

日本温泉科学会第 64 回大会

一般講演要旨 (口頭発表)

1. 草津白根山の酸性河川中和事業における堆砂物の現況

上智大学・理工学部 木川田 喜一

Dam Sediment from Acid River Water Neutralization System in the Kusatsu-Shirane Volcano Area

Fac. Sci. Tec., Sophia Univ. Yoshikazu KIKAWADA

群馬県草津白根火山の周辺河川は、酸性の源泉水や温泉水の流入により、その多くが酸性河川であり、東麓河川では国土交通省による河川中和事業が行われている。中和により生じた大量の中和生成物は、品木ダムに堆砂として蓄積され、その浚渫物はダム周辺に設けられた土捨場で処分される。そこで、品木ダムの堆砂環境、ならびに浚渫物土捨場の化学的安定性に関する検討を行った。

集水域の源泉水のヒ素供給量の増大に伴い、現在の品木ダムの堆砂中のヒ素濃度は、場所によっては 30~40 年前に比べて 10 倍近く高いが、今後、源泉からのヒ素供給量は徐々に低下へと向かうことが予想される。品木ダムの底質ボーリングコアの分析からは、中和生成物が堆積後に還元環境下で二次的に変化し、ヒ素を吸着した鉄の酸化水酸化物がより還元的な化学形態へと移行することが示唆された。その際、ヒ素は鉄化合物から脱離することなく、鉄との間で比較的安定な結合を保持しているものと考えられる。土捨場のボーリングコア試料の分析からは、土捨場土壤中の pH 環境の違いがヒ素の浸出挙動に大きな影響を与えることが示された。また、土捨場からのフッ化物イオンの浸出にも注意が必要である。

2. 霧島火山新燃岳の火口湖で見られた湖水の変色について

京大・理 大 沢 信 二

東邦大・医 杉 森 賢 司

気象庁 山 内 博・小 枝 智 幸・稲 葉 博 明・片 岡 義 久

京大・理 鍵 山 恒 臣

Discoloration of the Summit Crater Lake of Mt. Shinmoe-dake, Kirishima Volcano in Southern Kyusyu, Japan

Kyoto Univ. Shinji OHSAWA

Toho Univ. Kenji SUGIMORI

Japan Meteor. Agency Hiroshi YAMAUCHI, Tomoyuki KOEDA, Hiroaki INABA, Yoshihisa KATAOKA

Kyoto Univ. Tsuneomi KAGIYAMA

2011 年の新年早々、マグマ噴火を始めた霧島火山の新燃岳の火口には、かつて直径 200 m ほどの硫酸酸性 (pH3 程度) の水を湛えた火口湖が存在した。エメラルドグリーン色を呈する湖水は、

多くの登山者の関心を引いていたが、2008年8月22日に起こった噴火（水蒸気爆発）のおよそ8ヶ月後の2009年4月末頃から約2ヶ月の間褐色に変化するという事件が起き、火山活動との関連性が心配された。そこで、私たちは湖水等の試料を入手し、様々な角度から分析して、湖水の褐色化の原因物質を明らかにし、その出現理由を探った。その結果、褐色化の直接の原因は湖水から析出したシュベルトマナイト ($\text{Fe}_8\text{O}_8(\text{OH})_{8-2x}(\text{SO}_4)_x$; $1 \leq x \leq 1.75$) にあることが判明し、さらに、黄鉄鉱 (FeS_2) を含む湖底堆積物と湖水の混合物に対して行った鉄酸化細菌の培養実験ならびに同時に生成した褐色沈殿物の分析などから、シュベルトマナイトの発生には FeS_2 の分解反応へ鉄酸化細菌 (*Acidithiobacillus ferrooxidans*) が関与して発生した可能性の高いことが示され、さらに FeS_2 は2008年8月22日の水蒸気爆発の際に放出された火山灰の火口湖への降灰でもたらされた可能性も示唆された。

3. 皮膚のヌルヌル感に与える温泉水の特徴 (Ⅲ)

法政大学生命科学部 古川 豪・木村 雄平
温泉保養地医学研究所 阿岸 祐幸
中央温泉研究所 甘露寺 泰雄
法政大学生命科学部 大河内 正一

Characteristics of Hot Spring Water That Make the Skin Soapy (Ⅲ)

Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ. G. FURUKAWA, Y. KIMURA
Res. Inst. Health Resort Med. Y. AGISHI
Hot Spring Res. Center Y. KANROJI
Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ. S. OKOUCHI

演者らは、これまで温泉水の皮膚に及ぼすヌルヌル感と温泉成分の関係を定量的な式として提案してきた。一方、海水は地中から湧出するという条件を除けば濃厚な食塩泉に対応する。そのため、日本では古来より海水を沸かして入浴する“潮湯”が存在し、海外でもタラソテラピーなどの海洋療法に海水が用いられてきている。そこで、海水についても上述した式の有効性の確認と、ヌルヌル感を与える条件を明らかにすることで、海洋療法などでのより広い応用の可能性が期待できると思われる。

実際の海水および人工海水を準備し、ヌルヌル感を与える実験をこれまでと同様に行った。具体的には、ヌルヌル感を阻害する要因のCaおよびMg濃度を変えるため、海水を試薬とを反応させて沈殿、陽イオン交換樹脂で除去、キレート剤のEDTAで捕集などの方法でCaおよびMgを除去し、pHを調整した。それらを40℃に保ち、手を浸し、ヌルヌル感の評価を前報と同様の方法で行った。

いずれの方法でもヌルヌル感を得られ、これまでの式の有効性が確認できた。なお、海水にヌルヌル感を付与させるには、陽イオン交換樹脂やキレートによる捕集等の操作により、事前にCaおよびMg濃度を低下させ、その後pH調整する方法が有効と思われる。

4. 浴用方法の違いによる温熱効果と心拍変動について

法政大学生命科学部 能 島 一 樹・大 波 英 幸・金 子 裕 也・内 田 泰 斗
 健康保養地医学研究所 阿 岸 祐 幸
 法政大学生命科学部 栗 田 繕 彰
 IHI 東京病院 片 岡 喜 直
 法政大学理工学部 八 名 和 夫
 法政大学生命科学部 大 河 内 正 一

Effect of the Hyperthermia and Heart Rate Variability by the Difference of Bathing Method

Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ. K. NOJIMA, H. OHNAMI, Y. KANEKO, T. UCHIDA
 Res. Inst. Health Resort Med. Y. AGISHI
 Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ. Y. KURITA
 Dept. Int. Med. IHI Tokyo Hospital Y. KATAOKA
 Fac. Sci. Eng., Hosei Univ. K. YANA
 Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ. S. OKOUCHI

今回は全身浴や半身浴、足湯などの入浴方法の違いや、血管を拡張し心臓に負担がかかりにくいとされる炭酸泉が生理的にどのような影響を与えるか、深部体温および心拍変動などを測定し、さら湯との比較を行った。

浴槽水は水道水を加温したさら湯と人工炭酸泉 (1,000 ppm) を用いた。浴槽水温度は高温浴の 41℃ と不感温度の低温浴 34℃ に設定した。

実験は被験者に深部体温計 (耳鼓膜温で代替) および心電計を装着し、入浴 30 分前から安静にし、入浴後 60 分間の安静を保ち、深部体温計および心電計の計測を 5 分毎に行った。

高温入浴では、さら湯と比較して炭酸泉では深部体温の上昇速度は速く、同じ入浴時間で深部体温をより高くする一方、心拍数は低く抑えられた。しかし、LF/HF 比から、必ずしも炭酸泉入浴はさら湯より副交感神経優位とはならなかった。高温と低温浴では、疲れやストレスを表す SDNN の値は前者が小さく、それ故高温浴が疲れやストレスをより感じることを示した。しかし、入浴後の時間経過より、高温、低温浴共に入浴後に疲れやストレスが解消される傾向にあり、その効果は低温浴でより大きい結果を示した。

5. 皮膚血流量に及ぼす泉質の影響

法政大学生命科学部 並 木 佐也加・栗 田 繕 彰・古 川 豪
 小野田 杏 菜・大 河 内 正 一

Influence of the Substance in Hot Spring Waters on Cutaneous Blood Flow

Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ.
 S. NAMIKI, Y. KURITA, G. FURUKAWA, A. ONODA, S. OKOUCHI

今回、炭酸泉と同様に血流量を上げるとされる硫黄泉や、保温効果がよく湯冷めしにくい「熱の湯」といわれる食塩泉、その逆の熱が放散され清涼を感じるため「冷の湯」といわれる重曹泉につ

いての泉質が及ぼす皮膚血流量の基礎的検討を行った。

実験は 40℃ および 25℃ に調整した人工温泉水に足を浸し、皮膚の血流量および表面温度を測定した。

皮膚血流量の結果は、温度に関わらず、いずれの人工温泉もさら湯と比較して、血流量は大きくなり、その中でも特に炭酸泉および硫黄泉は従来と同様に皮膚血流量は大きく、次いで食塩泉、重曹泉の順となった。皮膚血流量と皮膚表面温度の関係では、体温より高温の 40℃ の結果は、両者に比例関係が見られた。一方体温より低い 25℃ では、表面温度に関わらず、血流量を一定に保つ作用があることが観察された。また、食塩泉と重曹泉では、前者は入浴後の血流量が落ち難い傾向にあり、一方後者の 40℃ の重曹泉では、入浴後に入浴前の皮膚表面温度より低くなり、両者の「熱の湯」、「冷の湯」と言われてきた理由の一端を示唆する結果が得られた。しかし、両者の濃度が温泉の最高濃度を想定しての実験であることから、より低濃度での検証が必要と思われる。

6. 還元系入浴剤について—水素系入浴剤—

法政大学生命科学部 栗田 繕 彰・Pariya Thanatukusorn・大波 英 幸
井上 亮 平・大河内 正 一

The Reductive Bath Salts with Hydrogen Material

Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ.

Y. KURITA, P. THANATUKUSORN, H. OHNAMI, R. INOUE, S. OKOUCHI

これまで演者らは、新鮮な温泉水の本質的特性として還元系であることを明らかにし、継続的に入浴することで、皮膚の酸化抑制および老化抑制に期待が持てることを提案してきた。これらの優れた還元系の温泉水に、温泉に行かなくても、家庭や、高齢者施設などで同様の効果を容易に享受できる有力な手段の一つとして入浴剤が考えられる。そこで今回、還元系入浴剤として、水素の還元力に着目し、水素系入浴剤の試作およびその効果・効能の検討を行った。具体的には、水素系入浴剤の基剤として高い水素貯蔵能をもった水素化マグネシウムを用いて検討した。

水素化マグネシウムの基礎特性として、浴槽水(200L)に濃度を変えて溶解し、浴槽水の ORP-pH 関係および水素濃度を測定し、効果・効能としてメラニン生成抑制実験を行った。

その結果、水素化マグネシウムを溶解させることで、水道水に含まれている塩素により酸化系となっている浴槽水を還元系に導く結果を得た。また、メラニン生成抑制実験では、メラニンの生成抑制を確認できた。さらに、入浴による呼気中の水素濃度から、水素の皮膚を通しての体内吸収が確認できた。以上の結果から、水素系入浴剤は多硫化カルシウム系入浴剤に替わる新たな還元系入浴剤として有効な入浴剤であることが示唆された。

7. 湧出形態別に見た道内温泉のヒ素濃度

北海道立衛生研究所 内野 栄 治・青柳 直 樹・市橋 大山

Arsenic Content of Waters from Different Types of Hot Springs in Hokkaido

Hokkaido Inst. Public Health Eiji UCHINO, Naoki AOYANAGI, Daisen ICHIHASHI

湧出形態 (自然湧出, 自噴, 動力) 別に道内温泉のヒ素濃度を明らかにし, 併せて, その地域分布, 泉質, 他成分濃度等との関連について解析した. 得られた結果の概要をまとめると以下のようになる.

解析した数は自然湧出 228, 自噴 204, 動力 646カ所に及んだ. ヒ素濃度は 0.000~31.2mg/kg の範囲にあった. 自然湧出, 自噴, 動力毎の平均値は各々 0.554, 0.234, 0.097 mg/kg であった. また一律排水基準 (基準) 0.1 mg/kg を超えた自然湧出, 自噴, 動力は各々 31.1, 17.2, 16.1% あった. そして基準の 10 倍を超えた泉源は自然湧出で 9 市町村の計 32カ所, 自噴で 8 市町村の計 13カ所, 動力で 7 市町村の計 11カ所あった. これらはいずれも道西部で多く見られた. さらに基準を超えた温泉の泉質毎の割合は自然湧出の酸性泉と塩化物泉が各々 61.3%, 57.7%, 自噴の塩化物泉と動力の硫酸塩泉が各々 24.5%, 33.8% と高かった. 一方, 自然湧出と自噴ではヒ素と溶存物質総量 (ガス成分を除く), Na, K, Mg, Cl, CO₂, HBO₂ 濃度との間で一貫した正の相関, 自噴と動力ではヒ素と泉温の間で正, pH との間で負の相関があった. また自然湧出ではヒ素と HCO₃⁻ との間, 動力ではヒ素と SO₄²⁻ との間でいずれも正の相関があった. その他, ヒ素濃度と主たる採取地層との関連等について検討した.

8. 奥会津の炭酸泉について

法政大学生命科学部 大波 英幸・栗田 繕彰・内田 泰斗
健康保養地医学研究所 阿岸 祐幸
中央温泉研究所 甘露寺 泰雄
法政大学生命科学部 大河内 正一

Carbon Dioxide Springs in Oku-Aizu (Fukushima Prefecture)

Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ. Hideyuki OHNAMI, Yoshiaki KURITA, Taito UCHIDA
Res. Inst. Health Resort Med. Yuko AGISHI
Hot Spring Res. Center Yasuo KANROJI
Fac. Biosci. Applied Chem., Hosei Univ. Shoichi OKOUCHI

炭酸泉はその生理学的効果効能が明らかとなっている数少ない泉質のひとつである. これまで, 天然炭酸泉は ORP-pH 関係に基づくと, 弱酸~弱アルカリ性の還元系で, 我々の生体水に類似していることを明らかにした. また, 2次元レーザードップラー法を用いて, 炭酸泉による血流量増加を 2次元的に可視化できることを明らかにした. それ故, 炭酸泉は浴用水として大いに期待される泉質であるが, 日本においてその数が非常に少なく貴重な存在である. 現在, 九州大分県の長湯温泉が有名であり, “炭酸泉 = 長湯温泉” のイメージで一極化している状況にある. 今回, 震災・原発で大きく被災した東北地方にも炭酸泉があることを再認識すると同時に, その実態調査を行った.

東北の炭酸泉を, 文献やウェブサイトでピックアップし, 温泉源泉および浴槽水の二酸化炭素濃度, ORP-pH 関係の測定や, 加熱, 加水方法などを含めて調査した.

貴重な資源とも言える炭酸泉を, 加温やポンプ揚水または貯水時の攪拌などにより二酸化炭素濃度を低下させた状態で利用している施設も明らかになった. 一方, 福島県奥会津金山町で, 源泉および浴槽水の直接的測定で 1,000 ppm 以上の値が計測された. さらに, 40℃程の炭酸泉と天然炭酸飲料として販売されている冷鉱泉が近接しており, これら炭酸泉資源を有効かつ積極的に活用する

ことで、長湯温泉に匹敵する炭酸泉の温泉地形成の可能性が考えられた。

9. 福岡県筑後平野に湧出する炭酸泉の起源

大分大学教育福祉科学部 大 上 和 敏
 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
 奈良女子大学共生科学研究センター 山 田 誠
 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 三 島 壮 智
 大分大学大学院教育学研究科 酒 井 拓 哉

Origin of the Carbonated Spring Waters in Chikugo Plain, Fukuoka Prefecture

Fac. Educ. Welfare Sci., Oita Univ. Kazutoshi OUE
 Beppu Geothermal Res. Lab., Kyoto Univ. Shinji OHSAWA
 Kyousei Sci. Center for Life and Nature, Nara Women's Univ. Makoto YAMADA
 Beppu Geothermal Res. Lab., Kyoto Univ. Taketoshi MISHIMA
 Grad. Sch. Educ., Oita Univ. Takuya SAKAI

福岡県筑後市に位置する船小屋温泉は、日本有数の炭酸泉の一つであり、近年その炭酸成分の医療効果の面から注目を集めている。本研究では、船小屋温泉から湧出する冷鉱泉水の、炭酸成分、希ガスの起源を明らかにするために、鉱泉水および付随ガスの化学・同位体分析を行った。鉱泉水の安定同位体組成 (δD および $\delta^{18}O$) から、船小屋温泉および長田鉱泉水の鉱泉水はいずれも天水起源であることが示された。また、付随ガス中の $^3He/^4He$ 比と $^4He/^{20}Ne$ 比の関係より、船小屋温泉に流出する He は大気起源 He の混入はほとんどなく、マントル起源および地殻起源の He が混合したものであることが示され、それぞれの寄与率はマントル起源 He が 60%、地殻起源 He が 40%、大気起源 He が 0.1% 以下という結果が得られた。C/ 3He と $\delta^{13}C$ の関係より、付随ガス中の CO_2 に占める炭素の起源を推算したところ、Mantle-derived CO_2 が 35%、Marine carbonate CO_2 が 56%、Sedimentary organic carbon が 9% という結果が得られた。さらに、付随ガス中の $CH_4/(C_2H_6 + C_3H_8)$ 比と CH_4 中の $\delta^{13}C$ の解析により、付随ガス中の CH_4 は地下深部における有機物の熱分解によって生じたものであると説明することができた。

10. 震災時に生じた温泉の白濁化—美霞洞温泉（香川）の例—

香川大学教育学部 佐々木 信 行

Visible Changes of Hot Spring Waters Observed after Enormous Earthquake in East Japan in 2011—A Case of Mikado Hot Spring, Kagawa—

Fac. Educ., Kagawa Univ. Nobuyuki SASAKI

本年3月に東北地方および関東地方一帯を襲ったM9.0の大地震は、直後に周辺の太平洋沿岸地域に巨大津波をもたらし、その被害は広範囲にわたり、多くの家屋や物資、田畑、そして数多くの人命を奪う大惨事となった。その影響は地元の温泉にもおよび、遠くは四国、九州の温泉の一部にもその影響と思われる例が見られる。

美霞洞温泉は讃岐平野の南西部に位置するまんのう町 (旧琴南町) の南部にある。江戸時代に平賀源内の発見により開発された温泉であるとされ、フッ化物イオンを基準量以上含み、アルカリ性の強い単純冷鉱泉である。源内の発見した当初はかなり白濁していたという記録もあるが、近年はわずかな濁りがみられる程度であった。それが大震災後の数日後からやや青みを帯びたミルク状に白濁するという近年にない異常な白濁化が見られ、それが1ヶ月以上続いた。なお、大震災の発生時に当地では地震は観測されていない。

白濁後も源泉温度には大きな変化はなく、湯はほとんど無臭で、硫黄臭が増したという感はないが、pHが従来9.6程度あったのが、8.5~9.0程度に低下していた。成分的にはカルシウムイオンやナトリウムイオン濃度がやや増加していたが、大きな変化ではない。

地震による変化ということでは、1995年の阪神淡路大震災の折にも、この美霞洞温泉は震災から4、5日後に白濁化しており、やはり1ヶ月以上白濁化が続いたという記録がある。その時も今回同様に白濁化しており、ぬめりもあり、湯の中のものが見えなかったという。このような白濁化は、程度の差はあるが、同じ香川の塩江温泉の奥の湯でも見られていたことがわかっている。

11. 太平洋沖地震前後に観測された箱根温泉の変化

神奈川県温泉地学研究所 板 寺 一 洋・菊 川 城 司・代 田 寧

Changes in Temperature and Discharge of Hot Spring Waters Observed in Hakone Spas at and after the 2011 Tohoku-Nihon Taiheiyo-oki Earthquake

Hot Springs Res. Inst. Kanagawa Pref. Kazuhiro ITADERA, Joji KIKUGAWA, Yasushi DAITA

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震 (M9.0) は、岩手、宮城、福島をはじめ東日本の広い地域に深刻な被害をもたらした。平成23年3月下旬から4月中旬に実施した温泉温度や湯量の観測結果を、地震前のデータと比べると、箱根地域では、地震後に湯量が増加した、あるいは温度が上昇した温泉が多かった。こうした変化は、3月11日の地震による強い地震動や広域に及んだ地殻変動によって生じたと推測される。連続観測の結果では、箱根湯本地区の源泉の温度は、地震発生前には39℃前後で推移していたが、地震発生直後から上昇し、2~3日かけて2℃ほど上昇した後、横ばい傾向となった。こうした事実などから、3月11日の地震時およびその後現れた温泉の温度と湯量の変化は、箱根火山の活動が活発化したことを示すものではないと考えられる。

12. 東日本大震災における茨城県内の温泉 (源泉) 状況

茨城温泉開発株式会社 堀 川 有

Hot Spring (Source) Situation of Ibaraki Prefecture in East Japan Great Earthquake

Ibaraki Onsen Kaihatsu Co., Ltd. Yuu HORIKAWA

平成23年3月11日に起きた東日本大震災で茨城県は最大で震度6強を記録した。弊社では県内約15箇所の源泉に自動記録計を設置し井戸管理しており震災前後の井戸状況が記録としてある。これらのデータから震災における源泉状況をまとめ報告するとともに、一部自噴泉を取り上げ詳細

な状況を報告する。

湧出量、泉温、井戸水位等の変化について震災前後のデータを用いて比較調査した。自噴が停止した井戸については揚湯試験の実施による井戸特性調査を行った。

揚湯試験対象の井戸は約80年前に開発が行われ当時約260 l/分自噴していたが近年では約60 l/分程度まで減少していた。3月11日の震災により自噴が停止しGL-6.3mまで降下したが、その後自噴の回復を確認する。揚湯試験では、限界揚湯量200 l/分、適正揚湯量160 l/分、自噴量約130 l/分というデータを得た。3月11日の震災による自噴停止については、時間と共に回復傾向にあったことから、温泉の枯渇ではなく地層中でいくつかの亀裂や裂カが生じ一時的に地下水圧が分散し自噴が停止したと考えられる。その後の自噴量増加に関しては、震災で生じた亀裂や裂カから新たな湯脈を持ち込んできたまま掘削当初の湯脈が復活したと推測する。従って今回の震災で言えることは、これら断層破砕帯等から水脈を得る深層地下水型の温泉や火山性温泉は地震の影響を受けやすく湧出量の増減傾向がみられることである。

13. 有馬温泉の源泉の特徴と水質変化

(財)中央温泉研究所 益子 保・大塚 晃弘・高橋 孝行

Characteristics and Water Quality Change of Hot- and Mineral-Waters, in Arima Spa

Hot Spring Res. Center Tamotsu MASHIKO, Akihiro OHTSUKA, Takayuki TAKAHASHI

2006年秋、有馬温泉の炭酸泉および二酸化炭素湧出地が分布する地域においてリゾートホテルの建設が計画された。この地域内には炭酸泉が現に存在し、その流動域は比較的浅層部にあることが推定されたことから、リゾートホテル建設に伴う温泉源への影響を回避もしくは軽減するための方策を検討するため、建設地域内の温泉や地下水の流動状況を調査するとともに、工事の進行に伴う源泉への影響監視を行った。その後、2件の建設計画も進行したことから、計3件の建設工事について施設発注者および建設業者と地元温泉関係者、第三者有識者を交えた泉源保護協議会を立ち上げ、その中で建設工事に伴う周辺源泉への影響の有無、工事業業者からの工事進捗状況や工事内容に関する報告等を協議し、円滑な工事進捗をサポートした。その結果、すべての建設工事は源泉への影響がなく終了した。むしろ屋根部に降った降水を積極的に地下浸透させる工事を行ったことにより、炭酸泉の状況は良好な状態を維持しているようである。建設工事による影響監視という点では、当事者同士の話し合いの場に第三者の有識者が加わった協議機関を設けることで、温泉への影響がなく、工事もスムーズに進捗できたものと考えている。

14. 北海道の温泉保護・準保護地域について

(株)ドリリング計測 松波 武雄
道総研地質研究所 鈴木 隆広

The Conservation and Semi-conservation Areas for Hot Spring Resources of Hokkaido

Drilling Keisoku Co., Ltd Takeo MATSUNAMI
Geological Survey of Hokkaido Takahiro SUZUKI

「北海道温泉保護対策要綱」は 1976 年 3 月に制定された。当要綱では“保護地域等における規制”とともに“全道的な温泉の保護及び利用に必要な措置”が規定されている。ここでは、指定された温泉保護・準保護地域における温泉資源の特徴および坑井分布状況について整理した。

- 1) 北海道温泉保護・準保護地域の温泉資源は、自然湧泉をもつか、かつてもっていた熱水対流系とそれらをもたない深層熱水系に 2 分される。
- 2) 熱水対流系の指定地域面積は $10^{-1} \sim 10^0 \text{ km}^2$ オーダーにあり、“坑井密度指数 (松波・鈴木, 2010)”は $10^2 \sim 10^3$ オーダーである。
- 3) 深層熱水系の指定地域面積は $10^1 \sim 10^2 \text{ km}^2$ オーダーにあり、“坑井密度指数”は $10^0 \sim 10^1$ オーダーである。

熱水対流系 (“従来温泉地”) においては、深度の小さな掘削井が比較的狭い範囲に多数なされる傾向がある。地下からの上昇流 (一部側方流) には限度があり、過度の熱水利用に留意が必要である。一方、深層熱水系 (“新規温泉地”) においては、“坑井密度指数”が 100 から遥かに小さくとも広域的な圧力低下を生じる場合があり留意が必要である。

15. 高塩分温鉱泉のラジウム同位体—北海道西部の大深度掘削泉を中心に—

金沢大学 LLRL 高田 貴裕・長尾 誠也・富田 純平・山本 政儀
幌延地圏環境研究所 玉村 修司
富山大学理学部 張 勁
北海道立総合研究機構 秋田 藤夫

Radium Isotopes in High Saline Thermomineral Water

LLRL, Kanazawa Univ. Takahiro TAKADA, Seiya NAGAO, Junpei TOMITA, Masayoshi YAMAMOTO
Horonobe Res. Inst. for the Subsurface Environment Shuji TAMAMURA
Fac. Sci., Toyama Univ. Jing ZHANG
Hokkaido Research Organization Fujio AKITA

温鉱泉水中の Ra 同位体の研究はこれまで多数行われてきた。日本国内では有馬温泉 (6.2 Bq/kg) や増富温泉 (1.4 Bq/kg), 三朝温泉 (0.55 Bq/kg) などで高濃度の ^{226}Ra が見出されている。一方、海外においては高塩分地下水から 100 Bq/kg を超える高濃度 ^{226}Ra が見出されている。近年、日本国内において大深度の掘削が可能となったことで、沿岸域において高塩分の熱水が得られるようになり、我々は石川・富山・新潟の沿岸域から得られる高塩分の地下水において ^{226}Ra が比較的高濃度に含まれることを見出し、その成因について議論を行ってきた。本研究では、高塩分の温鉱泉が多数点在する北海道西部を対象とし、塩分と ^{226}Ra 濃度との関係をさらに検討するとともに、フィールドでの塩分と ^{226}Ra 濃度との関係を明らかにするために、種々の塩分下での Ra の鉱物への吸着トレーサー実験を試みた。

温泉水の主要溶存イオン、水素・酸素安定同位体比の検討から今回得られた温鉱泉水は天水と海水または化石海水の混合に由来すると推測された。また、 ^{226}Ra および ^{228}Ra 濃度はそれぞれ、 $10 \sim 5,097 \text{ mBq/kg}$, $15 \sim 7,700 \text{ mBq/kg}$ であり、ばらつきはあるものの、塩分との正の相関関係が見ら

れた。帯水層岩石と温泉水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の検討から岩石表層の親核種の α 壊変に伴う α 反跳に支配されている事が示唆された。Ra と鉍物を用いた吸着実験から、用いた鉍物の種類によらず、塩分濃度が低いと分配係数が大きくなり、逆に塩分濃度が高くなると分配係数が小さくなる事が明らかとなり、フィールドでの結果とも矛盾しない結果を得た。

16. 2 段濃縮法によるレジオネラ属菌検出キットの開発

新潟バイオリサーチパーク株式会社, 新潟薬科大学 佐藤 征也
新潟バイオリサーチパーク株式会社 中口 笑美香

Development of *Legionella pneumophilla* Detection Kit by Two Steps of Concentration Method

Niigata Bio-Research Park, Inc., Niigata Phar. Univ. Seiya SATOH
Niigata Bio-Research Park, Inc. Emika NAKAGUTI

大規模浴場施設や老人施設でレジオネラ感染症による死亡事故が多発し、社会問題化している。また、各種教育施設や民間が経営するプールの衛生管理においても、レジオネラ属菌に対する管理体制の強化が重要視されている。これらの対策として従来から、主に塩素系消毒剤が頻繁にかつ過剰に使用されており、そのために、温泉施設内では泉質成分と塩素系消毒剤が化学反応をおこして、本来の泉質の効能効果を著しく阻害したり、各種プールにおいても、塩素系消毒剤による目や皮膚に刺激塩素臭が強くなり、泉質における効能が十分発揮されていないと指摘されている。このような状況にもかかわらず、従来行われているレジオネラ属菌の検査法は培養法に頼らざるを得なく、日常管理に支障をきたしていた。

そこで、我々はイムノクロマト法を原理とした2段濃縮法による、迅速で、誰でもできる方法を開発した。感度も約 50 CFU/100 mL を有して、しかも約 2.5 時間以内で検出でき、レジオネラ属菌に対する日常管理に適している事が示唆された。

17. 三重県における温泉利用施設の浴槽水質行政検査とその実施手法の検討

三重県保健環境研究所 森 康 則・吉 村 英 基・前 田 明
澤 田 陽 子・村 田 将・志 村 恭 子・山 口 哲 夫

Studies on the Methods of the Political Examination of Bath Water Quality in Hot Spring Utilizing Institutions in Mie Prefecture

Mie Prefecture Health and Environment Research Institute Yasunori MORI, Hideki YOSHIMURA
Akira MAEDA, Yoko SAWADA, Sho MURATA, Kyoko SHIMURA, Tetsuo YAMAGUCHI

三重県では、県内の温泉利用施設に対し、温泉法により義務化された加水等の掲示内容が適切に行われているかの確認等を目的とし、浴槽水質行政検査を実施している。同事業は、改正法が施行された平成 17 年度 (2005 年度) から開始され、これまでの検査実施件数は約 180 件に上っている。本事業の実施方法については、具体的には森ら (2010) に詳述されている。

本研究では、これまでに行われた検査結果について概括するとともに、さらなる事業の継続的改

善と効率化を目的として、検査方法の検討を行った。まず、単純温泉等、溶存成分の総量が比較的小さい温泉については、一定期間の循環ろ過の継続によって、源泉タンク水に比べて浴槽水に比較的大きな濃度上昇が認められる事例が散見された。このことから、利用する温泉の泉質に応じた適正な乖離率の設定が必要と考えられた。また、本事業で得られたデータを鉱泉分析法指針の改訂に向けて議論されてきた浴用分析法の検討に資するものとするため、一部検水については電気伝導率を測定しその結果を検討した。その結果、電気伝導率が簡易的な加水判定に活用できる可能性が示唆された。

18. ナノフィルターを用いた温泉排水での砒素等有害物質の除去システムについて

元東京工科大学, 工学部電子工学科 石橋 新一郎
日本ナノフィルター株式会社 蜂須賀 益徳
株式会社ユタカ, トレンズ 柳 平 彬

Removal Systems of the Disastrous Substance including Arsenic in a Spa Draining by Using Nano-filter

Ex Fac. Eng., Tokyo Univ. Tech. Shinichiro ISHIBASHI
Nihon Nano-filter Inc. Masunori HACHISUKA
Inc. Yutaka, Torentzu Akira YANAGIDAIRA

温泉施設からの排水には砒素等の有害な物質が多く含まれ問題となっているが、この有害な物質はそのまま河川などへ放流されている。しかし近年環境への関心が高まり、環境省等から有害物を除去してから放流する様にと指摘されている。しかし除去装置の費用など経済的な負担が大きいなどの理由から進展していないのが現状である。そこで新たに開発されたナノフィルターを用いて砒素等有害物の除去について検討を行なった。このナノフィルターは超微粒子強磁性フェライトである Ca-Zn フェライトを不織布に塗布したもので、表面には強い磁場が形成されている。この強い地場に着目し、表面に砒素等有害物を吸着して除去する方法を考えた。飲料水や河川などには鉄分が含まれているが、この鉄分と砒素等は相性が良いので凝集する。また鉄分は磁性を帯びているので、鉄分と凝集した砒素等の有害物質は磁化される。この磁化された凝集物はナノフィルターの表面に吸着されて除去される。この除去システムをバングラデッシュ共和国の井戸水やハツ場ダム上流の湯川などに含まれる砒素等有害物の除去試験を行ったところ、良い測定結果が得られた。この除去システムは取り扱いが簡便で、しかも安価で無害であるのが大きな特長といえる。

19. ナノフィルターを用いた循環温泉でのレジオネラ属菌等の殺菌システムについて

元東京工科大学, 工学部電子工学科 石橋 新一郎
日本ナノフィルター株式会社 蜂須賀 益徳

Sterilization Systems of *Legionella pneumophila* in a Circulation Spa by Using Nano-filter

Ex Fac. Eng., Tokyo Univ. Tech. Shinichiro ISHIBASHI
Nihon Nano-filter Inc. Masunori HACHISUKA

現在観光資源として重要な位置を占めている温泉は、湯量や温度などの関係から循環方式が多く採用されている。しかしレジオネラ属菌等の発生する確率が高く、その殺菌方法として塩素系薬剤等が利用されている。温泉が塩素系薬剤で酸化されると、温泉が本来有しているストレスの解消、疲労の回復などの機能が低下するものとする。その他に塩素臭や肌へのヒリヒリ感、建物への腐食を早めるなどの副作用から、塩素系薬剤は余り有効な方法であるとは言えない。そこで新たに開発されたナノフィルターを用いて、レジオネラ属菌等の殺菌効果の検討を行なった。このナノフィルターは超微粒子強磁性フェライトであるCa-Zuフェライトを不織布に塗布したもので、表面には強い磁場が形成され、強い磁力線も放出されている。この表面にレジオネラ属菌等が活動しながら接触もしくは通過する時、磁力線を切ることで、電磁界の作用により誘導電流（渦電流）が発生する。この渦電流がレジオネラ属菌等の内部に誘導されて細胞を破壊し殺菌される。この殺菌システムをレジオネラ属菌等に当てはめた所良い殺菌効果が得られた。この殺菌方法は塩素系薬剤の様な副作用が無く、化学的にも安定で、無害であることが大きな特長と言える。

20. ビオフィンゴ[®] (Biofango[®]) の有用性と今後の展開

東邦大学・医学部 杉 森 賢 司
北陸先端科学技術大学院大学・マテリアルサイエンス科 岡 島 麻衣子
(株)アセンダント 大和田 瑞 乃

Utility of Biofango[®] and Development in the Future

Toho Univ. Fac. Med. Kenji SUGIMORI
JAIST Maiko OKAJIMA
ASCendant Co. Inc. Mizuno OOWADA

我々はイタリアのFango療法に準拠した独自の『ビオフィンゴ[®]: Biofango[®]』を開発し、実際に富山県砺波市「鳥越の宿 三楽園」において試行している。数種類の天然鉱石粉砕物を混合した泥に宿所有の源泉「鳥越の湯」を4週間かけ流し『温泉泥』を作成している。Biofango[®]に対し医学的な裏付けが必要であることから、入浴前、入浴後の「血圧」、「体温」、「表面温度（前胸部、前腹部、背部）」、「血流量（大腿部、指）」、「脈拍」、「体重」の値を測定し検討した。対照として「温泉」と「さら湯」を用いた結果、「表面温度」、「血流量（大腿部）」、「血圧」においては「Biofango[®]」と「温泉」入浴においては「さら湯」入浴に対し差が認められた。「Biofango[®]」と「温泉」間では「表面温度」に関し前者が高く差はあるものの、有意差が認められなかったが、「血流量（大腿部）」、「血圧」に関しては「Biofango[®]」においては平常時と変化無く安定した値を示し、有意差が認められた事から「Biofango[®]」は体に負荷がかからずに優しい温泉入浴法である事が推察された。

また、「Biofango[®]」に重要なラン藻類については培養中の*Phormidium* sp.が持つ有用成分を分析したところ、6種の糖脂質と3種の脂肪酸が検出され同定された。

21. 無毛アトピー性皮膚炎モデルマウスへの温泉水の影響—血清脂肪酸組成の経時変化と脂肪酸代謝関連遺伝子への影響—

北海道立衛生研究所 青 柳 直 樹・内 野 栄 治・西 村 一 彦
元北海道立衛生研究所 加 藤 芳 伸
現京都大学大学院薬学研究科 中 山 憲 司

Effects of Hot Spring Water Samples on Serum Fatty Acid Composition Change and on Fatty Acid Metabolism-Related Gene in Hairless Mice Model with Atopic Dermatitis

Hokkaido Institute of Public Health Naoki AOYANAGI, Eiji UCHINO, Kazuhiko NISHIMURA
Former Hokkaido Institute of Public Health Yoshinobu KATOH
Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Kyoto University Kenji NAKAYAMA

アトピー性皮膚炎 (AD) 患者の中には, n-6 系の脂肪酸 (FA) 組成 (特にリノール酸 (LA)) 比率が高くなり, その代謝異常が指摘される例が報告され, AD モデル動物においても同様の傾向が見られる. そこで, 本研究では無毛化されたアトピー性皮膚炎 (AD) モデル動物を用い, 血清 FA 組成に対する温泉水の影響を経時的に調べるとともに, FA やエイコサノイドの合成, 輸送など 4 種の FA 代謝関連遺伝子への影響についても検討を行ったので報告する.

皮膚炎を感作・惹起させた NCN24 マウスを蒸留水処理群 (D 群) と温泉水処理群 (S 群) の 2 群に分け, 非感作・非惹起のコントロール群 (C 群) を対照に 3 週間, D 群には蒸留水, S 群には温泉水 (北海道豊富温泉) をそれぞれ患部に噴霧して実験を行った. 実験期間を通して C 群における血清 FA の内, LA とパルミチン酸 (PA) の比がほとんど一定であったことから, 3 群の血清 LA の経時変化を LA/PA を用いて比較した. 3 群について群間比較すると, 少なくとも 2 週間以降, C 群および S 群に対し D 群で有意 ($P < 0.01$) に高い値が認められた. 一方, C 群と S 群では実験期間を通して有意差は見られなかった. これらのことから, 豊富温泉水により, AD 様症状の発症に伴い高くなった血清中 LA 組成比も皮膚スコアや血清 IgE と同様に改善することが示唆された. 4 つの FA 代謝関連遺伝子では, D 群を対照に S 群と比較した結果, 有意差はないが発現が抑制される傾向がみられた.

22. モナザイトからの溶出実験による人工放射能泉の分析

慈恵医大 堀内公子・箕輪はるか・吉沢幸夫

Analysis of Artificial Radioactive Hot Spring of Leaching from Monazite

Jikei Univ. Sch. Med. Kimiko HORIUCHI, Haruka MINOWA, Yukio YOSIZAWA

温泉には温熱効果があり, 放射能泉には放射線の人体への直接効果および放射線が水に当たって起こる水の放射線分解により生じた多種類のイオンの生体への刺激効果がある. 一方, 岩盤浴や放射線環境には治療効果があるといわれている. 西欧ではラドン浴がリュウマチ, 喘息, 痛風等の治療に用いられ, ロシアでは, 温泉水や温수에ラドンガスを添加して治療効果を上げている. 放射線源は天然, 人工に関わらず, 同一核種は同様に作用する. よって人工的に放射能泉を作ることにより治療に関わる費用と時間を軽減でき, 治療の再現性も確保できると考えられる. しかし, 過度の放射線との接触にはリスクがあり, 人工放射能泉を科学的に評価する必要がある.

人工放射能泉に関する基礎研究の一環として, モナザイトを用い, 人体に刺激の少ない有機酸: クエン酸を作用させ, 溶出してくる放射性成分を液体シンチレーションカウンター (LSC) で測定した. その結果 ^{232}Th , ^{224}Ra の存在は認められたが, LSC では, ^{220}Rn の存在は明確には確認出来なかった.

しかし, 本実験と同じモナザイトを用い 9 時間溶出させた人工放射能泉の γ 線スペクトロメト

リーにより, ^{220}Rn の崩壊生成物: ^{212}Pb , ^{212}Bi の存在が認められていることから, 本実験条件でも ^{220}Rn は存在すると推定された.

23. High Efficiency Mineral Oil (ミネラルオイルシンチレータ) による水中ラドン直接測定法 (2 層) の検討 1

神薬大 安岡由美・田中里沙・荒木沙織・向高弘
 中部大 大沼章子, 慈恵医大 堀内公子
 中温研 滝沢英夫, 放医研 石川徹夫
 弘前大 床次真司, 滋医大 福堀順敏
 九大 杉原真司, 宮崎大 後藤稔男
 鹿児島大 尾上昌平, 慶應大 片岡賢英
 東海大 横田繁昭

Direct Method (2 Phase) for Measuring Radon Concentration in Water Using High Efficiency Mineral Oil, Part 1

Kobe Phar. Univ. Y. YASUOKA, R. TANAKA, S. ARAKI, T. MUKAI
 Chubu Univ. S. OHNUMA, Jikei Univ. Sch. Med. K. HORIUCHI
 Hot Spring Res. Center H. TAKIZAWA, NIRS T. ISHIKAWA
 Hirosaki Univ. S. TOKONAMI, SUMS N. FUKUHORI
 Kyushu Univ. S. SUGIHARA, Univ. Miyazaki T. GOTO
 Kagoshima Univ. M. ONOUE, Keio Univ. Y. KATAOKA
 Tokai Univ. S. YOKOTA

水中ラドン (^{222}Rn) 濃度測定法として, ミネラルオイルシンチレータ 10 mL に試料水 10 mL を加え, 3 時間 12 分以上放置後, 液体シンチレーションカウンタで測定した. 積分バイアス法 (ウインド: 50-2,000 keV, 75-2,000 keV, 100-2,000 keV) を用い, 計数率 (0-2,000 keV) を求めたところ, 9 機種 (2 メーカー) の液体シンチレーションカウンタで計数率はよい一致を得た. この計数率をラドン量へ変換する係数を $4.5 \pm 0.2 \text{ cps/Bq}$ と決定した.

24. High Efficiency Mineral Oil (ミネラルオイルシンチレータ) による水中ラドン直接測定法 (2 層) の検討 2: 簡易型液体シンチレーションカウンタを用いた場合

神薬大 田中里沙・荒木沙織・安岡由美・向高弘
 中部大 大沼章子, 慈恵医大 堀内公子
 中温研 滝沢英夫, 放医研 石川徹夫
 弘前大 床次真司, 慈恵医大 福堀順敏
 九大 杉原真司, 琉球大 古川雅英

Direct Method (2 Phase) for Measuring Radon Concentration in Water Using High Efficiency Mineral Oil, Part 2 : In Case of Simple Liquid Scintillation Counter

Kobe Phar. Univ. R. TANAKA, S. ARAKI, Y. YASUOKA, T. MUKAI
 Chubu Univ. S. OHNUMA, Jikei Univ. Sch. Med. K. HORIUCHI
 Hot Spring Res. Center H. TAKIZAWA, NIRS T. ISHIKAWA
 Hirosaki Univ. S. TOKONAMI, SUMS N. FUKUHORI
 Kyushu Univ. S. SUGIHARA, Univ. Ryukyus M. FURUKAWA

検討 1 と同じ方法で試料を作製後, 簡易型液体シンチレーションカウンタ (Triathler Hidex 社) で測定した. 積分バイアス法 (ウインド: 50~1,000 ch, 75-1,000 ch, 100-1,000 ch) を用い, 計数率 (0~1,000 ch) を求めたところ, 同法による通常型液体シンチレーションカウンタ (Tri-Carb2300TR PerkinElmer 社) の計数率 (0~2,000 keV) とよい一致を得た. また, スペクトルが低エネルギー側にシフトしている場合, β 線領域を始点とする適切なウインド設定により上記の計数率 (0~2,000 keV) とよい一致を得ることを確認した. この計数率をラドン量へ変換する係数を 4.5 ± 0.2 cps/Bq と決定した.

25. 大深度非火山性温泉の性質と法規制のあり方 —大深度非火山性温泉は誰のものか?—

名古屋大学名誉教授 宮崎 哲郎
 明治学院大学法科大学院 加賀山 茂

Legal Rights of Ownership of Non-volcanic Spas from Deep Wells, Based upon Scientific Properties of the Spas

Emeritus Professor of Nagoya Univ. Tetsuo MIYAZAKI
 Meiji Gakuin Univ. Graduate Law School Shigeru KAGAYAMA

温泉法では, 温泉とは地下から湧出する温水, 動く水 (流水), すなわち, 循環水を想定している. 平野部における深度 1,000 m 以上の大深度非火山性温泉の拡散について, データをもとに検討すると, 上下方向の拡散はほとんど起こらない. また, 横方向の拡散もほとんど起こらず, この温泉は温泉法でいう循環水ではなく, 地下における停滞水である. これは地下に安定に存在する地下資源とみなされ, その所有権は基本的に国に属する. 現在の法律からみると, 温泉法では温泉の所有権については規定していない. この温泉の歴史は浅く, 火山性温泉のように慣習法による所有権の設定も出来ない. また, 地下資源を規定している鉱業法には, この温泉は含まれておらず, この法律を適用することは出来ない. 民法では, 地盤の所有者はその土地の地下にある物を所有することは出来る. しかし, この温泉は流動的資源なので, 温泉水を揚湯することにより, 隣地の資源を侵害する恐れがあり, この法律の適用も適切ではない. 従って, 大深度非火山性温泉の所有権・利用権を明確にするためには, 新しい立法が必要といえる.