウォーターディップと重なり正のピークを与えるため、フッ素イオンのピークと誤認する恐れがある。また、塩素イオンを多量に含む試料では、カラムが過負荷になり、フッ素イオンが低めの測定値となる等がある。

フッ素イオンは、温泉法では2 ppm以上含有していれば温泉として認められることから、2 ppm前後のフッ素イオンを正確に測定するために、陽イオン及び塩素イオンの除去が可能なカートリッジを使用して前処理を行い、鉱泉水のIC法による測定について検討を行った。

方法は、フッ素イオン2 ppm溶液に、塩素イオン、ナトリウムイオン、カルシウムイオン、鉄イオンを添加したときのフッ素イオン濃度の変化と、同混合溶液にカートリッジを使用したときのフッ素イオン濃度の変化を比較した。その結果、カートリッジの使用はIC法の前処理の一手段となることがわかり、また、鉱泉水についても良好な結果が得られた。

30. ICP-MS法による温泉水および岩石中の微量元素の定量

東邦大学医学部 ○加藤 尚之・相川 嘉正
東邦大学理学部 高松 信樹・今橋 正征

Determination of Trace Elements in Hot Spring Waters and Rocks by ICP-MS

Toho University School of Medicine ○Naoyuki KATO・Kasho AIKAWA
Faculty of Science, Toho University Nobuki TAKAMATSU, Masayuki IMHASHI

近年本邦においては温泉の開発が活発に行われ多方面に利用されている。飲泉用の温泉水の微量元素含量については健康および毒性の面から関心が高く、温泉水の迅速な分析が要求されている。我々は温泉水の迅速な多元素同時分析法として、誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法の半定量分析法が有効であることをすでに本学会(1990年)において報告した。

ICP-MS法は、これまでの分析法に比べ多くの元素に対してpptレベルの検出限界を持ち、超微量多元素同時分析が可能であることから、地球化学、地質学、考古学および医学など多方面で応用されている。しかし、温泉科学の分野ではその利用はまだ余り多くない。

温泉水には成分やpHにおいて様々な泉質のものが存在するが、温泉水に含まれる微量元素分析の信頼性を検討するための標準試料がない。

我々は、ICP-MS法を温泉分析に応用するため、標準岩石、標準堆積物および海水中の26元素を対象として同時定量法を検討し、データの信頼性について考察をした。

分析装置はPERKIN ELMER社製：ELAN5000型 ICP-MSを用いた。

一般にICP-MS法は試料のマトリックスによる妨害に弱いことが指摘されている。しかし、ICP-MS法は検出感度が高いので試料を希釈することによって測定が可能であると考えられる。本研究では特に塩濃度の影響および分析の再現性などについて詳細に検討を行った。その結果、温泉分析に十分利用できることが分かったので報告する。

31. 箱根温泉の温度と湧出量の観測

神奈川県温泉地学研究所 ○石坂 信之・棚田 俊收
栗屋 徹・大山 正雄
平野 富雄

Monitoring of Temperature and Discharge of Thermal Waters in Hakone Volcano

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

○Nobuyuki ISHIZAKA, Tosiaki TANADA, Toru AWAYA
Masao OYAMA and Tomio HIRANO

1967年(昭和42年)5月に箱根強羅温泉の一部の温泉温度が、急激に上昇した(20℃以上)。その後、強羅温泉の下流にあたる底倉湧泉にも異常高温が現れるようになった。この現象は、異常高温が現れる1年前の火山性群発地震によるものであり、箱根火山の火道を上昇する熱水量が火山性群発地震によって増えたためと考えられた(大木ら, 1968)。この群発地震は、1959~60年の群発地震と比較して震源が浅い特徴があった。

顕著な異常高温現象が現れた強羅温泉の高温は9年間続いたが、観測源泉の井孔の崩壊などで観測を中止せざるを得なくなった。強羅温泉と同様に高温となった底倉湧泉では、1974年ないし1976年頃から温度が低下し始めた。その後の群発地震(有感地震は少なく)では、何れの観測地点でも高温異常現象は現在までのところ現れていない。

底倉温泉の異常高温の解消変化を検討すると、2つの過程があった。まず、①異常高温となった底倉湧泉が高温を維持したまま湧出量が減少した。次に、②湧出量が減少したある時点から、温度が急激に低下した。この2つの過程は次のように解釈できる。火山性群発地震がおさまって、一時、増えた地下の熱水量が徐々に減少し、温泉水位が低下した。次いで、温泉水位の低下が一定のレベルに達すると浅層の地下水の進入が始まる。低温の浅層地下水の混入によって、温泉の温度は一挙に低下する。

このことは、温泉水位低下によっても裏づけられる。この地域では、年間で約1mの水位低下が見られ、熱水量の減少と人工的な要因(温泉、地下水の過剰揚湯)が重なってきている。このため、底倉湧泉の最近の観測結果では、温度と湧出量が同時に低下(減少)している。温泉水位の低下が一段と進み、湧出量の減少と冷地下水化が顕著になってきた。枯渇が目前に迫ってきている。

32. 箱根湯本湧泉の湧出機構

神奈川県温泉地学研究所 ○大山 正雄・平野 富雄
 栗屋 徹・石坂 信之

Mechanism of Yumoto Hot Spring Water, Hakone

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture
 ○Masao OHYAMA and Tomio HIRANO

温泉は湧出形態により、層状泉と岩盤の割れ目系を流動する裂隙泉に大別される。温泉の多くは岩盤の割れ目から湧出しているが、割れ目系の温泉の流動に関する研究例は少ない。本報告では基盤岩の割れ目から湧出する箱根湯本の福住湧泉の湧出量、水温、 Cl^- 濃度の変動を検討し、割れ目系温泉の湧出機構について考察した。

本湧泉の湧出量は個々の降水に敏感に反応して増加し、減水も早い。水温は湧出量の増加する3月頃から上昇し、4～5月頃にその年の最高値になり、湧出量が著しく多くなると急速に低下する。 Cl^- 濃度は湧出量の減少とともに増大し、湧出量が増加に転じた4～5月頃に最も高くなる。その後、 Cl^- 濃度は湧出量がさらに増大すると低下する。

Cl^- 濃度と温度がその年の最高値に達するのは、春先の降水によって湧出量が減少から増加に転じた初期の段階である。 Cl^- は温度に比べると岩石との交流がほとんどないので、湧出孔での現象として、まず Cl^- 濃度、次いで温泉の上昇が現れる。この現象は浅層地下水の上昇が下部の熱水をピストンのように押し出しているためと考えられる。

33. 化学成分の経年変化からみた温泉源のパターン分類の試み —湯河原温泉—

神奈川県温泉地学研究所 栗屋 徹・○平野 富雄
 大山 正雄・石坂 信之

Characteristics of the Annual Variation of Chemical Components Dissolved in the Yugawara Hot Springs

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Toru AWAYA, ○Tomio HIRANO, Masao OHYAMA and Nobuyuki ISHIZAKA

温泉の化学成分の経年変化を調べると、温泉地による特有のパターンがある。ここでは湯河原温泉の地熱活動の中心の不動滝付近の温泉と、古くから温泉が自然湧出している温泉場の温泉の化学成分による経年変化を比較する。

不動滝付近：このあたりに湧出する温泉は NaCl 型で温度は $70\sim 80^\circ\text{C}$ である。過去30年間の変化を調べると、温泉はむしろ上昇気味であり、温泉の蒸発残留物も増加傾向にある。かつて蒸発残留物が 1600mg/kg だった源泉が 2000mg/kg と20%も成分量を増やしたものもある。

温度の上昇傾向と温泉成分の増加は、地表からの浅層地下水の侵入が極めて少ないことを示し

ている。しかし、その反面で温泉の $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比は3から2へと減少している。泉質は NaCl 型から徐々に CaSO_4 型に移行していることを示している。

温泉場付近:この付近の温泉の過去30年間の経年変化を調べると、かつては 60°C だった温泉が 40°C となり 20°C も低下している。蒸発残留物は $800\text{mg}/\text{kg}$ から $500\text{mg}/\text{kg}$ に減少している。温泉の $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比は2から1前後となり、泉質はすでに NaCl 型から CaSO_4 型に移行している。これは浅層の CaSO_4 に富む地下水の侵入が著しいためである。浅層の地下水の侵入が著しいために、温泉場付近は不動滝付近に比べて水位低下量が少ない。

34. 熱海温泉の化学成分の経年変化

(財)中央温泉研究所 ○甘露寺 泰雄・田中 健昭

Change of the Chemical Constituents of Hot Spring Water in Atami Spa

Hot Spring Research Center's Institute ○Yasuo KANROJI and Akira TANAKA

前年に引き続き、熱海温泉について、市温泉水道課、県医務課、保健所などによる泉湯湧出量(揚湯量)、および水位の既存資料と、県衛環センター、(財)中央温研の主要成分の分析値を総合して、化学成分の経年変化について検討・考察を行った。

1) 昭和10年代、自然湧出泉がかなり残存した時代に比較して、塩化物泉が海岸側全域に進出し、硫酸塩泉は内陸側、特に標高の高い地域に限定された。

2) Ca-Cl 型の塩化物泉の出現が顕著であり、その分布は高温泉の賦存地域からはずれている点の特徴である。塩化物泉の陽イオンは、経年的に一旦 Ca-rich になった後、ここ数年は逆に Na-rich に変化する傾向にあり、特に高温泉ではこれがはっきりしている。

また、 Ca 含量の高い温泉はトリチウム含量が低く、これは地層中の滞留時間が関係していると考えられる。

3) 温泉の総湧出量は、昭和10年から20年代にかけて増加、同時に掘削深度の全般的な増加、水位の低下、高温泉の賦存地域の縮小などが起こったが、総採取量はここ30年間さほど変化していない。

化学組成の変化をActivity Diagramにプロットすると、 Na-rich 化と地下水による希釈化現象は、石坂ら(1986)が鶴巻温泉で報告した粘土鉱物の交換反応と共通の機構を想定させる点大変興味深い。

35. 山梨県西山温泉の変遷

東邦大学医学部 相川 嘉 正

Transition of Nishiyama Hot Springs in Yamanashi Prefecture

Toho University School of Medicine Kasho AIKAWA

西山温泉は南アルプスの山梨県側に位置し、地質的には第三紀層に貫入した閃緑ひん岩中より湧出している。この地域は日本列島を東西に分断するフォッサ・マグナの一部で糸魚川-静岡構造線上に近接している。西山温泉の泉質はNa・Ca-SO₄・Cl泉(含塩化土類芒硝泉)であり、また同じ地域に全く泉質の異なるNa・Cl・HCO₃泉(含重曹食塩泉)の奈良田温泉が存在する。両者は構造線を挟んで対照的な位置から湧出している。

今回、西山温泉誌として明治22年頃編纂された資料に基づき西山温泉の発見の沿革史を紹介すると共に、記載データと最近調査した結果とも比較する。

西山温泉は古く、西暦700年文武天皇の御代、藤原房前郷の後裔、四郎長麿、六郎寿麿の兄弟より発見されたと言う。時に慶雲年間でありその名も現在慶雲館と呼んでいる。その後、蓬萊湯の発見もあり時代と共に移り変わるが、源泉の御殿湯、御座湯、目湯、穴湯の4源泉は1959年伊勢湾台風により土砂に埋もれた。現在これら4源泉を1つにまとめ引湯して利用されている。成分については、御座湯の場合、華氏百拾八度、無色透明にして臭気稍強し、格留兒(塩素)稍多量、硫酸多量、硼酸僅微、那篤倫(ナトリウム)著明、石灰稍多量、安母尼亞(アンモニア)僅微、苦土(マグネシウム)微痕、鉄微痕、固形物は1リール中1.2065グラム含み、成跡によれば本泉は弱塩類泉に属すと温泉誌に記載されている。最近の調査では、泉温は43℃を示し、古い記載とほぼ等しい値であった。また、Na 271mg/l, Ca 96mg/l, Mg 0.4mg/l, Cl 224mg/l, SO₄ 459mg/l, HCO₃ 38.2mg/l, NH₄⁺ 0.277ppm, 蒸発残渣1170mg/lの値を示した。

温泉誌によると古くから非常に賑わいをみせた西山温泉は、当時、湯治客が主であったようであるが、現在は開発され観光と湯治を兼ねた入浴客で賑わっている。

36. 山梨県甲府市周辺の温泉についての研究

東邦大学医学部化学研究室 ○塚 本 邦 子・相川 嘉 正

加藤 尚 之・中村 幹 夫

Studies of Hot Springs Around Kofu City, Yamanashi Prefecture

Department of Chemistry, Toho University School of Medicine

○Kuniko TSUKAMOTO, Kasho AIKAWA

Naoyuki KATO and Mikio NAKAMURA

今回は昨年調査できなかった3源泉を加え湯村温泉内12源泉の調査結果から、経年変化・地質との関係等について更に詳しく報告する。

湯村温泉は甲府駅から北西約2.5kmにある湯村山の西麓に位置し、源泉はここを流れる湯川に沿って南北約600m、東西約300mの狭い範囲に密集している。これらの源泉は何れも1935~36年頃掘削され、当時は全て自噴していたが現在は殆ど動力揚湯している。泉温については、全般的に低下傾向にある。その中で'78年以降上昇傾向にあるのが八香園・昇仙閣・千鳥など湯川下流にある源泉と、湯川最上流にある弘法湯である。花崗岩伏在深度の深い源泉の方が泉温が高い様である。SO₄については、弘法湯・柳屋・昇仙閣で減少している他は増加傾向にある。特に'80年以降八香園・千鳥・湯伝・鷲の湯などの増加が目立つ。花崗岩伏在深度の比較的深い源泉である富士野屋・柳屋・昇仙閣に少ない。Clについては、全般的に減少傾向にあり、昇仙閣のみ増加している。SO₄とは逆に花崗岩伏在深度の深い源泉に含有量が多い。Caについては'50年代では殆ど100mg/l以上であったが、現在では甲府富士屋ホテル(昇仙閣)・湯村温泉病院(八香園)を中心とし同心円状に減少している。湯川上流にある弘法湯・明治・鷲の湯などは特に少ない、泉質的に変化がある源泉は常磐ホテル・湯伝・八香園の3源泉で何れもNa・Ca-Cl型からNa・Ca-Cl・SO₄型へと変化している。

37. 白浜温泉とその周辺温泉の経年変化

和歌山県衛生公害研究センター ○辻 澤 廣・上 田 幸 右
山 東 英 幸・橋 爪 崇
久 野 恵 子・得 津 勝 治
石 垣 彰 一

The Time Course of Temperature, Flow Amount and Evaporated Residue in Shirahama and its Neighboring Hot Springs

Wakayama Prefectural Research Center of Environment and Public Health

○Hiroshi TSUJISAWA, Kousuke UEDA, Hideyuki SANDO, Takashi HASHIZUME
Keiko KUNO, Shoji TOKUTSU and Shoichi ISHIGAKI

和歌山県は、温泉資源保護の目的で温泉保護対策実施要綱を策定し、当センターでは4年間隔で温泉の経年変化調査を実施してきた。

今回、白浜温泉5源泉とその周辺温泉5源泉について、過去の調査と経年変化調査結果を用いて、泉温、湧出量、蒸発残留物、塩素イオン等の経年変化について検討したので報告する。

白浜温泉の海岸近くの4源泉の泉温は、初回の調査結果と1993年を比較すると3.5~17.5℃の低下を示した。また、周辺温泉の2源泉の泉温はそれぞれ3℃、7.5℃の上昇がみられた。しかし、温泉保護対策が実施された1977年以降の調査では、ほとんど変化がなかった。

湧出量は、白浜温泉の海岸近くの3源泉で初回の調査から1993年にかけて900 l/分から560 l/分へ、500 l/分から281 l/分へ、432 l/分から272 l/分に変化しており、他の2源泉は横ばい傾向であった。周辺温泉の湧出量は3源泉が減少し、2源泉は上昇傾向を示した。

蒸発残留物は、白浜温泉の海岸近くの4源泉で増加傾向を示したが、他の源泉はほとんど横ばい傾向であった。

Na⁺とCl⁻の含有量は白浜温泉の海岸に近い4源泉で増加傾向を示し、塩水化が進んだものと

思われる。最近になって Na^+ と Cl^- の含有量は減少傾向もみられるようになり、白浜温泉の塩水化も止まりつつあると考えられる。

38. 鹿児島県の温泉水中のヒ素，アンチモンおよび水銀含有量

鹿児島大学理学部 ○坂元 隼雄・鎮守 雅一
富安 卓滋・米原 範伸

Contents of Arsenic, Antimony and Mercury in Hot Spring Waters of Kagoshima Prefecture

Department of Chemistry, Faculty of Science, Kagoshima University

○Hayao SAKAMOTO, Masakazu CHINJU

Takashi TOMIYASU and Norinobu YONEHARA

鹿児島県内の北東部(霧島地区)から南西部(指宿・山川地区)にかけての温泉水(一部地熱水を含む)について、そのヒ素，アンチモンおよび水銀含有量を調べた。

これらの温泉地域から採取した温泉水中のヒ素(III+V)の含有量の範囲は $<0.1\sim 8,390\mu\text{g/l}$ 、アンチモン(III+V)の含有量の範囲は $<0.05\sim 231\mu\text{g/l}$ 、総水銀の範囲は $0.3\sim 65.5\text{ng/l}$ であり、それぞれの算術平均値は $249\mu\text{g/l}$ 、 $14.2\mu\text{g/l}$ 、 9.2ng/l であり、幾何平均値は $20.0\mu\text{g/l}$ 、 $0.96\mu\text{g/l}$ 、 6.7ng/l であった。

As/Sb(重量比)の値は、今回の試料についてはpHの範囲は $2.0\sim 9.9$ と広いために $13\sim 800$ とかなり広い範囲にあることが分かった。

温泉水中のヒ素と水銀(相関係数0.58)，アンチモンと水銀(相関係数0.62)の間にはあまり高い相関がみられない。しかし、ヒ素とアンチモン(相関係数0.98)の間には高い正の相関あることが分かった。このことから、水銀はヒ素やアンチモンとは異なった挙動をしていることが分かった。

温泉水(地熱水を含む)中の総水銀含有量(108個の試料による算術平均値 9.2ng/l ，幾何平均値 6.7ng/l)であり、温泉地域が変わっても大差はない。水銀は、ヒ素やアンチモンとは異なり、揮発性に富み、金属水銀の形で(火山ガス成分としても)大気中に放出されている。

39. 葛根田地熱水中のケイ酸分の除去

岩手大学工学部 梅津 芳生

Removal of Dissolved Silica in the Kakkonda Geothermal Water

Iwate University Yoshio UMETSU

岩手県葛根田地熱井は熱水卓越型で毎時3000 tもの熱水が副産されている。現在約 3mg/l の

ヒ素が含有していることもあって、その全量を還元井を通して地下に戻している。近年、熱水の多目的有効利用総合計画が推進されてきたが、地熱水は放冷すると溶存シリカがスケールとして析出し、パイプの目詰りの主因となることから、その除去対策が問題となっている。本研究は河水で熱交換したのち地熱水に吸着剤を添加して溶存シリカ分を除去する方法について検討を加えたものである。

SiO₂濃度約400mg/lの地熱水について、pH、温度、攪拌速度を考慮してアルミニウム塩、鉄塩および粘土類を添加して、濾液中の残存ケイ酸分を測定し、吸着共沈量とした。pH 8.0、50℃、200rpm、30minの条件で0.1mol/mol (Al/Si) AlCl₃の場合、約60%のSiO₂除去率が得られた。また、400℃で熱処理したアロフェン系粘土(-100mesh)の場合、20g clay/1 l soln. で65%の除去率が得られた。経済性や供給性を考慮した場合、アロフェン系粘土はシリカ除去剤として有望であることがわかった。ヒ素(初期濃度3.8mg/l)の除去率はアロフェン系粘土(-100mesh、20g clay/1 l soln.)で約65%の除去率であった。吸着後の固液分離について、現在、高分子凝集剤の効果を検討中である。

40. 葛根田地熱地域におけるスケール付着試験結果

地熱エンジニアリング(株) 柳 谷 茂 夫

Results of Scaling Tests in the Kakkonda Geothermal Area

JMC Geothermal Engineering Co., Ltd. Shigeo YANAGIYA

葛根田地熱発電所では、気液分離された後の熱水(約160℃)を温度低下させることなく還元井から直接地下へ還元するという方法(クローズドシステム)を採用することで、地上設備及び還元井へのシリカスケール付着によるトラブルを未然に防止してきた。

1985年以降葛根田2号機の建設にともない、既存の貯留層(浅部貯留層:垂直深度1500m以浅)よりもさらに深部を目指して掘削したところ、pH 3.2~5.1(大気圧下、室温)の酸性熱水が得られた。この深部井から噴出する酸性熱水と浅部井のアルカリ性熱水を混合したところ、混合地点より下流側にスケールの生成が確認された。

本試験は、スケール生成の抑制を目的に、テストプラントにおいて酸性熱水とアルカリ性熱水の混合比を変えて、スケール付着状況観察及びスケール分析を実施した。

テストピースへ付着したスケールは、混合熱水のpHが4.0を越えると生成しはじめ、pHが8.0付近で最も多い。このスケールは、SiO₂を主成分とし、非晶質シリカ、方鉛鉱及び閃亜鉛鉱からなる。

酸性熱水とアルカリ性熱水を混合させた場合のスケール生成の抑制条件として、混合熱水のpHを4以下にする必要があることが判明した。

41. 霧島新湯温泉で1989年に発生したガス中毒事故について

玉川大学農学部 小坂 丈子
 鹿児島大学理学部 坂元 隼雄
 岡山大学理学部 黒崎 誠
 東京工業大学理学部 野上 健治

Gas Poisoning Disaster at Shi-yu Hot Spring, Kirishima in 1989

Tamagawa University ○Joyo OSSAKA
 Kagoshima University Hayao SAKAMOTO
 Okayama University Makoto KUROSAKI
 Tokyo Institute of Technology Kenji NOGAMI

霧島火山新燃岳山麓の新湯温泉で、1989年3月26日、温泉治療浴室内の脱衣所にて、母子2名が死亡しているのが発見された。同年5月からの演者らの現地調査により、この温泉は同地区内に掘削されたボーリング孔から噴出するガス(H₂Oを除いたガス中にH₂Sを13.3%、CO₂を82.6%含む)を温泉旅館の上流に位置する温泉造成槽内に導入して、この中で沢水と混合して造成していることが判明した。この際、水中に導入するガスの量が適当であり、そのすべてが水中に溶解されていれば問題は少いが、大過剰に注入され、かつ太いパイプから大きな泡として吹き込まれていた。そのため水温は上昇し、pH値も低くなるので、さらにガスの溶解度は小さくなる。また造成槽内で凝縮により水蒸気を失った噴気ガスは、H₂Sその他のガス成分が数十倍に濃縮され、そのために比重も大きくなる。このようなガスが、上流の高い位置におかれた造成槽から漏出し、下流の低いところにある浴場の方に流れて来る。これに温泉水中から放出されたH₂Sガスも加わって、さらにH₂Sが増加して浴場付近に大量に滞留していたのではないかと推察される。たまたまこのような悪条件が重なって、中毒事故が発生したものと判断される。その対策としては、(1)温泉造成槽内に吹き込むガスのバブルをこまかくする。(2)浴槽内外の換気、通風をよくし、(3)浴場付近の噴気孔(ボーリング孔)を閉鎖する。(4)散水によるH₂Sの除去を試みるなどしている。

42. 岩間噴泉塔の形成過程の研究

金沢市立湯涌小学校 紙谷 威

Studies on the Formation Process of Iwama Sinter Cone

Yuwaku Elementary School Takeshi KAMIYA

岩間噴泉群は、白山山麓の中ノ川の溪谷にあり、高さ2~4m釣り鐘状の塔で、その中心部から沸点近い高温の温泉水が常時噴出し、世界的に珍しいために昭和32年(1957)には特別天然記念物として指定されている。

噴泉塔の形態変化の原因は、温泉水が噴出口(噴出時の Ca^{2+} はおよそ 80mg/l)から塔壁に沿って流れ落ちる間に噴泉水 1l に Ca^{2+} が $16\sim 38\text{mg}$ 減少していることと、噴出口から飛散した温泉水には溶存 Ca^{2+} の減少が見られないことから、次のように考えられる。

CaCO_3 が沈着する噴泉塔や石灰華などを観察すると、温泉水がゆっくり流れ落ち、その間に結晶核のある噴泉塔の塔壁や木の葉や石灰華などに触れながら流下し、 CaCO_3 が次々にそれらに沈着して塔や石灰華を形成するものと思われる。

従来、噴泉塔の成長は鍾乳石のように100年間に数ミリメートルと考えられているが、今回の調査で噴泉塔の成長量は年平均数 cm のものもあれば、年平均数 10cm になるものもあることが明らかになった。

噴泉塔の一生は、まず温泉水の地上への噴出から始まり、噴出した温泉水が地表に落ちて流れ始めると、 CaCO_3 の沈着がはじまり、おわんを逆にしたようなものを造り、噴泉塔は次第に太く、高く成長する。やがて、噴泉水の噴出限界に近づくと、頂上部が細くなって尖りはじめ、そのうち噴泉水が噴き上げにくくなり、ついに、噴出口から噴泉水が出なくなり、枯れ、活動が止まる。

噴泉塔は比較的柔らかな沈着形成した石灰華のために、深い降雪に伴う雪崩や異常な激流によって消滅してしまうものがほとんどであることを認めた。

43. 和倉, 辰口温泉の微量元素

青山学院大学理工学部化学科 ○佐川 恵美子・斎藤 裕子
原川 裕章・木村 幹

Trace Elements in Wakura and Tatsunokuchi Hot Springs

Aoyama Gakuin University, College of Science and Engineering

○Emiko SAGAWA, Yuko SAITO, Hiroaki HARAKAWA and Kan KIMURA

石川県には多くの温泉が存在しているが、その中でも塩化ナトリウム含量の高い温泉である和倉温泉と辰口温泉に着目し、そこに含まれる主要元素、微量元素、ウラン、トリウム、ラジウムの各同位体比を求めた。主要イオンはイオンクロマトグラフ法、微量元素は放射化分析法、放射性元素はウランとトリウムは電着後 α 線測定により、ラジウムは γ 線測定によりそれぞれ定量を行なった。

主要イオン組成から見ると、和倉、辰口ともに海水よりもマグネシウムが劣化しており、辰口温泉においては硫酸イオンが非常に多くなっていることから、海水と天水との単純な混合とは考えにくく、岩石との相互作用の影響を考慮する必要がある。

ウラン、トリウムについては、 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ の放射能比はほぼ1であり、非平衡は見られなかった。また、 U/Th (g/g)比は0.3から0.5であり、海水の U/Th (g/g)比 10^5 程度よりもはるかに小さい値を示し、また、 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 放射能比も、海水よりは低い値を示した。

44. 辰口温泉水のウラン同位体比とその変遷

金沢大学理学部LLRL ○山本政儀・小藤久・穀響

²³⁴U/²³⁸U Activity Ratio in Hot Spring Water of Tatsunokuchi and Its Variation

○Masayoshi YAMAMOTO, Hisaki KOFUJI, Kazuhisa KOMURA and Kaoru UENO

天然水中において、ウラン系列に属する2つのウラン同位体 ²³⁸Uと²³⁴Uが必ずしも放射平衡になっていないことが1955年Cherdynstev (ソ連)により見いだされ、その後種々の天然水で確認されてきた。本邦においても、阪上等(1964年)が一早くこの現象に注目し、各地の温鉱泉水、地下水などについてこの比の測定、木越(1971年)による非平衡が生ずる要因の研究、さらに地下水の起源や年代推定への応用研究が行われてきた。最近、このような天然壊変系列での非平衡状態の研究が、環境中の放射性核種の挙動研究の面からのみならず、放射性廃棄物の地中処分の際のアナログ研究としても関心がもたれている。

本研究では、10数年前に10に近い高い²³⁴U/²³⁸U放射能比が見いだされた当研究施設のある辰口町の上開発に掘削湧出した温泉について、²³⁸U濃度と²³⁴U/²³⁸U放射能比の経年変化を他の放射性核種(Th, Ra 同位体, ²²²Rn など)と共に測定し、その地球化学的意味を考察した。

山本政儀・小藤久・小村和久・上野響
金沢大学理学部LLRL

Trace Elements in Wakuwa and Tatsunokuchi Hot Springs

Aoyama Gakuin University, College of Science and Engineering

○Emiko SAGAWA, Yoko SAITO, Hiroaki HIRAKAWA and Ken KIMURA

辰口町の上開発にある温泉は、高濃度のウラン同位体比を持つ。この温泉は、天然水中に存在するウラン同位体比の異常な高濃度を示している。この温泉は、天然水中に存在するウラン同位体比の異常な高濃度を示している。この温泉は、天然水中に存在するウラン同位体比の異常な高濃度を示している。

この温泉は、天然水中に存在するウラン同位体比の異常な高濃度を示している。この温泉は、天然水中に存在するウラン同位体比の異常な高濃度を示している。この温泉は、天然水中に存在するウラン同位体比の異常な高濃度を示している。