

## 一般講演要旨

### (1) 温泉の送配湯の研究 (その11) 温泉管路の断熱固有係数について

中央温研 ○細谷昇, 飯塚眞二  
中島国雄, 大塚一夫

温泉管路は一度布設してしまうと、理論的に言えば路線全体からの放熱量に関係する熱貫流率  $k$  (kcal/m·hr°C) は一定であると考えられる。いま出発温度  $T_1$  (°C), 外気温度  $T_0$  (°C), 管路の動水勾配  $I$ , 路線延長  $L$  (m) とすれば、到着温度  $T$  (°C) は(1)式で表わされる。

$$(T_1 - T) = \frac{k \times (T_1 - T_0) \times L}{1.548 \times D^{2.63} \times I^{0.54}} \dots\dots(1)$$

又、(1)式を変形すると、

$$\frac{(T_1 - T) \times I^{0.54}}{(T_1 - T_0)} = \frac{k \times L}{1.548 \times D^{2.63}} = \beta \dots\dots(2)$$

となる。(2)式の右辺は管路が布設され、 $k$  の変化がなければ一定 ( $\beta$ ) である。

即ち、 $\beta$  は路線の持つ断熱効果に対する固有な値である。それ故、 $\beta$  が大きくなれば当然路線の断熱効果の劣化とみなしても無理ではない。

ところで  $\beta$  を求めるには、(2)式の左辺の各数値を測定すれば求められるわけであるが、これ等の数値は容易に測定できるものばかりである。

そこで演者等は、利用施設に給湯している状態のまま既存路線について長期にわたり  $\beta$  を求めた結果、略一定な値をとることが確認された。一方同路線を昨年報告した路線放熱量の近似計算にて求めた熱貫流率の変化と対比したところ同じ様相を呈したので、 $\beta$  を求めることにより路線の保温劣化度合を容易に知る方法であることが知られたので報告する。

測定路線は、兵庫県浜坂町七釜温泉配湯路線でその路線延長は 967 m である。

### (2) 岩石の破断に伴う A E 波の発生と表面電位の変化

関東学院大工 伊藤芳朗, ○市川浩  
斎藤輝夫, 川口英雄

地熱発電には、地下の水蒸気、熱水を利用しているが、これら天然地熱流体を利用しない地熱発電に高温岩体 (Hot Dry Rock) を利用する方式が開発されつつある。

高温岩体発電 (火山発電の一種) は岩体に注水孔と熱水孔をつくり、その間に熱抽出のためのき裂を人工的につくり出さなければならない。人工的に岩体内にき裂をつくる (フラクチャリング) とき、き裂の発生を検知する方法が必要となる。そのき裂発生を検知する一つの方法として、岩石の破断の際、表面電位の大きな変化がみられることはすでに発表した。

今回はその表面電位の変化とともに、A E 波 (高周波弾性波) の発生を検出し、それらの関連も追究した。

表面電位の発生機構も判明してはいないがいくつかの要因 (水分, 抵抗, 破壊速度など) については次第に明らかになってきた。

A E測定については、まだ測定技術の確立の段階にあり、野外測定への適用は完全とはいえない。測定のうち厄介なのはNoiseの除去、低減である。Noise発生を知ることで、解析方法の工夫が行われた。

### (3) 草津白根火山・湯釜の水温、湖盆形態の変遷

関東学院大工 ○伊藤芳朗, 斎藤輝夫  
防衛大地球 関岡満

1978年の夏に草津白根火山の火口湖である湯釜の深度分布を音響測深機(魚群探知機)によって決定した。最深部は34.4mであった。それらに基づいて湖盆形態を決定した。これより以前の湯釜の水深は何回か部分的に測定されている。湖盆形態が明示されているものに1950年の測定があり、最深部は17.7mであった。それより以前となると、湯釜およびその附近の火山活動があった1942年頃となる。それらのデータを整理して湖盆形態の変化、湯釜の水位の経年変化を得た。

また、湯釜の水温については、水深測定と同じ1978年の夏に表面水温と水温垂直分布を測定した。水温測定は草津白根火山の活動とも直接関係する上、水質測定の際に必要なため比較的多くのデータがある。それらを整理して、1950年頃よりの水温の経年変化を得た。

データの不足は多くの記述などから推論により補って、湯釜の変遷を考察した。

### (4) 最近の山梨県春日居温泉の化学成分

東邦大 相川嘉正, 今橋正征, 高松信樹  
加藤尚之, 塚本邦子, ○下平京子  
前山梨県立短大 秋山悌四郎

昨年、山梨県石和温泉の30源泉について分析し、その分析結果と一部の湧出量及び化学成分の経年変化について報告した。

本年は新たに石和温泉の北東部に位置する春日居温泉の11源泉を採取、分析したので、その結果と昭和39年における成分との比較について報告する。石和温泉をあわせた41源泉の成分の相互関係をみるとともに、石和、春日居温泉の成分の差異と春日居温泉の特徴について考察した。

分析はpH, Tw, Na, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>等について行なった。石和温泉と同様アルカリ性のものが多く存在し、pHの最高値は9.6であった。主成分はNa, Cl, HCO<sub>3</sub>であった。昭和39年の分析値と比較すると、Na, Cl, Ca, SO<sub>4</sub>等が減少し、pH値は若干増加している。また昭和45年から56年にかけての湧出量、泉温の変化をみると、減少の傾向にある。これらは石和温泉で認められた傾向と同じであった。塩化ナトリウムを主成分とした温泉水の供給が減少し、重炭酸ナトリウム含有のアルカリ性の水の混合割合が増加したためと考えられる。

## (5) 津軽平野の歯牙フッ素症（斑状歯）発現地域における飲料水と周辺温泉群の水質

岩手医大教養 松田和弘

1974年、青森県北津軽群板柳町および鶴田町の2小学校児童が、重度型を含む斑状歯に多数罹患していることを確認した。飲料水は、掘削深度100-300mの23水源から簡易水道によって給水される。これらより0.31-3.68mg/lのFを検出した。pH7.2-8.7。FとClおよびClとNaとの間に高い相関があり( $r = 0.948$ ,  $r = 0.992$ )、陽イオン組成は、 $Na > Ca > Mg$ 。陽イオン三角座標図は、酒井らの作製した両小学校区周辺の黒石・大鰐・碓ヶ関温泉群のプロットとほぼ一致した。

1977年、これらの温泉群に両小学校区と同じ町内の板柳・高増・鶴田温泉を加えた7温泉11源泉の泉質を調査した。Fは、0.4-3.6mg/l。陽イオン組成は、 $Na > Ca > Mg$ 。ただし、鶴田温泉のみ $Mg > Ca$ 。F/Cl比は、飲料水の値よりも小さかった。T-ReのI.R.スペクトルは、温泉の地理条件に対応する3群に大別された。飲料水のスペクトルは23水源ともほぼ同一で、さらに板柳など同町内の3温泉のパターンと極めて類似している。

さらに、あらたに斑状歯を発見した弘前市西部簡易水道地域の深井戸(40水源、200-300m、F:0.3-1.8mg/l)も含む9水源の飲料水と、板柳など3温泉の計12試料について微量成分を測定した。温泉(飲料水)の平均濃度( $\mu\text{g/l}$ )は、Ge:2.31(1.41), Se:2.13(1.91), Sb:1.09(0.88), As:0.99(0.82), Co:0.55(0.49), Au:0.39(0.32), Be:0.027(0.021), Bi:0.00(0.00)を得た。

## (6) 群馬県下の温泉水中のフッ素について

群馬衛生公害研 ○酒井幸子, 飯塚俊彦, 氏家淳雄

群馬県下の温泉水中のフッ化物イオン濃度を、イオン電極法で測定した。

最高は、草津温泉万代鉱源泉の18.3mg/l、ついで鎌田温泉の14.6mg/l、老神温泉4号源泉9.9mg/l、白根温泉8.2mg/lであった。

草津温泉のpHは2.0-2.2であったが、フッ化物イオンを5.0mg/l以上含んでいる温泉のpHは、8.0-9.2とアルカリ性側にあった。

群馬県北部には、中生代白亜紀末~古第三紀とみられる花崗岩が分布し、フッ化物イオンを多く含む温泉は、この花崗岩の周辺部より湧出している傾向がみられた。フッ素含量の高い花崗岩地帯より湧出する温泉水中のフッ化物イオン濃度は高い傾向にあると言われている。水-岩石の相互作用の一端を知るために、鎌田温泉(利根群片品村大字鎌田)のボーリングコアの花崗岩を325メッシュ全通後、石川式攪拌播潰機で微粉末とし、微粉末花崗岩5gに蒸留水100mlを加え、1時間環流したところ、溶液中のフッ化物イオンは、4.9mg/lであった。又、硫酸と水酸化ナトリウムを使用してpH調整を行い、花崗岩からのフッ化物イオンの溶出量の変化を検討したところpH0.15で10.3mg/l、pH7.95で4.6mg/l、pH12.60で10.0mg/lを得た。強酸性と強アルカリ性で溶出液中のフッ化物イオンは急激に上昇したが、カリウムイオンについても同じ傾向がみられた。

### (7) 山梨県の温泉の化学的研究 (第4報)

山梨大教育 杉原 健, ○島口 たけみ

山梨県の増富温泉は、ラジウム鉱泉として有名である。山梨県の温泉の化学的研究1~3報につき、第4報では、増富温泉とその周辺地域の温泉を採水し、分析を行ったのでその結果を報告する。又、山梨県の北西部地域の源泉について、成分間の相互関係、成分分布などを検討した。

源泉は増富温泉7ヶ所、周辺地域4ヶ所の11ヶ所について、主要イオンの分析を行った。又、11源泉中、10ヶ所の源泉について、Rn量も測定した。

pHは殆んどの源泉が、6.0付近の中性を示した。含有量の最大値は、Na<sup>+</sup>は倭成寮の3,310mg/l、K<sup>+</sup>は倭成寮の438mg/l、Ca<sup>2+</sup>は吐月庵の298mg/l、Mg<sup>2+</sup>は倭成寮の40.0mg/l、Cl<sup>-</sup>は倭成寮の4,567mg/l、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は倭成寮の1,584mg/l、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は吐月庵の830mg/lであった。Rn量の最大値は、不老閣岩風呂の847×10<sup>-10</sup> currie/lであった。

### (8) 草津温泉の化学成分変動

東大教養 ○綿 拔 邦 彦, 高野 穆一郎, 斉藤 佳子

強酸性温泉の経年変化がどのように温泉活動、地下熱水の生成と関連するかを明らかにするため過去20年余にわたる草津温泉の化学成分変動を検討した。

草津温泉湯畑と万代鉱の両温泉水について、主成分の分析を行ない、陰イオンではCl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、陽イオンでは、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Al<sup>3+</sup>についてそのデータを集積した。

草津温泉の化学成分の変動に関しては、小坂らは岩石の変朽現象との関連で説明しているが、今回は酸性温泉水の生成機構との関連において、草津湯畑と万代鉱とを対応させた。

著者らは温泉水中の化学成分間における多成分濃度相関を利用したり、化学成分濃度の季節変動を利用して相互関係を論じてきた。今回、草津湯畑温泉の長期変動を検討した結果、明らかに万代鉱温泉の影響が認められた。このことは草津温泉に対する影響の現れ方を示すものであり、例えば地熱開発に伴う変動の存否の判定にも重要な情報を提供するものである。また草津温泉自身の今後の自然変動に対する情報を確保するための手段を提供するものである。下表に分析例を示す。

草津湯畑と万代鉱 (mg/l)

\*分析 酒井

温泉 項目	水温	pH	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Al <sup>3+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
湯畑('58)	66.0	1.5	635	1681	75.0	30.5	24.5	102	35.7	16.4
湯畑('70)	66.5	1.8	466	1239	74.4	36.3	22.5	79.7	48.4	19.5
湯畑*('79)	63.5	2.2	388	664	88.3	36.5	26.0	46.6	40.5	12.8
万代鉱('71)	83.6	1.7	699	1575	93.9	42.0	11.4	77.4	49.2	20.4
万代鉱*('79)	95.0	2.0	656	1098	82.3	40.4	2.1	47.0	44.8	16.5

## (9) 温泉産含鉛重晶石と温泉水の化学組成 および両者の関係について

東大教養 ○佐々木 信 行, 綿 拔 邦 彦

温泉産含鉛重晶石（北投石）中のSrO, CaO等の含有量はかなり高く（0.07～1.79重量%）しかも鉛の含有量と相関関係のあること、重晶石を沈殿させた温泉水は湧出口から遠ざかるにつれて温度や濃度が低下することが高野、綿抜によって明らかにされている。筆者は今回このように相関して変動する固相の組成と溶液濃度の変化の原因を調べる目的で室内においていくつかの異なった設定条件のもとでBaSO<sub>4</sub>-PbSO<sub>4</sub>-SrSO<sub>4</sub> 3成分系の合成実験を行なった。その結果、固相、液相の化学組成はこれ迄指摘されてきた溶液中のClイオン濃度以外に溶液の全濃度によっても系統的に変化することを新たに見出した。即ち全濃度の低下に伴い固相中のPb, Srの含有量（率）は増加し、溶液中のそれは減少する。このことは固相、液相中のBaとPbのモル比の比をとるとより顕著である（BaとSrについても同様である）。このモル比の比は2成分系の固相-液相間のみかけの分配係数に相当する。今同様のみかけの分配係数を玉川温泉のデータを用いて計算すると上流から下流にかけてPb, Srのいずれについても増加するという結果が得られる。上流から下流にかけて溶液の全濃度が低下するという高野らのデータと実験結果とは同じ傾向を示していると考えられる。したがって玉川温泉における含鉛重晶石の組成の変動の原因には溶液濃度の変化の寄与も考慮すべきであろうと考えられる。

## (10) 酸溶液による岩石の溶出変化

東邦大理 ○吉 池 雄 藏, 岡 村 忍, 岩 崎 岩 次

温泉水中に含まれている成分の出所由来とそれらの各物質の温泉系中への導入されかた、及び除去されかたなどの機構を知る目的で演者らは各種の調査、研究および模型実験を行なってきた。その一部はすでに本会においてしばしば報告した。

岩石（玉川温泉産安山岩）と温泉水（玉川温泉大ブキ泉）の反応によると、各成分の分解溶出の様子は、各成分によって極めて著しく異なり、それぞれ異なった溶出濃度の極大を示した。

火山性酸性泉中に含まれる成分でCl, SO<sub>4</sub>等は、マグマ発散物の分化現象により、温泉水中に導入されたものと考えられるが、他の金属成分については、マグマ発散物中にあまり多くなく、これらの溶解現象によると考えられず、Cl, SO<sub>4</sub>の含まれた温泉水が通過する途中の通路の岩石や土壤に接触（反応）し温泉水中に導入されたものと考え、種々の岩石を用いて酸溶液（HCl）とどの様に反応し溶出変化が起こるか模型実験を行った。

岩石試料：伊豆大島1950年噴火溶岩、筑波山花崗岩、伊豆新島流紋岩等の岩石を0.59～1mm大きさ岩石粉末試料とし、反応温度80℃で0.1N塩酸溶液を用い5日間反応を行ない、岩石から溶出される成分の模様を時間経過と共にどの様に変化するか検討を行った。

## (11) 玉川温泉水の石灰岩による中和反応効果に関する試験研究 (第2報)

岩手大工 梅津芳生, 後藤達夫, ○浅部喜幸

昭和54年度以降, 玉川温泉水の石灰岩による中和反応試験を玉川温泉地内で行っている。54年度には源泉水をそのまま反応させた場合, 析出石膏が石灰岩の表面を厚くおおい, 反応の抑制が顕著にみられた。55年度は20~40および5~20mmサイズの石灰岩を用い有効充填容量を考慮して, (1)原水の濃度を変えた場合 (この場合の原水とは源泉水を渋黒川河水で希釈した水をいう) (2)原水の通水の通水量を変えた場合, (3)反応槽の形状のちがい (安息角60度のコーン・シリンダー型と角型) 等, 種々の要因条件下で中和反応を試みた。有効充填容量 8 m<sup>3</sup> の場合の結果の一部を以下に示す。

表1 平衡時における反応水の8.4A<sub>x</sub>減少率

No.	反応槽	石灰岩サイズ (mm)	原水のpH	原水の8.4A <sub>x</sub> (mg/l)	通水量 (m <sup>3</sup> /min)	反応水のpH	反応水の8.4A <sub>x</sub> 減少率 (%)
34	コーン型	5~20	1.31	4721	1.20	3.06	73.2
29	〃	20~40	1.39	4684	0.80	2.59	68.4
3	角型	5~20	1.18	5696	1.74	2.17	63.7
14	〃	20~40	1.39	4684	0.80	2.45	66.7

一般にほぼ同一の条件での8.4A<sub>x</sub>減少率を比較すると角型よりコーン・シリンダー型の方がすぐれた中和効果を示した。これはコーン・シリンダー型は円錐部において, 石灰岩のマス・フローが円滑に行われ, 攪拌効果も加わり, 岩石の溶解が一段と促進されるためと解される。原水の濃度を8.4A<sub>x</sub> 4600mg/l 台に希釈したとき高効率を得られた。また原水の濃度, 石灰岩の粒径が同一条件下の場合, 通水量0.8~1.6 m<sup>3</sup>/min の範囲では反応効率に大きな差異はみられなかった。

角型反応槽について, 槽高を1, 2および3 mとし, 充填容量が4, 8および12m<sup>3</sup>の場合, 石灰岩サイズ20~40mm, 通水量0.8 m<sup>3</sup>/min および同一原水濃度の条件では, 槽高が高い程効率はよいが3 mの場合でもほぼ60%前後であった。56年度も引続き最適条件を把握する反応試験を行っているので, その結果の一部をも合せて報告する。

## (12) 玉川温泉水の石灰岩による中和反応効果に関する試験研究 (第3報)

岩手大工 ○梅津芳生, 後藤達夫, 浅部喜幸

玉川温泉水の石灰岩による中和反応試験により, 反応槽の形状が角型よりコーン・シリンダー型の方がすぐれていることがわかった (第2報)。したがってコーン・シリンダー型について, 反応平衡時におけるpHと溶存成分濃度の増減率との関係を詳細に検討した結果を報告する。

平衡時のpH 1.82~3.06の範囲では, Cl<sup>-</sup>, T. Fe, Al<sup>3+</sup>, SiO<sub>2</sub> およびAsの溶存成分濃度は反応の前後において大きな変化はみられなかった。原水の8.4A<sub>x</sub>の値が5317~6435mg/lの範囲の場合で

は、平衡時の反応水の pH は 1.82~2.45 の値を示し、pH 値の上昇とともに  $\text{SO}_4^{2-}$  減少率が大きくなり最高 15.7% を示した。また原水の  $8.4A_x$  の値が 4237~4945 mg/l のとき反応水の pH は 2.43~3.06 の値を示し、 $\text{SO}_4^{2-}$  減少率が -0.6~4.1% の範囲にあって、pH 値の上昇による影響は少なかった。このことは  $8.4A_x$  と高い相関を示す原水の  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度の大小が反応効率を律する要因となっている。すなわち、槽内での石膏生成による岩石表面のコーティングの程度が反応効率に大きく関与している。石膏析出状況を観察したところ、原水の  $\text{SO}_4^{2-}$  含量が 2675 mg/l ( $8.4A_x$  6430 mg/l) のとき、残留石灰岩に対する残留石膏の割合が 23.3% にも達し、有効石灰岩充填部の空隙量の 37% も占めた。このため、反応槽の円筒壁付近で岩石の凝結がおり、いわゆる Hanging 現象がみられ、原水の  $\text{SO}_4^{2-}$  含量が 2600 mg/l 以下の場合、この現象はみられなかった。石灰岩の溶解作用は原水の  $8.4A_x$  濃度が大きく、水温が高いと大きくなるが、反面、石膏の生成、析出が大きくなるため、厚い表面皮膜の内部保護による反応阻害作用が起こる。現在、さらに原水の濃度、通水量の各種条件下で反応効率の検討を行っている。

### (13) 新庄温泉沈殿物

東北大教養 鈴木 励子

新庄温泉は旧温泉名を最上温泉と言い、出羽山地の北東縁に位置する。泉温は 39℃、pH = 7.70 の Na-HCO<sub>3</sub>・Cl 泉である。このような温泉水より灰色および淡褐色のゼリー状温泉沈殿物と浮遊物を析出する。このゼリー状沈殿物の化学組成を知る目的で、温泉水と沈殿物を別々に採取し化学分析を行った。沈殿物は風乾し、一部凍結乾燥して化学分析、示差熱分析、X線粉末回析を行った。その結果、化学組成は SiO<sub>2</sub> として 7.78%、吸着水分 10~15%、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.74%、Na<sub>2</sub>O 1.10%、その他 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、K<sub>2</sub>O、MgO はそれぞれ 1% 以下である。残りの 70% ほどは灼熱減量である。この灼熱減量を示差熱分析曲線と対応させてみると、200~390℃ に一つの発熱ピーク、更に 390~710℃ までにもう一つの大きな発熱ピークがみられる。この二つの顕著な発熱ピークに伴って著しい重量減が見られる。このことは灼熱減量のかなりの部分を有機質の燃焼によるものと考えられる。新庄温泉沈殿物のようにゼリー状沈殿物で 70% を越える灼熱減量と言うのは特異な例と思われる。なお X線粉末回析では弱いながら結晶化がみられた。

### (14) 放射能分析による北投石の生成に関する研究

都立大理 ○堀内 公子  
北里大衛生 村上 悠紀雄

北投石 (Ba, Pb)SO<sub>4</sub> はわが国で発見された放射性鉱物であり、台湾北投、玉川、川原毛温泉などで産出する。これらはいずれも pH 1~2、 $\text{SO}_4^{2-}$  1500 mg/l、Cl<sup>-</sup> 3000 mg/l の強酸性泉であり、その放射能は主として Ra によるもので、その崩壊生成物や微量成分の定量もおこなわれているがその成因については定説がない。たまたま玉川温泉において年代のわかった北投石が入手でき (後藤、綿抜) たので  $\gamma$ 線スペクトロメトリー、液体シンチレーションカウンターによる <sup>226</sup>Ra <sup>228</sup>Ra の定量、放射化分析等により成

因を解明しようとした。

すでに1979年中国北投温泉について野口教授の採集した北投石を前二法によりしらべ、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{228}\text{Ra}$ を定量し、U, Th のないことを明らかにした〔温泉科学31 1 (1980)〕が、これらの試料についても同様な事実を認めた。現在これらの試料の熱中性子による放射化分析をおこなって結果の解明をおこなっている。その結果について報告する。

## (15) 珪華中のアルカリ金属

東工大総合理工 ○角 谷 博 樹, 一 國 雅 巳

珪華中には種々の微量金属が含有されていることが知られているが、これらの微量金属についての研究はほとんどなされていない。しかしながら、近年、地熱開発に伴い珪華の産する例が増加しておりその中に含まれる微量金属についても有用な知見を得ることが期待できる。この研究は珪華中のアルカリ金属に注目して他の成分とどのような相関があるかを調べることを目的とした。

アルカリ金属の定量は放射化分析法、および原子吸光法により12試料について行った。両法による結果の一致は良好であった。珪華中のRb, Cs含有量は各試料ごとに変動するがRbは最高160ppm, Csについては最高275ppm含有されていた。珪華中の各アルカリ金属濃度範囲をまとめるとLi; 2.96~11.5ppm, Na; 0.173~2.64%, K; 0.107~1.33%, Rb; 6.03~160ppm, Cs; 12.5~275ppmとなる。Cs, Rb含有量は正の相関があるがK, Li, Naとの間には目立った関係は認められない。Cs, Rb含有量は珪華中のAl濃度が増大するにつれて増大する傾向がある。このことは珪華中のAlがCs, Rbの取り込み、またその含有量を規定する上でなんらかの影響を与えている可能性を示唆する。

## (16) ポータブル液体シンチレーションカウンターによる 地下水中のラドン濃度のIn-Situ測定

明大工 ○佐 藤 純  
東大震研 高 橋 春 男, 佐 藤 和 郎

地下水・温泉水中のラドン濃度を現地で野外調査を行いながら測定できるように、可搬型の液体シンチレーションカウンターを試作した。本体は、検出部と回路部に分離され、それぞれは、約4kgの重量で別々に手で持って歩くことができる。測定するときは、一本の多芯ケーブルで接続する。

検出器には光電子増倍管を1本だけ用いている。高電圧を印加したままで試料バイアルのとりかえが可能のように遮光機構に工夫がされている。

回路部は、三点にバイアスを固定した3チャンネル計数方式をとり、これにより積分計数を行いラドンと娘核種の放射能の合計を計測する。

検出部は、通常用いられる24mlのバイアルが装着できる設計で、この容量のシンチレータが示す自然計数率は、市販の液体シンチレーションスペクトロメータの自然計数率の5ないし6倍程度である。計数効率も、市販のスペクトロメータと同等である。

本試作器を用いて、2, 3の地域の地下水等のラドン濃度の測定を試みたところ有効であることが

わかった。測定下限は、 $\sim 10^{-11}$  Ci/l である。

このカウンターの自然計数率は、まわりの岩石等に由来する放射能をよく反映するので、環境放射能測定にも利用できる。

## (17) 増富温泉における浴室内の湯、並びに空気中のラドン含量

都立大名誉教授 ○野口喜三雄 (21)

日本温泉科学研 松本善弘

東京ヘルスケミファ 土橋創作, 上原 実

目的：放射能泉として著名な増富温泉のラドン含量についての従来の報告は専ら源泉について測定されたものである。然し実際に人々が湯治に利用している浴室内の湯並びに空気についてラドン含量が測定された例はこれまでないようである。著者は前回の大会においてすでに増富温泉の源泉と浴室内の湯とのラドン含量を比較して報告した。今回は浴室内の湯及び空気についてラドン含量を報告する。

成績及び結果：IM泉効計並びに液体シンチレーションカウンターを用いて増富温泉の各旅館の浴室内の湯並びに空気中のラドン含量を測定し次の結果を得た。(1)津金樓男浴室の湯・1.58マッヘ、空気0.014マッヘ、(2)金泉湯男浴室の湯・1.51マッヘ、空気0.051マッヘ、(3)岩風呂(不老閣)の湯・16.60マッヘ、空気0.102マッヘ、(4)不老閣男浴室の湯・0.97マッヘ、空気0.00マッヘ。尚、湯が浴槽の底の岩盤の割目から湧出する場合、浴室内の空気中のラドン含量を水面からの高さを変えて測定した場合、岩風呂(不老閣)については高さ15cmで0.083マッヘ、50cmで0.057マッヘ、100cmで0.072マッヘ、吐月庵の浴室空気中のラドン含量は15cmで0.47マッヘ、50cmで0.037マッヘ、100cmで0.018マッヘを示した。

## (18) 熱傷の水治療法

岩手県中央病院 野口 順一

熱傷適応泉としては、然別峡(北海道)、七時雨(岩手)、肘折(山形)、鎌先(宮城)、四万(群馬)、湯河原(神奈川)、平湯(岐阜)等があげられる。

それらは微温の弱食塩泉であり、それに重曹や硼酸が含有されていると特に有効である。

当科では、その効果を解析するために人工重曹添加弱食塩泉を調製して熱傷患者を治療し、その有効性を確認した。

水治療法に拠る熱傷の度数診断法を例述する。教科書には熱傷の度数診断手段について満足な具体的方法を記載していないが、水治療法を用いる度数診断法は予後の予測に正確な目標を与える。

また、各度における併用外療法、および第3度熱傷における弱食塩泉の潰瘍縮小能力について述べる。

## (19) 岩手県夏油温泉における硫黄芝とその構成細菌

岩手医大教養部 牧 陽之助

硫黄芝は、1897年の三好による報告を最初とし、以後江本らによって分布及び構成細菌からみた分類など、いくつかの報告がなされた。しかし構成細菌そのものについては、ほとんど研究されていない。

岩手県夏油温泉では、枯松沢噴泉（水温69.5℃、pH6.3）・貞蔵の湯（水温60.8℃、pH6.0）・滝の湯（水温55.8℃、pH6.1）に硫黄芝の発生が観察され、構成細菌による江本の分類に従えばそれぞれA型・C型・C型の硫黄芝であった。

硫黄芝を構成する細菌は、大鎌型細菌・糸状細菌・桿菌で形態的に三好及び江本らの報告とよく一致した。大鎌型細菌は形態的にも興味のある細菌であるが、Pfeiffer染色及びLaybourn染色による光顕観察・位相差及び微分干渉位相差顕微鏡・アクリジンオレンジ染色による落射蛍光顕微鏡観察の結果、次の諸点があきらかとなった。①大鎌型細菌には、非常に大型の一群（細胞長：8.0 $\mu$ mから48 $\mu$ m）と小型の一群（細胞長：2.0 $\mu$ mから6.0 $\mu$ m）があった。②大鎌型細菌・糸状細菌には細胞内に多くの顆粒を持つものと持たないものがあった。③顆粒を持つものと持たないものは、混じりあうことなくそれぞれに細い硫黄芝の繊維を構成していた。

また、硫黄芝に付着している粒子は、二硫化炭素に溶かして分光光度計を用いて吸収曲線を検討した結果、すべて硫黄粒であることがわかった。

## (20) 土壌ガスの採取方法について

岩手技研 浅井和見

地球化学探査のなかで地表面土壌中の空気に含まれるガス成分の量やその変動から地下資源や地質構造を知ることが出来る。こうした探査に使用する分析機器や分析方法については、すでに確立されている。そこで今回は考案した土壌ガス用のサンプラーを使用するサンプリングについて報告する。

まず径3cm～5cm、深度1mの穴を鉄棒とハンドオーガーで掘り、土壌ガスサンプラーを穴に挿入し、自転車用の空気入をサンプラーのバルブに継ぎピストンを動かして空気を送りエアパッカーを膨張させる。この操作により、ガス採取用のパイプを穴に固定すると同時に大気を完全に遮断する。土壌ガスは孔底からパッカー先端の間の空気だめにたまる。採取は地上に突き出た管にゴムチューブをはめ、二口注射器で空気だめの部分の空気を500ml抜いた後ひきつづき二方管、トラップなど取る。サンプラーの回収はバルブを緩めエアパッカーの中の空気を抜き穴から引き上げる。残された穴は掘り取った土で埋めもどす。

本法を地質調査所の方法（半練りのベントナイトで大気を遮断）と比較すると、大気との遮断については同様に完全であり、そのうえ水を使用しない、残留物が残らない、操作が簡単で調査孔数が多く、サンプラーは繰り返し使用が可能で修理が簡単であった。

定置測定としては地質調査所の方法（長期間の放置が可能）が多點移動測定としては本方法が優れている。

## (21) 岩手県夏油温泉地域の温泉水の生成機構について

岩手医大教養部 ○ 藤田 玲子, 松田 和弘, 中館 興一

昭和53年から55年にかけて夏油温泉地域の17ヶ所, 21個の湧泉について, 水質と生成する石灰華の鉱物組成を研究し, 本学会でも報告した(54年8月)。今回はこれまでの調査成績に基づき, 本地域の温泉水の生成湧出機構について考察する。

(1)21個の湧泉のpHは6.0~7.8に亘る。最北端の2個はCa・Na-SO<sub>4</sub>・Cl泉, 他のすべてはNa・Ca-Cl・HCO<sub>3</sub>・SO<sub>4</sub>泉であり, また全蒸発残留物の平均はそれぞれ2.6g/l, 4.2g/lであって, 2つの型に明瞭に区別される。(2)しかし, Cl<sup>-</sup>濃度とNa<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>およびHBO<sub>2</sub>の濃度は厳密な正の相関(r=0.998, 0.991, 0.995)を示すことから, 両型の湧泉は同一熱水系に属していることが考えられる。(3)一方泉温は25℃~72℃のかなり広範囲に亘るが溶存成分との相関は認められず, 熱水型温泉としての基本的な泉質は地下深部に極く早期に決定しているものと考えられる。

以上の3点を前提として, 検討した結果, (4)本地域の各湧泉はいずれもNaClを主成分とする共通の中性熱水を根源とする。(5)その一部は溶解成分の少ない比較的浅層の地下水で強く希釈を受けまたほぼ純粋な形でCaSO<sub>4</sub>を溶解しつつ上昇し, 石膏型の2湧泉となる。(6)他方で, NaCl型熱水が少量のCaSO<sub>4</sub>を溶解しつつ, 比較的高濃度を保ちながら上昇し, 途中で地層中のCa<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>を, 溶存するNa<sup>+</sup>とのイオン交換反応でとり込みながら湧出し, 多くの食塩型湧泉となるものと考察した。

## (22) 北海道濁川温泉の湧出機構

日本重化工 吉田 裕

北海道南西部に位置する濁川温泉は直径約3kmの盆地の中に湧出し, 福富他(1963)や浦上他(1977)によって放熱量等地球物理的立場で研究されている。一方当地域において1972年以降地熱発電のための調査が開始され, 現在まで1000~2000m級の坑井が多数掘削され直接地下深部の熱水が得られるようになった。今回行った濁川温泉の調査は福富他(1963)が湧出温泉水のCl濃度や泉温をもとに湧出機構を論じたのに対し, 化学温度計によって推定された熱水の温度や, 坑井から噴出した深部熱水の分析値をもとに, より詳細に濁川温泉の湧出機構を明らかにすることである。

分析結果から温泉水のCl濃度には9~3691mg/lの幅を持つにもかかわらず, SiO<sub>2</sub>温度から求めたエンタルピーは160cal/g付近に集中することが明らかになった。またNa-K温度, Na-K-Ca温度の結果から温泉水貯留層内ではNa-K-Ca系の化学平衡が完全でないことが推定された。一方温泉の湧出機構の1つとして次のようなモデルが考えられた。Cl=5000mg/kg, エンタルピー=257cal/gの深部熱水365kgにCl=0mg/kg, エンタルピー=10cal/gの地表水3121kgが蒸気, 熱伝導によって加熱されたものが加わり, 温泉貯留層が形成される。実測の湧出温泉水はCl=585mg/kg, エンタルピー=55.8cal/g, 湧出量3120kg/分であるから貯留層から地表に至る間に蒸気が402kg生成し, これが浸透する地表水を加熱している。

## (23) Cl-エンタルピーダイアグラムによる下賀茂温泉の解釈

地質調査所 ○野田 徹郎, 阿部 喜久男, 角 清愛

下賀茂温泉は、高塩分(Na・Ca-Cl型)の沸騰泉が分布することで知られている。福富(1942)は温泉水中の単純な二成分間の直線関係から、下賀茂温泉は一熱水-地表水の混合の典型的な例とした。しかし、沸騰泉では地下において混合以外に蒸発や伝導などの過程も重要である。これらの効果を見積り、温泉水の混合系を明らかにするため、Truesdellら(1975)のCl-エンタルピーダイアグラムが用いられる。

ダイアグラムの作成手順は、まずSiO<sub>2</sub>温度計の適用により各温泉の地下深部でのClとエンタルピーの値を知り、その配列から作図により原熱水のCl濃度、エンタルピーを求める。演者らはこれを助ける手段として、水谷ら(1972)によって得られた下賀茂温泉水のClとδ<sup>18</sup>O値の関係及び同位体温度計を使って、原熱水の温度を求めた。求められた原熱水はCl濃度9000ppm、温度212℃であり、この点と地表水の値を結んで混合を示す直線とした。このようにして得られたCl-エンタルピーダイアグラムは、各温泉水の混合、蒸発の過程をうまく説明するものであった。得られた混合比は福富の方法によって得られた混合比と大差なく、地下での冷却過程は単純なものであることがうかがえる。

又、下賀茂温泉に限らず世界各地の温泉で観測される、Cl-エンタルピーダイアグラム上での、高エンタルピー側での混合を示す直線からの冷却によるずれが、冷却式により定性的に説明された。各混合熱水が、 $\Delta T = (T_0 - 110)e^{-0.26}$ の冷却式で表わせる冷却過程を経ていることが導かれ、これは沸騰点110℃に相当する地下50m付近に準安定層(温泉貯留層)が存在することを暗示している。

## (24) 有珠山周辺の温泉水の起源

東工大総合理工 ○鶴見 実, 一 国 雅 巳

いままで有珠山周辺の温泉水については、有珠山の火山噴火に関連して多くの研究が行われてきた。温泉水中の化学成分や温度が火山噴火にともなって変動したことが知られているが、その説明は十分ではなかった。この研究ではすでに温泉水中の主成分や温度を、selfconsistentな最小自乗法を用いて三つの起源となる水の混合で説明できることを示した。ここではさらにLi, Sr, F, Brなどの温泉水中の微量成分を説明し、起源となる水のLi/Na, Sr/Ca, F/Cl, Br/Cl比などについて検討すること、そしてここで得られた起源となる水の混合比率が有珠山噴火にともなってどのように変動し、地理的に特徴づけられるか検討することを目的とする。得られた結果はLi, Sr, F, Brのデータのほとんどを10~20%以内で説明した。これらの起源となる水は、(A)石コウと似たSr/Ca比と火山発散物的なF/Cl比を持つCa-SO<sub>4</sub>タイプの水、(B)火成岩に近いBr/Cl比を持つNa-Mg-Ca-HCO<sub>3</sub>タイプの水、(C)火成岩に近いLi/Na比のNa-Clタイプの水であった。これら三つの水の特徴づけるのは陰イオンであることがわかる。計算の結果得られた混合比率から、温泉水は三つのグループ、(1)Cタイプが大部分を占める水、(2)Aタイプが大部分を占める水、(3)三つの起源となる水が混合した水に分けられ、有珠山噴火が沈静化した後、洞爺湖温泉の温泉水は東の

Na-Cl タイプが大部分を占める水と西の混合した水の二つのグループにはっきり分かれたことがわかった。

## (25) 京都府下で発見された強酸性自然湧出泉について

京都女子大 桂 京造, 浅見 益吉郎

京都府船井群瑞穂町において発見された pH2.3 の強酸性自然湧出泉について報告し、生成湧出機構を考究する。

## (26) 南アルプス周辺の温泉、鉱泉の化学成分(II)

東邦大医 相川 嘉正, ○加藤 尚之, 塚本 邦子

昨年本大会において南アルプスの西、即ち長野県側、並びに東の山梨県側を主とした温泉、鉱泉の化学成分について報告した。今回は南側周辺の山梨県南部から静岡県北部にわたる地域に存在する温泉、鉱泉について前回同様、地域別温泉並びにその成分分布を地球化学的に研究する目的で調査した。

先ず水温については、寸又峡温泉の1号井、2号井の43.2℃を最高に、梅ヶ島温泉の38℃等山岳地では比較的高い値を示し、これに対し安部川、大井川の平坦流域にみられる温泉、鉱泉は概して低く20℃前後である。pHは東側(山梨県)とほぼ等しく、西側(長野県)周辺の温泉、鉱泉などより高い、梅ヶ島、赤石温泉の9.5、寸又峡温泉の9.1などがそれである。

成分的には Cl は口坂本温泉の311 mg/l, SO<sub>4</sub> は油山温泉の44 mg/l, HBO<sub>2</sub> は口坂本温泉の32.6 mg/l, Na は口坂本温泉の378.6 mg/l, Ca, Mg は油山温泉の37.8 mg/l, 2.3 mg/l, また Fe, Mn は梅ヶ島温泉の0.04 mg/l, 0.03 mg/l, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+N は赤石温泉の4.82 mg/l 等がそれぞれ最高値を示している。以上からして含有量は概して少なく特別に多いものはない。次に遊離 CO<sub>2</sub> は今回の試料には含まれなく、その反面 H<sub>2</sub>S がいづれも含有されており梅ヶ島温泉の12.9 mg/l, 赤石温泉の12.5 mg/l, わらびの温泉の10.4 mg/l, 寸又峡温泉の8.97 mg/l などの値が得られた。即ちこの地域には単純硫黄泉が集中して存在しており他の地域とはその点異なる。

以上今回の結果に、更に前回迄の結果を含め南アルプス周辺の全般にわたり総括的に報告する。

## (27) 御嶽山1979年の噴火と、その周辺の温泉水の化学成分

東邦大医 相川 嘉正, ○塚本 邦子, 加藤 尚之, 野口 喜三雄

1979年10月28日の噴火直後10月31日御嶽山七合目の湯川温泉を始め山麓周辺の木曾、鹿ノ瀬、濁川温泉等を調査した。今回更に調査し噴火に伴う温泉成分の変化の有無について検討することを目的とした。

湯川温泉については水温・pHとも噴火直後の前回の値と等しく、他の化学成分においては多少

の減少がみられるが、ほぼ等しい値を示している。木曾温泉についても同様に各成分ともやや減少しているが、これは源泉が川縁に存在し、雨期による増水の影響と考えられる。鹿ノ瀬温泉については各成分とも、噴火以前(1976, 4, 28)に調査した時の値と今回の値が全く等しく、噴火直後の時の値は、これらの約半分の値を示している。これは当時、温泉傍の川水(鹿ノ瀬川)が注入されており鹿ノ瀬本来の温泉水ではなく、温泉水と川水との混合したものである。しかしながら、この値が噴火に関する報告の中に多々みられるが、この点についても今回明らかにしたい。

次に濁川温泉については噴火以前の1956年8月長野県衛研、西沢氏の分析結果と噴火直後の結果、及び今回の値等を相互に比較してみるとほとんど等しく変化は認められない。

以上の結果より御嶽山の東側周辺の温泉については噴火による影響はほとんどなかったものと考えられる。

尚、今回の調査結果に更に噴火直後の結果、並びに噴火以前、既に調査した結果等を含めて詳細に報告する。

## (28) Water/rock Interaction と温泉の化学組成

### —伊豆半島海岸温泉についての検討— その2

中央温研 甘露寺 泰 雄

〔目的〕伊豆半島の海岸温泉の多くは海水起源であることが同位体の解析結果から明らかにされつつある。海岸温泉の化学組成は海水とかなり相違している。これがどのような sea water/rock interaction と関係しているかを追求する。

〔方法〕温泉水の Ion activity ratio ( $\log a_{K^+}/a_{H^+}$ ,  $\log a_{Na^+}/a_{H^+}$ ,  $\log a_{Ca^{2+}}/a_{H^+}$ ,  $\log a_{Mg^{2+}}/a_{H^+}$ ) と温度の関係を rock forming minerals の加水分解平衡曲線(梶原, 1973)上にプロットする。前回は  $a_{H^+}$  を Calcite のみの平衡から試算したが、今回は Calcite と Anhydrite 両者の平衡を利用して計算した(大木ら, 1977)。

〔解析結果〕Calcite のみの平衡から求めた  $a_{H^+}$  を用いると、プロットの位置は K, Na, Ca, Mg いずれも主として montmorillonite 類が関係する平衡曲線の近くに集る。Calcite と Anhydrite 両者の平衡から求めた  $a_{H^+}$  を用いると、montmorillonite 類だけではなく、Albite, Chlorite, Anorthite などの平衡曲線の近くにプロットがくる。低温の場合 montmorillonite, 高温では Albite や Chlorite が関係することがプロットの位置から推定される。

(29) ニュージーランドのワカレワレワの  
温泉水の化学成分

東邦大医 〇相川嘉正  
都立大名譽教授 野口喜三雄  
千葉大理 中川良三

目的：ニュージーランドのワカレワレワは間欠泉で著名であるが、この地域の温泉水の主成分並びに微量成分を調査し、同時に温泉水の生成機構を究明する。

成績及び結果：1980年12月野口、相川はワカレワレワに滞在して温泉水7種、温泉水の混入しない代表的川水1種を採取した。千葉大学中川良三助教授の協力によりこれらを分析して次の結果が得られた。温泉水については水温74.8~99.8℃、pH2.4~8.9、Cl584~377、SO<sub>4</sub>506~87、SiO<sub>2</sub>457~212、HBO<sub>2</sub>25.8~15.8、H<sub>2</sub>S9.19~0.00、蒸発残渣1776~1490、Na455~280、K91~50、Ca5.6~<0.1、Mg<0.05、Fe0.76~0.15、Mn0.14~0.11、Cu0.07~0.06、Zn3.02~0.04、Pb0.24~0.17、Cd0.04~0.02、As0.64~0.13 (mg/l)、Hg0.008~<0.001μg/l尚、又プアレンガ川の水については水温16.4℃、pH6.9、Cl9.2、SO<sub>4</sub>8.1、SiO<sub>2</sub>62、HBO<sub>2</sub>0.0、H<sub>2</sub>S0.00、蒸発残渣106、Na13、K11、Ca1.4、Mg0.8、Fe0.88、Mn0.20、Cu0.07、Zn0.08、Pb0.17、Cd0.02、As0.005 (mg/l)、Hg<0.001μg/l。成分相互の関係を検討するとClとNaの間には正の相関が認められるほかNa/Cl比はNaClの組成にほぼ等しい。尚、又ClとSiO<sub>2</sub>、ClとHBO<sub>2</sub>、蒸発残渣とCl、NaとKの間等には明らかに正の直線関係が成立した。従ってNa、Cl、SiO<sub>2</sub>、HBO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S等に富むアルカリ性の熱水が地下深部から上昇し、地表面附近でこの熱水から揮発した硫化水素が空気中で酸化されてイオウ並びに硫酸が生成され、これに地表水又は浅い地下水が混入して生じたものがこの地域の酸性泉であろう。

(30) ニュージーランドのシャンペンプールから採取した  
赤色及び黄色ヒ素の硫化物

都立大名譽教授 〇野口喜三雄  
東邦大医 相川嘉正  
千葉大理 中川良三

目的：ニュージーランドのシャンペンプールでは赤色及び黄色ヒ素の硫化物が多量に析出している。これらが日本の玉川温泉などから産する赤色及び黄色ヒ素の硫化物と同じ物質であるか否か、又その生成機構を究明する。

成績及び結果：野口、相川は1980年12月16、17日現地へ出張し、温泉水並びに赤色及び黄色析出物を採取し、千葉大学中川良三助教授の協力を得て分析し、次の結果を得た。赤色物質については遊離硫黄8.3、硫化物硫黄4.22、ヒ素1.40、鉛0.014、水銀0.084、鉄0.056 (重量%)、黄色物質については遊離硫黄42.8、硫化物硫黄20.68、ヒ素24.16、鉛0.014、水銀0.001、鉄0.31 (重量%)、等の値が得られた。黄色物質の硫化物S/As (原子比)は2.00で玉川温泉の黄色ヒ素の硫化物と良く一致した。赤色物質の硫化物S/As (原子比)は7.04で玉川温泉に対する赤色物質の値とは著し

く異なるが、この場合は試料が少なく更に検討したい。尚、又鉛の含量については共に少なく、水銀については明らかに赤色物質に多く含まれている。

シャンペンールの温泉水は水温72.5°C, pH5.8, H<sub>2</sub>S15.5mg/l, As6.1mg/lを示した。

### (31) 温泉ガス中の水銀含量

千葉大理 中川良三

大気中の水銀のかなりの部分は、火山活動などに代表される地球内部からの脱ガスによる供給と考えられている。したがって、水銀の地球化学的収支を考える場合、火山ガスや地熱地帯の温泉ガス(温泉蒸気、噴気など)の水銀は大きな意味を持つ。本研究は、昨年に引き続き、各地の温泉における温泉蒸気、噴気、大気および関連地域の大気中の水銀を捕集し、測定を試みたので報告する。

測定結果は次の通りであった。

九州地方：霧島えびの高原、噴気1.7~9.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、噴気地帯大気0.076~0.086 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。別府明礬温泉、噴気11~78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、噴気地帯大気34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。別府鉄輪温泉大気0.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、一般大気0.016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。阿蘇山中岳火口縁大気0.32~0.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。雲仙温泉、噴気129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、噴気地帯大気0.75~4.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、一般大気0.030 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。長崎駅前0.009 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

東北地方八幡平：松川温泉大気0.26~0.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。八幡平山頂大気0.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。藤七温泉噴気39~41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。ふけの湯噴気23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、温泉蒸気2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。後生掛温泉大気0.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。玉川温泉、噴気42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、温泉蒸気0.13~0.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、温泉大気0.10~0.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

東北地方下北半島：恐山温泉、噴気49~237 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、噴気地帯大気0.32~0.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、山門前大気0.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。下風呂温泉蒸気0.48~6.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。大間崎大気0.009 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。むつ市0.017 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

### (32) 別府地熱地帯の噴気中の水銀

九大温研 古賀昭人

別府地熱地帯の噴気中の水銀が測定された。水銀は極めて揮発性の高い元素であるから高温熱水にはほとんど含まれていない。噴気には多いが、サンプリングには特別の注意が必要である。噴気でも凝縮水と非凝縮ガスを別々に測定する必要がある。演者は、容量5 lの球形のコンデンサーを用い、冷水で冷しながら小型ポンプでゆるやかに吸引して水蒸気を凝縮させ、更に水冷コンデンサーとトラップを用いて水分をとり金カプセルを通過させた。熱水系では小型セパレーターを使用する。凝縮水が凡そ10mlたまった所で採取を止め、凝縮水の量を測り、どれだけの容量の水蒸気をサンプリングしたかを計算した。実験室で凝縮水や金カプセルに吸着した非凝縮ガス中の水銀を測定し、噴気中の水銀全量を定量できる。

別府地区30個の噴気中の水銀を測定した所、蒸気系の方が熱水系より相当多いことが確認された。特に非凝縮ガス中の水銀は数百倍も多いのがあった。

## (33) 食塩泉のリチウム(続報)

東邦大教養 ○高松信樹, 下平京子, 今橋正征  
 名工大 神谷宏

日本には数多くの食塩泉が存在しているが、そのうち火山性の食塩泉は別として、非火山性の食塩泉の大部分は何らかの形で海水の影響を受けているものと考えられる。又、食塩泉の中には、Li含量の高いものが多い。我々はこのLiは海水のような塩溶液と岩石との相互作用によってもたらされたと考え、いくつかの食塩泉のLi含量を測定し、Liの海水に対する濃縮係数、

$$C_{Li} = \frac{(Li/Cl)_{SP}}{(Li/Cl)_{SW}} \quad \left\{ \begin{array}{l} SP : \text{Spring water} \\ SW : \text{Sea water} \end{array} \right\}$$

を求めてみた。

現海水の影響が強いと思われる海岸型の食塩泉の $C_{Li}$ は小さい。この事はこの型の水が比較的短時間の海水と岩石との相互作用で生成された事を示している。一方、天水が岩石中に取り込まれた塩分を溶かし出し、地熱によって暖められて湧出してきたと考えられるグリーンタフ地域の食塩泉の $C_{Li}$ は2~3桁のオーダーで比較的大きい。化石海水型、有馬型と考えられる食塩泉の $C_{Li}$ が最も大きく、水-岩石相互作用が長い事を想像させる。又、食塩泉中の他成分Mの海水に対する濃縮係数、

$$C_M = \frac{(M/Cl)_{SP}}{(M/Cl)_{SW}} \quad (M : Mg, SO_4 \text{ etc})$$

と $C_{Li}$ との関連についても考察した。

## (34) 別府温泉の化学成分長期変化

京大理地物研 由佐悠紀

昭和30年代から40年代にかけて、別府温泉の山の手では噴気・沸騰泉が増え、多量の蒸気やNaCl型高温水が採取されるようになった。低地部では増改掘が進み、それまで温泉のなかった範囲でも深い掘さくが行なわれた。これら一連の開発が地下温泉水のあり方に与えるであろう影響を追跡することは、地下水理の面からも、温泉源保護の面からも重要である。ここでは、昭和40年代前半から約10年間のうちに現われた変化を、泉温・ $Cl^-$ ・ $HCO_3^-$ を要素として調べた結果を述べる。

一般温泉の平均値を求めると、南部域(調査孔数約70)では、泉温は54.5℃から50.3℃へ、 $Cl^-$ は197ppmから129ppmへ低下した。 $HCO_3^-$ の平均値はほとんど不変であるが、 $Cl^-$ が顕著の減少した範囲で $HCO_3^-$ が増えていることが見出された。同じ範囲にある沸騰泉でも同様の傾向が著しい。北部域(約90孔)では、泉温は53.1℃から49.9℃へ、 $Cl^-$ は514ppmから425ppmへ低下した。 $HCO_3^-$ は場所によってわずかに増減しているが、平均値はほとんど不変である。

これらより、別府温泉全域にわたり、NaCl型熱水の寄与率が大きい深部温泉水圧の低下が進行しつつあるものと推定される。とくに南部域でみられる明瞭な $Cl^-$ 減 $HCO_3^-$ 増が、低地部での温泉開発によるのか、山の手熱水開発に由来するのかを判断する決め手は現在得られていないが、注目すべき現象であり、モニタリングの継続が望まれる。

## (35) 別府温泉南部域における化学成分の分布と変動

京大理地物研 ○吉川恭三

別府市南部の市街地温泉では、過去50年以上にわたり、温泉のCl, HCO<sub>3</sub>, 温度の3つを指標として温泉水の生成過程や流動経路の研究が行われてきた。Clは液体としての地下熱水の供給, HCO<sub>3</sub>は地下蒸気の供給を反映する指標とみられる。近年、上流高温域での温泉開発によりその資料の範囲が拡大したので、過去の資料も含め、総合的に温泉の水質分布と流動を調査した結果を報告する。

このような高温域での水質の形成状態が下流域での温泉水質の分布に影響する最も大きな要素であり、水質分布の変動も同様の見地から説明される。

## (36) 別府温泉南部域における地温と水頭の分布

京大理地物研 ○吉川恭三, 北岡豪

別府市南部域の温泉は、地下水と蒸気や熱水との混合により形成されている。昭和40年から47年にかけて掘さく中に測られた地温と水頭の資料を用いると、地下等温泉の立体的な分布は、上流の高温域で規則的な凹凸を示し、水頭分布にもそれに対応する凹凸がみられる。この上流域では、掘さくの深さが増すにつれて水位の低まる供給域に一般的な特徴を示し、その最大は200mの深度差で70mにも達する。掘さく完了時の水位をつらねると、上流から下流の温泉域に向う水位勾配は、深さと方向によって異なるいくつかの水系に分けられる。特に注目されるのは、高地部沸騰泉域に現われるCl濃度の高い熱水の水頭が標高20m程度の地下深部にあり、下流の一般温泉域に対し、液体としての食塩型熱水の供給がかなり限られているとみられることである。

## (37) 温泉熱源内の対流

札幌大教養 和田昭夫

温泉の直接的熱源を岩石と考えるときそれは地下水を加熱し温泉を生ずるので、温泉水に着目すれば熱の発散  $\text{div}q$  は0ではないある値をとる。故に  $\text{div}q = C$ 。非熱源の岩石中に於ては  $\text{div}q = 0$  となる。熱源と非熱源の境界中に於てはガウスの式を適用すると、 $q_{cn} = \text{div}q_h$  が得られる。但し、( $q_{cn}$ : 非熱源中の境界に垂直な成分,  $q_h$ : 熱源中の熱流) これらの方程式から、Cを

$$\frac{d^n C}{dx^n} \leq \frac{d^{n-1} C}{dx^{n-1}}$$

と仮定しこの場合の最小値及び最大値を  $C_1 x^2$ ,  $C_2 e^x$  とおき  $C = C_1 x^2 + C_2 e^x$  とし  $C_1 x^2$  は伝導  $C_2 e^x$  は対流の項を表わすことを解析した。解は  $C_1, C_2$  を定めることにより求められるが対流の項が卓越していると思われる登別地獄谷に於て、噴気の測定から  $C_2$  を求める試みを行った。噴気の測定は目で見える噴気の高さより求める試みを行った。それは下部に於て水蒸気より生成され、上部に於て水蒸気への変化によって消滅する。それは垂直流であることを仮定すれば下部に於て  $\text{div}q = C$ 。



部から浅部へと向かう垂直方向の流動が主体であり、その中心は那珂川と湯川との合流点付近にあると考えられる。この状況は温泉水の温度や主要成分濃度の分布とも調和的である。

#### (40) 岩手県内温泉群の化学特性について

泉 研 共 同 研 究 班

岩手県衛研 ○ 斎 藤 憲 光, 菅 原 恒 有

目的：岩手県内66地区の173源泉のうち約7割が溶存物質総量1000mg/kg未満の泉質である。現行の泉質表示は含有する主要成分で決定されており、したがって各源泉の比較には二、三の成分の多寡が問題になり総合的に源泉の特徴を把握しがたい面もあった。われわれは源泉の多い鶯宿、繋、台・花巻、湯口および夏油の5温泉群を対象として、主成分分析法により主要化学成分の合成変数を求め各温泉群の化学特性について検討を行なった。

成績：昭和51年から54年に実施した県内源泉の調査成績からNa、Ca、Cl、SO<sub>4</sub>、HCO<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>、HBO<sub>2</sub>の7成分をパラメータとして選び、主成分分析法により合成変数を求め温泉の特性を観察した。泉質説明には第2主成分までとれば、累積寄与率80%で十分であった。

結果：各主成分の特徴を因子負荷量から見ると、第1主成分ではCl、Na、HBO<sub>2</sub>、SO<sub>4</sub>およびH<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>が正で、第2主成分ではCaが正で、HCO<sub>3</sub>が負で高くなっている。次に第1主成分と第2主成分ならびに第1主成分と第3主成分の散布図から各温泉群を比較すると、泉質が似ているにもかかわらず鶯宿、繋、台・花巻の95%信頼楕円は重複せず、これらの3温泉群間には明らかな差が認められた。湯口温泉群は源泉が広い地域に散在するせいか信頼楕円の面積も大きく上記3源泉と重複し、なかでも喜久の湯および天王の湯の2源泉は約5kmも離れて隣接する、台・花巻温泉群の泉質と共通性が強いことが観察された。

#### (41) 地熱熱水中の亜ヒ酸イオンの除去について

日本重化工 ○ 出 口 俊 光, 畑 山 敏 彦

葛根田地熱発電所では、生産井から約400t/Hの蒸気と約2,500t/Hの熱水が、二相流として常時噴出している。分離された蒸気は、全て発電に使用されているが、約150℃の熱水は、単に地下に還元されている。この熱水を熱交換などを行わず、直接多目的利用するために、熱水中の有害イオンである亜ヒ酸(ヒ素として3ppm)を除去する実験を行った。

種々の除去方法のうち、高温かつ多量であり、コロイドシリカなどの妨害成分を含む熱水中より亜ヒ酸イオンを除去する方法として、水酸化第一鉄共沈法・水酸化第二鉄共沈法・水酸化第一鉄と磁性鉄の併用法・酸化法(熱水中の亜ヒ酸イオンおよび添加した第一鉄イオンをpH2.8~3.0において酸化した後、中和し、生成する水酸化第二鉄と共沈分離する)を比較検討した。その結果、薬品費が安い、スラッジ量が少ないなどの長所がある酸化法が優れていると考えられた。さらに、85~90℃の熱水5t/Hを用いて行った酸化法によるフローテストの結果、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>200ppm、Fe50ppm、有効塩素48ppm、CaCO<sub>3</sub>240ppm、高分子凝集剤3ppm、を添加して、生成した沈殿をシックナーにて分離することにより、熱水中のヒ素3ppmを0.05ppm以下にすることができる。Fe<sup>2+</sup>を完全にFe<sup>3+</sup>にするよりも、1~3ppmのFe<sup>2+</sup>を残す方が生成する沈殿の沈降性が良い。pH4.5~9.0の

