

日本温泉科学会第26回大会講演要旨

日時 昭和48年7月23~26日

開催地 宮城県玉造郡鳴子町鳴子温泉

一般講演

1. 温泉水の水銀含量

千葉大・理中川良三

温泉水中の水銀について、還元気化無炭原子吸光による分析法の検討を行なった。さらに、実際の試料について水銀を定量し、温泉水中のほかの成分との関係および水銀の溶存状態について調べた。

分析法において、温泉水中のヨウ素イオンと硫黄イオンは水銀の原子吸光に強く干渉を示すが、これは過マンガン酸カリウムを添加することによって抑制できる。

定量した55の温泉水の水銀含量は $<0.01\sim 26.0 \mu\text{g/l}$ の範囲にあり、後生掛温泉 $26.0 \mu\text{g/l}$ 、恐山温泉 $1.30\sim 18.8 \mu\text{g/l}$ 、下風呂温泉 $10.0 \mu\text{g/l}$ 、万座温泉 $0.30\sim 19.5 \mu\text{g/l}$ 、草津温泉 $1.70\sim 4.50 \mu\text{g/l}$ が比較的多く含まれていた。そのほかの温泉の水銀含量は、酸か湯温泉 $<0.01 \mu\text{g/l}$ 、薫温泉 $0.30 \mu\text{g/l}$ 、谷地温泉 $0.12 \mu\text{g/l}$ 、猿倉温泉 $<0.01 \mu\text{g/l}$ 、岳温泉 $0.20 \mu\text{g/l}$ 、湯段温泉 $0.40 \mu\text{g/l}$ 、百沢温泉 $0.30 \mu\text{g/l}$ 、湯ノ沢温泉 $0.20 \mu\text{g/l}$ 、矢立温泉 $<0.01 \mu\text{g/l}$ 、相乗温泉 $0.20 \mu\text{g/l}$ 、日景温泉 $<0.01 \mu\text{g/l}$ 、蒸ノ湯温泉 $1.50 \mu\text{g/l}$ 、トロコ温泉 $0.30 \mu\text{g/l}$ 、夏油温泉 $0.50 \mu\text{g/l}$ 、湯川温泉 $0.40 \mu\text{g/l}$ 、湯本温泉 $0.50 \mu\text{g/l}$ 、鳴子温泉 $<0.01\sim 0.95 \mu\text{g/l}$ 、那須温泉 $0.01\sim 0.10 \mu\text{g/l}$ 、箱根大湧谷 $0.7\sim 0.90 \mu\text{g/l}$ であった。

また、水銀含量は比較的酸性泉に多く含まれ、pH 5 以下で平均 $3.13 \mu\text{g/l}$ (34 源泉) である。それに対して pH 5~7.5 で $0.49 \mu\text{g/l}$ (14 源泉)、pH 7.5 以上のアルカリ性泉で $0.33 \mu\text{g/l}$ (7 源泉) であった。

水銀とほかの成分との関係をみてみると、水銀を比較的多く含む温泉は、塩化物含量あるいは硫酸含量が大きく、硫化水素含量の小さい酸性泉である。

水銀の溶存状態は、温泉の含有成分によって3種の型に大別することができる。すなわち、(1) 塩化物含量および硫化水素含量の小さい硫酸酸性泉では、おもに水銀イオン Hg^{2+} である。(2) 塩化物含量が大きく、硫化水素含量の小さい温泉では、おもに HgCl_2 塩化物錯体 HgCl_2^- などである。(3) 硫化水素含量が大きく硫化物の存在する温泉では、おもに硫化錯体 $\text{HgS}(\text{H}_2\text{S})_2(\text{aq})$ 、 $\text{Hg}(\text{HS})_2^-$ 、 $\text{HgS}(\text{HS})_2^-$ 、 HgS_2^{2-} などである。

2. 伊豆七島の温泉の化学成分 (1)

東邦大学 野口喜三雄, 相川 嘉正, 今橋 正征

現在、伊豆七島の中で大島、式根島、神津島、三宅島、八丈島に温泉が存在することが知られている。元来、三宅島や八丈島などで天然に海岸の波打際に存在した温泉はあまり高温ではなかったが、近年ボーリングが行なわれるようになった結果かなり高温の温泉水が得られ入浴に利用されている。著者らは1973年2月26日以来数回出張してこれら伊豆七島の温泉を調査したのでここに報告する。先づ水温、pH の測定は現地で行なひ、次に試料を大学の実験室へ運び Cl 、 SO_4 、 HBO_2 、 Ca 、 Mg 、 Na 、 K 、 SiO_2 、アルカリ度、蒸発残渣等の分析を行った。

分析結果をみると八丈島温泉ホテル1号井(深さ130m)2号井(深さ110m)は共に海岸からの距離

約 70 m にあり、互の距離は数 m である。この温泉水の Cl 含量はそれぞれ 18800, 18560 mg/l を示し、海水の値に極めて近い。陽イオンでは Na が最も多く、次いで Ca, Mg が多い、八丈温泉ホテル浅井戸は海岸にあり、36.3°C を示すが、Cl 含量は前者より遙に少い、南国温泉ホテルの汐間温泉と中の郷温泉とはそれぞれ pH 6.5, 6.1 を示し、Cl 947 mg/l, 668 mg/l を示した、これらは海水の影響は比較的少ない。三宅島の湯の浜温泉はボーリング井であり、泉温は 51.9°C を示した。海岸からの距離は 20~30 m に過ぎない、Cl, Na, 蒸発残渣等非常に多い、SO₄ も多いが硼酸は少ない。三宅島の逢の浜温泉は 46.7°C を示した、この湯は昭和 15 年の大噴火で生じたヒョウタン山の下、波打際にある。pH 7.1 を示し、Cl 3280 mg/l, SO₄ 720 mg/l を示した。この温泉には若干の炭酸ガスが伴っている。大路池は現在水道水源地として利用されているが pH 8.5, Cl 84 mg/l, SO₄ 86 mg/l, 蒸発残渣 451 mg/l であるから飲料水としては良好とは云えない。

大島の温泉は三原火山の中腹に深さ何れも 290 m ボーリングしたもので、それぞれ pH 6.3, 6.4 を示し、Cl 含量 22, 24 mg/l, SO₄ 25, 41 mg/l, 蒸発残渣 680, 648 mg/l を示した。この温泉は非常に成分含量小さく単純泉である。

次に成分相互の関係を檢すると Cl と Na の比において各温泉水は大体海水の比に近いが八丈島の温泉ホテル 1 号、2 号、三宅島の湯の浜温泉は、Mg, SO₄ 含量が共に Cl に比較してかなり海水の値より減少している、このことは SO₄ は硫酸カルシウムとして析出するか、あるいは一部還元されて除かれ、Mg は岩石との反応で除去されたと想像されるが明らかなことは後日の研究にゆずる。又 Ca 含量と Cl 含量との比は一般に海水の Ca/Cl より明に Ca が多い、このことは CO₂ などの岩石に対する腐蝕によって岩石から Ca が溶出したものと考えられる。

大島の温泉は海岸から数 Km 陸地に入っており海水の影響は殆んどないようである。この点で他の温泉とは異なる。尚他の微量成分に関しては後日精査して報告したいと考えている。

3. 滋賀県平津長石鉱山坑内湧水の Rn 含有量 (続報)

大阪府大・教養 浅山 哲二, 八木伸二郎, 増田 康之
京 大・教養 西村 進

平津長石鉱山は大津市石山平津町西山(東海道本線石山駅の南南西方約 7 Km)にある。同長石鉱床は滋賀県南部(琵琶湖南方)の田上(たなかみ)花崗岩体の西縁、秩父古生層との接触部のごく近くに胚胎しており、黒雲母花崗岩が熱水変質作用をうけて二次的に生じた自己変成による特異な長石鉱床である。

田上花崗岩の Ra 含有量は $1.16 \sim 3.23 \times 10^{-12}$ g/g (13 試料), 平均 2.04×10^{-12} g/g (浅山, 1954) で、この平均値は本邦産花崗岩としてはやや高く、しかも岩体の縁辺部に Ra が比較的多い傾向が認められていたので、平津長石鉱山の坑内湧水には相当量の Rn が含有されているであろうとの予想の下に 1960 年 3 月に同鉱山六号坑坑内の坑口より 161 m の地点の湧水の Rn 含有量を測定して 164.9×10^{-10} Ci/l (45.35 M. E.) の値を得た。それ以来 1973 年 6 月までの 13 年余の間に坑口地並から -90 m 坑道にわたって、鉱床および母岩中の合計 29 個所の割目あるいはドリル孔から湧出する水の Rn 含有量を、KH 型泉効計または HS 型泉効計を用いて測定し、一般に $101.6 \sim 248.1 \times 10^{-10}$ Ci/l (27.93~68.24 M. E.), -90 m 坑道で最高 425.9×10^{-10} Ci/l (117.12 M. E.) の値を得た。それらのうち 18 個所の湧水については 2~23 回測定をくりかえし行なった結果、坑口地並から -30 m 坑道までの湧水はその Rn 含有量の変化はあまり大きくなかったが、-50 m, -70 m, -90 m の 3 坑道の湧水の中にはその変化が相当著しいものがあり、しかも同一個所の湧水を数分の間隔で 2 回採取して測定した値にかなり (1.4~1.6 倍程度) の変化がみられる場合があった。なお水平坑道は 1962 年頃には -30 m までであったが、その後それより下部へ坑道の掘削が進むにつれて湧水は次第に下方に移り、-30 m 坑道までの湧水の大部分は 1964 年頃

から減少し、その後間もなく涸渇した。現在 -50 m 坑道奥のドリル孔から最も多く(約 130 l/分)湧出している。

さらに本長石鉍床の母岩、鉍石、鉍床および母岩中の断層や節理に挟み込まれる粘土などの Ra 含有量を測定した。その結果は母岩 6 試料の平均が 2.63 (単位 10^{-12} g/g; 以下同様) (最高 3.86) で、田上花崗岩 13 試料の平均値より大きく、鉍石 10 試料の平均 1.79 (最高 3.98)、粘土 13 試料の平均 19.00 (最高 71.1)、鉍石に付着する Mn 質沈殿物(希塩酸に可溶部分) 115.8、鉍石にしばしば伴なわれる淡黄色加水雲母様鉍物 20.16 である。以上の結果から平津長石鉍山の坑内湧水に含有される著量の Rn は鉍床の母岩および鉍石に含まれる Ra にも由来するが、とくに上記の粘土、Mn 質沈殿物および加水雲母様鉍物に含まれる Ra に基づくものと考えられる。

4. 浴槽における硫化水素泉成分の経時変化

群馬衛研 滝島 常雄, 酒井 幸子
東大教養 綿拔 邦彦, 高野 穆一郎

今回の報告は第 4 紀火山の硫化水素を主成分とする万座温泉の本質を理解し、これらの温泉の保護と利用上の安全のため、基礎的調査を行った。

演者らは、昨年の本学会にて草津振子沢の温泉造成槽よりの火山性ガスによるスキーヤー 6 名の急性中毒死事故について報告した。さらに本年の 2 月、万座温泉の国際スキー場えの道の途中雪の空洞に転落した女性スキーヤーと救助にあたった 2 名を含め、3 名の硫化水素ガスによる急性中毒に接した。このような硫化水素ガスによる事故は県内外(大雪山、鳴子温泉、岩木山、立山地獄谷、那須温泉、箱根温泉など)に数件発生しているのである。

万座温泉については、昭和 45 年春から毎年 2 回、硫化水素ガス測定を行って来ている。少なくとも温泉利用施設内の浴室についての硫化水素ガスから利用者の安全を計って来た。

上記の 2 例の事故は、屋外の火山性ガスによるもので、急性中毒症の主たる原因がガス分析、(動物実験の結果、明らかとなり、その一部を第 46 回日本薬理学会(熊本)にて報告した。これらの事故は 2,000~10,000 ppm に近い高濃度の硫化水素ガスを短時間に体内に呼吸により吸収した結果であった。

これらの事故を通して、利用施設内の浴室内の測定値(10~350 ppm)について、

1) 浴室内の硫化水素ガスの安全濃度の規制基準を決めること、
2) 現地での調査項目、測定方法、測定条件を決めること、
3) 検知器の精度と管理、
を実施した。浴槽内硫化水素ガス量は火山爆発、地震などにより変化するが、温泉源から抜気槽を経て浴槽に導入されるまでのガスの減少や、硫化水素ガスの時間的変化を検し、更に北川式の検知器の精度試験を行った。その結果、硫化水素ガスの時間的変化はほとんど認められなかった。又取水口での硫化水素(気中)ガス量は気動(窓の開閉、窓の位置、送風機の有無など)による影響が大きく数値に表はれることが認められた。

1950 年、メキシコ市近郊の都市ガスを製造する配給会社で、天然ガス、石油の精製により排出される硫化水素の燃焼装置の故障により、ガスが谷間の住宅地に流れこみ 22 名の死者、130 余名の入院患者を出した事故のあったことを聞いている。

演者らは、温泉利用、現地調査、利用者の技術指導についてその完全を期するために、年変化、自然界の異変に伴ふ火山性ガスの変化をつづけて調査したい。又低濃度のガス暴露実験を行い、更に複合作用に

ついて追究するものである。

5. 草津万代鉱温泉

東大・教養 綿拔 邦彦, 高野穆一郎

酸性温泉研究の一環として、草津温泉の継続調査を行ってきたが、草津温泉湯畑のやや上手に万代鉱温泉が湧出した。草津湯畑の湯との関係を調べるためにこの検討を行なった。万代鉱はイオウ鉱山の試掘の鉱山で、途中で高温の熱水が噴出したので試掘を中止したものである。

表 1. 温泉水の化学組成 (mg/l)

	1970 万代鉱	1971 万代鉱	1970 湯畑	1967 振子沢
pH	1.74	1.65	1.94	3.68
Cl ⁻	755	699	466	~3
SO ₄ ²⁻	1575	1575	1239	1114
Ca ²⁺	78.9	93.9	74.2	97.4
Mg ²⁺	46.8	42.1	36.3	37.8

表1に1970年、1971年の万代鉱温泉、1970年の草津湯畑、1967年の振子沢のボーリングによる噴出水の化学組成を示す。草津温泉においては、化学成分濃度の変動は主として降水により左右され、主成分の相対濃度はほとんど変化しない。これに対して草津白根湯釜、万座温泉の一部、香草温泉は特に塩化物イオン濃度の変動の方向に草津温泉と異なった変化をたどっている。

1970年の万代鉱温泉は、1958年、1970年の草津温泉湯畑の湯の Cl-SO₄ 相関図の延長上にはなく、わずかに Cl の多い方にずれ、Mg もやや多い方向にあった。しかし振子沢ボーリングにより噴出した水のように著しい噴気型の温泉とは異なり、湯畑の湯に近い傾向を示している。すなわち Cl/SO₄ の値は万代鉱で 0.48、湯畑で 0.38、振子沢ボーリングでは 0.003 である。同じく Ca/Mg の値は 1.68、2.04、2.58 であった。

1971年における万代鉱の値は、異なる傾向を示し、塩化物イオン濃度の変動があり、硫酸イオンの濃度はほとんど変化していない。万代鉱温泉がその後伏流してしまったので、その後の変化を追うことができないが、1970年から1971年への変化は、草津温泉湯畑の湯の成分組成に接近している。Cl/SO₄、Ca/Mg の値も近い値に変化している。このような点を考えると、万代鉱温泉は湯畑湯の母体と同一のものと考えらるべきであろう。特に草津温泉では降水量と湧出量が非常に密接な関係にあるので、湧出量の面では深い関係をもつものである。草津温泉湯畑の湯の1958年から1970年への化学成分の変動は表よりも明らかなように、一般には濃度減少の傾向にある。万代鉱はむしろ1958年頃の湯畑の湯に近い組成をもつものである。

6. 温泉水の炭酸成分の定量に関する一考察

農工大・工 阿部 修治, 大久保和美

温泉水の炭酸成分 (H₂CO₃, HCO₃⁻, CO₃²⁻) の分別定量には、通常、中和滴定法が用いられている。しかし、この方法では試料水を常温で滴定するので、H₂CO₃ ⇌ H⁺ + HCO₃⁻ ⇌ 2H⁺ + CO₃²⁻ の解離平衡定数

(K_1, K_2) の温度依存性を考慮すると、定量値は必ずしも試料水湧出時の炭酸各成分量を正確にあらわしてはいない。

これを改良する一方法は試料水湧出時の温度における K_1, K_2 と pH と全炭酸量とから各成分量を算出する方法である。

水温：0~30°C, pH: 5.0~10.4 の範囲については、3成分のモル%を算出した“猿橋の表”があるのでこれをさらに高温範囲にまで拡張することを検討した。

Harned らは水温：0~50°C の範囲で K_1, K_2 を実測し、実測値最小自乗法で処理して、 $pK(\log 1/K)$ と温度 (T : ケルビン温度) との間に次の関係式を導いている。

$$pK_1 = 3405/T + 0.0328T - 14.84$$

$$pK_2 = 2902.39/T + 0.02379T - 6.4980$$

K_1 については、水温：0~38°C の範囲での Shedlovsky らの実測値もあり、Harned らの結果とはほぼ一致している。またその後、Cuta らは K_2 を水温：60~90°C の範囲で実測し

$$pK_2 = 2909.10/T + 0.02272T - 6.119$$

の関係式を導いている。

また、Harned らの誘導式を用いて算出した pK_1, pK_2 と温度との関係をグラフにあらわすと、それぞれ 50°C 付近、80°C 付近に極小点をもつ曲線となるが、Cuta らは pK_2 の極小値が 84.8°C にあると報告しており、また Ryzhenko は pK_1 が 56.3°C で、 pK_2 が 79.2°C で、それぞれの極小値を示すと指摘している。

したがって、Harned らの実測値と誘導式は信頼性が高いと判断できるので、これを用いて“猿橋の表”を 50°C まで拡張し、また 0~100°C の範囲での $H_2CO_3, HCO_3^-, CO_3^{2-}$ 3成分のモル・パーセントを pH: 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0 の場合についてグラフにあらわした。(いずれも淡水の場合)

この結果、炭酸各成分の相互の割合は水温によって、かなり大きく変化することが明瞭となった。今後、さらに共存溶存成分の影響などを詳細に検討し、温泉湧出時の炭酸各成分を定量する方法を確立したい。

文 献

- 1) 猿橋勝子：日化 76, 1294 (1955)
- 2) H. S. Harned et al.: J. Am. Chem. Soc., 63, 1706 (1941), *ibid.* 65, 2030 (1943).
- 3) T. Shedlovsky et al.: J. Am. Chem. Soc., 57, 1705 (1935).
- 4) F. Cuta et al.: Chem. Listy, 48, 1308 (1954) (C. A. 1955-4383e).
- 5) B. N. Ryzhenko: Dokl. Akad. Nauk SSSR, 149, 639 (1963) (C. A. 1963-1143b).

7. 別府乙原地熱地域の浅層地下水

京大理 川村 政和

地熱地域では地層中の岩石が熱水や噴気ガスの作用により変質して粘土化するが、乙原地熱地域の場合全体的にモンモリロナイトがあり、カオリン鉱物層は地下数mのところのみられ、この上限は地下水面にはほぼ一致している。クリストバライトは表層部に、カルサイトはこれより下部に存在している。この地域の地下水は Cl^- 量が少いにもかかわらず水温が 87°C 以上を示す孔があり、浅層地下水が地熱や地下からの蒸気によって熱せられたものと思われる。水質は $Ca^{++}-HCO_3^-$ 型と $Ca^{++}-SO_4^{--}$ 型とが上流部から下流部に交互に分布し一部に酸性のものもあるが、その濃度は孔毎に非常な差がある。ばかりでなく時期的にも大きな変動をする。連続観測の結果ほとんどの孔では多量の降雨後に化学成分濃度の低下をきたすが、一部で $SO_4^{--}, Ca^{++}, Fe^{++}$ 量等の急激な増加を示した。これは地下水面の間の地層中に鉄等の

	深度 (m)	pH	Fe ⁺⁺	Al	Ca ⁺⁺	SO ₄ ⁻⁻
BV. 6	2	6.57	22.2	—	3.7	53.0
	5	6.75	34.0	53.0	8.4	348
	7	3.02	137	117	321	1970
	10	7.88	2.5	10.5	33.5	73.0
	11	8.06	1.2	2.7	26.0	59.2
	12	7.96	0.6	1.2	25.5	85.2
BV. 27	1	4.73	—	2.0	3.5	—
	3	2.68	250	232	26.5	2000
	6	4.91	—	1.5	3.5	21.2
	8	8.40	3.6	7.0	12.0	60.0
VS. 22	1	4.53	0.4	11.2	3.9	19.2
	3	2.60	526	43.0	238	2390
	5	2.53	346	20.4	202	1510
	8	7.85	1.6	5.2	21.5	49.0
	15.5	8.20	7.3	17.4	131	21.2

(単位: mg/l)

硫酸塩に富む層があり、多量の降雨によって地下水面が上昇しこの層が水没した際それらの物質が溶出すると考えられる。このためこれらの孔のポーリングコア試料を各深さ毎に 5g とり、メソウの乳鉢で粉にしてから 350 cc の蒸溜水に混ぜよく攪拌し、一昼夜放置後その pH, Fe⁺⁺, Al⁺⁺, Ca⁺⁺, SO₄⁻⁻ 量を測定した。この結果いずれの孔にも地下数 m のところに酸性を呈しそれらの成分量の非常に多い層のあることが確認された。この層がいずれも平常の地下水面より上に位置することは先の推定を裏付けるものと思われる。この他にこの地域全体にわたる 6 孔で同様の分析を試みたが同じ結果が得られた。

以上の事から、浅層地下水面上にある不飽和層において地下からの H₂S, SO₂ が O₂ と反応して H₂SO₄ をつくるが、この作用により岩石は変質して Fe₂(SO₄)₃, Al₂(SO₄)₃ 等を生じ、ここで多量の降雨によって地下水面が上昇してこの不飽和層が水没すると Fe⁺⁺, Al⁺⁺, SO₄⁺⁺ 等が溶出して急激に増加する。この時 H₂SO₄ は下層にあるカルサイトにも作用して Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ 等を溶出する。この様に降雨に伴う地下水面の昇降による化学成分の溶脱により不飽和層中の岩石を変質させ、又これによる地下水の酸性化の結果、下層にあるカルサイトをも変質せしめることで全体的な岩石の変質が進行するものと思われる。

8. イエローストーン国立公園の放射能泉について

東邦大学 野口喜三雄, 相川 嘉正, 今橋 正征

岩手大学 後藤 達夫

名古屋工業大学 神谷 宏

1971 年夏の著者らの調査により始めて黒色の二酸化マンガンを主体とした放射性沈殿物が見られる源泉 2 個 Lower Geyser Basin の西部山寄りの平地で発見されたことは昨年夏の大会で報告した通りである。今回この 2 つの源泉から採取した水の分析結果を一括して報告する。放射能泉 1 号: 水温 86.2°C, pH 7.4, Cl 217 mg/l, SO₄ 16.4 mg/l, SiO₂ 152 mg/l, HBO₂ 10.8 mg/l, NH₄ 0.30 mg/l, NO₂ 0.00 mg/l, NO₃ 0.21 mg/l, H₂S 0.0 mg/l, PO₄ 1.05 mg/l, As 1.40 mg/l, Mn 0.29 mg/l, 源泉における放射能 600-700 cpm; 放射能泉 2 号: 水温 86.3°C, pH 7.4, Cl 215 mg/l, SO₄ 16.8 mg/l, SiO₂ 154 mg/l, HBO₂ 10.8 mg/l, NH₄

0.37 mg/l, NO_2 0.00 mg/l, NO_3 0.23 mg/l, H_2S 0.0 mg/l, PO_4 1.03 mg/l, As 1.49 mg/l, Mn 0.06 mg/l, Th 1.6×10^{-6} mg/l, 源泉における放射能 600-700 cpm.

(1)号泉と(2)号泉とは化学成分の含量がよく類似している。然し Mn 含量のみ明に異なり、2号泉は1号泉より明に小さい。恐らく2号泉の Mn は大部分すでに沈殿して水溶液から除去された結果であろう。弱アルカリ性の温泉水からマンガンが沈殿し易いことはアーカンソーの放射泉 Hot Springs にて見られる。この場合はマンガン含量 0.22~0.36 mg/l を示すが、他の化学成分の含量は殆ど等しいにも拘らずマンガン含量のみ痕跡程度の温泉水が若干見出されている。

尚イエローストンの温泉水のマンガン含量としては Old Faithful Geyser 0.00 mg/l, Chinaman Geyser 0.00 mg/l, Opal Terrace Spring 0.00 mg/l, Cavern Spring 0.00 mg/l, Sulphur Caldron Spring 0.10 mg/l, New Sulphur Caldron Spring 0.55 mg/l 等の値が得られた。この中 Sulphur Caldron は pH 1.6, New Sulphur Caldron は pH 1.7 で何れも硫酸を多量に含量する酸性泉である。

尚、温泉水のトリウム含量については放射能泉2号は 1.6×10^{-6} mg/l で含量小さいが、その他の温泉水としては Old Faithful Geyser 2.6×10^{-5} mg/l, Great Fountain Geyser 4.0×10^{-6} mg/l, Minerva Terrace Spring 4.4×10^{-6} mg/l, Sulphur Caldron 2.3×10^{-2} mg/l 等の値が得られた。Sulphur Caldron は多量のイオウが析出している温水池であるが、pH 1.6, SO_4 3595 mg/l を示し著しく硫酸に富んでいる。この温泉水のトリウム含量は著しく大きく、日本のトリウムに最も富む酸性泉、蔵王共同湯上湯 1.4×10^{-2} mg/l, 鳴子温泉源蔵湯 1.3×10^{-2} mg/l を越えている。何れにしても前述の放射泉のトリウム含量は小さいことが判明した。その黒色沈殿物の放射能はマンガンと共沈しているラジウムに起因するようである。アーカンソーの温泉の放射性黒色析出物は二酸化マンガンを主体とする物質で著しくラジウムに富むことが報告されている。

9. イエローストン国立公園の放射性沈殿物について (予報)

東京大学 斎藤 信房, 佐藤 純

東邦大学 野口喜三雄

(I) 試料 1971年米合衆国イエローストン国立公園の Lower Geyser Basin の西部山寄りにある温泉の湧出口付近に放射能を有する沈殿物が発見された。この沈殿物は白色の珪華と思われる基盤の岩石に付着したもので、付着の程度は極めてゆるく、柔かいハケではらうと容易にはげ落ちる程である。この沈殿物は黒色の粉末状で沈殿物層の厚さ約 5 mm である。

(II) 化学分析 この沈殿物の主要成分元素を標準的な方法に従って予備的な化学分析を行った。結果は次の通りである。

化学組成: SiO_2 18.6%, Fe_2O_3 9.3%, Al_2O_3 2.6%, MgO 0.3%, CaO 2.8%, MnO_2 45.7%, $\text{H}_2\text{O}(-)$ 6.4%, 強熱減量 13.8%, 合計 99.1%

沈殿物中におけるマンガンの化学形は確かめられていないが、ここでは、暫定的に MnO_2 として取扱つてである。この結果からみて、この沈殿物は、マンガンを主成分とし、10%程度の鉄を含むものであることが知れた。

(III) ガンマ線スペクトル 採取された試料を直接 Ge(Li) 半導体検出器を用いて、そのガンマ線のスペクトルを測定した。スペクトルにはウラン系列に特徴的な Pb-214, Bi-214 に帰属されるガンマ線が強く観察され、一方トリウム系列に特徴的な Ac-228 及び Tl-208 からのガンマ線は非常に弱いことが観察された。また Ra-226 のガンマ線も強く観察されることを考慮すれば、この沈殿物が保持している放射性核種は、ウラン系列が主であろうと考えられた。(尚、ビスマス、鉛のエックス線が強く観察されるのにもかかわらず、ウランのエックス線が見えないのは放射性沈殿物に特徴的なことであり、ウランの娘核種が沈殿物中に濃縮していることを示している。)

温泉水中に見られるトリウムと沈殿物中に観察された少量のトリウム系列の娘核種との間にある定量関係は、未だ測定されていない。

10. 南極 Deception 島の温泉について

千葉工大 鳥居 鉄也
 北大水産 中谷 周
 公衛院 山縣 登

南極大陸には今までに 13 の火山が確認されているが、現在活動中のものは Deception 島 (サウス・シエドランド諸島) と Erebus 山 (ロス島) である。筆者の 1 人、鳥居は 1973 年 2 月 24 日、Deception 島を訪れ、Pendulum 入江の海浜に湧出する温泉水を採取し分析したので報告する。

Deception 島は古くから火山爆發でできた島として知られ、最近では 1967 年 12 月、ついで 1969 年 2 月と 1970 年 8 月の 2 回にわたって爆發している。Pendulum 入江付近は 1967 年と 1970 年の爆發中心部で、現在では海浜の約 200 m 平方の海水が 25.7°C の水温を呈し、近くの旧チリ基地周辺には噴気孔が各所に見られた。

試料は pH 6.8 で、蒸発残留物 (110°C) は 28.738 g/l であった。化学成分および海水との比較を下に示す。

化学成分 (g/l)		重 量 比		
Na	9.27	試 水	海 水	
K	0.340	Na/Cl	0.586	0.556
Ca	0.563	K/Cl	0.0215	0.0200
Mg	0.850	Ca/Cl	0.0356	0.0211
Sr	0.0048	Mg/Cl	0.0538	0.0684
Cl	15.80	Sr/Cl	0.0003	0.0004
SO ₄	1.91	SO ₄ /Cl	0.121	0.139
HCO ₃	1.5	HCO ₃ /Cl	0.094	0.002

試料水の水质を海水と比較するため Cl との重量比をみると、組成は海水に近いものであることがわかる。しかし個々の成分についてみると、海水に対して Na, K, Ca が多く、Mg, SO₄ が少ない。また Na/K は海水と殆んど同じであるが、Ca/Mg は海水の 0.308 に対して 0.662 と大きくなっている。

Sr は海水の 8 mg/l に対して 4.8 mg/l と海水に近いが、Cu (0.04 mg/l), Mn (0.03 mg/l), Fe (12.8 mg/l) などの微量成分は、海水に比べて極めて大きな値を示す。

このことから、試料水は海水だけが変質したものでなく、Mg や SO₄ の少ない熱水が海底より湧出して海水と混合したものと考えられる。

11. イランにおける、二の温泉水の化学成分について

都立大・理 安部 喜也

イランのテヘラン東方ダマバンド山麓にあるアーベアリ鉱泉 (海拔高度約 2000 m) および、カスピ海沿岸のラームサル温泉 (海拔高度約 -10 m) について温泉水中の若干の化学成分の定量を行い周辺地域の陸水成分と比較検討した。

I) アーベアリ鉱泉……成分は陽イオンでは Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 陰イオンでは SO_4^{2-} , Cl^- の順に多くこれは厚生省の分類によれば含土類石膏食塩泉に相当する。近くの河川水と比較すると溶存物質量は5倍近く高く、組成も異なり、成分比(当量比)では、 Na/Cl , K/Cl は類似しているが、 Ca/Cl , Mg/Cl , SO_4/Cl はいずれも小さく、一般の地下水が Ca , Mg が高いことを考えると、これらと異った系統の水であることがみとめられる。

II) ラームサル温泉……有名な保養地になっており、温泉は浴用に用いられ、リュウマチに良いといわれている。水質は無色透明でわずかに硫化水素臭があった。成分では Na^+ と Cl^- が圧倒的に多く、ついで Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Mg^{2+} といった順でタイプとしては強食塩泉に近い。

これをカスピ海の水とくらべると、溶解物質の量はほとんど同じであるが、カスピ海水は Na^+ , Cl^- が温泉水の60%ほどであるのに対して、 Mg^{2+} と SO_4^{2-} がいちじるしく多い。すなわち成分比では、 Na/Cl と Ca/Cl については極めて数値しているが SO_4/Cl はカスピ海の1/13, Mg/Cl は1/6と少い、海水と比べると Na/Cl , K/Cl はほぼ同じであるが、 Mg/Cl , SO_4/Cl は1/3とカスピ海と海水の中間の値を示している。

これらのことから、この温泉は、高塩分の岩塩層のようなところから来たものが、カスピ海系の水あるいはその他の水でうすめられたものと考えられよう。

	アーベアリ鉱泉	アーベアリ河川水	ラームサル温泉	カスピ海
温度 (°C)	17.0	—	45.7	—
pH	7.2	7.6	7.2	8.4
電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2100	475	18500	16300
蒸発残留物 (mg/l)	1605	310	15950	15192
Na^+ (mg/l)	288	10.9	4200	2500
K^+ (mg/l)	41	2.3	58	86
Ca^{2+} (mg/l)	136	60.6	514	345
Mg^{2+} (mg/l)	110	23.1	174	644
SiO_2 (mg/l)	19.0	12.0	32.0	1.0
Cl^- (mg/l)	305	9.5	8005	4801
SO_4^{2-} (mg/l)	700	76.0	316	2500
Bx-4.3 (meq/l)	11.3	3.9	7.9	3.5

12. 本邦酸性泉のモリブデン含量

都立大 荒木 匡

東邦大 今橋 正征, 高松 信樹

本邦温泉のモリブデン含量についての報告は、池田、黒田、木村、古賀らによってなされているが、最高は池田によって報告された有馬温泉天満宮の湯の $61 \mu\text{g}/\text{l}$ がある。別府温泉についての古賀の最高 $40.8 \mu\text{g}/\text{l}$ 、平均 $6.3 \mu\text{g}/\text{l}$ という報告等からしても、本邦の温泉水のモリブデン含量は、先に荒木らが報告したイエローストン国立公園の最高 $133 \mu\text{g}/\text{l}$ 、平均 $44.5 \mu\text{g}/\text{l}$ と比べて、極めて少ない事がわかる。本研究は、酸性泉というよりむしろ、強酸性泉のモリブデン含量を測定し、その起源について考察した。

試料は近年採取した、20試料(八幡平周辺の温泉9, 草津1, 万座2, 立山地獄谷2, 箱根温泉群6)である。

分析法は、モリブデンについては、Sandellのチオシアン酸法を用いた。又岩石のモリブデン含量は、HF処理後、炭酸ナトリウムで融解し、冷却後、水で加熱浸出し、遠心分離して、上澄をとり、それを中

和後、以下温泉水と同様の方法で分析した。鉄は比色法、アルミニウムはキレート滴定法、塩素はモール法、硫酸は重量分析法を用いた。モリブデン含量の最高は、箱根大涌谷噴気附随水の 7.3 μg/l、平均は、2.3 μg/l であった。pH とモリブデン含量との関係は、pH の増加につれ、Mo 含量は減少する傾向にある。特に 2 付近から、急に少なくなる様に思われる。これはモリブデンが、H₂SO₄, HCl によって腐蝕されて岩石から溶かじだされてきたと、仮定すると、2~3 ぐらいの酸性では、モリブデンが岩石から溶出される量が少ないか、あるいは H₂S がふくまれているような温泉水では、硫化物との共沈によって、取り除かれるという可能性が考えられる。古賀、荒木らの pH とモリブデン含量との間に正の相関があるという報告を考えあわずと、0~2 ぐらいまではモリブデンは pH の増加により減少し、3 又は 4 より pH が大きくなれば増加するという U 字型パターンが考えられる。モリブデンと硫酸、モリブデンと塩素には、明確な相関はみられない。硫酸の方が多少、正の相関がある様である。八幡平玉川の fresh rock 中の Mo/Fe, Mo/Al、箱根大涌谷のボレーリングコアの Mo/Fe, Mo/Al 比はそれぞれ、1.7×10⁻⁵, 0.9×10⁻⁵; 2.3×10⁻⁵, 1.5×10⁻⁵ であった。又八幡平周辺の温泉 9、箱根の温泉 6 の Mo/Fe, Mo/Al 比の平均は、それぞれ、1.7×10⁻⁴, 1.1×10⁻⁴; 17.2×10⁻⁴, 1.2×10⁻⁴ であった。温泉水の Mo/Fe, Mo/Al 比の平均はバラッキが 10⁻³~10⁻⁶ のオーダーの平均であるので、モリブデンの起源は岩石だと断定はできないが、そう違った起源を考える事はできない。しかし SO₄>Cl の走水型、Cl>SO₄ の噴気型にモリブデン含量、Mo/Fe, Mo/Al に明確な違いが認められないので、これらの酸性泉の Mo の起源は主に岩石からくるものと考えてさしつかえない。

13. 草津温泉における陽イオンと陰イオンとの相関係数

名工大 神谷 宏
 東邦大 今橋 正征
 東大教養 綿抜 邦彦

草津温泉は強酸性の温泉として知られ、多くの研究がなされている。その溶存成分について、水素イオン、硫酸イオンおよび塩化物イオンなどの各濃度相互間には著しく高い相関が認められている。本報においては溶存金属イオンと陰イオンとの相関係数を計算し、その値の意味、さらにそれらの溶存金属イオンの由来および温泉に溶存するに到った過程などについて考察を行なった。

1958 年 2 回にわたって採取された草津温泉の pH 1.5~1.8 の 23 試料についてアルミニウム、カルシウム、鉄、マグネシウム、ナトリウムおよびカリウムの各金属イオンと水素イオン、硫酸イオンおよび塩化物イオンの各成分濃度間の相関係数を求めた。次にすでに一部報告した酸による微斜長石の分解において、種々の pH に調整した塩酸、硫酸および過塩素酸溶液の各場合について、鉱物からのアルミニウムの溶出速度を比較した。

草津温泉の生成機構については、いくつか報告があるが、いずれにしてもアルミニウム、カルシウム、鉄、マグネシウム、ナトリウムおよびカリウムは岩石における主要成分であるから、温泉水中のこれらの金属イオンの供給源を周囲の岩石に求めるのが妥当である。これらの金属イオンと水素イオン、硫酸イオンおよび塩化物イオンの相関係数を求めたところ次のような値が得られた。Al-H: 0.883, Ca-H: 0.843, Mg-H: 0.740, Na-H: 0.678, K-H: 0.435, Fe-H: 0.434, Al-Cl: 0.913, Ca-Cl: 0.813, Na-Cl: 0.734, Mg-Cl: 0.731, K-Cl: 0.516, Fe-Cl: 0.455, Al-SO₄: 0.929, Ca-SO₄: 0.923, Na-SO₄: 0.705, Mg-SO₄: 0.598, K-SO₄: 0.435, Fe-SO₄: 0.343。中これらの陽イオンと H, Cl, SO₄ 各イオンの相関係数はいずれもアルミニウムが 1 番大きく次いでカルシ

ウムである。特にアルミニウムイオンは硫酸イオンと非常に高い相関性を示している。カルシウムもまた同じく高い相関性を示している。その次に相関係数の大きいものはマグネシウムおよびナトリウムで鉄およびカリウムの相関係数は小さくいずれも0.5以下である。これらのうち Na と Cl の相関係数が大きく Mg と H のそれが比較的大きいことが注目される。一方 Al 並に Ca と SO_4 イオンの相関係数が大きいことから、岩石から Al および Ca が溶出してくる時に pH だけでなく硫酸イオンの影響を受けることが判った。

微斜長石の分解実験によれば、60°C および 90°C において鉱物からのアルミニウムの溶出速度は pH 1 および 2 では硫酸による場合がもっとも大きく次いで塩酸で、過塩素酸の場合がもっとも小さい。このことは硫酸イオンが水素イオン塩化物イオンと比べてよりアルミニウムの溶出を促進させるということを示している。これらのことから草津温泉ではアルミニウムおよびカルシウムイオンは比較的浅い周囲の岩石から温泉水に供給されたものと考えて良いであろう。

14. 鬼首地域の地熱現象について

東工大 理化 小沢竹二郎

鳴子、鬼首地域の温泉については多くの研究がなされており、両地域とも pH 2-3 の酸性泉と pH 7 以上の中性、アルカリ性の食塩泉が近接した地点から湧出している。このことは温泉化学の立場から非常に興味ある現象で野口先生らの研究によれば鳴子地区では地下から供給されるアルカリ性の食塩泉型の熱水が地表付近で硫酸の供給を受けて酸性泉を生成するとし、温泉ポーリングの結果もこの事実を裏書きしている。一方、鬼首地域では中心部に荒湯、女釜、男釜の酸性泉（著者の分類によれば Type II、本質的な酸性泉で流量も多く、 Cl^- 、 SO_4^{2-} も多い、活動は定常的）、奥の院沢などの酸性泉（ Cl^- が少なく SO_4^{2-} が多い、Type III）、周辺部に多くの中性～微アルカリ性の弱食塩泉～単純泉が存在しており、分化現象の一例として知られている。近年この地域で地熱開発のため多くのポーリングが実施され、それらの孔井から得られた蒸気、熱水の化学組成は日本の他の地域でのポーリングの結果から得られた熱水にくらべると極めて特異的であり、新しい知見が得られている。すなわち、鬼首地域の地下浅所（200～500 m）では中性～アルカリ性の食塩泉が存在しているが、更に深部（1000～1300 m）では pH 2～3 の酸性の食塩泉が存在している。しかもこの酸性食塩泉中には硫酸イオンが僅かであり、この Type の熱水は世界でも知られていないようである。一方、ポーリング孔からの蒸気中には他の地域の地熱井の蒸気とくらべて R の割合（水酸化アルカリ溶液にとけないガス）が 5～10%（水蒸気を除いた組成）で、しかもその大部分は水素である。この事実は日本各地の火山ガスの例からみると熱水の温度が 200～300°C を考慮しても異常に高く噴気孔での対応する温度は、たとえば鹿児島県硫黄島火山では 600～800°C に相当するものである。以上のような点をマグマ発散物の分化という見地から考えると、1) 鬼首地域の下部には高温の火山発散物の供給が考えられる。2) これらの発散物は地下深部（1000 m 以下）で凝縮し酸性（塩酸を含む）の熱水を生成しつつある。3) この熱水の一部と溶解し難いガス成分（水素、炭酸ガス、硫化水素など）は上部の地層に上昇し周辺の岩石と反応して中和される。この様な機構が考えられるが、更に地質、岩石変質、地球物理（熱的關係）などを併せて検討する必要がある。

15. 九重大岳八丁原地区熱水の微量成分

九大温研 野田 徹郎、古賀 昭人

大分県九重大岳、八丁原地域で開発されている地熱井はワイラケイなどと同じくスチームに多量の熱水を伴って噴出している。この熱水は典型的な深部熱水の食塩泉型で、湧出母岩、深度からみて九州を代表

する深部熱水である。

一般に熱水の地下温度を指示する化学的インディケータとして SiO_2 濃度, Na/K 比, Na/Ca , Na/Mg 比の大小をもって論ずることがしばしばである。これらは深部熱水の特徴を示すのであるが、一方、この他の微量元素についても種々の深部熱水特有のふるまいが観測される筈である。

ここでは代表的な深部熱水である九重地区熱水について微量元素のあるべき姿を述べる。

便宜的に、微量元素を 1) アルカリ金属、2) ハロゲン、3) 金属元素に分けて考察を進めた。

熱水としての特徴が最もよくあらわれているのはアルカリ金属で、熱水が高温であることを反映し、低温の温泉よりも多量溶存している。又、 Na との原子比 Na/Li , Na/Rb , Na/Cs は高温ほど小さい。逆に云うと、これらの元素の量、 Na との比から熱水系が高温か否かを見つめることができる。

ハロゲンは最も主要なアニオンの Cl と一緒に挙動すると考えられ、 Cl の濃い熱水では F , Br , I ともに多く存在する。 Br , I の起源は Cl の起源と共に、更に研究すべき問題であるが、 F に関しては CaF_2 系の鉱物と平衡にあると考えると差し支えあるまい。

九重地区だけでなく、火山地帯には、特有の硫化作用をうけ生成した硫化鉱物が広く存在している。これらの硫化鉱物をつかったモデル溶出実験と、実際の熱水での pH に対する濃度パターンがよく似ており、これらの硫化鉱物が熱水中の微量金属元素の起源としての働らきに占めるウェイトの大きいことが察せられる。このうちオキシアニオンとして溶存する As , Mo , Ge は高濃度の Cl との関係も深いようである。

Na/K からの推定地下温度の最も高い八丁原 6 号井について化学成分の含量を示すと、 pH 6.9, Na 1380 ppm (以下単位は ppm), K 280, Ca 6.2, Mg 0.297, Cl 2260, HCO_3 15.3, SO_4 90, SiO_2 1050, HBO_2 152, 微量元素は Li 7.7, Rb 4.95, Cs 1.68, F 5.02, Br 5.36, I 0.574, Mn 0.172, Cu 0.001, Zn 0.014, Cd 0.000, Pb 0.000, As 2.65, Fe 0.11, Ni 0.000, Mo 0.064, Ge 0.141 である。

16. 山梨県増富温泉の微量成分の化学的研究 (I)

山梨大学 杉原 健・川合 照美

山梨県増富温泉の微量成分の、一つの源泉について連続的にその変化を調査したものは殆ど見られないので、これらの関係を明らかにする目的で微量成分の変化について検討を行なったので、この結果について報告した。

Pb , Cu , Ag , Sn , Ni , Sb 等について倭成寮の泉と大六天下の泉について昭和 45 年 9 月から昭和 46 年 8 月までの一年間にわたって採水した試料を分析した。

大六天下の泉の湧出量の変化は 6~7 月に最大になる傾向を示し、変化のパターンは毎年同様であった。 Cl^- 濃度の変化は湧出量と逆の傾向を示し、6~8 月頃最低値を示した。

Rn 含量の変化は昭和 41 年 6 月に $1143 \times 10^{-10} \text{Ci/l}$ が最高であった。

倭成寮の泉の Cl^- 濃度の変動は著しい変化はなかった。

倭成寮の重金属成分 Pb , Ag , Sn , Ni , Cu , Sb を測定し、最大値はつぎのような値を示した。

Pb $0.14 \pm 0.01 \text{mg/l}$ (46 年 8 月), Cu $0.10 \pm 0.00 \text{mg/l}$ (46.8), Ag $0.072 \pm 0.004 \text{mg/l}$ (45.9), Sn $7.0 \pm 0.3 \text{mg/l}$ (46.6), Ni $0.37 \pm 0.00 \text{mg/l}$ (46 年 4 月, 5 月, 6 月), Sb $10.7 \pm 0.2 \text{mg/l}$ (45.9),

大六天下の泉の重金属含量の最大値はつぎの値を示した。

Pb $0.12 \pm 0.01 \text{mg/l}$ (41 年 10 月), Cu 0.05mg/l (45 年 9 月; 46 年 4 月), Ag $0.062 \pm 0.000 \text{mg/l}$ (46 年 4 月), Sn $4.7 \pm 0.0 \text{mg/l}$ (41 年 10 月), Ni $0.25 \pm 0.01 \text{mg/l}$ (42 年 3 月), Sb $8.1 \pm 0.1 \text{mg/l}$ (42 年 3 月)。

分析精度を確かめるために標準試料の添加を行なったり、2 倍にうすめたりして分析を行なった結果はほぼ満足すべきものであった。

Cl-泉温, Cl-湧出量, 泉温-Ag, 泉温-Sn, 泉温-Sb, の間には負の相関が認められた.

Cl-Ag, Cl-Sn, Cl-Ni, Cl-Sb, 泉温-湧出量, Pb-Sn, Ag-Sn, Ag-Ni, Ag-Sb, Sn-Sb, Ni-Sb の間には正の相関が認められた.

増富温泉以外の山梨県西山温泉ならびに川浦温泉, 富山県立山地獄谷温泉, 兵庫県有馬温泉, 北海道定山溪温泉ならびに登別温泉と静岡県蒲原海岸海水についても Pb, Cu, Ag, Sn, Ni, Sb の測定を行なった.

大六天下の泉では5~9月にかけて灌漑水路に本谷川の川水をとり入れるので, これが影響して6~8月頃に Cl⁻ 濃度が低い値となり, 重金属イオンは主として地下深所より運ばれたものが本谷川の川水又は地下水によりうすめられて変動していることが明らかとなった.

17. 山梨県増富温泉の微量成分の化学的研究 (II)

山梨大学 杉原 健, 川合 照美

山梨県増富温泉の大六天の下の泉ならびに倭成寮の泉について, 昭和45年(1970)9月から昭和46年(1971)8月までの1年間にわたり採水した試料について, 微量成分, 特に Bi, Co, Fe, Mn, Mo, Cr 等について分析を行なった.

この二源泉について各微量成分の含有量をみると, いずれも倭成寮の方が多く, 最高値は Bi 0.51 ± 0.02 mg/l, Co 0.49 mg/l, Fe 8.1 ± 1.6 mg/l, Mn 0.52 mg/l, Mo 1.4 mg/l, Cr 1.9 mg/l であった.

他の成分との関係では, 泉温-Co, Fe, Mo, Cl; 湧出量-Cl, Co 等は負の相関関係があり, Cl-Bi, Fe, Mo, Co, Cr; Bi-Fe; Fe-Mn, Mo, Cr; Mn-Mo, Cr; Mo-Cr 等は正の相関関係があった. この場合大六天の下の泉の方が倭成寮の泉よりはっきりとした相関がみとめられる.

他の微量成分との関係では, Pb-Co, Mo, Cr; Ag-Cr; Sn-Co; Ni-Co; Sb-Co 等やはり正の相関がみとめられる. 外に気温, pH 等も測定したが, これらとははっきりした相関はみとめられなかった.

増富温泉以外に, 静岡県蒲原海岸海水, 山梨県西山温泉, 川浦温泉, 富山県立山地獄谷, 兵庫県有馬温泉天満宮, 北海道定山溪, 登別等の温泉水についても分析を行なったが, いずれの元素も有馬温泉天満宮が高い値を示した.

6~8月に大六天の下の泉の湧出量が高くなり, 6~8月に Cl⁻ 濃度が逆に低くなるのは灌漑水路に本谷川の川水を引き入れるため, 川水ならびに地下水の混入によるもので, 地下深所から供給された Bi, Co, Fe, Mn, Mo, Cr 等がうすめられた結果として, 正の相関又は負の相関が生じたものと考えられる. 又, 大六天の下の泉の泉温は気温ならびに湧出量の影響が大きいため, Cl⁻ 濃度に対して負の相関を示したものと考えられる.

18. 温泉水とくに酸性泉中の銅, 鉛, 亜鉛, カドミウム等の定量

東工大 理 小沢竹二郎

鹿児島大理 坂元 隼雄, 鎌田 政明

温泉水中の重金属(銅, 鉛, 亜鉛, カドミウム)についてはいくつかの報告がある. 演者らは酸性泉中のこれらの成分の分布を, とくに分析方法の検討をおこなったのち吟味した. 問題の第1は試料採取後の試料の保存方法で, たとえ試料採取後ただちに硝酸酸性にして保存したとしても硫化水素が含まれている酸性泉では銅のかかなりの割合が, また一部の鉛も硫化物として沈殿することが判明した. したがってこのような試料では, 採取後ただちに冷却後抽出するか, 硫化水素を追い出してのち, あるいは酸化してかたちを変えたのちに硝酸を加えて保存し, 分析に供する必要がある(試料 1l+濃硝酸 5ml). 実験室に持ち

帰つた試料は各種の方法により分析可能である。各成分の抽出分離法として定量的に抽出の判定が容易であるという意味でジチゾシーグロホルム抽出分離法を採用し、この抽出液について原子吸光光度法により各金属を定量する。全操作について合成試料を用い、また酸性泉への添加実験をおこなつて検討を加え満足すべき結果をえた。定量例の一部を次に示す。

○玉川温泉 (大沸) '72.10.7, pH 1.2, Cl⁻ 3040 mg/l, Cu 2.9 μg/l, Pb 1290 μg/l, Zn 1660 μg/l, Cd 23 μg/l

(同日の試料で硫化水素を追いださずに酸を加えて保存定量したものは Cu 0.4 μg/l, Pb 1180 μg/l)

○草津温泉 (湯畑) '72.8.3, pH 1.8, Cu 2.0 μg/l, Pb 14 μg/l, Zn 470 μg/l, Cd 1.2 μg/l

○万座温泉 (湯畑) '72.8.3, pH 2.4, Cu 1.0 μg/l, Pb 2 μg/l, Zn 750 μg/l, Cd <0.1 μg/l

○万座温泉 (空噴) '72.8.3, pH 1.4, Cu 1.7 μg/l, Pb 360 μg/l, Zn 2500 μg/l, Cd 10.0 μg/l

○鬼首温泉 (荒湯) '72.10.4, pH 2.0, Cu <0.2 μg/l, Pb 4.1 μg/l, Zn 310 μg/l, Cd 1.9 μg/l

○鳴子温泉 (滝の湯) '72.10.4, pH 2.6, Cu 1.7 μg/l, Pb 2.5 μg/l, Zn 58 μg/l, Cd 0.1 μg/l

○箱根温泉 (大湧谷) '72.12.26, pH 2.4, Cu 2.6 μg/l, Pb <2 μg/l, Zn 95 μg/l, Cd <0.1 μg/l

○酸カ湯 (地獄沼) '72.10.8, pH 1.3, Cu 15.0 μg/l, Pb 120 μg/l, Zn 610 μg/l, Cd 4.0 μg/l

○酸カ湯 (源泉) '72.10.8, pH 1.6, Cu 0.4 μg/l, Pb 2 μg/l, Zn 560 μg/l, Cd 1.6 μg/l

○さつま硫黄島温泉 (東温泉) '72.8.26, pH 1.6, Cu 3.6 μg/l, Pb 23 μg/l, Zn 390 μg/l, Cd 2.6 μg/l

○さつま硫黄島温泉 (北平下海岸) '72.8.29, pH 1.4, Cu 2.6 μg/l, Pb 61 μg/l, Zn 920 μg/l, Cd 2.1 μg/l

○栗野岳温泉 (八幡地獄) '73.6.1, pH 2.2, Cu 4.8 μg/l, Pb 1.1 μg/l, Zn 101 μg/l, Cd 0.2 μg/l

○えびの温泉 (露天風呂) '73.6.2, pH 2.2, Cu 5.9 μg/l, Pb 0.4 μg/l, Zn 60 μg/l, Cd 0.1 μg/l

ここでとりあつた試料の範囲では、鉛とカドミウム、亜鉛とカドミウム、鉛と亜鉛などの間に正の相関があることがわかり、また鉛、亜鉛などの分布については地域的な特性があるようにみえる。

19. 霧島火山地域から河川を經由して流下する火山噴出物の量 (続)

同火山地域の温泉水中の亜鉛、銅、鉛、カドミウム等の含有量

鹿兒島大理 鎌田 政明, 坂元 隼雄

温泉活動を含めた火山活動の環境への影響の考察という立場から、さきに霧島火山地域から河川水を経由して流下する亜鉛、銅などの重金属の量を報告した (昭和 48 年火山学会春季大会)。しかし調査対象とした源泉数も十分でなく、鉛、カドミウムなどは調べる事ができなかつたので、今回は源泉数も多くし、また題記四成分すべてについて研究した。

温泉水中の Cu 含有量 <0.2~5.9 μg/l (最高値はえびの露天風呂), Pb 含有量 <0.1~1.2 μg/l (最高値は銀湯), Zn 含有量 0.4~193 μg/l (最高値は銀湯), Cd 含有量は 0.014~0.2 μg/l (最高値は銀湯) の値をえた。

これらのうち含有量の大きいものは酸性泉であるが、その値は前報でのべた全国各地の酸性泉の値にくらべ含有量が小さい。銀湯の亜鉛、カドミウム、鉛などの濃度としては大きいが湧出量はきわめて小さく、負荷量としては小さい。

亜鉛とカドミウムの含有量の間には強い正の相関があり相関係数 0.91 で亜鉛のみを定量してカドミウム濃度を見当つけることができる。

個々の源泉の湧出量とそれぞれの成分濃度から温泉由来の量を求め、別に錦江湾に流入する河川の河口 (新川) での各成分の単位時間の通過量を算定し比較した。

前回、別の方法によつて Zn の通過量 7~17 mg/sec という値をえているが、今回の 3.9 mg/sec の値がより正確であろう。

	河口通過量 mg/sec	温泉由来の量 mg/sec	割合 %
Cu	10	0.25	2.5
Pb	6.9	0.16	2.3
Zn	110	3.9	3.5
Cd	0.62	0.013	2.1

各成分とも温泉に由来する量の割合が 2~4% 程度で、ハロゲン元素のその割合が 20~50% であるのにくらべると (火山学会報告) あきらかに小さい。これはこれらの重金属が温泉水としてまとまっているもの以外から供給されることを意味する。この検討は今後の課題であろう。

20. 液体シンチレーションカウンターによる鉱泉中のラジウムの定量

都立大 理 堀内 公子, 本間 義夫, 八木 優子, 村上悠紀雄

Ra の定量は, Rn と放射平衡になることに基づいて主として精密ラドン計を用いるか又は直接に試料の α 線の測定により行なわれている。Rn がトルエンによく溶ける特性を利用した液体シンチレーションカウンターによる測定方法につき、アルコールドライアイスを用いてトルエンへの溶解の方法を改良した。さらにいわゆる積分計数法を用いて β 線の絶対測定が出来ることから 10^{-12} Ci の Ra の定量が約 50 分位の測定で可能になった。

Ra と Rn は 1ヶ月余で放射平衡となるが、Rn は更に RaA, RaB, RaC, RaC' を経て RaD になり、RaD は半減期が 22 年、Rn 3,825 日、その他はそれぞれ約 3 分、27 分、20 分であるので、Ra とこれら娘核種との間にも放射平衡が成立し、この崩壊系列は RaD で終ると見做すことが出来る。Rn をトルエンに溶解させて捕集し放置する場合、生まれてくる娘核種と約 3 時間 10 分で平衡に達する。従って本法の測定は Rn 以下 3 個の α 粒子と 2 個の β 粒子をはかることになる。

試料調製は温泉水 1 l より BaSO₄ の沈でんを作り Ra を共沈させる。静置し、傾斜法により上清液を捨て、約 200 ml の残液と共に沈でんをきれいにキュリーびんに移す。次に瓶内を減圧にして両端を封じ、Ra と Rn が放射平衡に達する迄放置する。約 1 ヶ月後このキュリー瓶をラドンガスを循環吸収させる装置につなぎ両端の封じ目を厚肉ゴム管内にて割り、ダイヤフラムポンプを用いて約 1 時間くり返しラドンガスを循環させトルエンに吸収させる。現在のところまだ dead space が大きいため捕集率は 45.1% であった。次にトルエンを測定用バイアル瓶に移し、約 2 時間以上放置して娘核種をグロースさせてから測定する。実測計数率 N に対し経過時間の decay の補正、キュリー瓶から Rn を追い出してから測定迄の時間、計数効率、測定時間内の Rn とその娘核種の崩壊の補正、捕集率の補正などを行なうことにより Rn-222 と平衡である Ra の量が得られる。

本法を用いて箱根温泉 15 試料を定量したところ、 $1.54 \sim 11.12 \times 10^{-12}$ Ci/l の値が得られた。この場合の自然計数率 62.34 cpm の 1/10 迄測かれるとすれば 5×10^{-13} Ci が迅速に測定出来、1 日 4 sample の測定が容易である。

以上の結果から本法の特色としては、

- ① 操作が精密ラドン計より容易である。
- ② 測定容器の内壁を汚染する恐れがない。
- ③ 測定法そのものが極めて容易である。
- ④ 試料の保存やチェックが可能である。
- ⑤ 標準や定数を用いることなく絶対測定が可能であり、更にエネルギー分布も測定出来る。等のことがあげられる。

21. 南阿蘇の温泉及び地下水の化学的研究

熊本衛研 松岡 良三

阿蘇山の火口原の中には内牧、赤水、宮地、坊中（北阿蘇）及び湯の谷、地獄、垂玉、戸下、栃木（南阿蘇）の各温泉がある。南阿蘇温泉群の内、湯の谷、地獄、垂玉は旧火山中腹の噴気地帯にあり、 H_2S を含む酸性の強い泉質である。

一方、戸下、栃木温泉は湯の谷から延びた熔岩層から湧出する中性の含重碳酸土類芒硝泉である（泉温 $37.1\sim 46.3^\circ C$ ）。この温泉群の湧出機構は、噴気ガスが岩石を溶解して作った“地獄”に地下水が作用して温泉をつくり（湯の谷、地獄、垂玉）又、その泉脈は熔岩台地を流動し、 Na^+ 、 Ca^{2+} を溶解して中和され栃木において中性の硫酸塩泉となって湧出すると推定される。

化学成分については、噴気地帯の温泉においては SiO_2 以外の溶存成分は少なく、カチオンは $[Ca] \geq [Mg] > [Na] > [K]$ 、アニオンは Cl^- は微量で SO_4^{2-} が $95\sim 99\%$ を占める。

戸下、栃木温泉では $[Na] \geq [Mg] > [Ca] > [K]$ 、 $[SO_4] > [HCO_3] > [Cl]$ であった。

主成分の外、 Sr^{2+} 及び F^- について考察した所、これらは噴気凝縮水や噴気地帯の温泉より栃木、戸下温泉に多く含有されている。 $[Sr^{2+}]/[Ca^{2+}]$ 及び $[F^-]/[Ca^{2+}]$ は基盤岩と凝縮水とは非常に近い。

カルデラ内に湧出する井水及び自然湧水について分析した結果、外輪山系地下水の主成分は $Ca-HCO_3$ であったが、内輪山系の主成分は $Ca-SO_4(Na-SO_4)$ であった。又、中松、色見付近では $30\sim 100$ ppm にのぼる NO_3^- も検出された。

地表面下浅い所を流動する地下水の場合、火山灰の影響が大きい。地下水の $[F^-]/[Ca^{2+}]$ 、 $[Ca^{2+}]/[Mg^{2+}]$ は火山灰の場合と非常に類似する。

	Sr ($\mu g/g$)	F ($\mu g/g$)	SO_4^{2-} ($\mu g/g$)
岩石 (地獄)	5.45	81.25	
凝縮水	0.06	0.74	
火山灰 (A)	26.26	2029	28204

22. 酸性泉の化学組成について

京大理学部地球物理学研究施設 山下幸三郎

日本各地の温泉冷酸泉で pH が 3.5 以下の酸性泉について、主要な陽イオンで岩石からの溶出であると考えられる成分を $Fe+Al$ 、 $Ca+Mg$ 、 $Na+K$ の 3 つの組に分け、各組の溶存量（当量濃度）が全量中で占める割合を求め三角図表上に示すと、殆んど全面的に分布するが、特に $Fe+Al$ の多い側と $Na+K$ の多い側に高い密度で存在する。泉温が $40^\circ C$ 以下では $Fe+Al$ の側に圧倒的に集中し、 $Na+K$ 側には存在しない。

酸性の割合を全般的にみると $Fe+Al$ が主要な割合を占める $40^\circ C$ 以上の温泉では、pH が低く 1~2 を示すものが大部分であり、又 $Na+K$ が主要成分であるものは酸性は弱く pH は 3~3.5 のものが殆んどである。 $40^\circ C$ 以下では上述の関係は示さない。

原岩の成分として火山岩の内、玄武岩、安山岩、流紋岩の平均的な成分割合と比較すると、 $Fe+Al$ が主要成分で pH の低い温泉や冷泉は岩石中の成分が殆んど溶出されていることを示している。

$Ca+Mg$ が主要な成分である温泉、冷泉があるが、これは酸性条件下で生成される変質鉱物である黄鉄鉱、カオリン、明礬石などの生成により水中から Fe 、 Al が失なわれ又 Na や K の溶出が Ca や Mg に比

して抑制された結果と推察される。

Na+K が主要成分である温泉は Fe+Al の減少から更に Ca+Mg が減少した結果で Mg は長石族特にアルカリ長石の緑泥石化作用により消費され代つて Na や K が溶出し、また Ca は石膏や硬石膏として沈澱し、Ca, SO₄ イオンが失なわれ酸性も弱くなる。

40°C 以下の温泉や鉱泉は大部分が Fe+Al を主要成分としている。特に Fe+Al が 90% 以上のものが多数ある。これは湧出地の地質環境にもよるが、造岩鉱物の破壊や変質鉱物の生成には化学的条件の外、物理的な条件が必要であることを示していると思われる。

23. 環境問題と温泉

鹿児島大 理 鎌田 政明

従来、温泉の調査、研究といえば、温泉の成因の探求、温泉の開発、利用方法の研究が中心であって、温泉の湧出が環境にどのような影響をおよぼしているかという点については、いわゆる毒水問題をのぞいてあまり関心が払われなかったといえよう。

温泉の開発、利用がすすみ、湧出量が、あるいは揚湯量が急増するにつれ、温泉は“自然”の状態から変化していくわけで、環境への影響も無視できなくなった所が表面化してきた。

ある成分の（広義に考えれば熱の影響も考える必要があるが）負荷量を算定するには、その成分の濃度（含有量）だけではなく、湧出量、揚湯量の測定が当然必要であるが、十分な資料にとぼしい。今後温泉の調査がおこなわれる場合には湧出量の測定をできるだけくわしくおこなう必要がある。

演者らは霧島火山地方全域の温泉の湧出量（揚湯量もしくは造成温泉の量を含む）に関心をもち調査をおこない、同時にいろいろな成分の含有量をしらべて、環境への負荷量の算定をすすめている。次表に同火山地方全域（宮崎県例をのぞく）の全湧出量の推移を示す。

年	全湧出量 トン/日		測定名
	中央部	周辺部	
'31	5,000	—	阿多実雄
'64	14,000	—	鎌田政明ら
'69	—	22,600	鹿児島県
'70	25,200	30,000	"
'71	25,200	31,400	"
'72	26,100	35,500	"

表にあきらかなように、この40年間のうちに中央部で5倍に湧出量が増加しているが、周辺部でも10倍以上になっていると推定される。ここで中央部としているのは、栗野岳温泉を含む霧島西部—西南部の高地に分布する諸温泉で、かつてはすべて自噴泉であったが、現在では自噴泉のほか、噴気と地表水とから造成した温泉も多い。周辺部としたのは吉松温泉を含めた山麓部の温泉で、西南山麓新川渓谷諸温泉、隼人（日当山）温泉などで、かつて自噴泉だけであつたが、現在では自噴泉の割合が小さくなり、動力揚湯しているものが40% 近くになっている。

各温泉の泉質はそれぞれことなり、環境に及ぼす影響も湧出量だけではきめられないが、このような傾向をみると、開発、利用の拡大だけに眼をうばわれるべきでないことは明らかであろう。

もとより温泉自体、地下水の一種で賦存量は有限である。過度の開発は温泉の自滅につながることはよく自覚され、温泉法で規制されているが、それはまた環境への影響の拡大という立場からもつつしむべき

である。温泉も“環境”から切りはなされて存在することはできないからである。

24. 地熱発電熱水の河川に対する影響調査

大分県公害衛生センター 溝口 昇, 藤野 卓見, 矢野 行雄 (薬務温泉課)

大分県九重町の大岳及び八丁原地区の地熱発電用熱水には多量の食塩, ヒ素, ホウ酸等を含み (泉質はどちらも含ホウ酸食塩泉) 付近の筋湯川に対する環境汚染が心配されたので, われわれは昭和45年12月より48年3月までの5回にわたりその調査を行なって来た。最初この発電用熱水は近辺の部落及び近くの貯水池へ排湯されていたが, 昭和47年夏より一部 230 ton/h の規模で地下へ還元されるようになった。今後はすべて還元される予定である。

分析の結果筋湯川最上流の水質は明らかに汚染は認められなかった。配湯している筋湯温泉近辺の筋湯川では可成りの汚染が認められた。その下流域各地点において多量の Cl^- , HBO_2 , As 等を検出した。特に熱水が直接排湯されている貯水池では平均で Cl^- 450 ppm, HBO_2 30 ppm, As 0.4 ppm が検出された。しかし熱水還元開始後貯水池での値は漸減している。又 As は各地点で環境基準 0.05 ppm を大幅に越えている事がわかった。筋湯川の流れ込む玖珠川では 0.05 ppm 以下であった。人家のあるこの付近では熱水が河川水で可成り稀釈されている事を示している。各地点における各成分の5回にわたる経年変化を見ると貯水池を除いて増加の傾向にある。ただし2回目の調査では各成分とも低下していた。正確なデータとするには水量も測る必要がある。各地点における Cl^- と As, HBO_2 , 導電率, F^- との関係グラフにプロットすると強い正の相関が見られ, これより Cl^- 測定による As 濃度の推定が可能と思われる。第3回目に有機物汚染を調べる目的で BOD, COD, DO 等の分析を行なった, BOD, COD は筋湯部落付近で若干高い値を示すが 1.0 ppm 以下で問題はなく, DO についても飽和の 80~90% を示し, 下流程高くなっていた。

今後の課題としては次の諸点が挙げられる。

- (1) 測定点の定期的な監視調査
- (2) 筋湯川において As が環境基準 0.05 ppm 以下となる地点及び期間
- (3) 魚類に対する As, HBO_2 等の蓄積等

25. 玉川温泉 (大ブキ) による岩石の溶出

東邦大・理 吉池 雄蔵, 岩崎 岩次, 吉田 征子
東工大・理 小沢竹二郎

日本の代表的な火山性酸性泉である秋田県玉川温泉は, 各方面から研究されているが, 温度 98° pH 1.2 噴出量毎分約 1 万 l の温泉中に含まれている成分 (Cl 約 3000, SO_4 約 1000, SiO_2 約 300, Fe 約 80, Al 約 150, Ca 約 150 mg/l) のうちのどれくらいが岩石の溶解に起因しているかを見るために, 玉川温泉 (主として大ブキ泉) を用いて, 岩石からの溶出される成分による温泉水の成分の濃度の変動を測定した。

今までの研究は実験室で行ったもので, しかも塩酸あるいは硫酸によるものであった。ここで報告するのは実際の地下水であり, 熱水で pH 1.3 と低く, 塩酸と硫酸の混合溶液である実際の温泉水を溶出液として用いた実験結果である。温泉には岩石から溶解してくると考えられる成分がすでに多量に含まれているので, 今までの研究と異なるものであった。

岩石試料は玉川温泉地帯周辺に産出した安山岩質岩石を 0.590 mm の一定の大きさにし, 25 g と 50 g 各々を反応装置の中に入れ, それに約 80° の主として大ブキ泉を約 6 ml/min の流速で流し, 5日間 (120

時間) 反応させ Fe, Al, Ca, Mg, Na, K の溶出模様を測定した。

これらの条件による結果は、温泉水によって岩石粉末から、実際に多くの成分が抽出されていることが判明した。試料とした岩石の量の変動については 50 g と 25 g の試料共に 120 時間の反応では、いずれも丁度約 16% で、試料が多くても、同様な減少であった。成分の溶出模様について、Fe の濃度の変動は初期では、他の成分と比べて非常に多量に溶出し、24 時間ではわずかず減少し、その後 (2~5 日) は初期の約 1/20 程であった。Al は初めは小さく、4 時間程わずかず増加し、4 時間で最大溶出量 (138 mg/l) となり、その後は減少するが 24 時間後の溶出量は Fe と比べ非常に大きく、Al, Fe の溶出曲線は 1.5 時間程で交差し、Fe は減少が大きい。一方 Al はわずかながら減少し、ゆるやかな減少となる。同時に Ca も Al と同様で溶出曲線も類似している。Na, K, Mg も同様な溶出模様であった。このことから反応の初期、すなわち岩石土壌の新しい面との反応が著しく、いずれも時間がたつと反応が低下して、数日後はほとんど一定となった。これは 0.1N 塩酸だけの時と同様な傾向であるが、すでに多量の成分を溶解している玉川温泉の場合は、溶解能力が小さい、しかしその上に溶解するので実際の濃度は大きくなっている。

26. 鳴子温泉地帯の温泉沈殿物について

東北大・工	九里 尚一, 横山 秀吉, 堀津多三郎
東北学院大・工	渡辺 淳夫
鳴子町温泉事業所	青野 東吉
宮城県衛生部薬務課	佐々木三郎

宮城県の温泉地帯のうちで、特に鳴子温泉地帯には温泉沈殿物が付着堆積する源泉が多い。

この温泉沈殿物が源泉あるいは配管に付着堆積し、源泉や配管を閉塞する。そのためしばしばしゅんせんが行なわれているのが現状である。

今回は鳴子温泉地帯の温泉沈殿物の付着堆積源泉の分布、あるいはその沈殿物の鉱物学的観察、および沈殿物中に含まれる化学成分などについて報告する。

鳴子温泉地帯には鳴子温泉、中山平温泉、鬼首温泉、東鳴子温泉、川渡温泉がある。鳴子温泉には 138 の源泉のうち、41 源泉がしゅんせつを行っており、中山平温泉では 66 源泉のうち 41、鬼首温泉では 43 のうち 6、東鳴子温泉では 34 のうち 2 つの源泉がしゅんせつを行なっている。川渡温泉には 17 の源泉があるが、しゅんせつは行なわれていない。

鳴子温泉、中山平温泉の沈殿物付着状況については 15 日に 1 回しゅんせつをしなければならぬほど堆積するところもあるが、暖房用に用いられている源泉では秋から冬にかけて数回にわたってしゅんせつを行なっている。

沈殿物が付着堆積する源泉の温泉水は一般にアルカリ性で、高温 (83°C 以上) である。

源泉に沈殿物が付着堆積する以外に配管にも付着堆積するものもあり、また源泉に沈殿物が付着せずに配管、あるいはタンクに付着堆積するところもある。(温泉水は 60~80°C)

これらの沈殿物の結晶形を粉末 X 線廻折で検すると、アラゴナイトとカルサイトが全部である。湧出する温泉水の温度と結晶形とは相関が認められない。

温泉水中のナトリウム含量は 237~809 mg/l、カルシウム含量は 19~88 mg/l であるにもかかわらず沈殿物中の Na₂O 含量は 0.01~0.10%、K₂O 含量は 0.078~0.38% できわめて低い。しかし沈殿物中の K₂O と Na₂O とは相関関係を有する。

アラゴナイトとカルサイトとの比においてアラゴナイトが増加すると MnO 含量が減少する傾向が見られ、MgO 含量とは相関が認められなかった。

次に源泉であるクッサク井内の垂直分布については、地表下 95 m, 120 m, 175 m 地点の沈澱物の化学組成および結晶形を調べた結果、沈澱物の大部分はカルサイトであるが、深度が深くなるにつれてアラゴナイトが若干増加し、MgO, MnO, ZnO は減少し、CuO が増加する傾向が認められた。

27. 鉄質沈澱物中のマンガン

都立大理 荒木 匡, 平山 順子

鉄鉱泉のような鉄を含む弱酸性～中性の天然水からは、しばしば含水酸化鉄の沈澱が見られる。これは通常 Fe(II) の状態で溶液中に存在している鉄が、地表に出て空気中の酸素によって酸化を受けて Fe(III) となり、更に加水分解がおこって沈澱となったものである。このとき、溶液中のいろいろな成分が共沈することが知られている。マンガンについては、Krauskopf は鉄が沈澱する際に分離すると報告しているが、そのごく一部は沈澱中に入る。今回はこの鉄質沈澱物に僅かに入るマンガンの挙動について報告する。用いた試料は、澄川温泉(秋田)、五色温泉、新五色温泉(山形)、微温湯(福島)、浅間山地獄谷、明治湯(長野)、有馬温泉(兵庫)、池田鉱泉、小屋原温泉、志学温泉(鳥根)などで採取した鉄質沈澱物及び温泉水 25 試料である。これらの試料の大部分は湧出口付近で採取した。

分析結果の例を下に掲げる。

	鉄質沈澱物		温 泉 水		
	Fe ₂ O ₃ %	Mn %	pH	Fe mg/l	Mn mg/l
澄川温泉(秋田)	49.50	0.0040	3.2	31.1	1.88
新五色温泉(山形)	44.38	0.81	6.6	0.046	<0.01
微温湯 A(福島)	58.85	0.00091	2.8	66.5	2.15
浅間山地獄谷 A(長野)	59.32	0.014	4.8	42.8	1.26
" B()	60.23	0.0067	5.4	56.3	0.90
明治湯 A()	53.50	0.00069	3.6	15.1	1.38
" B()	48.58	0.0026	3.2	6.8	1.57
有馬温泉(兵庫)	56.92	0.0026	4.6	3.8	0.27
池田鉱泉(鳥根)	40.80	0.020	5.9	4.9	0.69
小屋原温泉()	44.08	0.044	6.0	6.3	0.59

温泉水の Mn/Fe 比は $16 \times 10^{-3} \sim 280 \times 10^{-3}$ 、沈澱物の Mn/Fe 比は $0.02 \times 10^{-3} \sim 26 \times 10^{-3}$ であつた。温泉水の pH と Mn/Fe 比との間には何らの関係も見出せなかつた。しかし、沈澱物については、対応する溶液の H⁺ が減少すると、Mn/Fe 比は直線的に増加する。また pH が殆んど同じ溶液から生じた沈澱物の Mn/Fe 比は、溶液の Mn/Fe 比にほぼ比例していた。沈澱物の Mn/Fe 比は、溶液の Mn/Fe 比の 1/100 程度であり、大部分のマンガンは溶液中に保持される。また湧出口から 3~20 m 下流で採取した試料については、Mn/Fe 比の値は湧出口付近で採取した試料のそれと比べて大きな変化は見られなかつた。

マンガンが鉄質沈澱物中にとり込まれることについては、鉄、マンガンの pH~Eh 曲線を描くと、Mn(II)/Mn(IV) 或は Mn(II)/Mn(III) の境界線は Fe(II)/Fe(III) の境界線のはるか上方、すなわち Eh の高い領域にあるので、鉄質沈澱物が生ずるとき、通常の条件下ではマンガンは MnO₂·nH₂O の形では入りにくい。マンガンの入り方についてはなお検討を続ける予定である。

28. 温泉水の送配湯に関する研究 (その 3)

温泉地の宿泊施設の定員と浴槽面積の実測結果について

(財) 中央温泉研究所 益子 安, ○細谷 昇, 飯塚 真二

上条 矢波, 磯谷 肇, 中島 国雄

22 回大会で、演者等は浅虫温泉の集中管理プラントの設計基本式は16, 17 回大会にて報告したものであることを述べた。

その中で浅虫温泉地全体の必要湯量の決定の主要因は浴槽面積であることも述べた。

その後演者等が幾つかの温泉地の集中管理プラントの設計や温泉の需給計画を行ったのであるが、その場合必要な浴槽面積及び収容定員を実測した。その結果を温泉の有効利用の観点から考察し、知見を得たので報告する。

調査を行った温泉地数は18ヶ所であつて、定員1名当りの浴槽面積は、最小0.1 m²/人、最大は0.3 m²/人であつた。また0.14~0.15 m²/人という温泉地数が最も多く、他の面積の温泉地数はかなり急激に減少する。1名当りの浴槽面積の平均値は0.145 m²/人となり、これを基本値とみなすと、温泉地の1名当りの給湯量 (W/d) は次式で示される。

$$W(l/d) = \frac{0.145 \times 50 \times (T_1 - T_0)}{(T_2 - T_1)} \times 24 \quad (1)$$

定員1名当りの必要熱量

$$(gkcal/h) = 0.145 \times 50 \times (T_1 - T_0) \quad (2)$$

但し T_1 : 浴槽温度, T_2 : 浴槽注湯温度, T_0 : 浴室温度

いま T_0 : 20°C, T_1 : 43°C, T_2 : 55°C とすると W は 333.5 l/d, T_2 : 60°C とすると W は 235 l/d となる。

以上(1), (2)式より温泉地の浴槽運転熱量, 浴槽運転必要湯量を求めれば、その温泉地の温泉需給関係が判明すると同時に、利用施設の面からみた適正総湯揚量を求めることが出来る。

29. 老年者の温泉療法

北大温泉治療研究施設 斎藤 幾久次郎

温泉浴の種々なる作用は各個体の年齢, 性によって異なることが考えられる。このことは老人の温泉療法上重要なことであると思われるので、若干の実験を試み、老人の温泉浴についての検討を行った。被験者を50才以上の高年者群と40才以下の若年者群にわけて比較実験した。

(1) 循環系に及ぼす作用 被験者を43°Cの温泉に10分間入浴せしめ、入浴前、入浴中、入浴後の心電図、脈波の伝達時間、脈搏数を計測した。脈波伝達時間とは心電図のRと脈波の立ち上がり点Sの間の時間RSである。

【実験結果】入浴による脈搏数の変化は両群共入浴5分后、10分后に増加するが、若年者群は入浴前に比して入浴中それぞれ133%、148%と増加し、高年者群の121%、125%より増加率が著明であった。

脈波伝達時間は入浴により短縮する。若年者群は入浴前0.235秒、入浴5分后0.205秒、10分后0.206秒となり、高年者群はそれぞれ0.225、0.218、0.216秒となり、若年者群の方が著明に短縮する。

(2) 内分泌系に対する効果 健康な青年男子10名、同青年女子8名と高年者群7名について冬期に午後9時より10分間42°Cの温泉浴を行い、血中コルチゾル、成長ホルモンを測定した。

【実験結果】1. 血中コルチゾル 青年男子の午後9時のコルチゾル濃度は平均5.9 μg/dlで、入浴開始15分后(浴后5分)、30分后(浴后20分)、に夫々有意の増加を示し、その後漸次減少し、120分后(午

後11時)には7.7 $\mu\text{g}/\text{dl}$ となつた。一方青年女子では午後9時の平均値は4.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$ で、その後30分後で頂値を示す増加を来たし、その値は6.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ であつた。この8例中3例は著しい増加を来したが、5例では変化をみなかった。高年者群では午後9時の血中コーチゾル濃度は5.1 $\mu\text{g}/\text{dl}$ であつたが、温浴による増加傾向は少く、15分後で平均5.1 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 、30分後で6.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$ と前値と変化はなかつた。この様に高年者は若年者に比べ温熱刺激に対する副腎皮質の反応が少いことが知られた。

2. 成長ホルモン これもコーチゾルと同様の傾向がみられた。すなわち、若年男子群と高年者群についてみると、若年男子の前値は4.6 $\text{m}\mu\text{g}/\text{ml}$ で15分、30分後で有意に増加し、30分後の平均値の頂値は14.5 $\text{m}\mu\text{g}/\text{ml}$ であつた。若年女子群では前値が比較的広い範囲にあつたが、その平均値は9.3 $\text{m}\mu\text{g}/\text{ml}$ であつた。そして15分後で頂値となり平均14.9 $\text{m}\mu\text{g}/\text{dl}$ であつた。高年者群では全例で殆んどその増加傾向をみなかった。

(3) 結論 入浴による脈搏数の増加率及び脈波伝達時間の短縮等の循環動態の変化に年令差異のあることを認めた。又42°C、10分間の温泉浴を午後9時に行つて、下垂体、副腎系の温度刺激に対する効果をコーチゾルと成長ホルモンの血中濃度を指標として年令的差異を認めたが、高年者では若年者に比べ明かに反応鈍化の傾向のあることが示された。

30. 皮膚病水治療中の「より」の現象について

岩手県立中央病院 皮膚科 野口 順一

比較的平面的なひろがりをもつ皮膚炎、紅皮症、膿皮症や白癬等を酸性泉や弱酸性泉で治療を続けると、その経過中に、それらの発疹は求心的に変化してせつ腫、化膿性汗腺炎、淋巴腺炎、結節性痒疹、肉芽腫等立体的な発疹を形成することがしばしばある。この現象は中性泉やアルカリ性泉での治療では発生し難い。この現象はいわゆる温泉反応の皮膚表現で昔から「より」といわれている。平行して起る検査所見の変化の中では血中好酸球の減少が最もしばしば特異的に認められた。この「より」の現象は皮膚病の水治療法上、浴療法の要素を設定するための目安として利用できる。

31. 砒素含有泉の飲用について

別府市 矢野内科 矢野 良一

大分県の九重町の火山性温泉群のうち、九州電力KKが大岳(おおたけ)地区および八丁原地区において地熱発電を計画、昭和42年8月から大岳では4本の生産井で出力1万kwの現模で運転が始められ、八丁原においても5万kwを計画、現在3本が噴出している。

一方大分県温泉調査研究会(会長 矢野)では「くじゅう火山の温泉群について」の研究課題を設定、昭和46年には重金属の定量、47年には環境水域に対する影響を考え、熱水の流入が予想される筋湯川(すじゆがわ)、その合流する玖珠(くす)周辺の温泉群中の重金属と筋湯川水系のひ素含有量を大分大学志賀教授らが調査した。その結果、筋湯温泉(単純泉、リュウマチ、神経痛の湯治場)の下方から貯水池間の4km(大岳~八丁原)で高く、環境基準量0.05ppmを上廻る最高3.3から最低0.025~0ppmの測定値がえられ、筋湯温泉のひ素含量は0.17ppmであつた。

この結果大分県は当面の対策として、九電からは発電出力をおとす、熱水噴出をおさえ、ひ素の除去装置が完備するまで、還元井にもどすなどの措置をする承諾をえた。また住民750名の健康調査、漁業関係では7地点で14検体(魚)、農業関係では土壌、米の中のひ素定量を県として行なつてゐる。住民については特別の障害なく、ただ飲用者30名のうち2名がはきけ、2名がはぐきの黒変があつたがひ素によるものかどうかは確定しえない。他方湯治場としての筋湯温泉旅館は給湯が減つたために困つてゐるとい

奇現象もおこっている。

ここでひ素の飲用許容量について、温泉法をみると、飲用判定基準の3倍とすると示されており、成人が1日に水を2.2リットル飲用するものとして、 $0.05 \text{ mg/kg} \times 2.2 \times 3 = 0.33 \text{ mg/kg}$ を限度としてみとめている。この許容量を参照して都道府県知事に申請して飲用許可をもらい長期使用の場合は医師の指導をうけるように指示されている。

実は昭和45年5月に秋田県のトロコ温泉で58才の女が胃の治療のため時々数カ月にわたって飲用の慢性ひ素中毒（皮膚の黒化、掌蹠の皮膚の角化）をおこして加療されていることが、新聞誌上に報ぜられたことがある。その温泉中のひ素が10ppm定量されているが、本泉は従来よく飲用され特に中毒症状をおこしていない。また同年7月増富鉱泉でも5.28ppmのひ素含有泉が多くの人に飲用されており、現在では飲用量を表示している由である。

ドイツではBrandtの実験からパセドー病にひ素含有泉を用いて効果があるとし、1回量3.8mg/kgとしている。ひ素は腸から吸収され血中から速かに肝臓を経て皮膚に蓄積されるといわれるが、中毒の報告はみあたらない。

要するに許容量をこすひ素含有泉の飲用については医師の指導を求めなければならない。

32. パラファンゴの使用経験

九大温研 内科 大門 剛, 延永 正

イタリアのバツタリア温泉のペロイドにパラフィン、酸化マグネシウム、タルクを混合した一種の人工ペロイドであるパラファンゴの保温性、全体的使用印象について当所で用いている温泉泥湿布（紺屋地獄泥：2%硫黄含有）と比較したので報告した。

保温性試験：パラファンゴ及び温泉泥各400gを20×12cmの方形に延ばし、表面を40°Cに冷やした後、泥中心部の温度変化を測定した結果、パラファンゴでは測定開始時50.5°Cで、25分後1.0°C、40分後1.5°Cの低下を示したにすぎない。一方温泉泥は測定開始時63.0°Cであり漸時低下し、25分後15.0°C、40分後20.0°Cの低下を示した。即ちパラファンゴは長時間恒状の高温を保ち続け、温泉泥に比べ優れた保温性を有していることを示した。パラファンゴの保温力が大きいのは、泥中に混入しているパラフィンの熱保有力に負うものであり、また泥表面にパラフィン膜が形成され熱の発散が少なくなるためであろう。

臨床試験：20症例（慢性関節リウマチ14例、変形性関節症3例、椎間板ヘルニア、五十肩、腰痛症各1例）の各局所にパラファンゴ及び温泉泥湿布各20分間施行し、両者の温熱効果、全体的印象（快適感）を比較した。温熱効果は全例パラファンゴの方が温泉泥湿布に比べ優れていることを認めた。全体的印象では、パラファンゴが良いとしたものは20例中8例（40%）で、温泉泥湿布が良いとしたものが12例（60%）であった。温泉泥湿布が良いとした理由は、巻包中パラフィンの硬化にともない泥土が固まり、そのための不快感によるもので臨床効果によるものではない。これに対して温泉泥湿布はパラファンゴのような温度低下による硬化がないので不快感がなく上記のような結果となった。

以上、保温性試験（泥中温度変化）の結果、温泉泥が漸時的に低下したのに反し、パラファンゴは長時間恒状の高温を保ち保温性に優れ、また20症例を用いた臨床試験においても全例パラファンゴの温熱効果の大きいことを認めた。しかしパラファンゴでは巻包中温度低下にともない泥土が硬化し、その点で20例中12例が巻包部の不快感を訴えた。しかしながら、この不快感は馴れにより軽減するものと考えられる。

33. 冷却の式の検討及び図式解法による川湯温泉の熱源の形の推定

札幌大学 教養 和田 昭夫

福富孝治によると温泉地に於て次式が成立する。 $\partial v / \partial x = hv$ 但し v : 熱源のある場所の1m深地温—

熱源のない場所の 1 m 深地温 (normal 地温), これは, 1 m 深に於て, みかけ上, Newton の冷却の式と同型の式が成立すると仮定すれば, 境界条件の分解によって数学的に証明することができる. 地表面の冷却は次の factor によってなされる. 1) 輻射, 2) 伝導, 3) 蒸発, 4) 日射, 5) 風の乱流による熱伝達, 6) 雨の infiltration.

これらに対して, みかけのニュートンのクーリングの式が成立することが証明される. 1 m 深に於て, それで浅熱的効果を冷却効果に含めると, 地層の影響は, クーリングの式と同型の式であらわされ, みかけの冷却常数は, $1/L$ となる. 但し L : 地層長, 1), 2), 3), 4), 5), 6) は平均化され, そのみかけの冷却常数は, 季節的恒数となる.

10 m 以浅の問題に対して, 10 m 深を upper boundary として, 熱源の最浅部からそれ迄を冷却効果とすると, 10 m 深地温を 0°C として, ニュートンのクーリングの式と同型の次式が成立する, $\partial v/\partial x = hv$ 但し $hm=1/L$, L : 熱源の最浅部から, 10 m 深迄の層長.

熱源の最浅部を, 例えばボーリングの深さとする.

S. 川湯の地温解析

解析グラフにより, 福富等による測定値を用いて硫黄山よりの測線について $\theta=10^{\circ}$ $h=0.5$ 市街よりの測線について, $\theta=10^{\circ}$, $h=0.2$ を得た. 但し測線の両端に於て θ は大きくなる. 市街よりの個所に於る h が硫黄山よりの h に較べて小さい理由は福富等の論文によると表土の上に温泉沈澱物がある為である.

34. グワテマラの温泉

九大温研 古賀 昭人, 野田 徹郎

中米グワテマラは環太平洋火山帯に属し, 活火山もあり地熱微候や温泉も豊富である. 古賀は地熱発電開発計画の第一次調査団員の一人として, 1973年2月末, 当地におもむき1か月にわたり当国の温泉の地球化学的調査にあたった. 採取した36個の温泉水の分析結果は, いわゆる高温の深部熱水は数個にすぎず, 他はすべて地下浅所の水でうすめられた $\text{Cl}-\text{HCO}_3$ 型か, さもなければ酸性の $\text{SO}_4 \gg \text{Cl}$ の水蒸気加熱型であった. もちろん, 地区により温泉水の個性があるが, 特に Cl/B の比が各地熱地帯の温泉の特長を示した.

最も地熱微候が優勢であり, 地熱発電に有望であると目される Zunil 地区については詳しく調査されたが, 間欠泉をのぞき高温の Cl type の水はなかった. 間欠泉は $\text{pH} 9.0$ で SiO_2 濃度や Na/K 比から計算された地下の熱水だまりの温度は $180\sim 215^{\circ}\text{C}$ を示した. 他の温泉水の SiO_2 濃度はすべて湧出温度で無定形シリカによって飽和されており, 間欠泉をのぞき地下の温度は 110°C 以下だと推定される.

一方, Zunil 地区は変質地帯も多く, 噴気が多数あるところから, 噴気ガスの分析, 凝縮水の分析, さらに変質粘土の分析が行われ, 地下状態を知るために使われた. 噴気ガスの分析結果は $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ のモル比が70となり, 地下に中性の熱水だまりがあることが推定され, 噴気凝縮水中の揮発成分である B , Hg , NH_3 も多く地下の高温を思わせた. また, 変質粘土中の B や Hg も Zunil の噴気地帯に相当に濃縮されており, 両者間に正比例関係がみとめられた. このような噴気地帯の地球化学的探査においては, 変質粘土中の Hg 法が有力であることがグワテマラの地熱開発で最初に応用された例である.

Zunil 以外の有望地区は San Marcos (計算した地下温度 $220\sim 230^{\circ}\text{C}$), Amatitlan 湖南岸 (200°C) が考えられるが, その規模はそう大きくない. その他, Moyuta 地区に噴気地帯で深部熱水は全く見られない. しかし, 前記の蒸気系のインディケーターによる調査の結果は, やはり Zunil に次ぐ有望性を示した.

35. 八丁原地熱地帯の地下岩石中の硫酸塩鉱物について

京大理学部地球物理学研究施設 山下幸三郎

九重火山地域の八丁原地熱地帯では地熱発電のために数本の発電井が掘られた。これによって得られた地下岩石中には硫酸塩の変質鉱物として浅層部には明礬石、深層部には石膏硬石膏の沈積がある。特に硬石膏は地下 400 m 付近で急激に多量の沈積があり、これ以深では漸次減少している。このような沈積状態は硫酸カルシウム溶液を深部程高温である地層中に透過流下させた場合硬石膏の溶解度の温度による変化と地中温度の上昇状態とから求めた硬石膏の沈積状態に酷似している。

したがって八丁原地熱地帯では浅層で生成された硫酸酸性熱水が地下に透過流下し浅層では明礬石が生成され、深部では地温の上昇と硬石膏の溶解度の地温の上昇による減少とによって硬石膏の沈積が起つたと推察した。

36. 川渡温泉の調査(その1)

東北大 工学部 九里 尚一, 横山 秀吉, 堀津多三郎
宮城県衛生部薬務課 佐藤 哲

川渡温泉の総合調査が宮城県によって昭和 47 年に行なわれた。筆者らはその調査の一班として、地中 1 m 深の地温、自然電位、比抵抗の地表探査ならびに温泉井内での電気検層、温度検層などの物理探査と一源泉の湧出量の連続自記記録観測とを分担し、これを実施した。なお調査地域は平坦な水田地帯である。本報では前半の地表物理探査結果について報告する。

地温測定では総測点数 650 点を設け、鉄杭をハンマーで打込み、1 m 深さに穿孔し、サーミスタ感温体を挿入した後 10 分以上経過した後、その地点の地温を測定した。

なお地温の日変化を観測するため、調査地と同一日照条件下にある基準点を選び、その地点の 1 m 深地温の自記記録を地温測定期間中に行なった。

江合川南部の川渡温泉街から馬場温泉までの調査範囲内では最高地温 27.3°C、最低地温 13.2°C で平均地温 21.0°C であった。

江合川北部では最高地温 26.0°C、最低地温 17.3°C で平均地温は 22.2°C であった。また、基準点の地温は 21.0°C の一定値を示し日変化は全く観測されなかった。

源泉の分布と地温分布とは対応する傾向を示すが、既設源泉のあるところ必ずしも地温が高いとは限らない。

温泉地の負電位異常帯は地温の高い地帯とよく対応すると言われている。そこで自然電位の地表測定を 1125 地点について行なった。本調査地域は水田のため、施肥などによる自然電位分布の騒乱も考えられ、電位が入り乱れて、きれいな等電位線の目玉を示さなかった。しかし正電位と負電位とに大別して測定結果をとらえて見れば一応の傾向を知ることができる。すなわち、既設源泉は正電位と負電位の境界付近に存在すること、地温の高い地帯が負電位帯を示し、地温の低い地帯が正電位帯を示す傾向が見られる。

水田下の地層を推定するため、比抵抗法垂直探査を 19 地点について行なった。測定器の性能から探査深度は 120~150 m である。測定結果の ρ -a 曲線を標準曲線と補助曲線とを用いて解析した。

解析の結果、本調査地域は深度 150 m まで電気的には 4 層構造を示す。試験結果が明確でないため、各層の地質学的岩質の判定は困難であるが、井戸、付近の地層露頭などを参考として次のように推定した。

- 第一層は表土層(層厚 1 m 前後)で土壌の乾湿によって比抵抗値に差異が見られる。
- 第二層は 270 Ω -m 程度の高比抵抗を示す砂および礫層の互層(層厚+数 m)である。
- 第三層は 50 Ω -m 程度の比抵抗を示す鳴子湖成層の凝灰岩質シルト岩(層厚 60 m 前後)である。

第四層は数 Ω -m 以下の比抵抗を示す鳴子湖成層の砂礫岩層である。本層の下限は今回の調査では不明である。

本調査地域の下部地層は水平構造を示す鳴子湖成層からなり、2~3の小断層の存在が推定される。

37. 川渡温泉の調査(その2)

東北大 工学部 九里 尚一, 横山 秀吉, 堀津多三郎
宮城県衛生部業務課 佐藤 哲

本報においては、電気検層(比抵抗、自然電位)、温度検層、温泉水および井戸水の比抵抗測定、湧出量の連続自記記録等の測定結果について報告する。

本調査地域には源泉井は数多くあるが、孔内地質資料が乏しいため、物理検層によって各源泉井の地層対比を試みるために実施した。川渡支所前源泉井、真愈の湯源泉井、馬場の湯1号、2号、3号源泉井および遊佐兵蔵源泉井の6本について物理検層を行なった。

自然電位法は鉛電極を用い、比抵抗法は Wenner 電極配置のゾンデを用い、温度はサーミスタ温度計を用い、それぞれ電極、ゾンデおよびサーミスタ感温体を1m毎に移動して最高200mの深度まで測定した。

前記の源泉はいずれも鉄管が挿入してあり、鉄管の挿入部においては、電気検層では地層の境界を求めることはできないが、自然電位は鉄管の主として腐食による腐食電位が現われ、比抵抗では鉄管良導体の $\rho=0$ を示し、ケーシング挿入深度の確認および腐食程度の判定に有効な資料を得ることができた。一方素掘の部分においては、地層の影響を反映した自然電位、比抵抗曲線が得られた。

温度検層では鉄管挿入部においても温度勾配の折点が得られ、それぞれの温度勾配に対応する地層の推定の可能性を見出した。特に帯水層の存在を指摘するには有効な手段となり得るものと思われる。

温泉水、井戸水の比抵抗測定結果より各源泉の泉質の差異を推定し、温泉水源地質学的賦存範囲を分類する試みを行なった。

湧出量の連続自記記録観測を行なった結果については、短期間の記録のみでは論じられないが、この観測期間内に限って言えば、本観測源泉井では降雨量よりむしろ気圧変化による湧出量変化が認められる。すなわち、湧出量は低気圧になると増加し、高気圧になると減少する傾向を示す。また低気圧の移動速度とも関連する様相を示す。

今回の調査では不十分な点があったが、今後の温泉開発の一資料となれば幸いである。

38. 長野県大鹿村小渋温泉について

工業技術院地質調査所 山田 啓三, 阿部喜久男, 山田 隆基
後藤 進, 伊藤 吉助

小渋温泉は、第四紀および第三紀の火山から10数Km以上離れた場所にあり、仏像~糸川構造線の約200~300m西側の秩父古生層中に位置している。附近の古生層は、下位から上位に向って、層状チャートを主として上部に輝緑凝灰岩および凝灰角礫岩を夾む地層、黒色スレートを主としチャートをまれに夾む地層、および石灰岩を主とし黒色スレートや泥灰岩などを夾む地層、よりなっている。

地層の一般走向は南北、傾斜は約60°東であるが、層状チャートを主とする地層は、しばしば小褶曲構造により傾斜の乱れを生じている。黒色スレートを主とする地層は、破碎が著しくしばしばねん土化している。石灰岩層中には、しばしば規則正しい節理が発達している。

また、附近には走向南北、傾斜60~80°東の面を持つ小断層が多くみられる。

従来、 26.5°C ・約 7l/分および 17.7°C ・約 1l/分の温泉が石灰岩層の下限附近の割れ目から湧出していた。これらの事実から、小湊温泉は仏像～糸川構造線に関連し生成し、走向南北・傾斜 $60\sim 80^{\circ}$ 東の小断層沿いに上昇し、一般走向南北・傾斜 60° 東の石灰岩層中に発達する節理系中に、複雑な形で貯留されているものと推定される。一方、附近の沢水、自然湧水 2ヶ所、および試錐井からの湧水を化学分析した。沢水は、水温 13.0°C 、pH 8.0、 HCO_3^- 155.8 mg/l、 SO_4^{2-} 16.9 mg/l、 Cl^- 0.9 mg/l、 H_2S 0.0 mg/l、 Ca^{2+} 48.8 mg/l、 Mg^{2+} 2.2 mg/l、 Na^+ <0.1 mg/l、 K^+ 1.5 mg/l、 H_2SiO_3 5.9 mg/l、を示した。温泉はすべて似た化学組成を示し、pH 9.0~9.25、 CO_3^{2-} 28.5~46.5 mg/l、 HCO_3^- 219.7~346.6 mg/l、 SO_4^{2-} 3.3~32.3 mg/l、 Cl^- 17.7~38.1 mg/l、 H_2S 8.1~14.7 mg/l、 Ca^{2+} 2.0~5.0 mg/l、 Mg^{2+} trace~0.9 mg/l、 Na^+ 130.0~168.0 mg/l、 K^+ 2.8~3.8 mg/l、 H_2SiO_3 38.4~48.1 mg/l、を含有する。方解石とほぼ反応平衡にあり、含硫化水素重ソウ泉に属する。なお、46年に分析した 2号井からの湧水と、47年のそれとを比較すると、後者は H_2S がわずかに減少し SO_4^{2-} が著しく増加している。

また、自然湧泉附近で石灰岩層の下限附近から 3本の試錐を行なった。1号井は石灰岩層の下盤の黒色スレートを垂直に 58m 掘削したが、低温の地下水がわずかに湧出したにすぎない。2号井は、 45° の傾斜掘りで石灰岩層を掘削し、58m で石灰岩層と黒色スレート破碎帯の境より、 25°C ・130l/分の温泉が湧出した。3号井は、 35° の傾斜掘りで石灰岩層を掘削し、67.5m より黒色スレート層にはいった。石灰岩の割れ目より 25°C の温泉が湧出したが、2号井と干渉しており、総湧出量はふえなかった。

これらの諸事実は、上記の推定を裏づけるものと考えられる。

なお、試錐に先立って行なった自然電位測定で、負の中心が自然湧泉附近に認められた。

39. 秋田県大湯温泉群の自然電位異常

近藤 忠三

「大湯温泉」は秋田県鹿角市旧十和田町地区にあつて、十和田湖南口国道 103 号に沿い、その利用は万治年間に始り、すでに 300 年以上の歴史を持つ。

温泉群は大湯川の侵食氾濫平野に西から川原の湯・下の湯・石川井・上の湯および荒瀬温泉の 5 群に分れていて、それぞれの最高気温は $50\sim 72^{\circ}\text{C}$ で、上の湯が最も温度が高い。荒瀬温泉だけは荒瀬川の右岸(北側)に主として流出するが、他は全部大湯川の左岸(南側)に限られている。

泉質は Na^+ と Cl^- の著量を含み、弱食塩泉ないし食塩含有硫化水素泉に属し、 Cl^- の最高値は東のものほど少なくなっており、東端の荒瀬温泉は SO_4^{2-} も比較的少ない。

基盤は新第三紀中新世船川階上部の「遠部層」の泥岩・凝灰質泥岩・凝灰岩・角礫凝灰岩等からなるが、「上位十和田シラス」(暗灰色角礫交り火山灰)におおわれ、上の湯地区から荒瀬地区にかけて河床に泥岩が露出するだけである。平野部の沖積層は玉石交り砂礫で、厚さは 4~7m である。

自然電流法と抵抗法による電気探査を行つた結果、温泉水は現地 pH 7.1~7.6 であるが、いずれにおいても温泉は自然電位異常を示し、荒瀬温泉は電位降下傾度 58 mv/m の負の中心が得られ、他も電位降下傾度 1.25~1.35 mv/m である。川原の湯の負異常は、主体は $\text{N}50^{\circ}\text{W}$ 方向であるが、鳥趾状に北西に向つて次々と分岐し、主流の延長大湯川左岸には 28.5°C の微温泉がある。温泉水は基盤から流出後或いは基盤表層部で分岐し、地下水と混合消滅しているものと判ぜられる。

下の湯の負異常は小さいが、 $\text{N}20^{\circ}\text{W}$ と $\text{N}60^{\circ}\text{E}$ の構造線の交点にあり、低電位帯が $\text{N}60^{\circ}\sim 75^{\circ}\text{E}$ 方向にあって、この地帯にも湯が得られている。

上の湯地区では、地表踏査では判らない $N40^{\circ}W$ の「上の湯温泉断層」が検出され、温泉はその西側だけに限られ、これに沿う巾 30 m が高温帯である。負の中心域は南端部にあって $N30^{\circ}E$ に延び、この付近の温泉は $60^{\circ}C$ をこえ、 Na^{+} 多く、 Cl^{-}/Na^{+} が小さい。高温帯の西側では、ポーリングによって $33^{\circ}\sim 40.5^{\circ}C$ の微温泉ないし暖温泉しか得られていない。

荒瀬温泉群は、大湯川に沿って存するが、大湯川と斜交する $N50^{\circ}\sim 60^{\circ}W$ のいちじるしい負異常が得られた。この方向はこの付近の基盤の割目の卓越方向の一つであり、上の湯温泉断層および川原の湯主流の方向に近い。 $N40^{\circ}\sim 60^{\circ}W$ 方向は、 $N60^{\circ}\sim 80^{\circ}E$ 方向とともに、この地の重要な温泉構造線の方向である。

荒瀬温泉群中には自然電位示徴を示さないものがあることは、母岩が泥岩で、温泉水がその下に広く分布することに因らう。

40. 火山性温泉について（草津温泉を一例として）

大橋 良一

草津温泉は火山性温泉の好例であるかのように見られているが、実は多くの疑問を提示している。この温泉は伏流型であり、本白根火山の中腹にある富貴原の池から、東に向い地下を溪流の形をして流下している。この地下の溪流が途中 4～5 個所に於て下からの噴汽によつて加熱され、約 60° の温泉となって草津に於て地表に流出するのである。

この噴汽が火山性のものであるから、火山性温泉であると考えられていたが、噴汽が火山性のものか否か、それは問題である。秋田の八幡平には油田地帯の第三紀層と全く同一の地層から、盛んに噴汽を出している所がある。又、草津の殺生河原と那須の殺石では、盛んに噴汽している所に、ポーリングを行ったところ、地表近くにだけ噴汽があって、下れば急速に温度が低下して、噴汽も全くないことが証明された。火山の噴汽は岩漿から放散されるものと考えていたことは、果して正しいものか、考え直さなければならぬ。

しかし明治 15 年 (1882) の白根火山大爆発以来、数回に亘り山頂附近の活動ある毎に、温泉温度の上昇が記録され、頂上の休眠期には、いつも泉温の低下が見られることから考えると、火山性温泉であることは間違ない。

これに対し地震の際、泉温と泉量に大きい変化を見るものは、地構性の温泉に多いのである。鳴子は秋の宮～鬼首温泉帯（地構性・NNW）と瀬見～川渡温泉帯（地構性・東微南）との交差するところに、紅一点の濁沼火山性温泉が同居している。

41. 日本の石英安山岩溶岩円頂丘に伴う温泉

北海道大学 石川 俊夫

今回温泉科学会開催地の鳴子温泉も見学地の地熱地帯とともに第四紀の新しい石英安山岩の火山に関係していると思われるので、石英安山岩溶岩円頂丘に伴う二、三の有名温泉について述べ、日本にはこれに類する温泉の少ないことを注意したい。

火山性あるいは広く火成岩熱源の温泉では時代の新しいほど、また岩石学的には酸性なほど有力な温泉を胚胎するような一つの傾向がある。日本には第四紀沖積世の流紋岩火山としては伊豆諸島の新島、神津島、式根島などがあるのみで、酸性の新しい火山は大部分石英安山岩質溶岩より出来ている。溶岩円頂丘あるいは火山岩尖は粘性の大なる酸性の火山岩によってつくられ易く、火口を塞ぎ、その根部の深く地下に続き得る構造はマグマ溜りあるいは下部の熱源体より放出する熱を熱水やガスの形で誘導上昇し、円頂丘下に貯え、長くその周辺に熱を与え、温泉を湧出せしめる機構に恵まれている。

登別温泉は北海道第一の熱量を有する温泉であるが、その熱源は日和山火山岩尖の下部に在る。火山岩尖生成後蓄積せる下部のガスは周麓の地表を破つて大湯沼、地獄谷の2爆発火口を開き、しばらくは激しい硫黄活動が行われ、その底部、周縁に厚い硫黄鉱床を胚胎した、温泉活動期に入つて Cl に富む源泉が多量に湧出上昇し、レベルの低い市街地上流では SO_4 を含まない 100°C に近い食塩泉の湧出を見る。火山岩尖にも近く、レベルも高い爆発火口では熱水も一部蒸気化し、そのガス相には Cl を含まず、 SO_4 を含み、さらに硫黄鉱床を通過して SO_4 成分を増している。Cl を含む熱水として湧出する温泉も地表近くで、硫黄鉱床と混じて、pH の低い酸性泉となっているが、温泉活動の著しかった 1950~1951 年頃には Cl の量比が著しく増大して、Cl 型温泉が深部より誘導せられていることを明らかにした。したがつて火山の中心近くに SO_4 型や SO_4 と Cl の混合型があり、その外側に Cl 型、さらにその周りには Cl と SO_4 がともに薄い HCO_3 型の温泉が賦存する。

川湯温泉は pH 1~2 の強酸泉として全国的に知られるが、その根源は跡佐登石英安山岩溶岩円頂丘に在る。円頂丘下部より上昇する熱水は Cl に富み、長い間円頂丘底部や周縁に蓄積した硫黄鉱床はこの熱水を酸性化せしめて、地表下を伏流し、川湯温泉地区に至つて $60\sim 70^\circ\text{C}$ の温泉として湧出する。円頂丘周麓より放出されている硫黄ガスには深部より SO_4 を含む水蒸気として上昇するものと、地表近い硫黄鉱床との交合によるものがある。

1970 年有珠火山の活動によって生成した明治新山地下の潜在円頂丘も大有珠、小有珠、昭和新山の火山岩尖が何れも石英安山岩であることから、残んど同質のものと思われる。これが洞爺湖より滲透する水を含む地層中に貫入して、層状温泉をつくっている。明治新山に近い部分では 60°C 以上、(Cl 量) 4g/l 以上の食塩泉が汲み出される。これは新しい火山でも深部の源泉は Cl に富むものであることを示している。

志家 謙 ○ 豊 頭 純 辨 五 郎 ○ 木 泉 風 二 郎

42. 地下水流動と地温分布 (序報)

京大理 由佐 悠紀

地下水供給域と考えられる山岳部での地温垂直分布は下向きに凸、流出域である低地部では、上向きに凸の曲線で示されること、あるいは、温泉地帯が火山体などの熱源から離れた下流部に出現することが多い、ということなどは、地中温度 (地下水の温度) が、熱伝導と共に地下水流動の効果を受けている例として認識される。その効果の程度を、簡単な 2 次元の場合について、流動の式と熱量の保存の式を数値的に解き、調べてみた。

数値解を求めるにあたっては、解決さるべき問題が残されており、今回はごく低流速 ($10^{-1}\sim 10^{-2}\text{ cm/day}$) の場合についてだけしか調べられなかったが、地下水流動の効果は顕著に表われ、上述の実測地温分布のパターンも認められる。しかし、種々の地温測定例の中には、浅層では下向きの流れがあり、深層では上向きの流れのあることを想わせるようなものもあって、流動を記述する式については、さらに考察の要がある。

(1) アノゴニ種変の立置然自と半ゴ出熱泉風 二 郎

43. 那須殺生石噴気地帯の地温分布

中央温研 田中 昭, ○佐藤 幸二, 甘露寺泰雄

栃木県那須湯本温泉は、ごく浅い地下水が地熱噴気で加温され、化学成分を与えられて湧出するものと考えられる。

湯本温泉の源泉のすぐ上流側に殺生石噴気帯があって、温泉の熱源の 1 つと考えられている。この地域の噴気は、北東方の深部から斜めに上昇してくるものと思われる。この噴気帯について昭和 39, 43 年に地

温分布が測定され、その結果は以前報告した。昭和47年にも前2回と同じ測点、方法を用いて地温分布を測定した。前回報告した地温の低下、高温域の縮小の傾向は依然として認められる。しかし比抵抗探査の結果は、昭和43年時に消滅していた高比抵抗部が再び出現していることを明らかにした。このような現象の原因としては、本噴気帯の北東、苦土川沿いの噴気井からの噴気が人為的に閉止したりして少なくなっていることが考えられる。

44. 伊東温泉の化学成分とその経年変化

中央温研 ○田中 昭, 甘露寺泰雄, 益子 安

昭和47年9月伊東温泉46ヶ所の源泉について分析を行った。同温泉については、福富、黒田、吉川および演者の報告が既存する。今回はこれらの資料をもとに主要成分とその経年変化について検討した。

(1) 泉質は単純温泉、塩化土類泉、食塩泉等に分類されるが、本質的には $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}$ 型の単純温泉と、 $\text{Cl} > \text{SO}_4^{2-}$ 型の温泉(塩化土類泉、食塩泉)に二分される。前者は高温で山側に分布し伊東本来の温泉と考えられる。後者は比較的低温で海側に位置し海水の混入により生成したものである。

(2) 海水の混入は経年的に増加する傾向がある。

(3) 海水は温泉にそのまま混入するのではなく、吉川らの述べたように地層との間にイオン交換反応が介在し組成を変えながら混合してゆくようである。

45. 温泉水の適正総採取量の推定法

中央温研 益子 安, ○甘露寺泰雄, 佐藤 幸二, 細谷 昇, 田中 昭

前回の講演では修善寺温泉について、水位化学成分および有効利用熱量の解析による適正総採取量の推定法を報告したが、今回は、下呂、遠刈田、伊東、石和、越後湯沢などについて、主として有効利用熱量を利用した解析法を検討した。

解析法はつぎの通りである。各源泉について泉温および湧出量(揚湯量)の経年資料から、総揚湯量に対する総有効利用熱量の関係を求め、総有効利用熱量が急変または低下する時点の総揚湯量から適正総採取量を推定する。伊東および石和については特に 43°C 以下の低温泉の採取量が経年的に増加するのを利用した。総有効利用熱量 Qt は次式で求められる

$$Qt = \sum (T - 43) \cdot Q$$

T : 源泉温度 ($^\circ\text{C}$), Q : 源泉湧出量(揚湯量) (l/m)

46. 温泉湧出に伴う自然電位の変動について (I)

関東学院大学工学部 伊藤 芳朗, 斉藤 輝夫

畑毛温泉(伊豆地方)の動力揚湯井(400 l/min , 35°C , 弱アルカリ性単純温泉)の周囲に[硫酸銅飽和溶液—銅]の非分極電極を配置して、揚湯停止に伴う地表の自然電位の時間的変化を電位差計を用いて測定した。電極間隔13.9 m, 10.1 m でそれぞれ約3 mV, 約6 mVの井戸方向上りの電位の変動をみた。この変動は井戸の揚湯停止に伴う水位回復曲線(約5時間)と略平行した。

地獄谷噴泉(長野県志賀高原の麓)において、噴泉井の周囲の自然電位分布(1 m 間隔, 井戸中心より20 m 以内)と[炭粉—銅]電極による電位の時間的変化を測定した。井戸(85°C , 30 l/min , 吹上げ高

さ約 15 m, 孔径 20~25 cm) の周囲の電位分布は、やや井戸下り (10 m あたり約 10 mV) の分布の傾向がみられたが、土と露出岩石との境界による電位差が 2 m あたり 10 mV も出て、噴泉に伴う電位分布は判別できなかった。電位変動の観測では、電極が噴泉より降る水滴のため短時間しか満足な記録が得られなかったが、噴出の“息”にみあうが如くに約 1 分間隔で、6 秒間持続、0.05 mV の井戸上りの電位変化がみられたが、測定例の不足と、“息”の定量的、時間的な変化の適確な表現がなく、いまの所電位変化を噴泉によるとは断定しがたい。

峯温泉 (伊豆地方) の噴湯 (深さ 45 m, 100°C, 600 l/min, 高さ 15~20 m, 弱塩単純泉) の井戸周囲の電位分布と電位の時間的な変化を測定した。電位分布 (1 m 間隔) では、井戸のまわりの温泉析出物と砂利まじりの土との境界の電位差 (2 m あたり約 5 mV) が大きく出たが、電位分布のおおよそは井戸上りの傾向がみられた。電位の時間的な変化は [硫酸銅飽和溶液—銅] 電極を 2 組 (電極間隔 1.0 m, 0.5 m) 使用し、ペン書記録計をもって測定されたが、約 1 時間の間に 12 の脈動の変動が記録された。それらの脈動の型はきわめて複雑で、井戸上りもあれば、井戸下りの電位変動もあり、その値は井戸中心より 5 m の地点で 0.2 mV 前後 (1 m あたり)、1~5 分の持続時間であったが、噴出の変化を目視によって 2 つの型にわけて、記録と噴出の目視をあわせて観察してみると、記録に脈動があらわれるのを見てから、2~4 秒後にあらわれる噴出の型の区別の予測がつくことがわかった。

47 温泉湧出機構に関するシュミレーション

北大・理・地球物理 浦上 晃一

層状泉タイプの温泉について温泉水流動に関するシュミレーションを行なった。

帯水層の物理定数、地下深部から帯水層へ湧出する量等未知な量が多いが、山形県東根温泉を例にして観測された水頭分布および湧出温度に適合するように 2 次元のモデルを作り帯水層中の温泉水の流動を推定した。しかし未知な量を選定する際の自由度が多すぎて十分な結果が得られなかった。モデルの 3 次元化、自由度を減ずること等のさらに詳しいシュミレーションが必要である。

井戸番号	水頭 (m)	湧出温度 (°C)	備考
1	200.740	300.000	観測
2	170.200	170.000	観測
3	80.000	30.000	観測
4	320.000	120.000	観測
5	100.180	20.000	観測
6	5.222	—	計算
7	47.400	30.000	計算
8	83.727	83.727	計算
9	17.222	72.727	計算