

## 日本温泉科学会第27回大会講演要旨

日時 昭和49年7月8日～11日

開催地 栃木県塩谷郡藤原町鬼怒川温泉

### 1. 液体シンチレーションカウンターによる温泉中のラジウムと ラドンの同時定量について

都立大・理 堀内 公子, 本間 義夫, 村上 悠紀雄

従来鉱泉中の Ra と Rn のデータについてはほとんどすべてがことなる日時, ことなる測定器, ことなる人によっておこなわれたものである。

Rn をトルエンにて鉱泉より直接抽出し, また液体シンチレーションカウンター (LSC) による Rn とその崩壊生成物をはかるとき Ra と Rn が同時に, 同一人により同一の測定精度をもって定量出来ることがわかった。すなわち, Rn は現地にて採水時にトルエンにて抽出し, これを LSC にて測定した。同時に Ra 用試料を採水して実験室に送り硫酸バリウムに Ra を共沈させ分離後 EDTA を用いて溶解し, キュリーびんに封入, Rn と平衡に達せしめたのちこの Rn を LSC にて測定した。この際, Rn の捕集には真空系を組立てて用いたがまた検討すべき余地があり (55% ぐらい) さらに装置についての改良を試みつつあるが, これにより  $5 \times 10^{-18}$  Ci/l の測定を下限としている。この方法を用いると, いわゆる放射能泉とはみられない通常の鉱泉についても Rn, Ra の測定が可能である。

この方法により, 茨城, 三宅島, 湯ヶ島, 別所, 杓掛, 田沢などの約 30 ケ所の湧泉について測定を行なったが, 得られた値は Ra  $7.6 \sim 93.4 \times 10^{-18}$  Ci/l, Rn については  $6.5 \sim 1113 \times 10^{-18}$  Ci/l であった。Rn は Ra との平衡量を求めると, 著しく高いものもあり, 又それに達しないものも約 10 ケ所あった。本邦の数多くの鉱泉についてこの研究を進展させ, Ra と Rn の相対的な量について従来のべられている見解との比較を試みる予定である。

### 2. 垂水市猿ヶ城の放射能泉

東大・理 佐藤 純, 横沢 沖彦, 齋藤 信房

鹿児島県垂水市大河原内湯高隈山山麓の猿ヶ城温泉は, 最近発見され, 次報にあるような強放射性温泉沈殿物を生じていることが知られた。本報では, この温泉水の化学分析と放射性核種の定量の結果を報告する。

#### (a) 化学分析

分析は水質分析に用いられる標準的な分析法によった。約 50 m 離れている 2 湧出孔 (A, C) より採取された湧水の水質には殆んど差異はない。分析結果を下に記す。2 湧出孔の値をセミコロンで区切って併記してある。単位は, mg/l。

泉温: $28^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ ,	pH: $\geq 9$ , 無色透明, 蒸発残留物: 125 mg/l (白色)
Na: $26.6 \pm 0.8$ ; $27.1 \pm 0.8$ ,	K: $0.20 \pm 0.01$ ; $0.20 \pm 0.01$ ,
Ca: $2.8 \pm 0.1$ ; $2.9 \pm 0.2$ ,	Mg: $0.34 \pm 0.01$ ; $0.24 \pm 0.01$ ,
Fe: $0.013 \pm 0.006$ ; $0.025 \pm 0.006$ ,	Mn: $< 0.01$ ; $< 0.01$ ,
Cl: $7.2 \pm 0.1$ ; $7.0 \pm 0.1$ ,	SO <sub>4</sub> : $15.6 \pm 0.3$ ; $13.7 \pm 0.3$ ,
HCO <sub>3</sub> : $54.9 \pm 3.1$ ; $53.7 \pm 3.1$ ,	SiO <sub>2</sub> : $30.7 \pm 0.6$ ; $31.3 \pm 0.4$

## (b) 放射性核種

$\alpha$ 線・ $\gamma$ 線スペクトロメトリーにより下記の結果を得た。単位は、Ci/l。 $^{226}\text{Ra}$ の含有量に比べて、Uは平衡量の $10^{-2}$ 以下、 $^{222}\text{Rn}$ は平衡量の $10^4$ 程度である。 $^{210}\text{Pb}$ は $^{226}\text{Ra}$ との平衡量の数倍含有されている。

$$\begin{aligned} ^{238}\text{U}: (7.8 \pm 0.8) \times 10^{-15}, & \quad ^{234}\text{U}: (10.4 \pm 0.8) \times 10^{-15}, \\ ^{226}\text{Ra}: (2.9 \pm 1.3) \times 10^{-12}, & \quad ^{222}\text{Rn}: (5.1 \pm 0.5) \times 10^{-8}, \\ ^{210}\text{Pb}: (19.0 \pm 5.9) \times 10^{-12} \end{aligned}$$

## 3. 垂水市猿ヶ城の放射性温泉沈殿物

東大・理 佐藤 純, 横沢 沖彦, 齋藤 信房

温泉湧出孔付近に付着している暗褐色な沈殿物数種につき、 $\alpha$ 線・ $\gamma$ 線スペクトロメトリーによって放射性核種の定量を行い、下に記す結果を得た。これら沈殿物の $^{226}\text{Ra}$ 含有量は極めて大きく、今迄知られている放射性温泉沈殿物のいづれよりも大きい。含有量は試料により差異があり、沈殿の厚みと反比例する関係が見られる。Uは $^{226}\text{Ra}$ との平衡量の $10^{-2}$ 以下である。 $^{210}\text{Pb}$ は $^{226}\text{Ra}$ の平衡量の $1/3$ 程度である。これら一連の沈殿物試料では、FeとMnの含有量の大きいもの程 $^{226}\text{Ra}$ の含有量が大きい。

温泉沈殿物中の放射性核種 (Ci/g)

試料	$^{238}\text{U} (\times 10^{-10})$	$^{234}\text{U} (\times 10^{-10})$	$^{226}\text{Ra} (\times 10^{-8})$	$^{210}\text{Pb} (\times 10^{-8})$
A	$0.4 \pm 0.1$	$1.3 \pm 0.3$	$11 \pm 3$	$21 \pm 7$
B <sub>1</sub>	$2.0 \pm 0.2$	$1.8 \pm 0.2$	$5.6 \pm 0.6$	—
B <sub>2</sub>	—	—	$8.0 \pm 0.7$	$4.0 \pm 1.0$
B <sub>3</sub>	$1.9 \pm 1.0$	$< 1.2$	$49.3 \pm 2.6$	$11.6 \pm 2.5$
C	$< 0.6$	$< 0.9$	$64.2 \pm 3.4$	$21.2 \pm 4.5$

## 4. イエローストーン国立公園の放射性温泉沈殿物

東大・理 佐藤 純, 横沢 沖彦, 齋藤 信房

東邦大・理 野口 喜三雄

Mnを主成分とするこの放射性温泉沈殿物につき、 $\alpha$ 線・ $\gamma$ 線スペクトロメトリーによって放射性核種の定量を行い、下に記す結果を得た。単位は、Ci/g。

[ウラン系列]

$$\begin{aligned} ^{238}\text{U}: < 0.9 \times 10^{-13}, & \quad ^{234}\text{U}: (6.8 \pm 2.5) \times 10^{-13}, \\ ^{230}\text{Th}: < 1 \times 10^{-13}, & \quad ^{226}\text{Ra}: (18.5 \pm 1.2) \times 10^{-10}, & \quad ^{210}\text{Pb}: (4.9 \pm 1.1) \times 10^{-10} \end{aligned}$$

[トリウム系列]

$$^{232}\text{Th}: < 1 \times 10^{-13}, \quad ^{228}\text{Ac}: (3.3 \pm 0.4) \times 10^{-10}, \quad ^{224}\text{Ra}: (4.1 \pm 0.5) \times 10^{-10}$$

この沈殿物の場合も、前報の猿ヶ城温泉の沈殿物と同様 U は $^{226}\text{Ra}$ の平衡量の $10^{-2}$ 以下である。 $^{210}\text{Pb}$ は $^{226}\text{Ra}$ の平衡量の約 $1/4$ である。 $^{232}\text{Th}$ も $^{226}\text{Ra}$ (= $^{228}\text{Ac}$ )の平衡量の $10^{-2}$ 以下である。

メスbauer・スペクトロスコーピーによって、沈殿物中のFeの存在状態についての知見が得られ、 $100 \text{ \AA}$ 以下の $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粒子となっていることが推定された。

## 5. 塩原層群中から産出した炭化木片の絶対年代

東教大・理 山 崎 良 雄

栃木県塩原町に露出する地層は植物や昆虫の化石を産出し、塩原湖成層・塩原層群・塩原化石湖沈澱物・塩原湖成堆積物など種々の名で呼ばれている。

Nathorst, A. G. (1888) は、本層群中の植物化石群を長崎市付近の茂木植物化石層のものと比較し、後者を鮮新世とすれば前者は鮮新世新期になるという見解を示した。金原信恭 (1900) もこれに従い、下部第三紀層を中新世、上部第三紀層を鮮新世にした。しかし、矢部長克 (1929) は、Nathorst の言う茂木植物化石層では絶滅種が 39% であり、ほぼ同層準の天草島植物化石層では 35% であるのに対し、塩原層群では 10% 以下であることから本層群は Nathorst の言うよりはるかに新しく更新世と考えるのが適当であると述べた。矢部以後の研究者は、層位学的あるいは地形学的知見から更新世と考えたが、更新世前期又は中期とする見解が多い。

塩原層群及びその上位の砂礫中から炭化木片が数個産出したので、学習院大学に  $^{14}\text{C}$  による絶対年代測定を依頼した所、次のようなデータが得られた。

Gak-3619:	12700 ± 250 B.P.	→ 塩原層群の上位にくる砂礫
Gak-3356:	28000 ± 1400 B.P.	} → 塩原層群赤川層
Gak-3620:	31600 ± $\begin{matrix} 2800 \\ 2000 \end{matrix}$ B.P.	
Gak-3596:	33600 ± $\begin{matrix} 3200 \\ 2200 \end{matrix}$ B.P.	
Gak-4561:	33280 ± 890 B.P.	→ 塩原層群宮島層

又、新野弘 (1933) は塩原層群の層厚を約 100 m 以内であるとしたが、鈴木陽雄 (1967) によれば、試錐による本層群の層厚は約 300 m 以上に達すると考えられる。

以上から、塩原層群は従来考えられているよりはるかに新しい時期まで堆積が続いたと思われる。

## 6. 海上・七時雨鉱泉の湯治状況調査およびそれらを模倣した人工硼酸リングル泉に拠る皮膚病水治療法の解析

岩手県立中央病院 野 口 順 一

盛岡北方約 50 Km の地点に七時雨山がある。その山麓に海上鉱泉と七雨鉱泉とがあって、ともに古来皮膚病の名湯とされている。

両泉とも炭酸および硼酸を含有する塩類泉であり、その pH はそれぞれ 6.3, 6.7 であり、炭酸および硼酸の含量に相応すると考えられる。

両泉の昭和 48 年度の湯治状況調査によれば、皮膚炎、熱傷、昆虫刺蝟、膿痂疹、癬、癰等の患者が大部分を占め、また労働後のあせも、かぶれの予防にも大いに利用されている。

当岩手県立中央病院皮膚科においては、両泉の効能を確認するため、両泉を模倣して人工硼酸リングル泉を調製し、一般の皮膚疾患の治療に利用して、両泉の奏効機転の解析を企図している。

熱傷や皮膚炎等水泡を形成する疾患に対してはその等張乃至高張泉温浴により滲透圧の差および血行の促進等により速やかに水泡を萎縮せしめ、再表皮化を早め得た。高張泉浴に際しては因幡の白兎の増悪が危惧されたが、外用剤の併用により事無きを得た。膿痂疹に対しては硼酸の殺菌力の関与はともかくとして、よく洗滌効果を発揮して感染の拡大を抑制できた。帯状疱疹に対してはその温浴は保温効果が著明で後胎を予想された潰瘍や神経痛の防止に役立った。

この人工硼酸リンゲル泉に更に炭酸を加えることができれば皮膚疾患に対する 適応の範囲を拡大できると考えている。

## 7. 白ろう病の温泉療法及び予防法

北海道大学温泉治療研究施設 齋藤幾久次郎

昨年林野庁によりいわゆる白ろう病の温泉療法、理学療法が承認されたので本年1月よりわれわれの病院に於て白ろう病の治療を行っている。これらの患者について 2, 3 の興味ある所見が得られた。

1. 温泉入浴あるいは温熱パック療法終了後手指にレイノー現象が起ることがある。即ち 10 例中 2 例に於て 4 週間入院中第 1 例は 5 回、第 2 例は 4 回起った。レイノー現象は温度の急激な変化が刺激となつて血管の収縮がおこるものと考えられる。

2. 白ろう病患者の温泉療法の内分泌学的検討 i. 連続泉浴 4 週間の前後における副腎皮質ホルモンの日内リズムの変動について血中コルチゾル値を測定して検討したが、本質的には他の疾患の温泉療法による変化と差はなかった。ii. 連続泉浴前後における副腎皮質機能予備能の検討をするため新しい合成 ACTH を用いて経時的に血中コルチゾルの変化を検査した。その結果は連続泉浴前後では副腎皮質機能予備能には差がなかった。以上により血中コルチゾルの日内リズムでは一見副腎皮質機能の疲労現象が考えられたが予備能は十分に保たれており、白ろう病では副腎皮質機能は正常であると結論された。iii. 一回泉浴による血中レニン活性の変動、健康人の 42°C、10 分間温水浴を特に朝行うと、血中レニン活性値が著明に上昇する。白ろう病 5 例について同様の実験を行った。5 例中 1 例で泉浴で明かな上昇をみたが、3 例では前値が低く、泉浴による反応も軽度又は全く反応を示さなかった。反応の無かった 1 例は前記の臨床例の第 1 例の患者であったのは興味深い。なお例数が少いので将来の検討が必要である。

ソ聯に於てはアンドレワ・ガラニナ教授により振動病の進行段階を軽症の初期のものより第 1 期から第 4 期迄の 4 期に分けているが、われわれが現在治療を行っているものは第 3 期のものが多い。この疾患の治療は早期発見・早期治療が必要である。

又ソ聯に於て予防的治療所を設けて振動病発生の予防に力を入れているが、われわれも温熱パックを職場に於て用いて予防的に有効であることを実験した。

## 8. 「皆生温泉の 2~3 の成分の経時変化」

皆生温泉観光株式会社 坂内 和夫, 前田 和久, 松本 忠男, 森野 寿夫  
米子高専 太田 富雄

皆生温泉は海岸にあって、150 m~200 m の深さから湧出する高温の食塩泉である。我々は温泉の動向を長期にわたって調べるために Cl<sup>-</sup>, CO<sub>2</sub>, pH などその成分の経時変化を昭和 46 年夏より 10 日おきに 3 年間にわたり測定してきた。その結果次のようなことが判明した。

1. 年間の変化では Cl<sup>-</sup> は夏期に高く冬期に低い値を示し、pH も同傾向である。
2. Cl<sup>-</sup> と汲上量との間には負の相関があるように思われる。
3. pH と汲上量については、わずかに負の相関が、pH と水位については正の相関がありそうだが、本観測の結果ではいずれもはっきりしなかった。
4. Cl<sup>-</sup> と水位、雨量、CO<sub>2</sub> と水位、雨量、pH と雨量などの間には現在のところ相関はないように思われる。



## 9. 硫化水素泉の硫黄華生成とエアレーション法による脱硫化水素効果について

中央温研 甘露寺 泰雄

硫化水素泉の利用にあたって、しばしば  $\text{H}_2\text{S}$  による中毒事故が問題となっている。この種の温泉の引湯、送湯にあたって金属材料の腐食や硫黄華生成による送湯障害が起り、あつかいにくい泉質の1つである。

これらの事故防止対策の1つとして、硫化水素泉を利用するまえにあらかじめエアレーションで脱硫しておくことが考えられる。演者は、万座姥湯温泉をつかってこの問題を検討したので報告する。

エアレーション法としては、湯畑方式（自然流下方式）と強制通風方式がある。小規模の実験装置を用いたテストからつぎの問題について検討した

### (1) 湯畑の面積と $\text{H}_2\text{S}$ 濃度および温度低下の関係

一定量の温水が一定の深さの槽を流れる際、温泉水中の  $\text{H}_2\text{S}$  濃度の対数と通過した槽表面積とはほぼ直線関係を示す。これから  $\text{H}_2\text{S}$  をある濃度まで低下させるに必要な湯畑の面積を概算し得る。

### (2) 強制通風方式

横型（プール式）と縦型（冷却塔方式）について検討した。前者では、換気式と、空気を温泉水中に吹込む方式について、後者では、温泉水を冷却塔の内部でそのまま散布する方式と、塔内に充填物をおいて散布する場合について検討した。

その結果、縦型（冷却塔方式）では充填物を置く方法が、最小の塔容積で脱硫化水素の効率が最もよいことが判明した。

### (3) 各方式における $\text{H}_2\text{S}$ の放散量と放熱量の関係

1 mg の  $\text{H}_2\text{S}$  を放散させた場合の放熱量は、湯畑方式 0.47, 強制通風方式の中横型（プール式）0.17~0.18, 縦型（冷却塔方式）0.35~0.58 kcal/mg であった。

## 10. アイスランドの間歇泉と日本及びイエローストン国立公園の間歇泉

東邦大 野口 喜三雄, 相川 嘉正  
名工大 神谷 宏

著者の1人野口は多年本邦の間歇泉を調査し、またイエローストン国立公園の間歇泉を調査し、それらの間歇泉の噴騰に伴ふ化学組成の変化を明にして、それによって噴騰機構を推定した。今回アイスランドの間歇泉について同様の方法で調査し、その結果をこれまでの結果と比較するのが目的である。1973年9月16日から19日までアイスランドに滞在し、主として Great Geysir 並に Strokkur Geysir を調査した。前者は全く噴騰せず、後者は盛んに活動しており、これについて噴騰に伴ふ化学組成の時間的変化を調査した。この間歇泉の湧出口は直径約 8 m の皿状をなし、その中央に直径約 3 m の噴孔が存在した。著者はこの皿の一端から溢流する温泉水を刻々採水した。また、その周辺の温泉水も調査した。その結果 Great Geysir は温度 90.5°C, pH 8.8, Cl 130 mg/l,  $\text{SO}_4$  104 mg/l,  $\text{HBO}_2$  5.4 mg/l, Strokkur Geysir は温度 96°C, pH 8.7, Cl 131~136 mg/l,  $\text{SO}_4$  112~125 mg/l である。Strokkur の噴騰週期は1分51秒, 2分23秒, 2分39秒, 2分44秒, 2分50秒, 2分18秒, 平均2分28秒, 噴騰継続時間9秒, 4秒, 15秒, 噴騰の高さ約 10 m である。噴騰に伴ふ温泉水の Cl,  $\text{SO}_4$  含量の変化を検すると噴騰が近づくに従って Cl,  $\text{SO}_4$  に富む水が湧出し、噴騰末期にはこれらの含量が少い地下水に富む水が湧出することが明になった。間歇泉附近には多量の珪華が折出しており、この点イエローストン公園の間歇泉と良く類似している。

## 11. アルジェリアの温泉と地質

京大・教養 西村 進

昨年、機会を得てアルジェリア、エル・アスナムの地下水探査にでかけることができた。そのとき、アトラス・テリエンの構造に沿ったこの地の地温勾配が大きいことに気づき、温泉の記録を集め、二、三見る機会を得た。記録を集めることのできた温泉は44カ所で、分析記録を集めることのできたものは、その内32カ所である。これらはすべてアトラス山脈中に存在し、アトラス・テリエン、オート・プラトー、アトラス・サハリエンに分けると、それぞれ、34, 3, 7 個所、分析の結果を得たものは、それぞれ、28, 0, 4 個所となる。Hamam Meskoutine の沸騰泉もみられるのに、第四紀の火山岩はモロッコとの国境近くにしかみられない。また、40°C以上の温泉は32個所中17個所にもおよぶ。この泉源分布をみると、地質構造と密接な関連がある。

更に、アルジェ、ブリーダー、メデア、ジェルファ、ラグアット間約400 km、アトラス山脈を横切って重力測定を行なった。その結果、全体としてはほぼ地殻均衡が成立しているにかかわらず、アトラス・テリエンおよびオート・プラトーとアトラス・サハリエンの境近辺では地殻均衡が成立していない。丁度この領域に温泉が並んでいることがわかった。今後、分析結果をくわしく検討したい。

## 12. イエローストン国立公園の温泉水中の水銀含量

千葉大学 中川 良三

東邦大学 野口 喜三雄, 相川 嘉正

岩手大学 後藤 達夫

イエローストン国立公園の温泉水中の水銀を、還元気化無炭原子吸光法で定量した。

分析した75試料中の水銀含量は0.00~2.90 µg/lであった。水銀は比較的酸性泉に多く含まれ、pH5以下の温泉水中の平均値は0.33 µg/l (22試料)であった。それに対して、pH5~7.5の範囲での平均値は0.28 µg/l (16試料)、pH7.5以上のアルカリ性泉では0.05 µg/l (37試料)であった。温泉水中の水銀と他成分との間には、特に関係はみられなかったが、水銀含量が比較的高い温泉は、泉温が高く、硫酸イオン含量が比較的高い酸性泉ないし弱酸性泉であった。

水銀含有量の比較的高い温泉の化学成分を下に示す。

表1 温泉水の化学成分

No.	Sampling locality	Temperature °C	pH	Hg µg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	H <sub>2</sub> S mg/l
42	Frying Pan	90.0	2.3	0.39	3	497	1.8
45	Small Tryangular Pool	93.0	1.9	2.52	4	969	0.3
48	Growler Spring	91.5	2.4	0.48	5	500	0.5
64	Sylvan Spring, 1	80.0	2.3	1.78	37	1479	0.7
65	Sylvan Spring, 2	88.0	1.9	0.57	5	608	1.3
66	Sylvan Spring, 3	86.0	5.4	2.90	553	214	1.6
74	Sylvan Spring, 8	85.0	5.6	1.48	366	210	1.6
12	Morning glory Pool	78.0	8.2	0.18	296	21	0.1
20	Pool A	91.2	8.3	0.15	256	23	0.2
127	Abysee Pool	78.0	8.2	0.18	295	29	0.0

### 13. 長野県中の湯温泉について

国防防災科学技術センター 湯原 浩三

信州大学 掛川 一夫

住鉦コンサルタント 高橋 満弥

国道 158 号の安房峠に 15.2 Km のトンネルを掘る計画があり、それに関連して東側の入口にあたる中の湯温泉の調査が行われた。中の湯温泉の年湧出量は集水域の年間降水量の約 20% にあたる。また、この地域からの総放熱量は、地表熱流量、噴気、温泉、川底湧出を合せて、 $3.2 \times 10^6$  cal/sec であった。温泉の主成分は陰イオンが  $\text{HCO}_3^-$ 、陽イオンが  $\text{Na}^+$  であった。Na/K 比より求めた履歴温度は  $170^\circ\text{C}$  前後のものももっとも多い。泉温と湧出量の関係は相反型を示す。以上の諸調査およびその他の調査から、中の湯温泉を形成する 1 つの熱水系が推定された。

### 14. 雪下の 1 m 深地温の精密測定による温泉探査の可能性について

札幌大学・教養部 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、 $V$  は測定した 1 m 深地温から normal 地温を引いた値である。福富によると  $h$  は大体 1 である。これは  $h$  に対する地層効果 (1 m 以浅の地層の効果) を考えると、気温  $0^\circ\text{C}$  の時地表面温度は  $0^\circ\text{C}$  と考えてよいことを意味する。私の研究によると、植生のあるところの冷却常数は 0 であり又裸地に於るそれは  $\infty$  である。故に福富の式に於て  $h$  は裸地に於る値と解釈できる。福富等の「北海道鹿部温泉の調査」によると、鹿部中央地域の 1 m 深地温の高温帯の延長の 20 m の丘の上で normal 地温より  $2^\circ\text{C}$  高い地温を示す。高温帯は自噴がかなり多い。又「北海道濁川温泉の調査」中のボーリング深と 1 m 深地温に関するデータによると、100 m 深の温泉の所在地に於て 1 m 深地温の異常が  $1^\circ\text{C}$  であるという推定がなされる。鹿部に於るデータは草地の多い処であり、濁川に於るデータは裸地の多い処である。雪下に於ては、土表は  $0^\circ\text{C}$  に保たれる。故に  $\partial V/\partial x = hV$  が成立する。かつ  $h=1$  である。この式は植生の多い処でも裸地の多い処でも成立する式である。積雪後 1 ヶ月後に於て 1 m 深地温は気温の影響がなくなり温泉熱源のみによる値となる。故に雪下に於る 1 m 深地温の精密測定による温泉探査の可能性が考えられる。

### 15. 1 m 深地温から地中の温度分布を推定する方法

北大・理 福 富 孝 治

1 m 深地温の水平分布において、その高温帯に直角な断面中の 1 m 深地温の値を用いて、地表で NEWTON の冷却が行われ、地中ではその岩石の熱伝導率が一律で熱伝導による移流が行われている範囲内の地温分布を推定する一方法について述べる。実際には NEWTON の冷却常数にどんな値をとるのがよいか現在あまりよく判っていないので、応用例として地下熱源の温度とその深さが知られていて 1 m 深地温の測定がなされている三温泉地域について、冷却常数にいくつかの値を仮定し、既知の熱源深度における温度を計算し、その温度が熱源の温度と一致する冷却常数の値を求めた。それらの値は現在までに推定されている値と比較して、かなり小さい値であった。尚、多くの場所について、これを確かめることが必要である。

### 16. 静岡県伊東温泉について

中央温泉研究所 佐藤 幸二

伊東温泉付近の岩層は、上位より大別して沖積層、大室山火山群噴出物、宇佐美火山噴出物、新第三紀

火山岩類、湯ヶ島層群よりなる。

本地域はいくつかの断層によって地塊化されている。松川の東と西では分布する岩層が異っていて、沖積層と大室山火山群噴出物の鉢ヶ窪岩層を除けば、兩岸にまたがって分布する岩層はない。また湯ヶ島層群は松川の西岸では露出するが、東側では地下に伏在する。

地質調査所の伊東図幅でも、伊東の湯川区と一碧湖西方とを結ぶ線の西側では同層群が露出するが、東側では地下に伏在する。これらの事からほぼ松川沿いに断層が推定される。水道山トンネルでは、北口で湯ヶ島層群が露出し、すぐ南で急にその深度が深くなる。これは北東—南西方向のほぼ寺田川沿いの断層が存在するためであろう。鉢ヶ窪、土ヶ久保、伊東球場、域星などの特徴的な凹地形7ヶ所は北西—南東東の方向の直線状の配列をなし、1つの弱帯の存在が暗示される。寺田川の上流には安山岩の岩脈があって、その南南東方ののびは、伊東市の第1水源を形成している。このような断層や岩脈によって切られた水道山の地塊で、泉温、地温、いずれも高く、泉質でも伊東温泉本来のものと思われる  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  型の単純温泉が存在する。他の地区での温泉は深度—温度の関係からみて、温泉水が地下の透水性の大きい部分を水平方向に流動しているとみられる。泉質の変化は海水が山側へと侵入してきていることを示す。

温泉水と海水の他に、冷地下水を加えた3水系の混合と、これら水と地層との間の反応があって、種々の泉質を示す伊東温泉が出来上っていると考えられる。

## 17. 宮城県蔵王町青麻山北東麓の試錐

東北大・教養 今 泉 力 蔵

青麻山 (800 m $\pm$ ) は板橋沢熔岩、松川泥流、大森山熔岩、遠森山熔岩、尾無沢熔岩、ドウザワ熔岩等に分って古蔵王火山であり、また仙台・青葉山に分布する上部火山灰は浮石質で、鹿沼土とはほぼ同時代、角閃石を含み、扁西風を考慮し、蔵王火山群には角閃石を含む熔岩がないところから、青麻山にその噴出口を求める考えもあったが、最近、第三紀・安山岩類 (宮城県地質図) あるいは鮮新世・青麻山火山岩類 (日鉱: 白石地域の地質, 1970) としてあつかわれている。

青麻山頂東々南方約 1.5 km に行はれた試錐 (鹿島 No. 1) は部分的に錐芯が採取されたが、深度 120 m 付近より得られた錐芯は著しく多孔質の安山岩類であって赤紫色乃至雑色を呈し、一見、第四紀の火山岩を思はせる。

本試錐の北々西方約 4 km、小妻坂付近に行はれたニツコン2号 (ラサ、オール・コア) および国労試錐をみるに、前者は深度 400 m と 300 m 付近に、后者は 500 m と 400 m 付近に、多孔質雑色部を含むが、青麻鹿島錐芯に比し続成作用を受けており、検鏡の結果も類似する。国労試錐は多孔質部より上位、深度 150 m 付近に含植物化石破片砂岩を有し、ニツコン2号も、それより北方に広く分布する中新統と一連のものである。

小妻坂西方約 1.5 km、国土新3号深度 70 m 付近より採取された草炭 (本誌 24, 71 (1973)) は 34.400 $\pm$  1000 B.P. (Gak-4853) を示し、30°C 前後の多量の湧水を伴う蔵王湖成層は道路北側のニツコン2号にまで及び国労試錐では第四系の基盤が上っている。青麻山東方押田試錐 (本誌 24, 9 (1973)) は中新統の延長を示している。青麻山北方の円田の珪藻土も第四系説と中新統と指交するという両説があるが阿武隈北西端部の本地域においては、続成作用を受けず若くみえる中新統が残存するのではあるまいか。盛岡—白河線に近く、地温は高い。

## 18. 温泉群の地理的配列と地体構造

秋田大 近 藤 忠 三

温泉の地理的線状配列が地体構造と関係あることは、1963年大会で報告した日光白根山北周辺の5つの

温泉地の電気探査結果からも明かである。

朝鮮半島には 46 以上の高温泉が知られているが、それらの分布は地体構造の ENE の遼東方向、NE ないし NNE のシナ方向および NNW ないし N-S の朝鮮方向の 3 方向に整理できる。黄海道から忠南に至る朝鮮方向のものは、京畿道海岸の距形の凹みを通る。さらに、平南・黄海両道西部の高温泉群は南北の一地帯をなす。朝鮮方向の列は東海岸沿いにもある。さらに、遼東方向の 3 帯が考えられ、最北のものゝ延長は咸南・咸北の海岸線に平行であり、全体に高温である。他の 2 帯では朝鮮方向の帯と交る付近に高温のものがある。さらに、咸北の温泉群はシナ方向に分布する。

エチオピアは地体構造上極めて興味あるところで、 $N60^{\circ}E$  のアデン湾構造の「中央高温泉帯」・ $N30^{\circ}E$  の大地溝帯構造の「湖沼地帯高温泉帯」と「アワッシュ下流高温泉帯」・ $N30^{\circ}W$  の紅海構造の「エリトリア高温泉帯」がみとめられる。湖沼地帯帯とアワッシュ下流帯とは同一方向であるが、大地溝帯のオモ河谷地帯帯と湖沼地帯帯との関係に似て、全しく約 80 Km ずれ、この間を火山と温泉の列でつないでいる。またアワッシュ下流低地の高温泉群は中央帯を切つた紅海構造の 3 列に整理でき、この構造は西の高原域でもみとめられるが、紅海を遠ざかるほど南北方向に近ずき、泉温も下る傾向がある。そして、これらの構造の交るところに、鉞脈の「落合直り」式に温泉がある。なお、西部にもオモ谷地帯帯の延長方向に「西エチオピア温泉帯」を考えてもよいようである。

## 19. 関東地方の地構性温泉

秋田大学 大橋 良一

関東地方は日本で最も地震と温泉と火山の多いところである。それは地構線と呼ばれる地殻の変動帯が、網の目のように細かく、貫いているからである、最もよくそれが現われているのは伊豆半島で、関東平野に於ては、新第三紀層と火山性堆積物の厚層に覆われて、地下 2000-5000 m の深さに埋没されている。それで先づ伊豆地方から見て行けば、箱根温泉群が WNW 方向の地構線に沿って湧出している。その南には、これと並行して、湯河原温泉、その南には熱海温泉の一群がある。稲取・宇佐見・熱川・その他の温泉も、皆同じ方向の地構線に沿って分布し、最南のものは、石廊崎海岸スレスレにあって、南伊豆地震を起した地構線である。伊東は NNE 方向の地構線、半島中央の長岡・吉奈・湯ヶ島・修善寺・下田等は、NS 方向の地構線に沿って連っている。

関東北部の山岳地帯に於て長大な地構線を求めると、東微北方向のものは、水上・奥日光・鬼怒川等を連ねる地構線で、その西方は長野県の山ノ内温泉郷につながる。NNW の地構線では日本海岸の柏崎から油田地帯を横断して、谷川岳に至り、水上温泉を通つて沼田市の南で、赤城火山の下に没入しているもの、NNE のものでは、那須・板室・塩原・鬼怒川を経て、平野の下に埋没し、そのつづきは、塩山・石和で再び姿をあらわす地構線がある。

温泉の大部分は地構線活動によって生産されるもので、火山の岩漿溜に直結する火山性温泉は非常に少い。油田地帯に多数発見された温泉も大部分は地構性温泉で、長年に亘り水量、水温ともに、変化なくつづいている。これに対し火山性温泉は、水量・温度共に変化が激しい。石油井から湧出している例として、秋田市の旭川温泉と金照寺温泉を説明する。これらは秋田川地構線から湧出する温泉であり、八橋油田の一部をなす地帯で、石油層より下位の地層から出ている。温泉と地震は兄弟の関係にある、いずれも全く同一の親から産み出されるものである。

## 20. 地表酸化還元電位探査法について

中央温研 益子 安、細谷 昇、佐藤 幸二、甘露寺 泰雄、田中 昭

○演者の一人細谷は、温泉資源の探査法として地表面の酸化還元電位を測定する方法を報告した。(第 13

回大会), その後各温泉地でこの方法を適用し, 同法が温泉探査の1つの手段として使用出来ることをたしかめたのでここに報告する。

測定法は, 携帯用酸化還元電位差計を用い, 地表面の電位を実測する簡単な方法である。

空気と平衡状態にあって, 地下より何等還元性の物質の補給のない地表と, 地下に断層や破碎帯などがあってこれを通して還元性のガスまたは湧水の補給がある地表とでは電位に差があり, 一般的には後者の方がより還元性であると考えられる。したがって等電位線を書いてそのパターンを検討することにより地下における温水や湧水の伏在状態を推定することが出来る。この方法は放射能探査法が地表の放射能強度を測定して断層や湧水の賦存を推定する1つの手段となっていることと同じ関係にある。

銀山(山形), 焼山(青森), 石動南部(富山)について, 地温探査あるいは放射能探査結果と比較した。銀山では硫化水素が地表に湧出している付近で地温も高く, 低電位帯(還元帯)が存在することが判明した。焼山は噴気を伴う硫化水素が湧出しているが, 地表露頭付近で高放射能帯, 高電位帯(酸化帯)が見られた。これは温泉の湧出する付近で特に変質(粘土化)のため不透水層が生成し, 地下より還元生の物質の補給が少ないことが関係しているように思われる。

石動南部では, 断層, 破碎帯の交叉する付近で放射能が高く, 地表も低電位(還元生)であることが判明した。これを手ごかりに, 地表地質調査の結果と併わせ, 試掘地点の選定を試みた。

## 21. 群馬県下の温泉水中のヒ素含量

群馬衛研 酒井 幸子, 滝島 常雄

群馬県下の温泉水中のヒ素含量を, ジエチルジチオカルバミン酸銀法を用いて測定し, 次の知見を得た。(対象温泉数 27, 総源泉数 74)。

- 1). 県の西部の万座温泉から北部の水上温泉にかけて, ヒ素含有量の多い温泉が偏在し, なかでも, 四万(対象源泉数 19, ヒ素含有量  $0.86 \sim 2.35 \text{ mg/l}$ ), 猿ヶ京(対象源泉数 7, ヒ素含有量  $0.28 \sim 0.82 \text{ mg/l}$ ), 草津(対象源泉数 2, ヒ素含有量  $0.25 \sim 0.36 \text{ mg/l}$ ) 温泉のヒ素含有量が多かった。
- 2). 磯部・八塩温泉を中心とする県南東部の冷鉱泉群には, ヒ素は, ほとんど検出されなかった。
- 3). 四万 ( $N=19, r=+0.96$ ), 猿ヶ京 ( $N=7, r=+0.89$ ), 水上 ( $N=8, r=+0.66$ ) 温泉において, ヒ素と塩素イオン濃度の間に正の高い相関が認められた。
- 4). 四万 ( $N=19, r=+0.69$ ), 猿ヶ京 ( $N=7, r=+0.55$ ) 温泉において, ヒ素と硫酸イオン濃度に正の相関があったが, 水上温泉では  $r=+0.02$  で, ヒ素と硫酸イオンの間に, 相関がなかった。
- 5). 酸性泉, 食塩泉, 石膏泉の thermal water 中に比較的高い濃度でヒ素が検出された。
- 6). 猿ヶ京温泉における赤谷川沿いの 8 源泉では, 東から西へ移るにつれて,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  の当量比が小さくなり, それにつれて, ヒ素濃度が増加する傾向にある。

赤谷川沿い(斜長流紋岩地帯)と西川沿い(砂礫・関東ローム地帯)の源泉の成分の相違は, 地質によるものか, 地下水の希釈によるものかは不明であるが, ヒ素含有量においても顕著に認められた。

## 22. 伊豆七島の温泉の化学成分 (II)

東邦大 野口 喜三雄, 相川 嘉正, 今橋 正征, 高松 信樹

昨年第 26 回大会において八丈島, 三宅島, 大島の温泉の化学成分について報告した。その後, 式根島の足付温泉, 地鉦温泉及び神津島の鏑崎温泉など調査したのでその結果と比較して報告する。足付温泉(1)と(2)は共に海岸線付近に湧出しており, (2)は満潮時海水中に没し, 干潮時は露出するもので(1)と(2)の距離は 60 m くらいである。泉温は(1)は  $59^\circ\text{C}$  と(2)は  $63^\circ\text{C}$  を示し pH は(1)は 6.3, (2)は 5.9 を示した。Cl 含量はそれぞれ  $14720 \text{ mg/l}$ ,  $19040 \text{ mg/l}$  を示し海水の値に極めて近い。陽イオンでは Na が  $6750 \text{ mg/l}$ ,

8720 mg/l で多く、次いで Mg は 761 mg/l、及び 1002 mg/l を示している。尚温泉(1)には若干の CO<sub>2</sub> が伴っている。地鉦温泉(1)と(2)は波打際の大きな岩石の周囲に湧出しており水酸化第2鉄の赤褐色沈殿がみられた。水温はそれぞれ 44°C、及び 64.5°C を示し、pH は 6.6 及び 5.5 を示し弱酸性を示している。Cl 含量は 17460 mg/l 及び 18820 mg/l、SO<sub>4</sub> 含量は 1793 mg/l 及び 1912 mg/l、Na 含量は 7950 mg/l、及び 8500 mg/l、Mg 含量は 912 mg/l、及び 990 mg/l、Ca 含量は 613 mg/l、及び 661 mg/l の各値を示し蒸発残渣も多く何れも海水の値に近い。神津島の鏑崎温泉は海岸の岩場の中腹に深さ 90 m のボーリングしたものであり、水温は 39°C を示し pH は 7.6、Cl 含量は 17710 mg/l、SO<sub>4</sub> 含量は 2329 mg/l、Na 含量は 9250 mg/l、Mg 含量は 1175 mg/l、Ca 含量 397 mg/l、蒸発残渣 33960 mg/l 等を示した、これらの成分含量はいずれも多く海水の値に極めて近い。次に成分相互の関係を検すると、Cl と Na の比においては鏑崎温泉は前回の八丈(2)、三宅湯の浜温泉などと共に海水の値に極めて近い値を示している。Cl と SO<sub>4</sub> の比、Cl と Ca の比及び Cl と Mg の比においては何れも鏑崎温泉は海水の値に極めて近い。他の温泉は Ca においては海水の値より多く、Mg においては海水の値より減少していることがわかる。

### 23. 八幡平周辺の酸性泉の微量成分

都立大・理 荒木 匡, 福島 寿治

千葉大・理 中川 良三

八幡平周辺には、玉川温泉をはじめとする幾多の温泉が見られる、本報は其中で酸性泉の主に Cr について検討した。測定した温泉水中の Cr 含量の一例をあげると、玉川温泉大噴、0.102 mg/l、玉川温泉東森西側、0.023 mg/l、後生掛温泉紺屋地獄、0.037 mg/l、後生掛温泉小坊主地獄、0.004 mg/l、蒸の湯上部、0.050 mg/l などである。強酸性泉中では、Cr は Fe と密接に関係しており、Cr/Fe 比は大約 10<sup>-3</sup> であった。この Cr/Fe 比は、温泉の pH が大きくなると (pH 2.3-2.4 程度から)、急激に低下することが認められた。温泉水中の Cr 起源は、Fe、Al などと同様に岩石からの溶出と考えられる。岩石が酸性の溶液と接触して変質を受けると Cr の含量はみかけ上増加する。一方 Fe、Al などは逆に減少する傾向にあるので岩石の Cr/Fe は変質が進むと大きくなる。これをはっきりするため、粉砕した岩石を径 1 cm、長さ 20 cm のガラス管に詰めたカラムをつくり、酸を滴下して、岩石中の成分を溶出させる実験を行なった。Cr、Fe の溶出量は、岩石中のそれぞれの含量に依存しており、更に Cr の溶出速度は Fe に比し僅かに遅い。岩石の変質を受けた割合が増すと、温泉水中の Cr/Fe 比は増加するわけである。従って、温泉水中の Cr/Fe 比を測定することは、その温泉の湧出している地帯の岩石の変質を受けている割合を示す一つの指標ともなると考えられる。

### 24. 酸性泉のチタン含量

東邦大 野口 喜三雄, 今橋 正征, 高松 信樹

火成岩中、チタンは TiO<sub>2</sub> として、約 1% 近く含まれているにもかかわらず、温泉水中には極めて少なく、多くは mg/l 以下である。本研究は、本邦の酸性泉 (八幡平周辺、草津、万座、箱根温泉群など) 33 試料について、チタン含量を定量した。分析法は、試水に Fe<sup>3+</sup> を加え、共沈させ、塩酸に溶解して、ジアンチピリルメタン (DAM) を用いて、発色させ、波長 390 nm で吸光度を測定し、あらかじめ作成した検量線より、チタン含量を求めた。最高値は、白根山湯釜の 255 µg/l であった。平均は 41 µg/l で 70% 近くが 40 µg/l 以下であった。温泉水のチタン含量は、その pH の増加とともに減少した。

塩素イオンとチタン含量との相関性については、ほとんどが硫酸酸性の温泉であるので考察することはできなかった、硫酸イオンとチタン含量との間には、チタン含量の多いところは、硫酸イオンが多いとい



う関係がみつめられた。チタンが岩石から溶解してくるものと考え、分析した温泉についてはその溶解には、硫酸イオンが何らかの影響を与えているように思われる。

又、鉄、アルミニウム含量と、チタン含量との相関をみると、多少、正の相関がみつめられた、岩石中の Ti/Fe と温泉水の Ti/Fe の比、岩石中の Ti/Al と温泉水の値を計算してみると、20~40 の値が得られた。この事はチタンが、鉄、アルミニウムに比べて、極めて、溶けにくいことを示している。

## 25. 温泉水におけるケイ酸およびアルカリ金属イオン濃度の意義

名工大 神谷 宏

中部工大 下方 敏蔵

温泉水に含まれている成分濃度は岩石とこれに作用する水溶液との反応に支配されている。演者らはすでに実験的にいくつかの鉱物の水溶液に対する溶解速度を測定した。粉末石英の溶解速度は pH 2 以上の溶液では塩を加えることによって著しく増大する、この効果は塩素イオンより硫酸イオンの方が大きい。カリウム長石の場合は pH 0~2 において、アルミニウムの溶出速度は同一 pH の塩酸と硫酸を比較すると硫酸の方が大きい。またカリウムの溶出速度についても両酸による違いが認められるが、アルミニウムの場合より差は小さい。さらにナトリウム長石におけるナトリウムの溶出速度も両酸の差異が認められ、その違いはカリウムより大きい。以上の両酸による違いはいずれの成分でも温度の上昇と共に著しくなることが認められる。

岩石からの各成分の溶解は水和とイオン相互間の作用によって生ずる。水和は発熱であるから温度の上昇によって脱水和の方に反応が進行する。これに反しイオン相互作用はイオンの熱運動の影響はあるとしても、静電力であるから温度の影響はほとんどないであろう。したがって同一陰イオンは岩石中のアルカリ金属イオンに対して、イオン半径の小さいほど作用が強く溶解を促進し、アルカリ金属イオンよりも電荷の大きいアルミニウムイオンに対する作用の方が大きいであろう。また同一陽イオンに対しては一価の塩素イオンより二価の硫酸イオンの方がより強く作用するのである。

このような推定は上記の実験結果を強く支持するものである。

## 26. 地温分布と化学物質排出量からみた由布院温泉

地質調査所 川村 政和

由布院は 730 孔を有する大規模な温泉地であるが、その堀鑿記録から全域にわたる深層地温分布を明らかにした。高温部は南北 2ヶ所にあり、最高地温は 270 m 深で 186°C である。

採湯量や平均泉温等の報告はこれまでもなされているが、従来曖昧だった動力井の揚湯時間についても調査を行い、その結果由布院温泉全域からの採湯量・放熱量はそれぞれ 10660 l/min・54.9×10<sup>7</sup> cal/min であることが知られた。これは熱階級 V に担当する。

又、この地域における主要化学成分の濃度分布が既に筆者らによって明らかにされているが、各成分につきコンタ間の採湯量とその両側の平均濃度との積を合計して由布院温泉からの主要化学物質排出量を求めた。Cl<sup>-</sup> の場合 153×10<sup>4</sup> mg/min となった。

この地域の最高 Cl<sup>-</sup> 濃度は 526 mg/l であるから、それを  $x$  l/min・ $t$ °C なる源温泉水の Cl<sup>-</sup> 濃度として上記の温泉量・放熱量及び Cl<sup>-</sup> 量を涵養しているとすると次式が成立する。但し冷地下水の水温・Cl<sup>-</sup> 濃度をそれぞれ 14.5°C・8 mg/l 又、 $c\rho=1$  としている。

$$526x + 8(10660 - x) = 153 \times 10^4$$

$$54.9 \times 10^7 = x(t - 14.5) c\rho$$



これらを解くと  $x=2800 \text{ l/min} \cdot t=210^\circ\text{C}$  となり全温泉量の 26% にあたることが知られる。又、 $\text{Na/k}=13.5$  も  $210^\circ\text{C}$  であることを示している。

## 27. 地熱地帯の地球化学的探査——阿蘇湯の谷地区の場合——

九大温研 古賀 昭人, 野田 徹郎

従来の地熱探査の手段としての地球化学的探査は泉質、噴気ガス分析等のデータを充分生かしきっていないうらみがあった。実際の地球化学的探査をどのように行なうべきかを、新たに揮発性元素を考慮に入れて、阿蘇湯の谷地区での探査に例をとって述べる。

1. 同地区に湧出する温泉は、中心部では硫酸々性型、外縁部では炭酸型で、Cl 量が少なく、噴気-地表水型温泉の典型である。又、化学成分から推算した地下での平衡温度は  $19\sim 65^\circ\text{C}$  で地下水が噴気で温められたことを意味する。

2. 同地区の噴気は不凝結ガスの含量が大きく、蒸気系だと思われる。もし、熱水が得られるとするならば、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$  の値が  $75\sim 1760$  とかなり大きいことから、中性ないし、アルカリ性であろう。

3. しかし、凝縮水中の揮発性成分、特に As, Hg, B はかなり多量であり、蒸気系に対応している。中では、ホテル泉源上でもっとも富んでいて、他に比べこの地域が最も地下で高温であることがうかがわれる。

結局、同地区は掘っても蒸気しか得られず、中で強勢なのはホテル泉源だと予測される。

この推測にもとずいて、泉源近くに 450 m までボーリングを行ない、280~320 m の 2ヶ所で、逸水量  $1.8\sim 3.6 \text{ t/h}$  のクラックに遭遇した。周囲の変質状況から考えて、ここからは蒸気が噴出すると思われる。

## 28. 岩石の化学成分からみた地熱地帯の熱水構造

京大・理 山下 幸三郎

地熱開発が行われている大分県の大岳地熱発電所、岩手県の松川地熱発電所、現在開発中の宮城県鬼首の各地熱地帯における発電井のボーリングで得られた地下岩石の化学成分の溶脱や集積の様相と変質鉱物の分布状態を調べた結果、大岳地熱地帯では Na, K, Ca, Li などの溶出や沈積の状態、変質鉱物の生成状態から深部の高温なアルカリ性の食塩泉が浅部に流出することによって地熱地帯が形成されていると推察された。松川は蒸気層であり、岩石成分の溶出は少なく、Na を除けば殆んど溶出されてない。

これは蒸気が熱水と比較して多量の成分を輸送することが出来ないからである。しかし Na は可成溶出されている。又変質鉱物から酸性的な地層とアルカリ性の地層とが混在し、熱水の場合のような明確な区分は出来ない。これらのことは蒸気層における特性として注目される。鬼首地熱地帯では浅部のアルカリ性の地層において全般的に溶出が少なく、深部の酸性の地層において Na, Ca, Mg に著しい溶出がみられる。しかし地層中で成分の溶出が少ない地層が各所にあり、ここでは未変質の鉱物が残されている。したがってこれらの地層は不透水性の地層と考えられ、滞水層は層状的に存在し、熱水は他の地域で生成されこれらの地層に流入して地熱地帯が形成されていると推察された。

## 29. 伊東温泉における海水混入と塩化土類泉の生成について

中央温研 益子 安, 甘露寺 泰雄, 田中 昭,  
杉山 麻美子, 町田 美智子

前回の報告(26回大会)では伊東温泉の泉質分布の特徴について述べたが、今回は海水混入と塩化土類泉の生成を検討した。

塩化土類泉についてはすでに吉川によって研究され、伊東温泉については海側の  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  型の温泉は海水の混入が考えられ、その過程で海水中の  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  が地層に吸着され、 $\text{Ca}^{2+}$  が溶出するタイプのイオン交換が介在すること。  $\text{CaCl}_2$  型の温泉については  $\text{Ca}^{2+}$  の濃度に限界があることなどが報告されている。

今回、伊東温泉について同様な検討を行ったところ、この種のイオン交換は現在でも進行していることが判明した。また  $\text{CaCl}_2$  型の温泉は、 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  型（食塩泉、塩化土類泉、単純温泉）と  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  型の温泉の境界付近に分布するが、これは海水と地層とのイオン交換反応の介在で説明が可能である。すなわち、海水が浸入する過程でイオン交換が進行すると、地層が次第に飽和されその交換能力が低下する。したがって新しい地層ほど交換能力が強いので海水が浸入する先端部分、つまり、先にのべた  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  型の境界付近でイオン交換の最も進んだタイプの  $\text{CaCl}_2$  泉が形成されることになる。これは  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  型の単純温泉と混合するため溶存成分はそれほど高くない。海岸側に向って溶存成分濃度が濃い温泉が形成されるが、これは  $\text{CaCl}_2$  型と  $\text{NaCl}$  型と  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  型との混合したタイプになる。

以上の問題について、昭和11年（福富）27年（益子）、47年（演者ら）の分析結果をもとに、 $\text{Cl}^-$  の垂直分布を作り比較を行い、あわせて採取状況の変化と成分変化の問題、塩水化現象における Ghyben-Herzberg の関係などについて考察を行った。

### 30. 伊東および土肥温泉における $\text{CaCl}_2$ 型の温泉と $\text{CaSO}_4$ の溶存状態

中央温研 益子 安、甘露寺 泰雄、田中 昭

伊東および土肥温泉では、海水浸入過程で  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  が地層に吸着され、 $\text{Ca}^{2+}$  が溶出するタイプのイオン交換反応が介在する（前報および第23回大会で報告）。この際、吉川が別府で報告したように地層から遊離した  $\text{Ca}^{2+}$  がある濃度に達すれば共存する  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{CaSO}_4$  を形成し、地層に沈着することが考えられる。

本報告では、温泉水中の  $[\text{Ca}^{2+}]$   $[\text{SO}_4^{2-}]$  を計算し、塩類濃度、イオン強度、温度の関係を解析し、 $\text{CaSO}_4$  の溶存状態を明らかにすると共に、地層への沈着の有無について検討した。

天然に存在する  $\text{CaSO}_4$  としては主として硬石膏 ( $\text{CaSO}_4$ ) と石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) であり、前者は高温、後者は低温で生成することが知られている。種々の濃度のかん水中における両者の溶解度を  $0 \sim 150^\circ\text{C}$  の範囲で実測した田中らの報告【工化；34, 779 (1931)】から、 $\text{Cl}^-$  と  $[\text{Ca}^{2+}]$   $[\text{SO}_4^{2-}]$  の関係をプロットし、伊東および土肥温泉における  $\text{CaSO}_4$  の生成を推定した。両温泉では深度 500 m 前後で地温が  $40 \sim 75^\circ$  付近と推定され、その温度で土肥では 4 源泉、伊東では 4~5 源泉で  $\text{CaSO}_4$  が過飽和の状態であることが判明した。おそらく海水浸入過程で  $\text{CaSO}_4$  (Anhydrite) が地層に沈着しているのと考えられる。 $\text{SO}_4$  の溶存状態は共存成分の影響が大きく関係する。特に塩類濃度の高い溶液ではイオン強度やイオン会合が大きな問題となる。（ちなみに土肥および伊東で  $\text{CaSO}_4$  が過飽和に達している温泉水はいづれも  $\text{Cl}^-$  濃度が高い源泉である）そこで海水におけるイオン会合をあつかった Carrels and Thompson のモデルを参照し、温泉水中の各種成分の溶存状態について種々考察を行なった

### 31. 長野県湯俣温泉産石灰華の沈殿状況

東大教養 高野 穆一郎、綿拔 邦彦

湯俣温泉産石灰華は全てカルサイトである。過去の温泉活動による噴湯丘は高さ  $5 \sim 6$  m に達するが、最近では風化が進んで崩壊も著しい。噴湯丘表面は黒灰色を呈しているが、これは石灰華に含まれるマンガン 2 価イオンの酸化によるものである。風化生成物の X 線回折線はカルサイトによるもの以外の回折線

は調べた範囲では認められていない。

現在活動中の温泉からの沈殿物は 1~7% MnO (w/w) のマンガンを共沈している。旧沈殿物のマンガン含量は 0.07~14.41% MnO (w/w) の広きにわたっている。最高値のマンガンのモル % は実に 21% に達している。ストロンチウム含量は新旧沈殿物とも 0.0n% SrO である。亜鉛は高々 10 ppm 程度である。これらの石灰華の鉄含量は 0.0n% で極めて少ない。石灰華のマンガン含量とストロンチウム含量とは正確に逆相関々係にある。温泉水の温度は 75~87°C, pH は 6.8~8.3,  $Ca^{2+}$  は 90~140 mg/l,  $Mn^{2+}$  は 1~3 mg/l,  $Sr^{2+}$  は 0.4~0.7 mg/l,  $Fe^{2+}$  は石灰華の沈殿が微小な泉源でやや高く 0.1~0.3 mg/l であるが、沈殿の活発な湧泉では 0.0n mg/l である。Cl<sup>-</sup> は 300~330 mg/l, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> は 360~500 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は 50~180 mg/l であった。H<sub>2</sub>S としてはほぼ 30 mg/l 程度である。

沈殿物の {0114} 面の X 線反射角のマンガン含量による変化を純炭酸カルシウム (カルサイト) を標準として面間隔  $d$  の差  $\Delta d$  で表わすと、 $\Delta d$  は Mn 含量と共に直線的に増加 (格子は縮小) する。また沈殿物の電子スピン共鳴吸収は、合成マンガンカルサイトの場合の藤原の測定結果と変わらず、分散型、分散凝集型、凝集型に分類される。これらの石灰華へのマンガン以外の成分の共沈量は Mn 含量によって規制されており、Mn の結晶格子内の分散状態によって共沈成分の挙動が変わってくる。

### 32. 石灰華のフッ素含量

東北大・教養 鈴木 励子

温泉水には普通 0.1~10 mg/l 程度のフッ素が含まれている。温泉水から石灰華が析出する際にフッ素が入りこむことは充分考えられる。南ら (1957) は増富温泉、瀬波温泉の石灰華について発光分光分析より、方解石型について 0.01~0.03%, あられ石型について 0.3~1.0% の値を得ている。けれどもフッ素の分析例は一般に少ない。そこで入手出来た 30 余りの石灰華試料についてフッ素含量を求めた。分析方法は Gupta 法を一部赤岩らが改良したもので ECR-Zr による直接比色定量である。

その結果、一番フッ素含量の多いのは温海温泉の 4410 ppm, 一番少ないのが峯温泉の 150 ppm であった。フッ素含量の多いのはあられ石型の石灰華であり、少ないのが方解石型の石灰華である。この結果は石灰華のあるものには無視し得ない量のフッ素が含まれていることを示し、従って、フッ素の地球化学的行動を考える上で炭酸カルシウムの沈殿生成が重要な役割を演じていることを意味する。フッ素含量に差を生じる原因は沈殿の結晶構造の違いが大きいと考えられる。

そこで同じくらいのフッ素含量の温泉水から析出した方解石型およびあられ石型の石灰華について検討した。あられ石型を生じる夏油温泉枯松沢の石灰華より 1500 ppm, 方解石型の国見温泉石塚の石灰華より 400 ppm の値を得た。このことからみてもあられ石型にフッ素が入りこみやすいことがわかる。

以上のことをまとめると、あられ石型石灰華試料では 150~800 ppm のフッ素が含まれていることがわかった。このことは先に南ら (1957) が述べた方解石型より、あられ石型にフッ素が 10 倍入るということ、また Carpenter (1969) が明らかにした海洋の炭酸塩で方解石型に 75~550 ppm, あられ石型に 900~1640 ppm のフッ素が含まれるということと矛盾しない。

### 33. 温泉の送配湯に関する研究 (その 4) 長距離送湯の経済性について

中央温研 細谷 昇, 飯塚 真二, 上条 矢波, 中島 国夫, 益子 安

温泉水は熱水溶液であるから、これを利用する分野によってその有効熱量は異なるがいずれにしろ熱を利用する以上効率よく使用すべきである。演者等はこの点に留意し温泉水の長距離送湯を熱工学の立場より検討し利用効率と源泉温度、送湯量、送湯距離との関係式を検討して見た。

第22回の本大会にて演者は輸送中の温度降下は次式で計算しても問題はないことをのべた

$$T - T_0 = (T_1 - T_0) \cdot \left(1 - \frac{kL}{W}\right) \quad (1)$$

ここで

$T$ : 到着温度 (°C)

$T_1$ : 出発温度 (°C)

$T_0$ : 外気温度 (°C)

$k$ : 輸送管の熱貫流率 (kcal/mhr °C)

$W$ : 輸送流量 (kg/hr)

$L$ : 送湯距離 (m)

但し(1)式の成り立つ条件として  $\frac{kL}{W} \leq 0.03$  である。

一方送湯の場合の利用効率は送湯過程での漏湯が零とすれば

$$\text{利用効率 } \eta(\%) = \frac{(T - T')}{(T_1 - T')} \times 100 \quad (2)$$

で表はされる。但し、 $T'$  は温泉の利用基準温度 (°C) である。

(1)と(2)式より

$$\eta(\%) = 1 - \frac{\frac{kL}{W} (T_1 - T_0)}{(T_1 - T')} \quad (3)$$

を得る。今仮に温泉の目的加入浴として基準温度を冬期 43°C とし外気温度を 0°C とすれば(3)式は

$$\eta(\%) = 1 - \frac{\frac{kL}{W} T_1}{(T_1 - 43)} \quad (4)$$

となる。(3)式は温泉水の利用目的により温泉水の有効熱量が異なるため、利用効率、出発温度輸送流量が同一であっても、熱効率より見た経済距離は異ってくる。これは温泉水を熱エネルギー源とみなした時、他の熱エネルギー輸送 (例えば天然ガス) と異なった観点で温泉輸送を考えねばならないことを示唆している。

#### 34. マグネシウムを含む方解石の生成

東北大・教養 一国 雅巳

東北大・理 石神 工, 齊藤 一夫

水溶液中から炭酸カルシウムが沈殿する際、水溶液中に  $Mg^{2+}$  が含まれていると、方解石ができずにあられ石ができるといわれているが、自然界には、岩手県の国見温泉のように、高濃度の  $Mg^{2+}$  を含む水溶液中から方解石が沈殿し、その結果、方解石中に  $Mg^{2+}$  が取り込まれた固溶体が生成していることがある。

この結晶形の生成を支配する要因はよくわかっていない。そこで国見温泉の現地調査を行ない、試料として採取した温泉水と石灰華について、実験室で化学分析を行なった結果、結晶形生成の支配要因として、次の2つが推定された。

第1の要因は、 $Mg^{2+}$  による方解石結晶生成の妨害である。第2は、方解石生成が遅れている間に pH が増加すると炭酸イオンが増大し、炭酸カルシウムの過飽和度が増すため、あられ石ができやすくなることである。

以上の推論を検証するため以下の模型実験を行なった。濃塩酸を加えた蒸留水 500 ml に  $NaHCO_3$  を

