

一般講演要旨

1. 兵庫県南部地震時の近畿地方の温泉への影響について

京都自然史研究所 西村 進

Temporal Variations in Discharge and/or Temperature of Some Hot Springs by the Southern Hyogo Prefecture Earthquake

Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA

地震後は勿論、地震前にも、地下水や温泉水に異常な変化を示す場合があることは以前から多く報告されている。城崎町に、1994年10月、500mの掘さくで、自噴120l/min, 69~67℃の泉源が得られた。ところが11月はじめ温泉源から、自噴井の温度が上昇しているらしいとの報告があり、その後毎日測定をお願いした。そうすると地震直前までは70~80℃の上下を激しくくりかえし、地震直後80℃に更に次第に81℃に上昇し、今でもこの温度が続いている。そこで、本当にこの様に遠い所まで変化をもたらしたのならばと考え連続観察をしている京大防災研の記録などを問い合わせ、更に多くの泉源について調査と問い合わせを行った。これと併行して京大防災研、大阪市大、電力中央研究所などで現地調査を含めて多くのデータの取得につとめられた。

それらによると、地震前後の地下水、温泉水の泉量の増減(水位の上昇, 低下を含む)、水温の変化、水質の変化についてデータの集積がなされた。それらの変化と地震のメカニズムについても種々問答をされている。

一部の報告では、河川水の増減、伏流水の増減、浅井戸の湧水の変化なども入れて考察されているため地震のメカニズムとは何ら関係がないとまとめているものがあるが、

- (1) 深井戸(井戸の深さが500m以上)または水質から云ってかなり長いパスを経て自噴している泉を選べばメカニズムと何等かの関連があると思われる。
- (2) 変化のあった遠い深井戸は、別に近畿地方の構造について我々は大きく横づれ断層でブロックに分けているが、そのブロックの境界に近いものである。とくに特異点が認められる。
- (3) 浅井戸の変化はそのような地震のメカニズムでなく地震近くの地震構造に関係している様で、この場合震央からの距離が離れるにしたがって変化が認められない様である。

などのことがわかって来た。今回はその議論をしたい。これらの変化のことが詳細にわかれば、今後観測井を作ったり、既存の泉源に温泉水の使用に差し支えない温度、水圧、電導度のセンサーを入れて観測を続けられれば、何等かの地震との関係を明確にすることが可能と考える。

2. 地震によって生じる温泉水位変動

北海道立地下資源調査所 秋田 藤夫

Variation in Water Level of Hot-spring Wells Caused by the Earthquake

Geological Survey of Hokkaido Fujio AKITA

北海道周辺では1993~1994年にかけて、釧路沖(M7.6)、南西沖(M7.8)、東方沖(M8.1)、三陸はるか沖(M7.5)と4回の大地震が発生し、各地で明瞭な温泉変動ならびに地下水変動が観測

された。本報告ではこれらの地震に伴って発生した変動のうち、特に温泉水位(湧出量)変動を中心として紹介するとともに、その発生要因について若干の考察を行った。

コサイスマミックな変動は、ひじょうに顕著でかつ数多く観測された。場合によっては、水位変動が数mにも及ぶ例もあった。各地の水位変動の大きさや極性は、地震の発生メカニズムや発生前後の地殻歪の変化を反映していると考えられる。水位変動データと地震発生前後に得られた広域的な地殻変動データとの対比から、概ね以下の関係が想定される。

釧路沖：圧縮変形場となり、水位上昇

南西沖：引張変形場となり、水位低下

東方沖地震：引張変形場となり、水位低下

三陸はるか沖：引張変形場となり、水位低下

3. 群馬県草津温泉と万代鉱温泉の近年における成分変化

玉川大学 小坂 丈子

上智大学 小坂 知子・大井 隆夫・木川田 喜一

飛田 典子

東京工業大学 平林 順一・大場 武・野上 健治

Recent Variation in Chemical Composition of Hot Spring Waters from Kusatsu and Bandaiko Hot Springs, Gunma Prefecture

Tamagawa University Joyo OSSAKA

Sophia University Tomoko OSSAKA, Takao OI, Yoshikazu KITAWADA, Noriko HIDA

Tokyo Institute of Technology Jun-ichi HIRABAYASHI, Takeshi OHBA, Kenji NOGAMI

群馬県草津白根火山の東麓にある草津湯畑源泉は古くからその存在を知られている温泉であるが、その約1.9km西方(上流)にある万代鉱温泉は1970年硫黄鉱山採掘中に突然湧出を開始した歴史の極めて新しい温泉である。万代鉱温泉は泉温90~96℃、pH1.4~1.8、湯畑源泉は水温55~67℃、pH1.5~2.1と共に高温強酸性泉であるが、この両者の化学成分とその変化を比較検討した。

現在の草津湯畑温泉の成分はNa 62ppm, Fe 15ppm, Ca 72ppmであり、一方、万代鉱温泉はNa 142ppm, Fe 7ppm, Ca 102ppmである。万代鉱温泉は酸性泉であるにもかかわらずFeの少ない温泉である。万代鉱温泉の成分変化はNaとKが1981年頃より1985年頃まで急激に増加しているのが認められた。これらの成分比の変化傾向の特性を求めめるため(Al+Fe)-(Mg+Ca)-(Na+K)の3成分図を作成して比較した。それによると草津湯畑源泉は、少なくとも1888年から1984年までの96年間にはAlとFeの急速に減少する傾向を維持し続けて来たのに、それが1984年に突如その変化の方向を転針しNaやKの増加する方向へ変化するのが認められた。これは新しく大量に湧出した万代鉱源泉の泉質が1981年頃からNaやKが急激に増加しはじめたのに追従するような変化と考えられ、湯畑源泉の1.9km上流にあたる万代鉱源泉の温泉水が伏流により約2~3年遅れて影響を与えたためとも考えられる。この兆候は他の草津市街地の源泉にも及びつつある事も判明した。

4. 修善寺温泉における集中管理前後における水位の変化に対応する化学成分の変化について(続報)

中央温泉研究所 甘露寺 泰雄・榎本 聖子・一柳 はな子

Compositional Change of Hot Spring Waters Corresponding to the Change of Thermal Water Level Caused by the Control of Total Amount of Flow in Shuzenji Spa

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI, Satoko ENOMOTO, Hanako ICHIYANAGI

この研究は、平成元年8月の50周年大会で報告した内容のその後の追跡である。すなわち、同温泉は1950年以降1981年集中管理実施に到るまでは総採取量の増加に伴う水位低下で、周辺地下水の混入による化学成分濃度や泉温の低下が観測されたが、集中管理実施以後は、水位は急速に回復し、泉温の上昇が見られた。

平成7年10月、18ヶ所の源泉を採取し、主要成分の分析を行った。今回はその結果と既存分析値を比較することで、修善寺温泉が経年的にどのような成分変化で推移してきたかを中心に地球化学的考察を行った。その結果、現在では温泉水の低温、低濃度化に歯止めがかかったことは明らかになったが、泉質は往時のNa-Cl泉にはもどらず、依然として単純温泉が主力を占めていた。

この現象は、修善寺のNa-Cl型高温泉に隣接して、比較的中温のNa-HCO₃型単純温泉が賦存し、これが冷地下水の代わりに高温泉に混入して現在の修善寺温泉が形成されたと考えている。つまり、低温の地下水ではなく、比較的高温の塩分含量の少ない単純温泉が高温のNa-Cl泉に混合しているためと解釈している。

5. 水-岩石相互作用にもとづく別府地熱系の年代推定

京都大学理学部附属地球物理学研究施設 大沢 信二・由佐 悠紀

Age Estimation of the Beppu Hydrothermal System from Potassium Budget in the Flow Path of Na-Cl Type Thermal Water

Beppu Geophysical Research Laboratory, Kyoto University Shinji OHSAWA, Yuki YUSA

別府温泉南部地域の地下200~250m深には、Na-Cl型温泉水の層状側方流動が存在する(大沢ほか, 1994)。その流動層内では、温泉水中のカリウムによる岩石の交代反応が進行している(Gianelli et al., 1992)。Na-Cl型温泉水の流動経路図(大沢ほか, 1994)からこの交代反応はおよそ1.3km²の範囲で進行しており、厚さは50m程度以下である(由佐ほか, 1994)。

本研究では、流動層内におけるカリウムの収支にもとづき、温泉水による岩石の交代反応の継続年数、即ち地熱系(温泉水の側方流動系)の形成年代を推定した。

カリウムに関する岩石の交代反応の詳細は不明であるので、それが進行している温泉水の流動層をある種のブラックボックスにみたと、ここに流量 Q 、カリウム濃度 FK_0 の温泉水が流入、他方で流量 Q 、カリウム濃度 FK の温泉水の流出しており、交代反応の開始から t 時間が経過しているものとする。そして流動層内の岩石の空隙率、 $t=0$ および現在の岩石の密度、 $t=0$ および現在の岩石のカリウム含量、空隙内を満たす温泉水の体積をそれぞれ ϕ , d_0 , d , CK_0 , CK , V_w とすると、岩石の交代反応の継続時間 t は次式で与えられる。

$$t = Vw \cdot (d \cdot CK - d_0 \cdot CK_0) / \phi \cdot Q \cdot (FK_0 - FK)$$

計算に必要なデータは、一部を除き文献から引用した(NEDO, 1990; 由佐, 1984; Gianelli et al., 1992; 大分県, 1966). なお, 流入温泉水のカリウム濃度(FK₀)の分析値を得ることは困難であるため, ここでは温泉水の元となる源熱水(Na-Cl型)の化学組成を, 高温条件下(300℃, Cl濃度: 1600mg/l; Allis and Yusa, 1989)における熱水と各種鉱物の化学平衡から推定し, そのカリウム濃度から推算して上式に代入した.

以上の計算により, 別府地熱地域では, 温泉水の側方流動が始まってから約5万年(計算に用いたデータの誤差などを考慮すると1万~7万年)が経過しているという結果が得られた.

6. 安定同位体からみた九重硫黄山における熱水の形成過程

京都大学理学部地球物理学研究施設 北岡 豪一・大沢 信二・由佐 悠紀
岡山大学固体地球研究センター 日下部 実

Deep Thermal Waters at Kuju-Iwoyama Volcano, Central Kyushu, from the Viewpoint of Stable Isotopes

Bepu Geophysical Research Laboratory, Faculty of Science, Kyoto University

Koichi KITAOKA, Shinji OHSAWA, Yuki YUSA

Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University Minoru KUSAKABE

九州の中央に位置する活火山, 九重硫黄山からの噴気の凝縮水には, 水素・酸素ともに同位体比の著しく高いものがあり(松葉谷ほか, 1975; 日下部ほか, 1977; Mizutani et al., 1986), その同位体組成が世界の安山岩質火山で共通したものであることから, マグマ由来の水が含まれると考えられている. また, 噴気凝縮水の δD と $\delta^{18}O$ の間には, マグマ性の蒸気と天水との混合を示唆する一連の関係がみられる. 噴気地から湧出する温泉水の同位体比も, 天水にくらべてかなり高い. 火山体内部における水循環と混合の過程を知る手掛かりとして, 温泉水に着目し, 1990年から定期的に採水し, 同位対比を測定してきた. 温泉水の同位体比は, 天水には, 浸透の途中に蒸発しながら温度を上昇させ(Truesdell et al., 1977), 臨界温度に達したのち, 液体として上昇し, 地表近くで沸騰による濃縮をさらに受ける部分のあることを示す. このような臨界点(平衡静水圧深度として, 2.3km)に及ぶ水の深部循環系の存在は, 臨界点以上に高温化する天水蒸気も存在してよいことを示す. 噴気凝縮水の一連の同位体組成は, 臨界点以上に高温化した天水蒸気が深部からのマグマ性の蒸気と混合する過程を表わすとみて矛盾しない. 九重硫黄山では, マグマ由来の火山性流体の流出系と, その熱に駆動された天水の深部循環系が形成されていて, 両者間の主な混合は, 深所の高温度で行われているものと推定される.

7. 主に化学成分に基づく温泉の起源の分類

地質調査所 野田 徹 郎

Classification of Genesis of Hot Springs, Mainly Based on the Chemical Composition of Hot Spring Waters

Geological Survey of Japan Tetsuro NODA

温泉の起源は科学的な探究のテーマであると同時に、温泉の適切な管理の上からも必要な情報である。温泉の起源(起源水：温泉のもととなる代表的な水系)を、生成状況(成因、存在の場)によって区別し、これに対し主に化学成分の定量的な特徴を規定することにより簡便に分類する方法を提唱した(野田・高橋, 1992)。

分類に当たっては、温泉の起源として代表的かどうかを検討した。代表的とは、一般的な理解の容易な、自然界において生成環境が異なる、かなりまとまった量の安定して存在する水という意味であり、それ自体は化学的に平衡あるいは平衡に近い状態であることを指す。さらに、単独または組み合わせにより、全ての温泉の起源を説明可能なものとする。

代表的な起源水を次の11種とした。①深部熱水、②海水関連熱水、③地熱地域関連水、④火山性熱流体、⑤高温蒸気加熱水、⑥低温蒸気加熱水、⑦変質帯関連水、⑧深層熱水、⑨海水、⑩低温変質海水、⑪天水。

以上の起源水を分類するための定量的な指標としては、次の9種を組み合わせて表現した。①湧出温度、②pH、③Cl、④B/Cl、⑤SiO₂、⑥主要化学組成、⑦総濃度、⑧地質区分、⑨同位体。

各指標のしきい値は、通常得られるデータの統計的な観点からの区分と、常識化した特徴の定量化による区分を示すものである。それぞれの温泉に対し、各指標の合否を照らすことにより、起源水に典型的に近いタイプの温泉は容易に該当起源水を割り出せる。タイプが典型的でない温泉については、指標の満足度を点数化し比較するスコア法を援用することにより、どの起源水に近いかを判断することができる。

8. 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

—箱根湯本・下茶屋地区の温泉—

神奈川県温泉地学研究所 平野 富雄・石坂 信之・粟屋 徹

Classification of Hot Springs Based on the Compositional Variation Pattern of Hot Spring Waters —Hokone-Yumoto Hot Springs in Shimochaya Area—

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Tomio HIRANO, Nobuyuki ISHIZAKA, Tohru AWAYA

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とが分かるが、今回は箱根湯本の下茶屋地区の温泉の化学成分の変化の特徴について説明する。箱根湯本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おり、温泉街は早川と須雲川合流点付近から、湯坂山に沿って流れる須雲川ぞいに発展している。

箱根火山の温泉の泉質分帯では、湯本温泉は第四帯(Zone IV b)に区分される。この湯本温泉は更にその泉質の特徴により、四つに区分されている(Zone IV b-H, L, C, D)。Zone IV b-Hは、須

雲川に架かる鮎見橋から湯坂山にかけて湧出する温泉で、温度が高く、泉質はナトリウム-塩化物泉である。Zone IV b-Cは、須雲川の右岸を走る旧街道から箱根新道周辺に湧出する温泉で、温度はZone IV b-Hの温泉に比べてやや低いが、成分は塩化ナトリウムの外に硫酸カルシウムや硫酸ナトリウムの比率が増し、泉質はナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉、あるいはナトリウム-塩化物・硫酸塩泉である。下茶屋地区の温泉は、このZone IV b-Cに区分されている。須雲川の兩岸に湧出する温泉が、Zone IV b-Lで、温度が比較的低温で大部分が単純温泉またはアルカリ性単純温泉である。Zone IV b-Dは塔之沢地区の温泉である。

下茶屋地区の温泉の経年変化の特徴は、化学成分の減少が著しく進んでいる割には、温度の低下が少ないことである。このような温泉の経年変化の特徴を、温泉の水位変化と合わせて考察した。

9. 小さな対流系を持つ温泉地-北海道西南部島牧村漁り火温泉-

北海道立地下資源調査所 和 気 徹・若 浜 洋・秋 田 藤 夫

Hot Spring Area with a Small Hydrothermal Convection System - Isaribi Hot Spring, Shimamaki Village, South-Western Hokkaido -

Geological Survey of Hokkaido Toru WAKE, Hiroshi WAKAHARA, Fujio AKITA

漁り火温泉付近には、すでに3坑井が掘削され、いずれも新第三紀層から温泉を採取していた。しかし、現在は揚湯不可能な状態である。今回は、687mまで掘削され、636mで先第三系のチャートおよび珪質岩に達している。

漁り火温泉の揚湯を開始したところ、2~3日で泉温、動水位の低下が観測され、開業後もこの現象が続き、約1ヵ月後揚湯量420L/minで泉温37℃、動水位-42.0mまで低下したことから原因調査を実施した。

揚湯中または揚湯停止による温度検層によると、揚湯停止後約9ヶ月経過後の測定では、坑底付近からの上昇流があり、深度45m付近で坑外に流出していることが危惧された。しかし、ボアホールTVカメラによりケーシングパイプに損傷が認められないことから、坑井外にその要因があると推定される。また、約1ヵ月半200~500L/min連続揚湯を行った後の測定では坑内全体が低温化しており、坑底では30℃の低下となっている。また、その後の温度回復状況をみると、低温水が混入したとみられるストレーナー部の回復が悪い。

泉温変化に応じて泉質も変化するが、同位体分析結果では海水の混入はない。トレーサー試験では 5×10^{-2} cm/sの結果を得た。

また、流体流動電位法では総揚湯量の増加に伴い、泉源近傍の東側と西側に下降流をしめす負の異常が時間とともに拡大するのが確認された。以上のことから、漁り火温泉は貯留域の小さな熱水対流系を持つため、十分な熱供給が得られず揚湯に伴い低温となる。

10. 群馬県榛名山中にあるガラメキ温泉の地表面温度分布

関東学院大学工学部 石井 栄一

自然工学研究所 伊藤 芳朗

Distribution of Surface Temperature at Garameki Hot Spring in the Haruna Mountain, Gunma Prefecture

Faculty of Engineering, Kanto Gakuin University Eiichii ISHII

I.N.S&T Yoshiro ITO

群馬県榛名山中にあるガラメキ温泉は、相馬山(標高1411m)より南東に約1.5km, N36°27' 38.8, E138°55'07.5(標高885m)の位置にある。この温泉は、戦後まで旅館が3~4軒程営業していたが、米の進駐軍の演習場となった為に撤去することとなった温泉である。現在では、戦前あったとされる建築物は残っておらず、斜面に残る複数の石垣と過去の繁栄を物語る2~3の碑、及び浴槽と称する内径70cm, 高さ150cmの陶管(俗称:土管)が源泉上部に埋設してあるだけである。

源泉の状況は、泉温28.4℃(気温17.4℃)、湧出量3.2l/minと僅かではあるが自然湧出している。源泉付近は平坦だが、小さな沢の水が入り込んでいる湿地帯である。泉質は無色透明の単純泉で、1996.5.28の現地測定では、NaClが0.04%と炭酸ガスの発生が認められた。著者等は、赤外線放射温度計を用いて源泉付近の地表面温度測定を行った。その結果、温度の高い部分が源泉だけでなく他の部分にも認められ、温泉水は細かな割れ目から流動し複数の場所で自噴している事がわかった。そこで、地表面における自然放射能(γ 線)探査も試した。測定した全平均値は、約3.8 μ R/hと低い値となった。これは、この源泉付近の水が γ 線を遮断していると考えられる。また、約4m毎に高いピークが試られ、これは地下の岩石が節理状に規則正しく割れているのではないかと考えられる。

11. 戸倉温泉の湧出特性について

群馬県藤岡保健所 酒井 幸子・佐藤 泰一

神奈川県温泉地学研究所 大山 正雄

群馬県温泉協会 木暮 金太夫

Discharge Characteristics of Togura Hot Spring

Fujioka Public Health Center of Gunma Prefecture Yukiko SAKAI, Taiichi SATO

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture Masao OHYAMA

Gunma Spa Association Kindayu KOGURE

群馬県の利根川支流片品川上流(片品村)に水資源開発公団によって戸倉ダムが建設される。そのために、ダム下流にある戸倉温泉と片品温泉についての基礎調査が始まった。

ここでは、戸倉ダムに近い戸倉温泉で、他の源泉と比較して、泉温や化学成分の濃度変化が大きい1源泉について、その湧出特性(揚湯量, 水位, 泉温, 電導度, 化学成分等)について報告する。

本源泉は掘削深度571.5mでアルカリ性単純温泉である。1978年に掘削を終えた時には自噴(9l/min, 24.8℃)をしていたが、37軒で使用するために水中ポンプを利用して、揚湯量(550l/min, 32℃)

を確保し、1994年の測定では揚湯量662l/min、泉温24.6℃であった。

1994年6月6日から揚湯量、水位および泉温の連続自動観測が開始された。揚湯量と化学成分の測定結果から、揚湯量が多くなると電導度は低くなり、低温でかつCa²⁺とMg²⁺に富んだ成分濃度の低い地下水の混入を促進していることが明らかとなった。また、1日における最高水位と最低水位および最高水温と最低水温の変化を比べると、この源泉では、温泉水の日使用量が200m³を越えると、泉温や水位にはっきりした負の影響が見られた。

12. 草津温泉来湯者の急性疾患発症について

群馬大学医学部附属病院草津分院内科 白倉 貞夫・秋葉 徹・久保田 一雄
草津分院リハビリテーション部 倉林 均

Study on Occurrence of Acute Diseases in Kusatsu Spa Visitors

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

Takuo SHIRAKURA, Touro AKIBA, Kazuo KUBOTA

Division of Rehabilitation Hitoshi KURABAYASHI

草津温泉旅行者の内科系急性疾患について、過去17年間にわたる入院患者で検討した。成績は以下のごとくであった。

- 1) 対象患者について：対象患者は、1979年4月より1996年3月の17年間に群馬大学医学部附属病院草津分院内科に緊急入院した草津温泉旅行者患者437例で、うち男性は208例(47.6%)、女性229例(52.4%)、年齢分布では20歳未満が28例(6.4%)、20～40歳未満が54例(12.4%)、40～60歳未満が96例(22.0%)、60～80歳未満が218例(49.9%)、80歳以上が41例(9.4%)で、60歳以上の高齢者が全体の過半数を占めていた。
- 2) 月別発症数について：1～3月が90例(20.6%)、4～6月が106例(24.3%)、7～9月が125例(28.6%)、10～12月が116例(26.5%)と冬季で比較的少なかった。発症者数は温泉旅行者数と平行すると思われるが、発症頻度については明らかではない。
- 3) 疾患別患者数について：最も多かったのは脳神経系疾患(脳血管障害、一過性脳虚血ほか)で102例(23.3%)、ついで消化器系疾患(急性胃腸炎、胆道系疾患ほか)が94例(21.5%)、循環器系疾患(急性心筋梗塞、狭心症などの虚血性心疾患、不整脈ほか)が92例(21.1%)、呼吸器系疾患(急性気管支肺炎、喘息ほか)が81例(18.5%)、そのほか、急性アルコール中毒、急性湿疹・皮膚炎・尋麻疹などの皮膚疾患、尿路系結石や感染症などが計68例(15.6%)みられた。以上の急性疾患の発症機転につき、温泉浴との関連で考察を行なった。

13. 玉川温泉診療所における診療内容

盛岡市上田病院 野口 順一

Balneotherapy at Tamagawa Spa Clinic

Ueda Hospital, Morioka Jun-ichi NOGUCHI

1975～1995年の間、4月より10月まで毎週1回、診療を続けてきた。主な対象疾患は、脳卒中後遺症、高血圧症、関節リウマチ、乳癌、肺癌、喘息、肝炎(B型、C型)、肝癌、糖尿病、大腸癌、神経痛、いわゆるアトピー性皮膚炎、尋常性乾癬、玉川皮膚炎、汗疱状白癬、指趾間白癬などである。

脳卒中後遺症、高血圧症：動脈硬化に対して硫酸塩泉が有効という概念で、この種の疾患の患者が多く参集したのであるが、また、以前、玉川温泉地内に国鉄関連の小児マヒ療養施設があったこともその原因である。すなわち日本におけるリハビリテーションの草分け的な療養施設であったわけである。運動機能の改善、中りかえしの予防、高血圧症の薬物依存の軽減などを期待する。

関節リウマチ、変形性関節症：浴治療と地熱を利用した岩盤療法が適用される。やはり薬物依存からの離脱と運動機能の改善を期待する。

乳癌、肺癌、肝炎(B型、C型)、肝癌、大腸癌：以前は温泉療法は癌に対しては禁忌とされていたが、最近ハイパー・サミアや微量元素の有効性が論議されるようになり、手術、放射線、抗癌剤などによる治療を経過してきた患者が多数来湯している。

糖尿病：以前から多くの患者が来湯していたが、最近、温浴や泉水中の亜鉛などの微量元素が有効であるとの説に拠って、特に浴治療や飲泉療法が推奨されている。

喘息：高山環境すなわち低酸素分圧、高紫外線、比較的高い硫化水素濃度の環境が喘息患者に対して訓練的效果をもたらしているものと考えられる。

神経痛：温浴や岩盤療法など加温や保温の鎮痛作用を利用し、鎮痛剤やブロック注射などの薬物依存から離脱させることを目標としている。

いわゆるアトピー性皮膚炎、尋常性乾癬、玉川皮膚炎、白癬：別の機会で報告してあるので省略する。

14. 温泉(源泉)水の細菌汚染に関する調査研究

(財)中央温泉研究所 甘露寺 泰雄・榎本 聖子・一柳 はな子

Bacteriological Study of Hot Spring Waters

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI, Satoko ENOMOTO, Hanako ICHIYANAGI

本研究は、当研究所が平成4年4月から同8年3月まで、鉱泉分析法指針による分析を行った144ヶ所の源泉について、同時に細菌検査を実施した成績をとりまとめたものである。

1) 都府県別検査対象数：東京36、千葉24、静岡20、埼玉11、神奈川7、三重6、長野・栃木各5、山梨4、岐阜・島根・新潟各3、大阪・兵庫・香川・富山・和歌山各2、群馬・福井・滋賀・広島・愛知・福島各1、となっている。

2) 一般細菌の菌数と泉温の関係：一般細菌の検出率は76%、菌数が 10^4 個/100ml以上が56%を占め、泉温が高くなると菌数が減少する傾向がみられた。

- 3) 一般細菌数とpHの関係: pHが7より低い酸性側と9より高いアルカリ性側で菌数が減少する傾向が、つまり中性から弱アルカリ性の範囲で菌数が高くなる傾向を示した。
- 4) 大腸菌群と泉温との関係: 源泉での検出率は16%で、一般細菌よりは低いこと、低温では検出率が高くなることが判明した。
- 5) 大腸菌群のpHとの関係は、一般細菌と同じ傾向がみられた。

15. ポリチオン酸をエネルギー源として増殖する細菌

東邦大学医学部 杉 森 賢 司

東京大学大学院総合文化研究科 高 野 穆一郎・松 尾 基 之・鈴 木 勝 彦

Institute of Volcanology, Russia Sergey M. FAZLULLIN

Bacteria Growing by Using Polythionates as Energy Source

Toho University school of Medicine Kenji SUGIMORI

Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

Bokuichiro TAKANO, Motoyuki MATSUO, Katsuhiko SUZUKI

Institute of Volcanology, Russia Sergey M. FAZLULLIN

不安定な硫黄化合物であるポリチオン酸($S_xO_6^{2-}$)は火山性の噴気ガス中の SO_2 , H_2S が反応して生成したものであり、当然その増減には火山活動の状態が関与し、またそれは火山活動の一指標になることも分かっている。しかし、一方ではこのポリチオン酸を増殖に利用している微生物の影響も無視することができない重要なファクターになっていることが強酸性の草津白根山火口湖湯釜における研究で明らかになっている(高柳ほか, 1988; Takano et al., in press)。今回、草津白根山火口湖・湯釜より規模が大きな火口湖であるロシア・カムチャツカ半島のMaly Semiachik Volcano Crater Lake(北緯 $54^{\circ}7'$, 東経 $159^{\circ}53'$, ϕ : 600m, depth: 120m)を調査する機会を得ることができ、そこに生息する微生物が確認された。

火口湖の水平方向ならびに垂直方向から多くの試料を採取し、実験に用いた。また、水温, pH, Eh, H_2S , SO_2 , 等は現地で測定し、他の溶存物質は試料を持ち帰り測定した。ポリチオン酸はHPLCを用い測定した。硫黄細菌の分離ならびに培養はジチオン酸カリウムをエネルギー源とした培地(pH 2)を作成して行なった。平板培地はGelriteを用いて作成した。分離された細菌の増殖状態やその細菌によるポリチオン酸の分解能を調べた。電子顕微鏡および光学顕微鏡にてその形態を調べた。

先に示したように、この火口湖の湖水は強酸性(pH 1)でポリチオン酸が存在することがわかった。また、湖水から*Thiobacillus thiooxidans*と考えられるグラム陰性の桿菌(極鞭毛を有す)が分離され、さらに、その分布については年ごとに変動が見られた。また、この細菌はポリチオン酸をよく消費し、その利用の仕方に一定の法則があることもわかった。

16. カムチャツカ半島ガイザーヴァレイの熱水より分離した好熱菌

東邦大学医学部 杉 森 賢 司

東京大学大学院総合文化研究科 高 野 穆一郎

Moscow University Goldfalb I. LEONIDOVICH

Institute of Volcanology, Russia Sergey M. FAZLULLIN

Thermophilic Bacteria Isolated from the Hot Water Pool of Geyser-Valley, Kamchatka

Toho University School of Medicine Kenji SUGIMORI

Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo Bokuichiro TAKANO

Moscow University Goldfalb I. LEONIDOVICH

Institute of Volcanology, Russia Sergey M. FAZLULLIN

日本各地の高温温泉水(pHは中性から酸性)から*Thermus* sp., *Bacillus* sp., *Sulfolobus* sp.等の好熱菌を分離し, 当学会においてそれらの分布, 性状等を報告してきた. また, それらの生息する環境等から生態学的な考察も行ってきた. これらの経験をふまえ, 海外の温泉水を対象とした微生物学的調査を行った. 今回はロシア・カムチャツカ半島の東側に位置するガイザーヴァレイ(北緯54°32', 東経160°25')を調査する機会を得ることができ, そこに生息する好熱菌についての研究を行った.

多数存在するガイザーヴァレイのプールから10カ所を選び, 滅菌チューブ(10ml)に試料水を採取した(水温, pHは現地で測定). それらを常温で日本に持ち帰り培養に共した. 培地はATCC培地カタログNo.573(*Bacillus*用)の変法培地(エネルギー源0.1% Yeast extract, pH 7.0に調整)に接種し, 70℃にて培養を行った. 増殖した試料は同培地の平板培地を作成し, 分離培養を行い, その細菌の性状や形態(電子顕微鏡および光学顕微鏡を用い)を調べた.

10試料(地点)のうち, 8試料において増殖が見られた. さらにそれらを分離培養したところ, No.2のサンプルから2株, その他の各地点から1株ずつ, 計9株の細菌が得られた. すべてグラム陰性菌であるが, その形態には特徴が見られた. 胞子を形成する桿菌(*Bacillus* sp.), 胞子を形成しない桿菌(*Thermus* sp.), 分岐?がみられる桿菌(*Thermoproteus* sp.)等である. それらの性状を形態学的特徴を中心に報告する.

17. 箱根火山の炭酸水素塩硫酸塩型温泉(第II帯の温泉)について

神奈川県温泉地学研究所 平野 富雄・粟屋 徹・石坂 信之

Geochemistry of Bicarbonate-Sulfate Type Thermal Waters of Zone II Area in Hakone Geothermal Field

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

Tomio HIRANO, Tohru AWAYA, Nobuyuki ISHIZAKA

箱根火山の温泉は, 塩化物イオン, 炭酸水素イオン, 硫酸イオンの主要陰イオンの量比によって, 第I帯~第IV帯の四帯に分けられ, それらの分布に規則性が見いだされている.

ここで述べる第II帯(炭酸水素塩硫酸塩泉)の温泉は, 炭酸水素イオンと硫酸イオンを多く含む

中性の温泉で、塩化物イオンの含量が少ないのが特徴である。噴気地帯の酸性硫酸塩泉が岩石と反応して中和されながら地下を流動する間に、次第に炭酸物質を取り込んで中性の炭酸水素塩硫酸塩泉になっている。この泉質の温泉は中央火口丘基底部の帯水層中に胚胎されるので、神山などの周辺に掘った深さ300~700mの温泉井から湧出している。

昭和62年から、新たに駒ヶ岳の西側斜面の標高879mのところまで深度500mの井孔が掘削され、温度47.5℃の単純温泉が湧出した。この温泉掘削の成功により、蛸川温泉が誕生した。これが箱根における最も新しい温泉地である。この地域では、その後、更に3本の温泉掘削(深さ800~1000m)に成功している。

最初の井孔から湧出した温泉は、泉質的には第II帯の炭酸水素塩硫酸塩型であった。しかし、2本目以降の温泉の水位は標高500m付近で、従来の第II帯の温泉より低く、泉質もこれまで箱根では見いだされていなかった硫酸塩塩化物型であった。

18. 岩石と酸溶液の反応-花コウ岩と塩酸、硫酸溶液との反応-

東邦大学理学部 吉池 雄蔵・岡村 忍・大野 浩昭

Reaction of Rocks with Acid Solutions-Reaction of Granite with Hydrochloric and Sulfuric Acid Solutions

Faculty of Science, Toho University Yuzo YOSHIKKE, Shinobu OKAMURA, Hiroaki OONO

水質、水質の成因、成り立ちを考えて演者らは天然水中に含まれる化学成分を行い、長期間の水質の変動を測定している。また模型実験による種々の検討を行い、“水と岩石の相互作用”として、岩石(土壌)から水への化学成分の溶出移動により水質を決定づけている模様を反応時間の経過とともに、溶出成分の水溶液への取り込まれ方を検討した。これは自然界に於ける河川や湖沼の水質だけではなく、温泉中にふくまれる化学成分の存在も同様で、温泉水中に存在する化学成分は温泉湧出通路付近の岩石(土壌)と酸性溶液との接触反応により導入され、それぞれの水質が決定づけられる。その反応時における溶出変化の模様を追跡する。

岩石試料には茨城県筑波山産花コウ岩を一定の粒子の大きさ(0.59~1.00mm)に調整して25g用い、反応器に入れ、下部より酸溶液(塩酸pH1,2,3と塩酸・硫酸の混酸3:1, pH1,2,3)を送りだして、反応槽で試料岩石と反応した後上部より流れ出た溶液を採水する(流動法)。反応条件は反応温度80℃、流速6ml/min.で120時間(5日間)反応させた。酸溶液を流し始めてから6時間までは連続して15分間毎(90ml)に、以後は1,6,12時間などの時間間隔で反応流出液を15分間ずつ集め、各反応時間における反応流出液中の溶出成分(SiO₂, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K)を定量した。

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。特に花コウ岩はSiO₂が多く、Alを除いて他の金属成分の溶出率は数%以下と非常に少ないが、鉄の溶出率は約80%であり、玄武岩の鉄の溶出率15%と比べ非常に大きい。これは花コウ岩中に含まれている雲母からの溶出によるものであり、この雲母は反応(pH1)24時間程でほとんど溶解し、反応溶出溶液中のFe, Mgの存在も認められない。花コウ岩からの化学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ことにより、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興味深い。

19. 温泉水中のH₂Sの分析

東邦大学医学部 相川 嘉正・塚本 邦子

Analysis of H₂S in Hot Spring Waters

Toho University School of Medicine Kasho AIKAWA, Kuniko TSUKAMOTO

温泉中のH₂Sの分析には従来、炭酸カドミウムや炭酸亜鉛を使用して硫化カドミウム或は硫化亜鉛として沈殿させ、定量している。ここでは炭酸カドミウムによる定量法を再検討するために、まず基礎的実験を行ない、それに基づき各地の温泉水について硫化水素を測定した。

基礎実験ではpHの差による測定値の問題、また鉄の存在による影響、特にpH値と鉄の存在量並びにマスキングとしての酒石酸ナトリウムの添加など併せて検討した。実験方法は硫化水素を硫化カドミウムとして沈殿させた後、定量口紙(No.5 C)に集め洗浄後口紙ごと300mlの共栓フラスコに移し、水50mlと0.02Nヨウ素溶液10~20mlを加え、次に6N塩酸5~10ml加え密栓して激しく振り混ぜ、15分間放置後デンプンを指示薬として0.02Nチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定した。

実験室での結果はアルカリ性(pH 10付近)溶液でCdSを沈殿させた場合、回収率は平均84.9%の値を得ると共に再現性も良い結果であった。中性溶液では平均85.7%の値を示し、アルカリ性の場合とはほぼ同様で大きな差は認められない。次に酸性溶液ではpH 2~3の場合は、pH 1~2の79.7%の回収率に対し、90.0%と高い回収率が得られた。

以上を総括するとH₂Sの定量にはpHが2~3範囲の酸性溶液でH₂S含量がほぼ10mg/l以上が最も適するといえる。またFe²⁺並びにAl³⁺等が共存している場合、pH 2~3の範囲で5%酒石酸ナトリウム溶液を用いた時がマスキングが最も有効であることが判った。

そこで実際の温泉について箱根温泉、木曾御岳湯川温泉、ニュージーランド・ワカレワレワの温泉、米国・イエローストーン国立公園温泉など調査した30源泉のH₂S分析結果についても考察し併せて報告する。

20. 最近の神奈川県内の温泉開発について

神奈川県温泉地学研究所 大山 正雄・栗屋 徹・平野 富雄

Recent Development of Thermal Water in Kanagawa Prefecture

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Masao OHYAMA, Tohru AWAYA, Tomio HIRANO

1985年頃から始まった温泉ブームは日本全国で温泉需要を増大させるとともに温泉開発を活性化した。神奈川県の場合も同様で、最近の温泉開発は箱根・湯河原などの既存温泉地(火山地域)よりもむしろ今まであまり温泉開発のされていない丹沢山地、横浜、三浦半島などの非火山地域で盛んである。また、新規掘削の申請源泉の深度は1000m級の大深度温泉井へと進んでいる。1991~1992年の場合、掘削深度は平均1200mで、最深1800mである。

大深度温泉井には水位の低下、水質の浅層地下水化が短期間に現れている。深層温泉の利用はこれまでの浅層温泉の場合と比較すると地下での滞留時間が著しく長い温泉を採取し、そして新しい水循環と地下環境を形成すると想定される。深層の温泉資源の保全や適正利用については賦存量と水循環機構などを解明して温泉保護に必要な掘削深度、距離規制、揚湯量、動力設置など

の基準を決めることが必要となっている。

21. 山梨県内で新たに開発された温泉の現状

山梨県衛生公害研究所 深澤喜延・小林浩・鷹野茂夫
堀内雅人

Present Aspect of Newly Developed Hot Springs in Yamanashi

Yamanashi Institute for Public Health

Yoshinobu FUKASAWA, Hiroshi KOBAYASHI, Shigeo TAKANO, Masato HORIUCHI

山梨県内64市町村のうち41自治体が源泉を所有し、その総数は53に達した。1996年7月1日現在、46施設が営業状態にあるが、源泉管理と施設管理が分離しているところが多い。今回、県内の自治体等が所有する源泉を調査する機会を得た。開発後10年以内の福祉施設等に活用されている源泉22例に絞って解析を試みた。その内訳は経過年数が5年未満が9例、5年以上10年以内が13例である。調査方法は、源泉地で泉温、導電率ならびにpH値を測定し、同時に温泉水を採取して研究所に持ち帰り、主要成分を分析して本研究所在保管している温泉分析結果と比較した。

泉温低下の最大値は6.3℃/年であり、導電率が46.96%低下している源泉も見いだされた。その結果、泉質名が「塩類泉」から「単純温泉」に変更したものが4例、泉質名が変更した塩類泉が2例あった。その原因として次の点が予想された：①初回の分析が掘削直後の仮揚湯段階に実施されたものが多い；②掘削深度が大きく(≥1,000m)、動力による揚湯源泉が多い；③利用施設が多様化し、温泉の使用量が多い。

現地調査の後、施設責任者に当該源泉の現状を説明したが、施設の担当者も泉温等の測定を定期的に行うこと、源泉の変化を監視することの重要性を指摘した。

22. 花崗岩地域の温度検層

(株)志賀ボーリング 松澤隆志

テクノレント(株) 藤原忠一

Geophysical Well Logging of Hot Springs in Granite Area

Shiga Boring Co., Ltd. Takashi MATSUZAWA

Techno Rent Co., Ltd. Chuichi FUJIWARA

近年増加してきた花崗岩地域の温泉開発において、必ずしも定量的な解析がなされているとは限らない。筆者らは花崗岩地域の温度検層について解釈をおこない、算出可能性までの検討を試みたのでその概要を報告する。

1. 対象地域

(1)広島県広島市内(2坑)；(2)長野県飯田市内(2坑)；(3)愛知県蒲郡；(4)長野県平谷村

2. 検層の種類

(1)温度検層：孔内流体の温度を測定し、地層温度を推定するとともに曲線の異常から貯留層の検知と評価の資料を得る。(2)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、地層の物理的性質から貯留層評価の資料を得る。

3. 検層結果と解釈の概要

オームの法則と地層の物理的性質、すなわち、地層比抵抗係数を検討した。花崗岩中の地層水の比抵抗を適切に推定することで、Archieの式(Archie, 1942)から孔隙率を算出した。

4. 地層係数からみた温泉産出可能性について

検層結果の定量的な解釈を試み、温泉水の産出可能性を判定する。

- (1) 岩石の比抵抗：岩石の比抵抗は岩石を構成する鉱物の分布状態、孔隙率、孔隙水の比抵抗、及び水飽和率に依存している。この関係をArchieは実験により明らかにし、経験式に示した。孔隙率を ϕ 、水飽和率を Sw 、孔隙水を Rw とすれば、岩石の比抵抗 R は、

$$R = a \cdot \phi^{-m} \cdot Sw^{-n} \cdot Rw \quad (1)$$

で表される。ここで、 a 、 m 、 n は地層を構成する岩石の性質に依存する定数である。また温泉の場合は水飽和率を100%($Sw = 1$)と考えることができ、①式は、

$$R = F \cdot Rw \quad (2)$$

ここで $F (= a \cdot \phi^{-m})$ は地層係数とよばれる。

- (2) 産出可能性の判定：各地域の花崗岩の地層水の比抵抗(Rw)と岩盤の比抵抗($\phi^{-m} \cdot Rw$)の間に相関関係があることが認められ、従来砂岩層等の電気検層結果の解釈に使われていたArchieの式が花崗岩にも適用できる可能性が示唆された。またこれらの関係が成立するという事は岩盤の比抵抗と透水係数の間にも相関関係のある可能性があり、この点についても議論をした。

23. 強酸性熱水用地化学温度計の開発

京都大学理学部附属地球物理学研究施設 大上和敏・大沢信二・由佐悠紀
大分大学教育学部 川野田実夫

A New Chemical Geothermometer for Strongly Acidic Hydrothermal Solutions

Beppu Geophysical Research Laboratory, Kyoto University

Kazutoshi OUE, Shinji OHSAWA, Yuki YUSA

Faculty of Education, Oita University Tamio KAWANO

現在までに開発され、利用されている地化学温度計は、原理的に弱酸性から弱アルカリ性の温泉水にしか適用できないものがほとんどである。種々の野外調査や室内実験より、硬石膏が強酸性熱水と溶解平衡に達しうるということが明らかになったので、本研究ではこの溶解平衡の温度依存性に基づいた、強酸性熱水用地化学温度計の開発及び検定を行った。

本地化学温度計では、次式により与えられた各温度における硬石膏の飽和指数(SI)が0になるときの温度を地下の熱水温度として算出される。

$$SI = (aCa^{2+} \cdot aSO_4^{2-}) - K_{sp}$$

ここで、 aCa^{2+} 、 aSO_4^{2-} は地表に湧出している温泉水の化学分析値に基づいて計算した、硬石膏の溶解平衡に関与する化学種($Ca^{2+} \cdot SO_4^{2-}$)の各温度における活量、 K_{sp} は硬石膏の溶解度積を表す。

強酸性の温泉水試料を硬石膏の飽和温度以上に加熱すると、試水中のCa濃度は減少し、加熱温度の上昇に伴い減少の程度は大きくなる。この性質を利用すると、実験的に硬石膏の飽和温度が求められる。一方、本研究で作成した地化学温度計により、温泉水の化学分析値から硬石膏の

飽和温泉が計算されるので、両者の飽和温泉が一致すれば、本地化学温度計が正常に動作していることが証明される。

実験によって求められた硬石膏の飽和温泉(108℃)は、温泉水の化学分析値を地化学温度計に入力して求めた硬石膏の飽和温泉(107℃)とよく一致していた。

24. 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・成田榮一

Removal of Dissolved Silica in the Kakkonda Geothermal Water

Iwate University Yoshio UMETSU, Eiichi NARITA

岩手県葛根田地熱水中にはケイ酸分がシリカとして約400mg/l溶存している。熱水利用計画に基づいて河水で熱交換する方法を試みているが、熱水が約70℃まで降下すると急激にケイ酸がスケールとして析出し、パイプ目詰まりの主因となっているので現在は地熱水の降温を90℃までとし、地下に還元している。本研究は地熱水温を約50℃まで熱交換したのち、ケイ酸分の吸着剤として秋田県出羽丘陵地区凝灰岩(約3%の黄鉄鉱を含む)を選び、シリカ分を除去する方法について化学的見地から検討を加えたものである。以前の試験でシリカの除去効果には鉄分が大きく関与していることが知られているので、本試験において吸着剤の鉄含量と地熱水中のケイ素濃度比について除去効果を検討した結果、地熱水200mlに2.0g (Fe: Si=0.5モル比)加えたとき40℃, 200rpm, 20minで、SiO₂濃度が193mg/lとなり目標値200mg/l以下の値が得られた。200mg/lは50℃におけるSiO₂の溶解度である。本岩石は経済性を考慮すると吸着剤として有望である。また、吸着共沈物の懸濁液からの固液分離にはアニオン系高分子凝集剤ポリアクリルアミドが有効で、懸濁液50mlに0.02mgを添加した場合、フロックの沈降が20min以内で完了した。

25. 西部北海道の基盤岩類と伝導卓越系温泉について

北海道立地下資源調査所 松波武雄

Thermal Waters in Basement Rocks for Conductive Dominated System of Western Hokkaido

Geological Survey of Hokkaido Takeo MATSUNAMI

温泉徴候のない地域における温泉開発要望の高まりから、基盤岩類(先第三系・先第三紀深成岩類)が探査・開発対象となりつつある。地下の広域的な流体流動を規制するパラメーターとして、地形起伏等に基づく動水勾配および地下の地層および地質構造に基づく透水性が支配的な温泉を伝導卓越系温泉と呼称する。西部北海道で基盤岩類と伝導卓越系温泉の関係について、これまでのボーリング結果を整理した。

- 1) 基盤岩類隆起・沈降の境界部が温泉開発ターゲットとなる。このため、基盤構造をマクロにとらえることが重要である。
- 2) 基盤岩類中の温泉は大部分が天水起源であり、一部に海水・化石海水が関与している。温泉組成の多様性は、天水流入域の地質条件の相違によると考えられる。
- 3) 基盤岩類で開発された温泉の多くは、地下で流体流動が成立する最小部分で開発されている

と考えられる。その際、上位の新第三系火山岩類の寄与が大きいと推定される。
4) 基盤岩類中の断層の果たす役割は、流動する流体を効果的にボーリング坑に導くことにある
と考えられる。このような大きな割れ目に遭遇することは、むしろ幸運なことと思われる。

26. 火山地帯の温泉等による河川水質の変化(箱根大涌谷周辺)

北里大学衛生学部 吉岡 いずみ・島村 匡
神奈川県温泉地学研究所 石坂 信之・平野 富雄

Change of River Water Quality by Influx of Acid Water from Fumarolic Zone, Owakudani, Hakone

School of Hygienic Sciences, Kitasato University Izumi YOSHIOKA, Tadashi SIMAMURA
Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture Nobuyuki ISHIZAKA, Tomio HIRANO

箱根を流れる早川には、大涌谷・早雲山の噴気地帯から酸性の温泉・湧水が流れ込んでいる。これが、主要成分に関して早川の水質にどのような影響を与えているのか調査した。早川において、大涌谷噴気地帯からの温泉・湧水が流入する(=大涌沢)前に2ヶ所、大涌沢の水が流入した後と早雲山噴気地帯からの温泉・湧水が流入する(=須沢)前との間に1ヶ所、須沢の水が流入した後に2ヶ所採水した。大涌沢・須沢では、各々1ヶ所ずつ採水した。箱根火山の噴気地帯からの水と河川水質を調べた結果、大涌沢の水は酸性で硫酸イオンが突出しているが、水量が少ないため河川水質に変化を及ぼさなかったが、須沢の水は、酸性で各成分濃度が高く河川水質を変化させた。一般には、火山地帯の酸性水は10~20%の水量であっても、それが流れ込んでいる河川の水質を大きく変化させることがわかった。

27. 温泉水中のラドン濃度

大妻女子大学社会情報学部 堀内 公子

Radon Concentration in Thermal Spring Waters

School of Social Information Studies, Otsuma Women's University Kimiko HORIUCHI

A. H. Becquerelによってウランの放射能が発見され、人類史に放射能が登場したのは今からちょうど100年前、1896年のことである。鉱泉水中の放射性希ガスラドンの存在はBathのKings Springで1903年にH. S. Allenによって認められ、それによる鉱泉水の治療効果の可能性が示唆された。1904年にはH. MacheによってBad Gasteinの諸源泉についての報告がなされるなど、各地で温・鉱泉水のラドンの調査・研究がはじまった。

先年まとめられた温・鉱泉分布図(金原, 1992)によると、わが国の放射能泉は温・鉱泉全体の7.73%にあたり、花崗岩地帯が広く分布する西日本に多く分布している。ラドンは、花崗岩地帯に湧出する温度が低く溶存成分の少ない、いわゆる地下水型の温泉に多く含まれている。他の化学成分と殆ど相関はないが、温泉科学的にみて地中の特殊な情報を与えてくれることが知られ、亀裂、断層、温泉探査の手段、温泉湧出機構、温泉水の滞留時間の考察等多くの検討がなされている。今回は、そうした検討の一つの手がかりとして我が国のラドンを多く含む温泉のプロフィールを

まとめた。

28. 箱根火山噴気地帯, 大涌谷の温泉, 湧水

神奈川県温泉地学研究所 石坂 信之・板寺 一洋
北里大学衛生学部 吉岡 いずみ

Hot Springs in Fumarolic Areas of Hakone Volcano

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture Nobuyuki ISHIZAKA, Kazuhiro ITADERA
School of Hygienic Sciences, Kitasato University Izumi YOSHIOKA

箱根火山の代表的な噴気地帯である大涌谷では、蒸気を利用した温泉利用のほか、横穴掘削による温泉や自然湧泉が約20源泉ある。また、数地点では酸性の水も湧き出している。これまでの調査(平野ほか, 1986など)との比較も兼ねて化学成分や安定同位体比の測定も加えて調査した。

上部の噴気地帯は拡大し、中央部はいわゆる温泉余土が厚く堆積してきている。採取した温泉、湧水の水質は、硫酸酸性ないし弱酸性でCa²⁺, Mg²⁺に富み、岩石との反応が進むとAl³⁺, Fe²⁺(またはFe³⁺)等が増加する。水の $\delta^{18}\text{O}$ は、この付近の降水と同じか重くなっている($\delta^{18}\text{O} = -8.5 \sim -5.2$)。 $\delta^{18}\text{O}$, Cl⁻などから、Cl⁻成分に富んだ熱水とは別に、Cl⁻成分の少ない水蒸気の寄与も明らかである。

29. 温泉脈上では γ 線は弱くなる

自然工学研究所 伊藤 芳朗
関東学院大学工学部 石井 栄一・田中 康裕・前田 直樹
(株)興和 南雲 政博・柴田 東・佐藤 朗

Natural γ -Rays Attenuated by Aquifer of Groundwater

I.N.S&T Yoshiro ITO
Faculty of Engineering, Kanto Gakuin University Eiichi ISHII, Yasuhiro TANAKA, Naoki MAEDA
Kowa Co., Ltd. Masahiro NAGUMO, Azuma SHIBATA, Akira SATO

1. 地表における γ 線シンチレーションメータに入射する全 γ 線のうち、土地からの γ 線は80%
地表面に置いた測定器のプロープの周りを5cmの鉛レンガで囲って、 γ 線の吸収状態からプロープへの γ 線の寄与率を算定してみると、地面からの γ 線は約80%、空中からの γ 線は約20%、宇宙線は約1%であった。空中の γ 線の起源であるラドンガスは変動が大きい、その寄与率からみて全 γ 線への影響は大きくはない。宇宙線はその寄与率からみて一定として扱われる。

2. 海上では海底からの γ 線は水によって減衰, 吸収される

土地から放射される γ 線は、地表から数100mの上空では空気に吸収されてしまう。しかし、宇宙からやってくる宇宙線は逆に、10,000mの上空では地上の数100倍も増加する。一方、海上では、水深が50cm以上になると、陸上の γ 線強度の23%程度に減衰してしまう。海底からの γ 線は、海水により完全に吸収されてしまう事が分かる。また、海上はラドンガスを遮断、吸収してしまうことも考えられる。この事から、 γ 線の海水による吸収を、土による吸収に置き換えて

みると(土の密度を 2.0g/cm^3 として), 地下からの γ 線は $50\text{cm}/2=25\text{cm}$ 程度しか透過しない事が分かる.

3. 温泉の流動経路(温泉脈)上でも地下からの γ 線は減衰する

温泉流動層の存在は, 下からの γ 線は水で吸収され, ラドンガスは遮断され, 水中の γ 線も自己吸収される. 従って温泉脈上では, γ 線強度は平均より低くなる. また, 脈の両端でラドンのキャリアーの沈殿があれば, 脈の両端で γ 線強度の極大を示す(増富鉱泉の例).

Hot Springs in Fracture Areas of Hakone Volcano

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture, Nobuyuki Ishizuka, Kazuhiko Iizuka
School of Hygienic Sciences, Keio University, Tsunehiko Yoneda

噴出穴部... 温泉脈上の γ 線強度は平均より低くなる... 増富鉱泉の例...

温泉脈上では γ 線が弱くなる

自然工学部 工学部

前田 穂 中 田 栄 井 田 南
前田 穂 中 田 栄 井 田 南

Natural γ -Rays Attenuated by Aquifer of Groundwater

LI-S&T, Yoshio ITO
Faculty of Engineering, Keio University, Eichi Ishii, Yasuhiko TANAKA, Naoki MABE
Kowa Co. Ltd., Masahiro NAGANO, Akuma SHIBATA, Akira SATO

地における γ 線は... 温泉脈上の γ 線強度は平均より低くなる... 増富鉱泉の例...