

## 日本温泉科学会第 58 回大会

## 一般講演要旨 (口頭発表)

1. 東京周辺の温泉水中の  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  放射能比の測定

明治大学・理工学部 中野 (太田) 朋子・佐藤 純

 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  activity ratio in hot-spring waters around Tokyo and its vicinity

School of Science and Technology, Meiji University

Tomoko NAKANO-OHTA, Jun SATO

$^{226}\text{Ra}$  と  $^{228}\text{Ra}$  は  $^{238}\text{U}$  と  $^{232}\text{Th}$  の壊変生成物であるので、温泉水中の  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  放射能比は、帯水層中の岩石の Th/U 濃度比や温泉水の年齢に依存すると考えられる。今回は、東京およびその周辺地域の 10 地点の温泉水中の濃度および  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  放射能比の測定を行った。

温泉水中のラジウム同位体はマンガン化合物を被覆したアクリル繊維 (Mn-Fiber) を 3 本直列につないだカラムを充填させたカラムに捕捉させた。温泉水 100 l をカラムに通水させ、カラム内の Mn-Fiber をブリキ製コンテナに密封し、Mn-Fiber に捕捉された Ra 同位体をガンマ線スペクトロメーターで測定した。

東京周辺の温泉水中の  $^{226}\text{Ra}$  の濃度は、0.3-58 mBq/l の範囲にあった。塩化ナトリウム泉の温泉水中の Ra 同位体の濃度は、アルカリ単純泉や硫黄単純泉、炭酸水素ナトリウム泉の温泉水より高い傾向にあった。 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  放射能比は 1-2 の範囲にあり、東京都大田区に湧出する温泉水中の  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  放射能比は、多摩地域や奥多摩地域の温泉のものよりわずかに高い傾向を示した。

## 2. 玉川温泉のラジウム濃度と同位体比の変動

日本大学文理学部 齋藤 敬・永井 尚生

Seasonal Variation in Concentration Isotopic Ratio of Radium of Tamagawa Hot Spring Water

College of Humanities and Sciences, Nihon University

Takashi SAITO, Hisao NAGAI

これまでの研究で、生成年代既知の北投石の表面のラジウム放射能比  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  はほぼ一定の値を示すことがわかった。さらに北投石の生成機構を知る前段階として、北投石の原料となる玉川温泉の温泉水中のラジウムを連続観測し、その濃度と同位体比の変動を調査した。

ラジウム濃度は  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  とともに夏期に高く冬期に低くなる傾向が見られた。これは、温泉水の採取地点が源泉から約 400 m 離れているため、冬期は温泉水の水温が下がり、ラジウムが硫酸バリウムと共に沈殿してしまう量が増加したため温泉水中のラジウム濃度が低くなってしまったものと考えられる。

また、温泉水のラジウム放射能比 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ は8-24となりラジウム濃度同様夏期に高く、冬期に低くなる傾向が見られた。北投石表面のラジウム放射能比は22前後であり夏期は近い値であったが、冬期は予想より低い値を示した。

### 3. 縞状北投石中の放射能分布とその解釈

香川大学教育学部 佐々木 信 行

#### Interpretation of the Distribution of Radioactive Elements in Banded Structure Formed in Hokutolite Crust

Faculty of Education, Kagawa University Nobuyuki SASAKI

縞状北投石中の放射能強度は色正常のタイプのもの、色異常のタイプのものいずれについても白色層の方が褐色層より放射能強度が大きく、その強度は結晶層中のバリウム含有量と相関がある。今回このような結晶層の放射能強度と結晶の色や化学組成との関係を結晶層と溶液間のラジウムの分配により説明することを試みた。

北投石の主成分である硫酸バリウム結晶と溶液間のラジウムの分配は、ラジウムが硫酸バリウムの方に濃集する enrichment system であるが、enrichment system においては平衡系のラジウムの分配係数は、結晶が成長しつつある非平衡系のみかけの分配係数よりも大きい。

これより、色正常タイプのものについては、鉛含有量の小さい白色層は結晶成長速度が小さく、成長速度の大きい褐色層に比べ分配の平衡度が大きいため、ラジウムの分配係数が大きくなり、結晶層にラジウムが多く取り込まれることにより放射能強度が大きくなるものと説明される。一方、色異常タイプのもは鉛含有量 (mol%) の小さい褐色層の方が結晶成長速度が小さいので、取り込むラジウムは多くなるが、こちらは硫酸バリウム相と共沈殿して褐色のもとになっていると思われる物質 (暗黒物質) の存在によりラジウムの共沈殿がやや阻害され、加えて共沈殿した暗黒物質によりラジウムが希釈され、単位体積あたりの放射能強度が小さくなったものと解釈される。

### 4. 玉川温泉の湯の華に含まれる放射性核種

秋田県衛生科学研究所 武藤 倫子  
秋田大学 松葉谷 治  
秋田県分析化学センター 鈴木 清晴

#### Radionuclides in deposits of Tamagawa hot spring

Akita Prefectural Institute of Public Health Noriko MUTO  
Akita University Osamu MATSUBAYA  
Akita Prefectural Center of Analytical chemistry, Ltd Kiyoharu SUZUKI

秋田県玉川温泉は温泉沈殿物を多量に産出し、湯の華として販売されている。今回、その湯の華について $\gamma$ 線を放出する核種分析を行ったところ、ウラン系列 (U-系列)、トリウム系列 (Th-系列)、アクチニウム系列 (Ac-系列) のいわゆる自然放射性核種が多種類検出された。その含有量が

他の温泉と比較してどの程度のものであるかを知るため、秋田県内で硫化水素を多量に含有する日影温泉 (大館市) 及び泥湯温泉 (湯沢市) の湯の華についても同様の分析を行い、玉川温泉の結果と比較検討した。入手した湯の華は、玉川温泉の黄色と赤褐色の 2 種類、日影温泉の黄色 1 種類、泥湯温泉の鉛色 1 種類の計 4 種類である。

各温泉の湯の華の総イオウ (T-S) 含有量は、玉川温泉の黄色と赤褐色及び日影温泉の湯の華が各々およそ 60%、泥湯温泉の湯の華はわずかに 2% であった。湯の華から検出された放射性核種は、玉川温泉の黄色と赤褐色で U-系列の Th-234, Ra-226, Pb-214, Bi-214 の 4 核種、Th-系列の Th-228, Pb-212, Ra-224, Tl-208, Bi-212, Ac-228 の 6 核種、Ac-系列の Th-231, Th-227 の 2 核種、及び宇宙線起源の Be-7 であった。日影温泉と泥湯温泉もほぼ同様の核種が検出されたが、Ac-系列は検出されなかった。

## 5. 北海道の温泉周辺で発生した特異な地震活動

北海道大学大学院理学研究科附属地震火山研究観測センター 高橋 浩 晃

Anomalous seismic activity in and around the hot springs in Hokkaido

Inst. Seismo. Volcano., Hokkaido Univ. Hiroaki TAKAHASHI

北海道で発生する定常的な浅発地震活動は、温泉が多く存在する道東の火山フロント沿いや道南において活発である。これらの地域は、温泉や地温勾配の大きな場所ともほぼ一致しており、地殻の熱という共通のパラメータの寄与が大きいことを示唆する。

北海道の温泉周辺で発生する群発地震活動の原因のひとつとしては地殻の不均質性が挙げられる。これは地殻の亀裂密度が高いことを示唆し、温泉の発生条件である熱の輸送が効率的に行われる条件を示す。また、マグマ等の貫入もその要因の一つと考えられ、これは深部から地殻浅部への熱輸送過程として捉えることができる。

北海道の温泉周辺では、低周波成分が卓越し、継続時間が長く、複数の地震の波形の相関が高いといった地震も観測される。ダブルカップル型の震源ではこのような特徴は示さず、何らかの流体の運動がその発生機構に大きく関わっていると考えられる。たとえば、温泉水が動的な動きによる可能性が考えられ、温泉そのものの生成や熱輸送メカニズムと密接な関係を持っているものと考えられる。

## 6. 地殻変動から推定される有珠山の噴火過程

北海道立地質研究所 岡崎 紀 俊

北海道大学大学院理学研究科附属地震火山研究観測センター

高橋 浩 晃・笠原 稔

鹿児島大学理学部 中尾 茂

Eruption process of Usu volcano, Hokkaido inferred from crustal deformation by GPS observation

Geological Survey of Hokkaido Noritoshi OKAZAKI  
 Inst. Seismo. Volcano., Hokkaido University Hiroaki TAKAHASHI, Minoru KASAHARA  
 Faculty of Science, Kagoshima University Shigeru NAKAO

有珠山では2000年3月31日の噴火に先立ち、27日夜から地震活動が開始した。そこで、噴火前兆期における火山性地殻変動を明らかにするために、28日深夜から有珠山麓の11カ所で、GPSを用いて地殻変動を連続観測した。観測結果および3月27日～31日の噴火前兆期におけるマグマの上昇過程は以下のように要約できる。

- 1) 有珠山南西麓を除いた各観測点は、ちょうど地震活動が最盛期に最も大きく変動した。特に、洞爺湖温泉街の点は噴火前では観測点の中で最も大きく変動し、北北東方向へ約2.2m移動し、約1m隆起した。
- 2) 各点の変動方向は、29日までは有珠山の火口原北西部を中心とした放射状方向であった。30日午前は、中心の位置がしだいに西側へ移動しながらも放射状方向を示したが、午後からは北西麓の観測点（31日の噴火口に近い点）の変動方向が反転して有珠山方向を向き始めた。
- 3) 山体を中心とした放射状の変動パターンは、地下のマグマだまりの体積増加が原因と考えられる。また、北西麓の観測点における変動パターンの反転は、その方向を走向とする開口割目の形成が原因と考えられる。これらを組合せたモデル計算の結果、深さ4kmのマグマだまりが膨張するとともに、マグマがその西側上部に割目を形成しながら貫入していくモデルで説明される。

## 7. 洞爺湖温泉の生成湧出機構

北海道立地質研究所 秋田 藤夫・柴田 智郎

### Thermal Water Flow Systems in the Toya-ko Hot Spring

Geological Survey of Hokkaido Fujio AKITA, Tomo SHIBATA

洞爺湖温泉は明治43年(1910)有珠火山の噴火により誕生した温泉である。火山国、温泉国と言われる我が国でもその誕生の時期と生成の過程が判っている温泉は極めて稀である。有珠山の地下浅部には、豊富な地下水が胚胎する。地下水は、四十三山爆裂帯の断裂に沿って深部から上昇した高温の火山ガスや蒸気により加熱され、温泉となり低温地下水層の上部に薄く広がり山側から湖岸に向かって流れている。

温泉は当初湖岸において自然湧出での利用だったが、利用量の増加に伴い温度低下をきたし、源泉開発域が徐々に爆裂帯近傍へと移動していった。現在、11カ所の源泉から温度32～56℃の温泉を約1,300l/分揚湯している。本地域の主要な温泉帯水層である外輪山溶岩は数m～30m程度の玄武岩溶岩とスコリア・火山砂の累重からなり、全体の厚さは150m以内とされる。温泉水位は湖水面よりわずかに高く、湖水位に敏感に応答する。泉質は、金比羅山東麓部に低温でHCO<sub>3</sub>の多い炭酸塩泉が湧出し、中央部の西丸山から四十三山、更に東部の東丸山地区には高温でCl及びSO<sub>4</sub>の多い塩化物硫酸塩泉が湧出する。

## 8. 有珠山噴火と洞爺湖温泉

北海道立地質研究所 柴田 智郎・秋田 藤夫・廣瀬 亘

### Toya-Ko Spa associated with the eruption of Usu volcano

Geological Survey of Hokkaido Tomo SHIBATA, Fujio AKITA, Wataru HIROSE

有珠山は 2000 年 3 月 31 日に噴火した。有珠山は 1663 年噴火活動から 30~50 年の間隔で噴火を繰り返してきたが、今回は前回の 1977~78 年噴火から 23 年と短い間隔での噴火である。洞爺湖温泉街は有珠山北麓の有珠山と洞爺湖の間にあり、温泉は 1910 年の噴火時に湖畔で形成された潜在円頂丘の四十三山とともに誕生したと考えられている。そのため、洞爺湖温泉は有珠山の火山活動と密接に関係している。

2000 年の噴火活動では、洞爺湖温泉で顕著な泉温変化・泉質変化、噴火の前兆と見られる水位変化も確認された。各源泉で状況は異なるものの、泉温は 1~20°C の上昇、溶存成分の濃度が高くなったことが観測された。特に、爆裂火口群に近い源泉ほど上昇温度・濃度上昇が大きい。これは噴火活動に伴い、マグマから放出された熱水の供給量の増加が原因と考えられる。また、温泉帯水層の水位は洞爺湖水面の影響を受け変動しているが、噴火の 6 ヶ月前から湖水面の変動とは異なる水位低下が観測された。これは熱水の供給圧力の低下が原因と思われる。

## 9. 国後島熱水の好熱性藻類と細菌

東邦大学医学部生物学研究室 杉 森 賢 司

ロシア科学アカデミー極東地質研究所 Oleg CHUDAEV

ロシア科学アカデミー太平洋地理研究所 Valentina CHUDAEV

### Thermophilic Algae and Bacteria of the Hot Spring Waters in Kuril Islands

Department of Biology, Toho University School of Medicine Kenji SUGIMORI

Far East Geological Institute, Russian Academy of Science Oleg CHUDAEV

Pacific Institute of Geography, Russian Academy of Science Valentina CHUDAEV

国後島の熱水を紹介し、そこに生息する好熱性藻類や細菌に関する調査結果を報告した。まず生物観察用の試料として Vendeleev 火山や Golovina カルデラの地熱地帯や Stolbe 温泉より沈殿物を含んだ熱水を採取した。特に緑色に観察される部位についてはその部分を含め熱水試料と一緒に採取した。泉温と pH 測定に関しては試料採取と同時にを行った。好熱菌の培養に関しては BY-medium (pH 3) と Bacillus Medium No. 573 の変法培地 (pH 7.0) にそれぞれ該当する試料を加え、70°C にて培養を行った。増殖した細菌については性状検査を行い 16S rRNA の塩基配列についても調べた。藻類用に採取した試料は 10% ホルマリンで固定した後、光学顕微鏡 (OLYMPUS BX 50) を用い観察を行い、既存の図鑑や写真集を用い同定を行った。

細菌: ① グラム陰性の有芽胞桿菌である *Bacillus* 属の細菌 ② グラム陰性で孢子を形成しない紡錘状菌 ③ グラム陰性で孢子を形成しない連鎖桿菌 ④ グラム陰性で孢子を形成しない分岐状を呈する菌が酸性領域から分離培養された。②③④については新種である可能性が高い。また、グラム

陰性の桿菌で孢子を形成しない *Thermus* 属の細菌およびグラム陽性の有芽胞桿菌である *Bacillus* 属の細菌が中性領域から分離培養された。その他、硫黄芝を形成している大鎌形細菌が確認された。藻類：酸性のサンプルより *Cyanidium caldarium* が、中性のサンプルより *Phormidium valderianum* var. *tenuis* が検出された。その他、*Pinnularia braunii* var. *amphicephara*, *Gomphonema olivaceum*, *Eunotia* sp., *Pinnularia microstauron*, *Navicula cryptocephala* 等の珪藻が認められた。

## 10. 温泉産微細藻類に対するカドミウム及びヒ素イオンの影響

東京理科大学理学部 長 島 秀 行

### Effects of Cadmium and Arsenic Ions on Hot Spring Algae

Faculty of Science, Tokyo University of Science Hideyuki NAGASHIMA

源泉や温泉施設、露天風呂等の周囲には微細藻類が生育している。これらの温泉藻は高温に耐性があるばかりでなく、温泉に溶解している各種イオンに耐性があることが推測される。そこで、本実験においては、人体に毒性があると考えられるカドミウム及びヒ素イオンの温泉藻の生育や活性に対する影響について調べた。材料は、酸性温泉に生育する単細胞紅藻イデユコゴメ *Cyanidium caldarium* 及びガルディエリア *Galdieria sulphuraria* を用い、培地に塩化カドミウム  $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5 \text{H}_2\text{O}$ 、またはヒ酸二ナトリウム  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  を加え、 $40^\circ\text{C}$ 、2000 ルクスで培養し、細胞の増殖量、クロロフィル量、及び光合成酸素発生活性を測定した。その結果、イデユコゴメは約 1 mM、ガルディエリアでは約 0.1 mM の塩化カドミウムまで耐性があったが、対照として行った緑藻クロレラ *Calorella vulgaris* では 0.01 mM で耐性が失われているので、温泉藻の方が耐性があると言える。さらに、イデユコゴメでは耐性限界内のカドミウムを加えて培養したとき、培地より約 80% のカドミウムイオンが除去されていることが分かった。

同様に、ヒ素イオンについて調べると、イデユコゴメ、ガルディエリア共、生育量では 1 mM ヒ酸二ナトリウムまで耐性があったが、光合成活性でみるとガルディエリアでは 0.1 mM までしか耐性がなかった。

## 11. *Legionella pneumophila* に対する銀殺菌効果の検討

東邦大学医学部 加藤 尚之・大野 章  
東邦大学大学院理学研究科 山田 宏治

### Study on Effect of Silver Sterilization for *Legionella pneumophila*

School of Medicine, Toho University Naoyuki KATO, Akira OHNO  
Graduate School of Science, Toho University Koji YAMADA

循環ろ過装置を導入している大型温泉施設では、レジオネラ属菌による集団感染が問題になり、何らかの殺菌を行っているのが現状である。現在塩素薬剤で殺菌を行っている施設が多いが、塩素による殺菌方法では様々な問題点も指摘されている。また過剰な塩素薬剤の投入による、不快な塩素臭の発生や皮膚への影響についても問題になっている。一般に銀は残留性があり、pH による影

響も受けにくいと考えられている。しかし、温泉での銀殺菌効果については十分に検討されていない。そこで今回実験室的に温泉を用いて銀の *Legionella pneumophila* および *Amoeba* に対する殺菌効果の検討を行い、実際に循環式温泉施設に導入した。その結果、泉質の異なる温泉においては  $\text{Ag}^+$  の殺菌効果に時間的な差がみられた。このことは温泉に含まれている  $\text{Cl}^-$  濃度の違いによるものと考えられた。 $\text{Ag}^+$  濃度 5 mg/L で 3 時間作用しても *Amoeba* に貧食された *L. pneumophila* は完全には殺菌されなかった。さらにシスト化した *Amoeba* を  $\text{Ag}^+$  濃度 0.05~5 mg/L で 3 時間作用しても *Amoeba* の生存には殆ど影響しなかった。実際に温泉施設に銀装置を設置したところ、当初は *L. pneumophila* が検出された。これは温泉水中の  $\text{Ag}^+$  濃度が 0.0063 mg/L とかなり低い値であったために検出されたものと考えられた。その後現地で行った実験では *L. pneumophila* は検出されなかった。この時の温泉水中の  $\text{Ag}^+$  濃度は 0.038 mg/L であった。

## 12. 光触媒繊維モジュール「アクアソリューション」によるレジオネラ対策

宇部興産株式会社光触媒チーム 宮本 一夫

### Effect of Photocatalytic Fiber Module on Legionella Germ

UBE Industries, Ltd. Photocatalytic Team Kazuo MIYAMOTO

温浴施設で問題になっているレジオネラ属菌に対して、次亜塩素酸ナトリウム等の塩素剤を使用して殺菌するケースが一般的である。しかしながら、塩素剤は入浴者が増えると急激に濃度低下するなど管理が難しいため、人体への影響をしながら高濃度管理を余儀なくされている。また、アルカリ性の泉質では塩素剤の殺菌力が大幅に低下することも広く知られている。

これに対して、光触媒による殺菌は光エネルギーを利用したクリーンなシステムであり、入浴客の安全と快適性の双方を満たす殺菌装置として注目を集めている。宇部興産では、光触媒を水浄化分野に適用する場合の課題とされていた触媒層の剥離の問題を解決し、流水中でも剥がれない高強度光触媒繊維を開発した。これをモジュール化した「アクアソリューション」は、レジオネラ属菌や大腸菌等の細菌類を細胞レベルで酸化分解する画期的浄化装置である。本システムの特徴は、

- ① 塩素剤の効きにくいアルカリ性温泉でも有効に機能し、泉質を変えずに生の温泉を提供できる。
- ② 入浴者の多い時間帯に残留塩素濃度が一時的に減少した場合でも強力にバックアップするため、塩素剤を極限まで低減した管理が可能になる。
- ③ 死滅細菌の死骸まで分解し、最終的に二酸化炭素と水にまでしてしまうことから浴水の濁りを低減する (澄明効果)。

## 13. 新手法による温泉水中の細菌検出への新しい展開

大阪大学・薬学研究科 山口 進 康・那 須 正 夫

### New approaches for detection of bacteria in hot spring water

Graduate School of Pharmacy Science, Osaka University  
Nobuyasu YAMAGUCHI, Masao NASU

温泉水の衛生微生物学的評価においては、細菌の現存量、属種およびその生理活性を知ることが重要である。細菌の検出には従来、培養法が広く用いられてきた。しかしながら環境微生物学分野における研究手法の進展により、自然環境中の細菌の大部分は通常的手法では培養困難であることが明らかとなっている。そこで当研究室では、培養に依存しない細菌の検出・計数・生理活性評価法を開発してきた。今回これらの手法を用い、温泉水、地下水および河川水中の細菌の現存量および生理活性を評価した。

DAPI 染色で求めた全細菌数が  $10^5 \sim 10^6$  cells/mL オーダーの試料水では、従来の寒天平板培養法により求めたコロニー形成菌数は全細菌数の約 1~10% であったのに対し、マイクロコロニー法では約 10~30% であった。6CFDA 染色法により求められたエステラーゼ活性を有する細菌数は全細菌数の 15~40% であった。これらの結果より、従来法では生きている細菌数を過小評価していることが確かめられた。ここに挙げた新手法は、従来法では検出が難しかった水環境中の細菌を数分から 1 日以内に簡便にとらえることを可能とするものであり、温泉水の衛生微生物学的評価に有効であると考えられる。

#### 14. 温泉中のレジオネラ生菌数のマイクロコロニー法による迅速高精度測定

大阪大学・薬学研究科 馬場 貴志・山口 進 康  
日東電工 丸山 幸治  
日本食品エコロジー研究所 小坂橋 和昭  
大阪大学・薬学研究科 谷 佳津治・那須 正夫

##### Rapid enumeration of active *Legionella pneumophila* in hot spring water by microcolony technique

Graduate School of Pharmacy Science, Osaka University  
Takashi BABA, Nobuyasu YAMAGUCHI  
Nitto Denko Co. Kouji MARUYAMA  
Japan Institute of Foods Ecology, Inc. Kazuaki KOITABASHI  
Graduate School of Pharmacy Science, Osaka University  
Katsuji TANI, Masao NASU

温泉や入浴施設におけるレジオネラ属菌による汚染が問題となっている。レジオネラ属菌検査には培養法が広く用いられているが、結果を得るまでに 1 週間以上を要する。レジオネラ感染症のアウトブレイクの危険を低減するためには、レジオネラ生菌の迅速な定量が重要である。環境微生物学の進展により、自然環境中の細菌の多くは従来の培養法では目に見えるサイズのコロニーは形成できないが、直径  $10 \sim 50 \mu\text{m}$  程度の微細なコロニーは形成できることが明らかとなっている。そこでマイクロコロニー法に着目し、レジオネラ生菌の定量を試みた。

標準菌株では 24~32 時間の培養でマイクロコロニーを形成し、蛍光顕微鏡下目視により求めた定量値は通常の培養法と同等以上であった。そこで温泉試料中のレジオネラ生菌検査に応用したところ、サンプリングから計数までに要した時間は 48 時間以内であり、従来法でレジオネラ属菌が検出された試料すべてにおいて、同等以上の感度でマイクロコロニー法により検出できた。これらの結果から、マイクロコロニー法を用いることにより、浴槽水中のレジオネラ生菌を迅速・高精度に



定量できることがわかった。

## 15. マイクロコロニー自動計数システムによる水環境中の細菌数の迅速測定

大阪大学・薬学研究科 山口 進 康・馬 場 貴 志

中央電機計器製作所 青 木 一 洋・生 田 昌 克

大阪大学・薬学研究科 那 須 正 夫

### Rapid and automatic enumeration of microcolony forming bacteria in aquatic environment

Graduate School of Pharmacy Science, Osaka University

Nobuyasu YAMAGUCHI, Takashi BABA

Chuo Electric Works, Ltd Kazuhiro AOKI, Masayoshi IKUTA

Graduate School of Pharmacy Science, Osaka University Masao NASU

増殖能をもつ細菌の迅速定量法としてマイクロコロニー法が知られている。しかしマイクロコロニーの計数には主に蛍光顕微鏡が使用されており、測定に時間と労力がかかる、計数できる面積が約  $1\text{ mm}^2$  と狭い、という問題がある。そこで迅速に広い面積を測定し定量性ととも精度を向上させるために、マイクロコロニー自動計数装置 (MGS-10LD; 中央電機計器製作所製) を製作し、その定量性を検討した。さらに温泉水および地下水等の水環境試料を用い、本装置の実用性を評価した。

その結果、マイクロコロニー自動計数装置は約 1 分間でフィルター  $1\text{ cm}^2$  を走査可能であり、直径  $10\text{ }\mu\text{m}$  以上に成長した数千個のマイクロコロニーをすべて計数可能であった。また計数値は目視計数と高い相関を示し、十分な定量性のあることを確認した。またレジオネラ生菌のみを特異的に計数でき、レジオネラ生菌測定の省力化にも有用であった。したがって、細菌を迅速・高精度に定量できる本装置は、温泉水や地下水等の微生物学的な安全性や品質の確保に大きく貢献できると考えられる。

## 16. 北海道市町村の温泉ボーリング

北海道立地質研究所 藤 本 和 徳・高 橋 徹 哉・鈴 木 隆 広

### Hot spring drilling of governments of Hokkaido

Geological Survey of Hokkaido

Kazunori FUJIMOTO, Tetsuya TAKAHASHI, Takahiro SUZUKI

1980 年から 2004 年までの 25 年間に、北海道では 142 の市町村で 276 の温泉ボーリングが実施された。年間のボーリング件数は、1998 年までは 9~19 坑井であったが、1998 年以降は 1~5 坑井と、減少が顕著である。掘削深度は  $1,000\text{ m}$  以上  $1,500\text{ m}$  未満が 139 坑井と全体の 50% を占めている。 $1,750\text{ m}$  を超える 8 坑井のうち 7 坑井が 1995~1998 年に掘削されており、従来温泉開発が困難とされた地域でのボーリングが含まれている。揚湯不能と位置付けた坑井は、全体の約 9% を占めている。泉質は Na と Cl を主成分とする温泉が 56% で最も多い。pH は 6.2~9.9 の範囲に存在してい

る。中性温泉は77坑井、弱アルカリ性温泉は111坑井、アルカリ性温泉は55坑井ある。弱アルカリ性温泉は全道に分布しているが、中性温泉は北海道中央部～西部に分布、アルカリ性温泉は北海道中央部～東部に多く分布している。

北海道立地質研究所では平成16年に、上述した坑井のうち220坑井について、掘進率や逸泥・溢泥などの掘削状況と地質状況などを統一したフォーマットで整理し、「北海道市町村の地熱・温泉ボーリングデータ集」として刊行した。

## 17. 北海道内“新規温泉地”の比湧出量と揚湯熱量について

マルイシジオテクノ(株) 松波 武雄  
北海道立地質研究所 藤本 和徳

The specific capacity and pumping heat energy for “recent spa” in Hokkaido

Maruishi Geotechno Co.ltd Takeo MATSUNAMI  
Geological Survey of Hokkaido Kazunori FUJIMOTO

地表部に温泉徴候の見られない地域における掘削による温泉開発は、1970年代に全道的に始まり道内一円に広がった。これらの温泉地に対して、松波ほか(2000)は“新規温泉地(recent spa)”と呼称し、自然湧泉から始まった温泉地(“従来温泉地(original spa)”)と区別した。“新規温泉地”の掘削井の半数は自噴はなく、利用実態は大部分が動力揚湯となっている。

“新規温泉地”を象徴する道内市町村の温泉井(173坑)の比湧出量と揚湯熱量について検討した。対数表示された比湧出量と揚湯熱量には正の相関が存在する。松波ほか(1997)は、比湧出量を $10^{0.5}$ ユニット(1/min/m)で対数区分する“温泉井の比湧出量階級(6区分)”を提案した。これに倣い揚湯熱量も同様に $10^{0.5}$ ユニット( $\times 10^3$  kcal/min)で対数区分することを提案する(“温泉井の揚湯熱量階級(5区分)”)。比湧出量階級-揚湯熱量階級図により、揚湯井のランク付けが可能となる。

福富(1966)は道内の温泉地の放出熱エネルギーを検討し、“温泉の熱階級”を提案した。福富の調査時の温泉地は、ほとんどが自然湧泉からなる“従来温泉地”である。このため、“熱階級”分布と“揚湯熱量階級”分布を比べることによって、熱量的な“新規温泉地”の開発の特徴が明らかにされる。

## 18. 大阪平野の温泉の特性

湧有限公司 道前 香緒里・丸岡 幹男  
島根大学総合理工学部, 湧有限公司 石賀 裕明

Characterization of hot spring of Osaka Plain

Yuu Inc. Kaori DOZEN, Mikio MARUOKA  
Department of Geoscience, Shimane University, Yuu inc. Hiroaki ISHIGA

大阪平野で開発された温泉73本について解析を行い、温泉の起源について考察した。大阪平野は

基盤をなす領家帯等を被い厚い鮮新-更新統の大坂層群が広く分布する。大坂層群の下部層と最下部層から湧出する温泉には、泉質について有為な相違がある。

そこで、温泉水の安定同位体組成 ( $d^{18}O-dD$ ) をもとにその起源を推定した。大坂層群最下部層から湧出する強塩化物泉では、有馬温泉のそれと類似する組成を持つ。また、大坂層群下部層から湧出するもの (単純泉が多い) では、日本の天水の組成線に近い組成を持つ。従って、高温の温泉だまりの存在が示唆され、これと天水との混合によって大阪平野の温泉水が形成されていると考えられる。

また、温泉水の年代について  $^{14}C$  年代測定を行い、 $29,510 \pm 360$  yearBP という値を得た。これは関東平野で測定されている 3 万年前後とほぼ同じ年代を示す。平野の規模の相違はあるが、天水の循環については同様の速度で循環していると推定される。

## 19. 大深度非火山性温泉における塩素イオンの成因 —古河川水・古地下水中の塩素イオン濃縮モデル—

名古屋大学名誉教授 宮崎 哲郎

Origin of  $Cl^-$  ions in non-volcanic hot springs from deep wells  
—Model of concentration of  $Cl^-$  ions in fossil river and/or fossil ground water—

Emeritus Professor Nagoya University Tetsuo MIYAZAKI

濃尾平野には約 60 ケ所の大深度非火山性温泉があり、その大きな特色は、陰イオンが炭酸イオン ( $HCO_3^- + CO_3^{2-}$ ) と塩素イオンとからのみ成っている。濃尾平野は約 500 万年前から始まった濃尾傾動運動によって沈降し、そこに古木曾川等の河川からの土砂が厚く堆積した。  $Cl^-$  の成因として、化石海水モデル以外に古河川水や古地下水が取り残され、濃縮された可能性がある。河川水や地下水では、炭酸イオンが主成分であり、  $Cl^-$  や  $SO_4^{2-}$  は少ない。  $SO_4^{2-}$  は長期間地中に滞在する間に岩石と反応して除去される。炭酸イオンも  $Ca^{+2}$  と  $CaCO_3$  生成反応を起こせば除去される。濃尾平野の大深度温泉における塩素イオンおよび炭酸イオンのバル比に対する  $Ca^{+2}$  の効果を調べると、  $Ca^{+2}$  濃度が低いときは炭酸イオンが主成分となり、濃度が高いときは塩素イオンが主成分となり、  $Ca^{+2}$  による炭酸イオンの除去を示唆している。同様な傾向は関東平野における大深度非火山性温泉でも見られる。Eugster 等は世界の塩湖を調査し、Na-Ca-Cl 湖が成立する条件として  $Ca^{+2}$  による炭酸イオンの除去を指摘している。

以上のように大深度非火山性温泉における  $Cl^-$  の成因として、古河川水・古地下水において  $Ca^{+2}$  によって炭酸イオンが除去され、  $Cl^-$  が濃縮された可能性も十分考えられる。

## 20. 温泉療法における NBM (Narrative Based Medicine) —玉川温泉療法の場合一

玉川温泉研究会・玉川温泉診療所

柳 澤 融・野 口 順 一・足 澤 輝 夫・杉 江 忠之助

## Narrative Based Medicine in the Tamakawa Hot Spring Bathing Therapy

Tamakawa Hot Spring Research Laboratory and Clinic Toru YANAGISAWA, Junichi NOGUCHI,  
Teruo TARUSAWA, Chunosuke SUGIE

NBM (Narrative Based Medicine) とは「語りの医学」であり、主として精神科、看護の分野で最近話題となっている。即ち患者の訴えをじっくり聴いてあげて、患者の悩みの本質、実態を把握して治療に結び付けようとする考え方である。

玉川温泉は近年「がん」患者が多数来湯している。本来がんは禁忌とされているのに何故玉川温泉に患者が集まるのかをアンケートで調査し、療養相談に役立てようとした。

アンケートの回答数は412名(本玉川211名, 新玉川201名)である。それによると、温泉診療所の利用率は約3.4%である。アンケート回答者のうち女性が72%で、年齢は男性約65歳、女性約60歳であった。非腫瘍性患者187名、腫瘍性患者197名と略同数で、前者では神経痛、高血圧が多く、後者では乳癌、肺癌、胃癌、大腸癌が比較的多かった。この両群の温泉療養実態をみると、腫瘍群では年齢57.6歳、入浴回数2.6回、入浴時間29.6分、岩盤回数1.6回、岩盤時間42.3分、飲泉倍数8.5倍、非腫瘍群では年齢64.4歳、入浴回数3回、入浴時間29.1分、岩盤回数1.4回、岩盤時間40.4分、飲泉倍数8.1倍で、腫瘍群で入浴時間、岩盤回数、岩盤時間、飲泉倍数が若干多い傾向にある。即ち、腫瘍群では入浴・岩盤浴にゆっくり時間をかけ、飲泉はより薄めて使用するようであるが、腫瘍毎の特徴、病態別の差異は更に今後の検討が必要である。玉川温泉にがん患者が来湯する理由としてメディアの影響もあるが、医療保険制度の変革による在院日数の短縮などの社会的背景も無視出来ず、療養するがん患者に対してNBMの考え方を考慮することの重要性を強調したい。

## 21. マイクロバブルによる人工炭酸泉について

法政大学工学部 大波 英幸・大河内 正一・大野 慶晃・浅井 邦康

### Artificial Hot Spring Waters of CO<sub>2</sub> Type by Micro-Bubble Production System

Faculty of Engineering, Hosei University Hideyuki OHNAMI, Shoichi OKOUCHI, Yoshiaki OHNO,  
Kuniyasu ASAI

現在、中空糸膜を用い高濃度の二酸化炭素を溶解させる人工炭酸泉装置が、業務用および家庭用として販売されている。一方、微細空気を水に巻き込んだマイクロバブルが、注目を集めている。マイクロバブルとは $\mu\text{m}$ サイズの気泡で、そのため水への気体の溶解速度も速く、また気泡の上昇速度が遅いため滞留し、マイクロバブルを含む液体は白く濁ったように見えることも特徴となる。マイクロバブルでは主に空気が用いられてきたが、今回二酸化炭素を用いることで、これまでの膜式のものに替わる新たな高濃度の人工炭酸泉システムとして検討を行った。高濃度炭酸泉ができれば血流量増加効果が期待でき、さらに微細気泡を含む白濁したミルクベースという新たな付加価値を有する浴槽水が可能性となる。

浴槽水をマイクロバブル発生装置にモーターにより通水循環させ、空気の代わりに一定量の二酸化炭素ガスを吹き込み、二酸化炭素ガスを浴槽水に溶解させ、溶存二酸化炭素濃度を測定した。

今回のマイクロバブル方式で、高濃度人工炭酸泉が可能となり、実際に皮膚血流量を増加させた。

さらに、白濁したミルクーバスができることも確認できた。また、電解還元水製造装置と組み合わせることで、天然の炭酸泉に類似した還元系の人工炭酸泉の製造も可能となった。

## 22. 蒸し湯の ORP-pH 関係

法政大学工学部 大河内 正 一・甲 村 和 之・大 波 英 幸  
日本温泉総合研究所 森 本 卓 也

### Relationship between ORP and pH in hot water of steaming

Faculty of Engineering, Hosei University  
Shoichi OKOUCHI, Kazuyuki KOMURA, Hideyuki ONAMI  
Nippon Onsen Research Institute Takuya MORIMOTO

風呂は元来、少量の水を効果的に使用する蒸し湯 (蒸気浴) が原型である。江戸時代になると、膝下まで湯に浸かり上半身は蒸気浴をするようになり、徐々に浴槽の深さが深くなり現代に至っている。温泉水を蒸し湯に使用したのは、鎌倉時代に鉄輪温泉が蒸し湯を開いたことが最初だと記録されていて、現代も昔ながらの浴用方法が踏襲されている。

そこで今回、ORP-pH 関係に基づき、蒸し湯が皮膚に与える影響について、浴槽に浸かる入り湯の方法と比較検討を行った。

その結果、入り湯の方法では、皮膚は浴槽水の泉質の影響を受け、pH および ORP 値ともに変化した。一方蒸し湯では、弱酸性で還元系の皮膚は浴用直後、中性側にシフトしたが、ORP 値の変化は観察できなかった。弱酸性で還元系の汗は、発汗量が多くなるにつれて弱酸性から中性側にシフトした。浴用後の皮膚が中性にシフトするのは、この汗の影響を大きく受けた結果と考えられる。すなわち、蒸し湯では汗の発汗量が多くなるにつれて、体液が身体を覆うことになり、皮膚は蒸し湯のミストの液特性に影響を受け難い結果を示した。

## 23. 入浴剤六一〇ハップ (草津温泉ハップ) の ORP-pH 関係について

法政大学工学部 大河内 正 一・浅 井 邦 康・大 波 英 幸  
日本温泉総合研究所 森 本 卓 也

### RelationShip between ORP and pH in the Hot Spring Water added 610 HAP (Kusatu Onsen HAP)

Faculty of Engineering, Hosei University  
Shnichi OKOUCHI, Kuniyasu ASAI, Hideyuki OHNAMI  
Nippon Onsen Research Institute Takuya MORIMOTO

昨年、白骨温泉で白濁を増加させるために加えられた入浴剤による温泉偽装が、大きな社会問題となった。実際、白濁に使用された入浴剤としては、六一〇ハップや草津温泉ハップのような多硫化カルシウムを主成分とした薬剤が用いられ、それらは水に添加されることで加水分解され硫黄コロイドが生成し、白濁を生じさせる効果を有している。そこで本研究では、これらの薬剤を白骨温

泉水に加えることで、白濁以外、泉質的にどのように変化したかを、またこれらハップの浴用剤としての特性を、ORP-pH 関係に基づき検討を行った。

その結果、ハップの特徴は、これまでの市販入浴剤には無い、本物の温泉に近づける優れた特徴を有する結果が得られた。主成分の多硫化カルシウムには、さらに殺菌作用も有している。この殺菌効果は、レジオネラ菌に対する殺菌に应用できる可能性を有している。しかし、健常者の肌に対する影響についての十分な考慮も必要と思われる。なお、これら殺菌および肌の問題については、改めて報告する予定である。

## 24. 間欠泡沸泉の噴出ダイナミクスの統合モデルの評価

名古屋短期大学 鏡 裕 行

### Evaluation of a combined model for spouting dynamics of a periodic bubbling spring

Nagoya College Hiroyuki KAGAMI

これまで我々は、間欠泡沸泉の噴出ダイナミクスの解明を目指し、間欠泡沸泉の観測結果をもとにした室内モデル実験にヒントを得て、その数理モデル（静力学モデル）、動力学モデルを導出し、それらの改良をいくつか経て、動力学モデルのシミュレーション結果と観測結果を比較することで、内部の諸パラメータ値を予測する試みを行ってきた。しかし、実際の間欠泡沸泉には休止モードがあり、それは動力学モデルでは表現できず静力学モデルで考えなければならないこと、また、観測結果と一致するシミュレーション結果となるシミュレーションの際のパラメータ群は一通りではないことから、静力学モデルと動力学モデルを統合したモデルによって論じ、両モデルで独立に設定されるパラメータ群の一致を通じた、予測された内部パラメータ値の検証を行う必要性が課題として挙げられていた。そこで、この統合モデルを用いたシミュレーションにより、木部谷間欠泡沸泉について、より信頼性の高い内部パラメータ値を予測した。そして、この統合モデルを用いた多くのシミュレーション結果に基づき、統合モデルを詳細に評価することを行った。

## 25. 島根県木部谷間欠泉における孔内の温泉水・地下水の挙動

関東学院大学工学部 石井 栄一・前田 直樹・小正 健蔵

### Actions of Hot-spring Water and Ground Water in Kibedani Geyser well at Shimane-Prefecture

College of Engineering, Kanto Gakuin University

Eiichi ISHII, Naoki MAEDA, Kenzo KOMASA

島根県木部谷間欠泉では、噴出孔の途中から地下水が流入している事がわかっている。著者らは噴出孔のどの位置から地下水が流入しているのかを知るために、2000年に温度検層を行ったが、測定精度が悪かった為に不明瞭な部分もあった。昨年2004年9月に多点温度計を用いて測定精度のよい結果が得られたので報告する。

測定方法は、熱電対温度センサーを-5 m から 2 m をおきに-15 m までの浅い部分と、-15 m から同じく 2 m おきに-23 m までの深い部分とで、それぞれ噴出終了と同時に投入し測定を開始し、次の噴出開始までの温度変化を記録した。

木部谷間欠泉は規則正しい周期で噴出している事がわかっているので、別々の周期でも、ほぼ同じ温度分布を示すものと考え、浅い部分で測定された温度変化と深い部分で測定された温度変化を一つの図に表した。

測定結果として、測定開始 1 分後から温度の低い部分 (18°C 以下の部分) に注目すると、12 m 以深である。これは噴出が終わると地下水が勢いよく孔内に侵入するために広範囲になっているためである。測定開始 7~8 分後では 11~13 m の部分だけが温度が低い。地下水はこの 13 m 辺りから流入してきていて、水頭の上昇とともに上昇している。測定開始 12 分後では温度の低い部分は消えてしまっていることから、水頭の上昇に伴い地下水の流入が抑えられている。というように解釈した。

## 26. 箱根温泉の涵養域における芦ノ湖水の地下浸透について

神奈川県温泉地学研究所 板 寺 一 洋

### Seepage from lake Ashinoko located in the recharge area of Hakone hot spring

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture kazuhiko ITADERA

芦ノ湖は箱根温泉の涵養地域にあたる箱根カルデラ内に位置し、従来から、湖水の一部が地下浸透し、箱根地域の地下水や温泉の涵養に寄与していると考えられてきた。水収支に基づいて、湖水の浸透量を見積もる場合、その精度は、蒸発散量の算定精度に左右されることとなる。

芦ノ湖の湖水の酸素・水素同位体比を調査したところ、湖水の同位体比は付近の降水や表流水、地下水と比較して特異な値を示した。本研究では、これが、蒸発の影響を反映していると考え、平衡過程による同位体濃縮を仮定し、芦ノ湖の水収支・同位体収支について検討を行った。

その結果、湖面域に対して周囲から流入する地下水量 (水柱高換算) は、水収支によれば年間 3,700~5,200 mm, 同位体収支によれば年間 3,500~5,000 mm の値となり、両者の結果はよい一致をみた。こうした結果をもとに芦ノ湖流域全体の収支を検討したところ、年間 1,000~1,500 mm 程度の地下水が流域外へ流出、あるいは地下深部に浸透していることが推定された。

## 27. 花崗岩地域における温泉開発事例

財団法人中央温泉研究所 高 橋 保・大 塚 晃 弘

### Some Hot Spring resource development cases in the granitic region

Hot Spring Research Center Tamotsu TAKAHASHI, Akihiro OTSUKA

山口県楠町 (現在は宇部市に合併) が行った温泉開発は、花崗岩地域にあって、湧出量が極めて豊富な源泉の開発に成功した。このケースでは、浅い深度の地温勾配が比較的大きく、ポンプ設置深度を変えることで、湧出温度に差異が出るのではないかと想定された。このため、経済的な観点

からポンプ設置深度を決定しようと、工事完了から間をおいて揚湯試験を実施した。

調査方法は、ポンプの設置深度を 100 m, 200 m, 300 m の 3 種に設定し、それぞれで揚湯量を 100 l/min, 200 l/min, 300 l/min と変えた段階揚湯試験を行った。調査費用の問題もあって、ひとつのポンプ設置深度での揚湯期間は 1 日とし、1 段階の揚湯時間を 3 時間とした。つまり、1 日の揚湯時間は 3 段階×3 時間=9 時間であり、15 時間は揚湯休止（ポンプ設置作業を含む）となった。

試験の順番は、最初にポンプを 300 m に設置し、揚湯量は 300 l/min→200 l/min→100 l/min へと減らしていった。その結果、湧出温度は揚湯量によって差が生じ、ポンプ設置深度による差はほとんどなかった。また、各段階の揚湯最終時の動水位は、揚湯前の静水位よりも高くなるという現象も観測した。その原因としては、水位計の機器異常を除いて、次のふたつの事項が関係していると考えられる。

- ① 掘削終了時の揚湯試験から今回の揚湯試験まで、長期間にわたって揚湯を行っていなかったことから、静水位も含めて、源泉孔内の温泉水位は安定していない。
- ② 温泉の汲み上げに伴い、温泉湧出層からの温泉湧出が促され、段階的に水位を上昇させる試験を行ったことと相まって、動水位が揚湯前の静水位よりも上昇する現象が観測された。

## 28. 秋田県玉川温泉の化学成分の変動（2000～）

東邦大学理学部 吉池雄蔵・岡村忍

Variation in concentration of chemical components in Tamagawa Hot Spring (2000～. AKITA Pref.)

Faculty of Science, Toho University Yuzo YOSHIKE, Shinobu OKAMURA

秋田県玉川温泉大沸泉における溶存化学成分濃度変化については、しばしば本大会において各種の変動を報告している。最近の玉川温泉の主源泉である大沸泉は大きな変化が起きて、70年代に起きた変動とはまた異なった化学成分の湧出をしている。日本の強酸性泉の代表である玉川温泉は火山活動に影響された温泉である。この温泉水中に取り込まれた、マグマ発散物である塩化物イオン、硫酸イオン、フッ化物イオン、ホウ素等の温泉水中の成分濃度が2000年以降極端に増加をしている。大沸泉における塩化物、硫酸イオンは3g、1g/lの割合で存在しているのが、2004年9月には4.5g/lの塩化物イオン濃度であり、これは玉川温泉の成分濃度を定期的に測定を始めて以来このような値は最高値である。また、硫酸イオン濃度も2000年以降年々上昇を続けている(1.7g/l, 2000年)。同時にフッ化物イオン、ホウ素も同様に増加傾向であり、これらマグマ発散物成分(mmol/l)の相関性は非常によく一致して、SO<sub>4</sub>/Cl、F/Cl、B/Cl、F/SO<sub>4</sub>、F/B等の相関は0.85～0.9以上である。

1970年代におけるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が大きく増加した事と異なり、この数年の変動はマグマ発散物の各成分が増加しているが、湧出量との関係はほとんど変化なく、およそ9000l/min程で推移していることから濃度の大小の問題ではない。玉川温泉(大沸泉)周辺に異なった現象は認められないが、この変動は一時的な事なのか、長期的に継続するかは、十分な説明が付けられない。しかし、この玉川温泉の温泉活動における生成機構に何らかの変化が起きている事といえる。



## 29. 北海道の温泉のヒ素, ホウ素及びフッ素濃度

北海道立衛生研究所 内野 栄治・市橋 大山・青柳 直樹

### Arsenic, Boron and Fluorine Concentrations of Hot Springs in Hokkaido

Hokkaido Institute of Public Health Eiji UCHINO, Daisen ICHIHASHI, Naoki AOYANAGI

道内温泉の質の観点から、暫定排水基準で規制されるヒ素、ホウ素及びフッ素を取り上げ、それらの濃度及びその分布等について検討した。解析には 1979 年 1 月から 2004 年 3 月までに当所で分析した 950 泉源 (混合泉などを除く) の分析データを用いた。

その結果、1) ヒ素濃度の算術平均値、中央値は As として、それぞれ 0.226 mg/kg, 0.006 mg/kg で、その濃度範囲は 0.000~29.44 mg/kg, その濃度頻度分布は 0~0.1 mg/kg が 81.9%, 0.1~1.0 mg/kg が 12.9%, 1.0~10.0 mg/kg が 5.1%, 10.0 mg/kg 以上が 0.1% であった。2) ホウ素濃度の算術平均値、中央値は HBO<sub>2</sub> として、46.2 mg/kg, 20.8 mg/kg で、濃度範囲は 0.4~1,359 mg/kg, 濃度頻度分布は 0~40.5 mg/kg が 70.7%, 40.5~100 mg/kg が 17.3%, 100~500 mg/kg が 11.4%, 500~931.5 mg/kg が 0.5%, 931.5 mg/kg 以上が 0.1% であった。3) フッ素濃度の算術平均値、中央値は F として、1.4 mg/kg, 0.8 mg/kg で、濃度範囲は 0.00 mg/kg~31.8 mg/kg, 濃度頻度分布は 0~1.6 mg/kg が 71.2%, 1.6~8.0 mg/kg が 27.4%, 8.0~15.0 mg/kg が 1.4%, 15.0 mg/kg 以上が 0.1% であった。4) その他、各成分濃度の地域的特徴、各成分を高濃度に検出した泉源の pH や湧出母岩との関係等について明らかにした。

## 30. 北海道の温泉の腐植質濃度

北海道立衛生研究所 青柳 直樹・市橋 大山・内野 栄治

### Humic Acid Concentrations of Hot Springs in Hokkaido

Hokkaido Institute of Public Health Naoki AOYANAGI, Daisen ICHIHASHI, Eiji UCHINO

北海道内温泉における腐植質の測定例は少なく、濃度分布についてはほとんど知られていない。本研究では、北海道遺産として選定された「モール泉」の指標として考えられる腐植質を取り上げ、平成 9 年 10 月から平成 17 年 6 月までに当所で分析した 250 泉源を対象試料として、はじめて北海道の温泉における詳細な腐植質濃度分布調査を行った。

その結果、北海道における腐植質含有の温泉 (モール泉) は広い範囲 (19 市町) に分布していることや以下に示す特徴がみられることを明らかにした。1) 液性は弱アルカリ性またはアルカリ性で低張性を示す傾向にあった、2) 含有する鉄の濃度は低く、色に対する鉄の影響はみられなかった、3) 泉質には地理学的特徴がみられた、4) 湧出形態は約 90% が動力揚湯で、その掘削深度は約 70% が 1,000 m 以上の大深度掘削井であった、5) 湧出母岩は先第三紀から新第三紀中新世の堆積岩類が多く、亜炭層を含む或いはメタンガスなどを付随する地層から湧出していた。

### 31. 揚湯管の腐食メカニズムと材質選定

北海道立地質研究所 鈴木 隆 広

#### The corrosion mechanism and material choice of pumping up pipes

Geological Survey of Hokkaido Takahiro SUZUKI

地質研究所では平成 14 年度から「坑井障害に関する研究」を開始したが、この中で筆者は揚湯管の腐食メカニズムについて研究を担当している。これまでの調査の中で採取した約 200 試料について、X 線回折や蛍光 X 線分析による鉱物組合わせと化学組成に関する検討を行った結果、揚湯管の材質によって、腐食メカニズムがパターン化できることが明らかになった。

配管用炭素鋼鋼管（以後、黒ガス管）、および亜鉛メッキ配管用炭素鋼鋼管（以後、白ガス管）外側の腐食生成物について X 線回折を行うと、Goethite と Magnetite の組合せがほとんどであり、元素組成も鉄と酸素（白ガス管では、+亜鉛）でほとんどが占められている。このため、黒ガス管、および白ガス管の腐食メカニズムは、一般的な鉄の腐食で説明可能である。腐食の形態は、全体が均等に侵食される全面腐食がほとんどであるが、白ガス管では全体が斑模様状に侵食される局部腐食も確認されている。

配管用ステンレス鋼鋼管（以後、ステンレス管）は、腐食に強い、錆びにくいというイメージから、高濃度塩泉やスケールの付着しやすい温泉で用いられていることが多い。実際、外側に腐食生成物が付着していることは非常に稀である。しかし、黒ガス管や白ガス管で一般的にみられる全面腐食は少なく、ピンホール状腐食や隙間腐食といった局部腐食、粒界腐食や応力腐食割れといった金属組織の破壊による腐食が確認されている。

### 32. 城崎温泉新 29 号 30 号泉について

NPO シンクタンク京都自然史研究所 西村 進  
城崎町温泉課 瀬川 孝光

#### Kinosaki New No. 29 and No. 30 Hot Spring

NPO Think-tank Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA  
Section of Hot Spring, Kinosaki-cho, Toyooka City Takamitsu SEGAWA

城崎温泉では、1994 年に今まで一番高温の自噴井（28 号泉）を 500 m の掘削で得られた（西村他、1995）。その結果、余裕をもって、7, 18, 25, 26, 27, 28 号泉を集中管理し、町中を循環する形で外湯 7 湯（最近に駅前にさとの湯が加わった）と約 100 軒の内湯をまかなっている。しかし、一の湯の泉源（25 号泉）が一の湯の建替や下水道の工事で湯量が激減した。この泉源は掘削時 37.1℃ と温度が低かったが、集中管理上温度調節に欠かすことの出来ない泉源であった。そこで、今回温度の低い泉源と、集中管理のため、外湯の湯質が総て同じになったので、町役場あとに御所の湯の改築移転に伴い御所の湯に単独で使う泉源を得ることを計画した。そのために今までの探査を総合して検討すると共に、高密度水平電気探査 2 測線を実施した。その結果、御所の湯の 18 号泉より東部には温泉源の胚胎する断層は存在しなく、「温泉科学」第 45 巻第 2 号“城崎温泉の構造と新泉源”（西村他、1995）p 49 に提案した断層分布の確認が出来た。従来の浅い泉源は温泉水の伏流

であることも確認できた。そこで、浅く温度の低い温泉を得る目的で、元太田垣邸跡地に 29 号泉と御所の湯 (18 号泉) の改掘削を実施した。

その結果、29 号泉としては 36°C 150 l/分、30 号泉としては 52°C 320 l/分の要求通りの泉源を得た。新しい御所の湯は平成 17 年 7 月 7 日から使用開始された。

### 33. 台湾の温泉法について

日本地科研究所 佐藤 幸二

#### On the Hot Spring Law of Taiwan

Nihon Chika kenkyuusho Koji SATO

台湾においては、中華民国 92 年 (2003 年) 7 月に温泉法が公布された。そして温泉子法 (施行令、施行規則に相当するものか) が民国 94 年 (2005 年) 7 月に公布された。温泉法の他に温泉子法 (大部分が草案) を入手したので紹介する。温泉法の構成は次のようになっている。第 1 章総則 (第 1 条～第 3 条)、第 2 章温泉保護 (第 4 条～第 12 条)、第 3 章温泉区 (第 13 条～第 15 条)、第 4 章温泉使用 (第 16 条～第 21 条)、第 5 章罰則 (第 22 条～第 30 条)、第 6 章附則 (第 31 条～第 32 条)。温泉というのは、温泉基準に符合した温水、冷水、気体あるいは地熱 (蒸気) であって、温泉基準は温泉子法によって、泉温 30°C 以上であって一定の成分を有するものとなっている。成分としては、TDS (総固体溶量) が 500 mg/l 以上、陰イオンの  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  がそれぞれ 250 mg/l 以上、遊離  $\text{CO}_2$  が 250 mg/l 以上、 $\text{HS}^- + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{S}$  が 1 mg/l 以上、総鉄イオンが 10 mg/l 以上、ラジウムが 1 億分の 1 キュリー/l 以上のものである。また、冷泉という規定があって、その温度基準は 30°C 以下であって、遊離  $\text{CO}_2$  が 500 mg/l 以上のものである。第 2 章の第 4 条には「温泉は国家天然の資源であって、人民が取得した土地所有権の影響を受けない。」としてある。

温泉水を取得使用する場合には水利法に基づいた温泉水権、温泉気体や地熱 (蒸気) を取得する場合には、鉱業法に基づいた温泉鉱業権がそれぞれ必要である。温泉の露頭及びその一定範囲内では開発行為を行ってはならない (第 6 条) とあり子法草案によればその一定範囲とは個別の判断とはしながらも、温泉露頭から 20 m 以内あるいは 50 m 以内といった範囲の設定が原則的に示されている。また子法によれば温泉の状況については温泉資源基本資料庫 (温泉台帳に相当するものか)、に収めることとなる。そして四半期ごとの現況を明らかにして、温泉資料申報として報告する。

### 34. 温泉法に関する基本的問題の検討

(財)中央温泉研究所 甘露寺 泰雄

#### Some Considerations on the Hot Spring Law from a Scientific Aspects

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

今回、科学的な視点から温泉法等の問題点について整理、指摘、考察を試みた。

#### 1. 第二条と別表 温泉の定義について

イ) 定義の適用範囲が、湧出口の状態が基準 (但し、国の解釈)。その場合、引湯、貯湯、加水、

加熱、循環濾過、薬品添加等の処理を行った温泉とは何か。法的限定使用と常識的温泉との相違。国民に対して納得のいく説明が必要。

ロ) ナウハイム協議（1911）の「鉱水の限界値」が基礎であり、これでよいのか。

ハ) 行政的には、法律の本文をあまり改正しないで、通知等で補填してきた対応の再検討。

2. (社)日本温泉協会の戦前の「温泉法試案」と昭和47年の改正案の再検討

3. 温泉法と療養泉の関係

現行法は療養よりも安全重視が中心。温泉の作用についてのエビデンスの不明確さと、医師法、医療法、薬事法などとの調整の難しさからの制約、これと最近の健康増進効果、老人医療費の延びの抑制効果など、総合的な検討が必要。

4. 温泉権の問題。

5. 資源の保護について。掘さく許可と、相互影響の問題、これと、「公益」侵害とは。

6. 温泉の量と質の多様性とその特質が活かされていない施設建設や「一律規制」の問題。