

## 日本温泉科学会第23回大会講演要旨

日時 昭和45年8月20~21日

開催地 北海道札幌市

## 1. 土肥温泉について

中央温泉研究所 益子 安, 甘露寺泰雄, 細谷 昇, 田中 昭

土肥温泉は伊豆半島の西海岸に位置し、同半島の蓮台寺や大仁と同様鉾山の内部より湧出する温泉を利用しているのが特徴である。

同温泉は、かつては自噴泉であったが、鉾山の開発が進むにつれて大量の鉾内水の汲み上げが始まり自噴は停止した。昭和29年頃より坑道内に湧出する温泉を汲み上げて温泉市街地に給湯するようになった。その後鉾山が操業を停止したため町営で坑道内の廃水を汲み上げることになり、経済的に大きな問題となってきた。最近町は4本の掘さくを行い、泉温53~61°C、揚湯量およそ1000l/minの温泉を得ることに成功した。

昭和44年頃より、坑道内および新掘さく井から得られる温泉水を市街地に給湯する計画が当研究所によって行われ、45年春に、循環方式による給湯システムが完成した。

本報告はその経過と新掘さく泉の泉質（かつて自噴時代の土肥温泉は硫酸塩泉であったが、新掘さく泉のそれは塩化土類泉であった、特に温泉水や地下水の過剰採取と温泉水の塩水化現象について検討した結果を報告する。

## 2. 鹿児島県大口金山の温泉について

東海大・海洋 杉山 隆二

鹿児島県大口金山などでは従来いわゆるプロピライトが中新世の弱変質安山岩層の下位にある地層であるとされていた。しかし、これは安山岩層を貫き、著しい熱水自変質を蒙った変質玢岩ないし変質閃緑岩の貫入岩体である。そして、その貫入岩体の形状に規制されて、その岩体に沿って tension crack (open fissure) を生じ、金鉾脈を生成している。このいわゆるプロピライトは、新潟県下で谷川岳石英閃緑岩類、鳥取県下で鉛山石英閃緑岩類と筆者が命名した中新世後期ないし末期の貫入岩体に相当し、兵庫県下の竹野地方の金鉾脈などもこれに関連するものである。また、鳥取県下の吉岡温泉・岩井温泉などや兵庫県下の湯村温泉・城崎温泉などもこの貫入岩体に関連するものである。更に、長野県下の中央隆起帯の石英閃緑岩ないし玢岩類も亦これに相当し、浅間温泉・戸倉上山田温泉・松代温泉などおよび新潟県下に入って松之山温泉などもこれに関係するものである。大口金山の温泉もこれに相当するいわゆるプロピライトに関連している。従って、温泉の分布とこの岩石の分布とから金鉾脈の探査に重要な鍵を与え得るとともに、金鉾脈の分布から逆にいわゆるプロピライトの賦存を予想し得るし、温泉の探査をも行い得る。なお、これらの岩体貫入の時期は前期のように1000万年より少し前と考えられており、また、岩石磁化方向が逆であることも興味あるところである。

### 3. 草津温泉時間湯の化学的考察 (II)

群 大, 医 小嶋碩夫, 布施正美, 木暮 敬

東大, 教, 化 綿抜邦彦, 高野穆一郎

群馬県衛研 滝島常雄, 酒井幸子

第21回大会において温泉利用の1つとして特異な存在である草津温泉時間湯について、成分変化、温度分布、特に酸性高温泉の時間変化を化学的に調査しその結果を報告した。

この時間湯は高温酸性泉の連浴による非特異的、刺戟変調療法と考えられ、入湯時に温泉源の温度64~65°Cを“湯もみ”により、冷水による稀釈なしに48~50°Cに下げ、冠り湯の後3分間入湯する。この一連の入浴操作のうち泉温を低下させる外に、酸化により硫黄コロイドを生成する効果があると考えられる。

今回、演者らは昨年草津町の総合整理計画による時間湯浴場の改築の終了を待って“地蔵の湯”について化学成分の追試と1日4回2日間の“湯もみ”による成分変化の調査に併せ、特に硫黄コロイドの生成と破碎の経過を光学的に把えたのでその結果を報告する。

分析方法は衛生検査指針、鉱泉分析法により、機器については島津の発光分析器、日立の207形と日本ジャーレル、アッシュの原子吸光度計を使用し、硫黄コロイドの写真撮影には、ニコンのSUR-KE型を用い、電圧8V、暗視野装置、フィルムフジSS、グリーンフィルター等を使用した。

この結果、硫黄コロイドの生成と破碎の経過は現場に顕微鏡写真撮影装置を持ち込み、これを鏡検下で把えた。硫黄コロイドは一般に巨視的粗土分散系(Colloidal Dispersed System)といわれ400X, 1,000Xで充分に把えることが出来た、かきまぜることにより酸化されヒドロゾル(Hydrosol)と成ることを限外集光器を用いた暗視野装置により撮影し、観察することが出来た。このことから、温泉源より浴槽内貯留槽で僅かであるが生成された硫黄コロイドは毎回の“湯もみ”(3~10分間)により粗大粒子の破碎が行なわれ、再び微粒子となるのではないかと推測された。一方成分変化と還元物質については前回同様にして、特に還元物質は第1~2回にて激減することを確認した。しかし粒子の大きさの分布型について今回は検索することが出来なかった。

### 4. 群馬県草津温泉の地下構造と温泉の湧出機巧

大 橋 良 一

温泉でその成因や湧出機巧の判っているのは殆どないが、草津は幸運にもそれがよく判っている。草津は本白根火山の中腹を流下する伏流水が、高温の噴気によって数回(4~5回以上)加温され、60°以上の温泉となって、伏流の末端に於て自然流出するのである。

本白根火山の東の中腹にある富貴原の池は噴火口趾である。ここから噴出した溶岩は天狗山溶岩で、真直に東に向う溪谷に流れ込み、その末端は草津の天狗山に達している。この溶岩の下には、もとの谷川の水の流れが、今も伏流として流れていて、その水が少くも4~5個所の噴気によって、加熱されている。温泉の産れる場所は頗る浅く、大体100米以内と推定され、天狗山溶岩を離れてからも、サイの河原や湯畑に於て、その生産される状態が地表に於て見られるのである。

草津には湯畑集塊岩があって、これが温泉を産み出す母岩であるかの如く見える。この事が長年の間疑問として残っていたが、数年前遂に解決することが出来た。湯畑集塊岩は天狗山溶岩の直下位にあるが、これは埋没古白根火山最後の噴出物で、天狗山溶岩に斜交する方向に、西北から草津に向って流れ込んだもので、現在、サイの河原・湯畑・大阪屋裏・地蔵湯附近等に露出している。この集塊岩が天狗山溶岩の直下にあるので、温泉はこの中に滲み込み、徐々に東向に流れて、湯川に沿い下流(東)に流動しつつあるのである。

それとは別にこの集塊岩の中には、低温(20°)の伏流水があって、温泉の北側を温泉に並行して流れて

いる。この低温伏流水が温泉に混入することがあって、草津温泉の風の湯・関の湯・千代の湯等の温度を低下させる。

又、温泉の温度には長年の変化が認められ、それが白根山頂湯釜の活動と深い関連があるらしく、大正10(1920)年頃、最低58°を記録したことがあった。

## 5. 温泉水水質の起源 (その1)

### — 温泉泉質の経年変化と母岩の変質 —

上智大・理工 南 英一・小坂知子・平林順一

東京工大・地学 小坂丈予

強酸性温泉の含有成分のうち、各種金属イオンの起源は、その温泉源水が通過して来る周囲の岩石からの溶脱によって供給されるものと考えられる。即ち、酸性温泉水または岩石は変質作用をうけて分解し、各成分が溶脱し、これが含有成分として温泉水中に加わるわけである。草津白根火山、箱根火山などの各火山における天然の変朽現象においては、岩石各成分のうち Mg, Ca, K, Fe, Na, Al などが順次溶出し、最も溶脱しにくい Si, Ti などが最後まで残留し、蛋白石に変化する。

以上のようにして温泉水と岩石中における各成分の授受が行われて変化していくわけであるが、酸性泉の方も、草津温泉その他若干の温泉で、最近十数年あるいは数十年の間にかかなりの成分変化を示すものが認められる。これらのうちには  $Al^{+++}$ ,  $Fe^{++}$  などの急激に減少するものがある。これはそれらの温泉の成分供給源である周囲の母岩が、通過する温泉水によってその構成成分がうばわれ、著るしく変化することがその原因として考えられるであろう。このことは、Si—Al—Fe の主要3成分図上における温泉水とその母岩の組成変化からも確かめられた。

## 6. 温泉水水質の起源 (その2)

### — 火山岩の溶脱実験と温泉泉質の起源について —

東京工大・地学 山田久夫, 小坂丈予, 大平洋子

前報告においては岩石の天然変質と、温泉水の多年にわたる成分変遷の関係について論じた。しかし、天然におけるこれらの現象は過去からのものであり、またその場所が地下で行われた場合が多く、必ずしもその環境条件や、期間などが明確なわけではない。また温泉泉質の変化の初期段階の状況は知るよしもない。そこで環境条件既知の現存の温泉地、火山噴気孔地域に由来の明確な未変質岩石を設置し、火山温泉作用を加えさせて半人工的に変質を進行させる実験、ならびに実験室内においてその変質環境を全く人工的に設定した岩石溶脱実験などを行って、天然の岩石の変質現象を比較し、また新鮮な岩石と接触して溶脱した初期段階の温泉水質を想定した。

その結果、岩石中より初めに溶出したと考えられる温泉の泉質は、現在の温泉よりはるかに鉄、アルミニウムの多いものがあつたらしく思われる。その後温泉の湧出の継続にともない、これらの成分の溶脱が続き、温泉水の通路にあたる岩石中からのこれら成分をうばって、その変朽を進めさせ、その変質にともなうてこれに接触する温泉水自らの成分も変化して行くことを、前述の3成分変化図によって説明した。また酸性度、温度、圧力等の諸条件の異なる人工実験において、岩石中の各成分の溶脱順序、速度、限界などの相異について述べ、各種温泉成分におよぼす影響について論じた。

## 7. 地質学的岩石学的に見た温泉の成因

北大・理 石 川 俊 夫

日本の多くの温泉、地熱地帯の熱源は新しい第四紀の火山か、先第四紀侵入火成岩に関係していると思われる。当然のこととして第四紀火山地域に多くの温泉や地熱地帯が有る。併し玄武岩質火山には温泉は少い。それに反して安山岩や石英安山岩の火山の周辺には温泉や地熱地帯が多い、これらは第四紀の流紋岩にも伴うが、ただ日本では新しい流紋岩が比較的少い。この事実は酸性マグマが地熱地帯の生成に基性マグマよりも重要であることを意味している。

また安山岩や石英安山岩で構成された熔岩円頂丘の周辺には温泉や地熱地帯が多い。熔岩円頂丘が火口の栓となり、下部のガスや地熱の放散を防いでいることも一つの理由である。洞爺湖温泉は1910年明かに有珠岳北麓の地下にマグマが潜在円頂丘として侵入後に誕生し、潜在円頂丘の岩質は大有珠、小有珠、昭和新山の熔岩円頂丘(火山岩尖)からみて石英安山岩である。一方第三紀岩類の地域にも、温泉地熱地帯は多い。それらの大部分は流紋岩や石英斑岩のような酸性火成岩の侵入に関係していると思われる。また先第三紀岩域でさえ、花崗岩の割目から湧出するような温泉が少くない。

酸性マグマから固結した侵入岩体はその粘性の強いために地殻中に深く根を張って続いている場合がある。このような条件は酸性マグマの残液が貯えられた深部から侵入岩体の割目や周縁に沿って上昇するガスや熱水に伴って熱が上昇するのにも好都合である。

## 8. 宮城県鳴子町酸性泉の生成機構

東邦大・教養 野 口 喜三雄

宮城県鳴子町湯元地区には強アルカリ性泉としてウナギ湯、遊佐屋の湯、など約100°Cを示す高温の温泉が存在するが、これと極めて接近して僅10mあるいは数10mの距離に強酸性泉である滝湯、源蔵湯、鳴子ホテル構内湧水などあり、東多賀にも酸性泉が存在することが古くから知られている。筆者は先年火山学会においてこれら酸性泉の生成機構について論じた。即ち、これらの酸性泉は何れも概して温度が低いこと、硫酸に富むが塩化物に乏しいこと、その湧出位置が附近の高温且硫化物、塩化物に富む強アルカリ性泉の位置より高いことを指摘して湯元地区の地下深部から上昇する熱水は高温のアルカリ性且塩化物、硫化物その他の塩類に富むが、地表附近に達すると高温のため始め硫化物の形で溶存した硫化水素は遊離して気化し、水蒸気と共に熱水から離れて上昇し、これが空気で酸化されて多量の硫酸を生じ、これに浅い地下水が混入して湧出したものが酸性泉である。従って酸性泉は二次的生成物であると解釈した。近年旅館業者が多量の温泉水を得る目的で湯元地区を始め東多賀にてボーリングを行った結果多量の高温の温泉水が得られたが、何れもアルカリ性であり、一方源蔵湯は全く消失し、滝湯は変化し、東多賀湯も著しく衰微する結果となった。筆者が湯元地区滝湯附近で深さ11m50cmボーリングを行い土壌を調査したるに土壌の浸出水のpHは深さ2mにて1.4を示し、11m50cmにて9.1を示した。これらの事実からも前述の酸性泉の生成機構に関する解釈は妥当である。瀧沼の水が湯元地区に湧出するとする解釈は湯元地区の水には瀧沼より更に酸性が強い水が存在する事実からも妥当でない。

## 9. 塩酸酸性の温泉の生成機構

名古屋工大 神 谷 宏

演者らは1959年と1961年の各数カ月にわたって、伊豆大島三原山火山口付近の高温の噴気孔ガスを調査した。火山活動は1959年には活発であったが、1961年には静穏であった。ガスの主成分は水蒸気、炭酸

ガス、塩化水素、亜硫酸ガスなどであり、これらと共に他の成分を調べるため、ガスをガラス管に導き、空気を冷却によって凝縮水を採取した。このようにして得られた凝縮水は塩酸に富む強酸性の溶液であり、これに含まれる Si, Na, Fe など岩石を構成する主成分を分析した。これらは熔岩から気体として運ばれてきたものと考えられるから、熔岩の組成と比較することによって、気体としての移動しやすさがわかる。その結果これらの成分の移動しやすさは、1959年には  $\text{Na} > \text{K} > \text{Si} > \text{Al} > \text{Fe}$ ,  $\text{Ca} > \text{Mg}$ , 1961年には  $\text{Na} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Al} > \text{Mg}$ , Si, Fe の順序となった。

一方玉川温泉は塩酸に富む強酸性の温泉であり、上記のガスの場合と同じ方法によって、温泉水の各成分濃度と玉川温泉付近の熔岩の組成から、温泉水による各成分の移動しやすさを求めたところ、 $\text{Na} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Fe}$ ,  $\text{Al} > \text{Mg} > \text{Si}$  の順序となった。これは前記1961年の三原山の火山ガスにおける順序と極めてよく似ている。しかし他の硫酸酸性の温泉についてみれば、火山ガスの順序とは全く異っている。また  $\text{K}/\text{Na}$ ,  $\text{Mg}/\text{Ca}$ ,  $\text{Al}/\text{Fe}$ ,  $\text{Mn}/\text{Fe}$  などの比については三原山火山ガスと玉川温泉は非常によく一致しているのに対し、他の酸性泉で異った値を示す。

以上の結果から、玉川温泉は岩崎のいう“primary hot spring”であると結論した。すなわち、玉川温泉に溶存している Na, K などの各成分は気体として運ばれ、地表から比較的浅いところで凝縮または地下水に溶解したものであると推定した。

## 10. 箱根温泉の成因

神奈川温研 大木端衛, 平野富雄

深さ数100mのボーリング孔を多数調査し、箱根火山の海拔0mにおける地中温度分布を求めると、等温線は現在も活発な硫黄活動を続けている神山を中心とし、カルデラの構造と調和してほぼ同心円状にひろがっている。中央火口丘堆積物の基底部に透水性の良い帯水層があり、その地下水面は723mの芦の湖面と東側の早川溪谷の標高によって支配されており、地下水は西から東に単調に流れ、中央火口丘下の高温部を通り、地下深部から上昇して来る熱水と混合している。

箱根火山の温泉は、その化学成分により4つに分帯される。Zone I は硫黄地帯の浅い部分の酸性硫酸塩泉、Zone II は中央火口丘堆積物基底部の帯水層の炭酸塩硫酸塩泉、Zone III は90°C以上の食塩を主成分とする塩化物泉で、大涌谷、早雲山硫黄地帯の地下深所から出発し3本の流れとなって早川方面に流下している。Zone IV はカルデラの東側のみ認められるもので、Zone II の地下水と Zone III の熱水が混合したものである。

Zone III の塩化物泉は高温高圧の火山蒸気25~35%と Zone II の地下水65~75%とが混合したものであることが、Zone II, Zone III の  $\text{SO}_4^{--}$  をもとにして計算される。硫黄地帯直下を上昇してくる original dense steam は35~49 kg/sec, 熱量は  $2\sim 3 \times 10^7$  cal/sec と見積られる。

大涌谷、早雲山硫黄地帯の火山ガスは  $\text{H}_2\text{S}$  が著しく多いが、主要帯水層上部で地表にむかいながら気化⇌液化をくりかえし濃集するため、地表で観察される火山ガスは二次的なものである。温泉水中の大部分の炭酸物質は火山岩中にとりこまれた有機物がその origin であろう。

## 11. トリチウムによる温泉水の湧出機構に関する研究

### (I) 箱根温泉群

東京都立大・化 村上 悠紀雄

日本原子力研究所 野口 暁

箱根温泉群について、温泉水中の主成分及び微量成分による研究報告は成されたが、トリチウム含有量

についての報告は、まだ成されていない。

1970年5月31日に採水された箱根温泉群の温泉水についてトリチウム濃度の定量を行なったのでその結果を報告する。

温泉水の湧出機構に関する研究を行うにあたって、トリチウム濃度は有効な手がかりを与えるものと考えられる。

すなわち、トリチウムは天然水中の微量成分ではあるが、主成分である水分子を形成する水素の同位元素であること、又その放射能の半減期(12,262年)によって、温泉水と地表水との混合する割合、及び温泉水が地表に湧出するまでの年代を間接的に知ることができると考えられるからである。

理研放射線研究室の装置によるトリチウムの測定法は次の如くである。

温泉水、地下水、地表水の一定量を Fe—Ni 又は Ni—Ni 電極の電解槽で、約1週間に亘って、トリチウムの電解濃縮をした。数 ml まで濃縮された液から約 2 ml をとり、電気炉中の金属マグネシウムに水蒸気として送り、水素ガスと成し、一定量のプロパンガスと共に、GM 管の中に入れ、約 20 時間放射能を計数した。

得られた計数値に対し、バックグラウンドの計数値、電気分解による濃縮率、温度、圧力についての補正を行った。又、比較のために試料水中の主成分:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  について化学分析を行った。

No.	Sample	水温 °C	pH mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	T.U.
1.	姥子・秀明館・金時湯	48.0	3.1	49	15.9	548	63±6
2.	姥子・秀明館・水晶の湯	48.5	3.1	46	9.7	521	67±7
3.	宮ノ下・保養所源泉	74.9	7.9	580	1018	93.6	28±3
4.	木賀・木賀の里	45.5	7.0	233	354	145	11±2
5.	芦ノ湖	17.2	7.1	4.2	5.3	8.1	84±8
6.	箱根湯本・地下水	19.0	7.3	14.9	35	7.9	17±2

$$1 \text{ T.U.} = 10^{-18} \text{ } ^3\text{H}^1\text{H}$$

今回のデータから、食塩型温泉水が明らかに、トリチウム含有量が少なく、硫酸酸性温泉のトリチウム含量が地表水の値に近いものであるとの傾向が認められた。これは、両者の温泉水の湧出機構の時間的相異であると認められる。

## 12. 非火山性温泉について

中央温泉研究所 佐藤幸二

温泉の熱源を確定する事は困難な場合が多い。ここでは、マグマの影響をうけていると考えられる温泉を火山性温泉とし、普通の地下増温率のみによると思われる温泉を非火山性温泉とする。

非火山性温泉として、東北地方裏日本、関東平野、濃尾平野などの温泉をとりあげ、一般冷地下水、火山地帯の温泉、温泉地帯の温泉との間の地質環境、地下増温率、水質などの相違を考察してみると、非火山性温泉の温度は地温上昇率によるもので、従って充分利用出来る温度を得るには深い掘さくと、地下水を貯溜するような透水性の大きい構造が深くまで続いている事が必要である。

地温上昇率が大きければそれだけ浅い深度で十分な温度が得られるが、海岸平野とか大きな盆地とかの、新しい堆積物が深くまで存在する地域でこのような非火山性温泉が得られるであろう。

### 13. 本邦温泉の主要元素の分布 (その 4)

東邦大・理 岩崎 岩次  
東京工大・理 山谷 和久

温泉水中の溶存物質の存在範囲とその分布の状態、並びに溶存物質間の量的関係を明らかにすることは地球化学的にも大変重要な事と考えられる。そこで演者等は今までに発表された分析表を約5,000集め、その中より精選した約2,500源泉の分析表を作り、これを基にして主要元素の分布状態を調べ、本邦温泉の平均的な泉質を求めた。Cl<sup>-</sup>以外の主要元素は全て正又は負にわずかにひずんだ対数正規分布をしている。対数正規分布をしている元素についてはその最頻値と中央値がほとんど同じであるが、正又は負にひずんでいる場合には最頻値と中央値の間の分布曲線下の面積を半分にする値を平均的な濃度と定めた。上の方法に従って各元素の平均的な濃度を定めた。また各pHの分布曲線下の面積を、その元素の全源泉の最頻値で分割し、分割された面積の左側、即ち全源泉の最頻値以下の面積を全面積で割りその百分率を求め、その値を縦軸に、pHを横軸に取ると、pHの影響が大変良くわかる。このようにして作った図の傾斜を“DDPH指数”と名づける。DDPHが正の場合にはpHが増加するに従って濃度の低い源泉が多くなる事を表わしており、DDPHの絶対値はpH変化による濃度の増加率或は減少率の大きさを表わしている。

### 14. 地熱温泉資源と降水量および地下水

防災科学技術センター 湯原 浩三

地熱蒸気および温泉水の起源が実質的に循環水起源であることを認めれば、地熱・温泉資源の物理的な質と量を支配するものは、第1に熱源であり、第2にその熱源に出会って加熱される循環水の量がどれだけあるかということにつぎ。第2の因子はさらに1つの地域で、降水量の絶対量がどれくらいあるかということと、そのうち、地下深所にまで浸透し熱源によって加熱される分はどれだけあるかという2つに分けることができる。前者は気候学的な因子であり、後者は地質学的な因子である。世界の主な地熱地域について、地熱蒸気の質を比較してみると、そのちがいはおおまかに年降水量の差によって説明できる。次に、2,3の火山についての水理地質的な調査を参照すると、山麓に冷たい湧泉の多い火山の周辺では温泉が少なく、湧泉の少ない火山では深所にまで浸透する水が多く、熱源によって加熱されて、温泉や噴気孔になる可能性が多いようである。

### 15. 帯水層中の温泉水の冷却

北大・理 浦上 晃一

温泉水が帯水層中を流下するとき、伝導、揚湯等によって冷却されるが、その度合は流速、揚湯量に深い関係がある。これから、温度低下、揚湯量の分布等が解ければ帯水層中の温泉水の流量の推定が可能と思われる。

簡単なモデルに関する理論を用い、山形県天童温泉において得られた資料から流量を求めた。

### 16. 弟子屈温泉帯水層の透水量係数と貯溜係数について

北大・理 福富孝治・浦上晃一・三好日出夫  
京大・理 川村政和

弟子屈温泉の温泉水は地下およそ40m以深の新第三紀の被圧帯水層内に貯溜されているが、これに地下

深くから高温な温泉水を供給する1条の割れ目があって、いわゆる裂か層状温泉型をなしている。温泉水はこの層を貫通するさく井管から多くは動力揚湯されている。長時間揚湯中の温泉を2時間停止して付近のさく井の静止水頭の時間的変化を精密水位計で測定し、この結果から温泉帯水層の透水量係数および貯溜係数を求めた。得られた透水係数  $T$  (平均  $23.1 \text{ cm}^2/\text{sec}$ ) の値は本邦の他温泉の場合と同程度であったが、貯溜係数  $S$  の値 (平均  $59.4 \times 10^{-4}$ ) は著しく大きく、従って  $S/T$  の値も大きいことが判った。このことは温泉水の流動すなわち湧出が定常となるのは、他温泉では数時間から1日程度であるのに、弟子屈温泉では20~30日も日数を要することを意味する。

### 17. 皆生温泉にみられる被圧地下水の変動 (II)

皆生温泉観光株式会社 坂内和夫、森野寿夫、松本忠男、前田和久

前回の報告にひきつづき今回は7号休止泉の被圧地下水位と、背生地区内の他の温泉水位との相互関係を調べ、各泉源は相互に300 m以上離れているにもかかわらず、毎時毎日の水位の変化が非常によく対応しており、相互に深い関係のある事が判った。従って7号水位の観測で皆生地区の水位を代表させても良いと云える。又1年間にわたる7号休止井水位と地表地下水位、温泉汲上量、降雨量との関係を調べ地表地下水位は、被圧地下水位より1~2日おくれて変化している場合が多いこと。温泉汲上量と被圧地下水位の間には逆の関係あること、降雨量も影響していることなどが判った。

7号水位と地表地下水位との年間の相互関係についてグラフに記して調べた結果、地表地下水位と被圧地下水位の間にはある特定の函数関係があり人為的に水位を下げた場合此の関係より外れることなどが判った。

### 18. 松代群発地震に伴う温泉水の変化に関する地球化学的研究 (第2報)

東邦大・教養 野口喜三雄・相川嘉正・国友香子  
 東京都立大・理 上野精一

松代群発地震は1965年8月から発生し、同年11月下旬、1966年4月並に8月の3回地震活動の山を示したが、その後次第に沈衰して今日に至っている。これら地震活動に伴う温泉水の変化について1967年11月1日までの分を第1報で報告した。その後1969年3月17日、1970年4月23、24日、5月23、24日の3回松代町加賀井温泉並に松代地震に伴って発生した地じりの地域の湧水を調査したるに湧水量は何れも著しく減少した。Cl<sup>-</sup>含量については加賀井 No. 1・5775 mg/l (1969. 3. 17), 6667 mg/l (1970. 5. 23) を示し1967. 11. 1の値6200 mg/lと大差ない。また牧内地じり地帯湧水は Cl<sup>-</sup> 5000 mg/l (1969. 3. 17), 5293 mg/l (1970. 5. 24), 瀬関牧内間湧水は3270 mg/l (1969. 3. 17), 2983 mg/l (1970. 5. 24) を示した。前者は1967. 10. 31の値3725 mg/lより著しく大きく、後者は1967. 10. 31の値3145 mg/lに近いことが判明した。また中村廉治郎氏井戸水は560 mg/l (1969. 3. 17), 126 mg/l (1970. 4. 24) を示し、1968. 1. 26の値1445 mg/lより著しく小さく、この井戸水の Cl<sup>-</sup> 含量は時間と共に次第に減少していることが明となった。尚又、硼酸についても調査した結果、硼酸と塩化物との間には正の直線関係が成立し硼酸は塩化物と類似の変化を示した。

### 19. 別府温泉における塩素イオン重炭酸イオン分布の特徴について

京大・理 由佐悠紀・川村政和

別府温泉は、南部の別府市街地域と北部の鉄輪・亀川地域とに分れて発展してきた。いずれも NaCl 型



熱水に基づくものとみられるが、この両温泉群を比べると、同じ温度の泉源でも北部地域の方が南部より  $\text{Cl}^-$  の多いことが知られている。又、南部では  $\text{HCO}_3^-$  が多く、北部では  $\text{SO}_4^{2-}$  の多いことが対照的であり、この南北両地域に於る泉質の違いがどのようにしてつくられたのか興味のある問題である。近年、この両地域の間中部にも開発が進み、それをつなぐ泉質分布が得られた。従ってこれらの泉源につき  $\text{Cl}^-$  と  $\text{HCO}_3^-$  の含有量分布を求め、南北両水系間の流動状況を知ると共に、既存の資料も加えて、水系に関する2, 3の特徴を求めた。

- 1) 南部地域の境界近くに  $\text{HCO}_3^-$  の多い地域が脈状に存在しており、これは地下構造の特徴と対応している。
- 2) 化学組成から示される南北両水系の分布は、非常にはっきりした境界を示している。

## 20. 重岩酸土類泉中のカルシウムとマグネシウムイオン

京大・理由 悠 紀

別府南部地域では、山の手に源を持つ  $\text{NaCl}$  型の高温水が流動する途中で浅層の低温地下水により混合希釈されてゆく過程が典型的に観察される。このようにしてできた温泉水の特徴の一つは、高温水に比べて  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  の濃度が格段に高いことであり、このカチオンは炭酸成分存在下で地層より溶出されたと考えられている。これら3成分間の関係は、 $\text{HCO}_3^- \approx \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  (当量, 以下同じ) で、 $\text{HCO}_3^-$  濃度が低いときは  $\text{Ca}^{2+} \geq \text{Mg}^{2+}$  である。そして、 $\text{HCO}_3^-$  が増すと両カチオンとも増すが、 $\text{Mg}^{2+}$  の増加の割合が、 $\text{Ca}^{2+}$  のそれより大きく、 $\text{HCO}_3^-$  がおよそ  $10 \text{ me/l}$  を越えたあたりで、 $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$  と逆転する。他の大分県内の温泉のうち、 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$  のものについてみると、やはり別府温泉と同様の傾向が認められ(志賀ら, 1970)、しかも長湯温泉など  $\text{HCO}_3^-$  高濃度のものは、別府温泉における  $\text{Mg}^{2+}$  対  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  対  $\text{HCO}_3^-$  の関係曲線の延長上にある。

一般に温泉水など陸水中のアルカリ土類金属では  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  が普通とされており、日本鉱泉誌などから  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$  で  $\text{HCO}_3^- \approx \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  のものを選び出してみても、 $\text{HCO}_3^-$  高濃度で  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  である場合が多い。しかし、 $\text{HCO}_3^-$  濃度と両カチオン濃度との関係にはやはり大分県の温泉でみられたのと同様の傾向が認められ、地層からの  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$  の溶出のされ方に、各温泉地共通な特徴のあることがうかがわれる。このような温泉水中の  $\text{Ca}^{2+}$  はカルサイトと、 $\text{Mg}^{2+}$  は緑泥石あるいは粘土鉱物と平衡していると仮定して求められる  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{Ca}^{2+}$  および  $\text{Mg}^{2+}$  濃度の関係は、上の実測結果の特徴をかなりよく説明できる。ただし、 $(\text{Mg}^{2+})/(\text{H}^+)^2$  の値は、大分県の場合  $10^9 \sim 10^{10}$  と求められ、緑泥石に対する値  $10^{14.2}$  (25°C: クレイマー 1965) より小さい。

## 21. 大岳地熱発電井水の化学成分の長期変化について

京大・理 山 下 幸三郎

九重火山地域の大岳地区において九州電力株式会社は地熱発電のため5口の発電井を掘さくし、現在4口を利用して1万KWの発電を行っている。これらの発電井からは発電に利用する蒸気と共に多量の熱水が流出している。

熱水はいずれも弱アルカリ性の食塩泉で化学組成は類似し、濃度の高い熱水程勢力の強いことが示された。各井水の主要成分について噴出後年2~3回の分析を行い、成分変化の様相を調査しているが現在までに現われている顕著な変化は1. 各井戸の熱水の濃度は噴出初期において最も高く時と共に低下している。2.  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  の含有量は漸次一方的に減少して行く反面、 $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  の含有量は増加して行く。3. 各井水の成分相互間には一次関係が成立し、各成分はこの直線にそって変動する。4.  $\text{Na}/\text{K}$  の値は噴出後小さくなる傾向を示したが発電開始と共に増大し、その後は略一定の値である。5.  $\text{Na}/\text{Cl}$  の

値は漸次増大している。これは  $\text{Na}^+$  に比して  $\text{Cl}^-$  の減少が大きいからである。6.  $\text{Li}/\text{Na}$  は漸次減少している。このような変化の動向からこれが主要な原因として噴出による深部温泉水圧の降下により浅部温泉水の混入の増加に起因すると思われる。発電開始以降は噴出口口圧を上昇させたためか、減少傾向は幾分鈍化している。

## 22. 大雪山層雲峡地区の地熱調査

北海道地下資源調査所 和氣 徹・内田 豊・鈴木 豊重  
横山 英二・酒匂 純俊・早川 福利

大雪山は十勝岳とともに、現在一部で噴気活動をつづけている活火山であり、周辺には温泉や噴気などの地熱微候地帯がみられる。層雲峡地区は大雪山の北東斜面にあり、層雲峡温泉の西方に位置する。現在この地区の白水川上流の地熱微候地を中心に、地質調査、物理探査、地化学調査、試錐探査などを昭和43年以降実施してきている。

付近の地質は5万分の1大雪山地質図幅に報告されているが、白水川についてみると、石狩川との合流点から約500mの間に基盤岩の粘板岩層がみられ、この基盤岩の上に直接溶結凝灰岩を主体とするヤンベタップ層がのり、上流部で河岸に露出している。下流部右岸崖にはヤンベタップ層を覆う層雲峡溶結凝灰岩がつらなり、テンマク溶岩、火山円礫層、古大雪溶岩がさらに高い屋根部を形成している。ヤンベタップ層の分布がそのまま変質帯となっているが、これの変質機構と地熱微候との関連をみるために電気探査を実施し中流部から上流部にかけて良い一致をみている。

試錐探査については中流部の技沢に温泉を目的とした80m、150mの2本を昭和43年に実施し、さらに140mの調査1号井、昭和44年に271mの調査2号井の試錐を実施した。

昭和43年に噴気をした調査1号井について観測を実施して来たが、乾き度0.74~0.84、蒸気温度100°C前後の蒸気が毎時2.2t~3.3t噴出している。調査2号井は当初スワッピングにより97.5°C、0.65t/hの噴出蒸気をみたがその後停止している。孔底温度は調査1号井で165°C(129m)、調査2号井で166°C(263m)を記録している。

以上が調査の概要であるが、現在も調査を行っている途中である。故に十分な考察を加えるまでには至っていないが一応の中間報告である。

## 23. 焼岳山麓の温泉の化学成分

岐阜県衛生研究所 三階衣子

焼岳の西南約5kmの山麓に所在し蒲田川流域、高原川流域に湧出する新穂高、穂高、槍見、宝、中尾、蒲田、一重ヶ根、福地、平湯の各温泉の泉源6ヶ所について泉温、pH、蒸発残留物、Na、K、Ca、Mg、Cl、 $\text{HCO}_3$ 、 $\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$ 、F、 $\text{HBO}_2$ 、Fe、As、 $\text{NH}_4$ 、Rnについて分析を行い、これらの各成分、各温泉の化学組成、成分相互の関係について検討を加えたのでその大要を報告する。

泉温90°C以上の23ヶ所はpHも8.0~9.0と高く、蒲田川流域では蒲田温泉を除いて蒸発残留物は少く1,000mg/l以下であるが、蒲田温泉では1,200~1,300mg/lの食塩を副成分とする重曹泉、一重ヶ根、福地、平湯で1,500~2,000mg/lを示しているのは重炭酸ナトリウムを副成分とする食塩泉で $\text{H}_2\text{S}$ を2.0~16.5mg/l含有している。これらは殆んどボーリングによる自噴泉である。泉温40~80°C前後のものは約30ヶ所あり、pH6.0~7.5、蒸発残留物もやや少く700~1,200mg/lで自然湧出のものが多く、一重ヶ根、福地、平湯温泉では $\text{CO}_2$ を300~800mg/l含有しており、一重ヶ根では1,600、3,000mg/l含有する泉の温低い炭酸泉が湧出しているが酸性泉は認められない。

各源泉について温度とCl、NaとCl、温度とF、FとCl、Clと $\text{HBO}_2$ について成分相互の関係を

検討したところいづれも正の相関がみられた。

地質と化学成分の関係をみると蒲田川流域の中生代末期の花崗岩および石英粗面岩、石英斑岩より湧出する温泉は Ca, Mg,  $\text{SO}_4$  が少く, F 含量が多い。また Rn を含有するものが認められる。高原川流域の古生代の堆積岩より湧出するものは Ca, Mg,  $\text{SO}_4$  が多く, 塩化物を全く含まないものと, 塩化物アルカリ度共に大きいものがあり多量の  $\text{CO}_2$  を伴っている。

## 24. 万座温泉の水質について

上智大・理工 南 英一・小坂知子・平林順一・吉田千紗子

東京工大・地学 小坂丈子

演者らはこれまで群馬県草津白根山周辺の温泉水の水質について調査, 研究を続けて来たが, その一部はすでに本大会において報告した。今回は特に万座温泉の水質について報告する。

万座温泉については湯畑, 空噴, 奥万座等いくつかの源泉があるが, そのうちには火山ガスと共に湧出するものや硫化水素臭の強いものなど湧出の状況の著しく異ったものがある。泉質は pH 1.4~4.1 の範囲にあり, Na 10.6~491 mg/l, K 7.6~110 mg/l, Ca 24.5~110 mg/l, Mg 10.8~190 mg/l, 全鉄 0.3~47.8 mg/l, Al 8.0~110 mg/l, Cl 3.8~1020 mg/l,  $\text{SO}_4$  366~4322 mg/l, 珪酸 91.5~526 mg/l と各成分共に濃度範囲が広く, 各源泉における成分相互の割合もあまり一致したものがない。

各源泉より求めた各種の3成分図における分布状態から奥万座源泉とその他の源泉の二つのグループに分けられる。また Ca>Mg 型の温泉と Mg>Ca 型の温泉があり, 前者は奥万座源泉等, 後者は空噴源泉その他である。このことから, この地域に湧出する温泉の泉質を奥万座型源泉, 空噴型源泉水の混合と降水による希釈と考え, これら3種類の水について Ca-Mg, Ca-Na の成分組合せによる3源水混合割合を求めた。この結果, この地域に湧出する各源泉の混合割合はほぼ一致し, さきの想定を裏付けする事が出来た。

## 25. 川原毛温泉と泥湯温泉

東大・教養 綿抜邦彦, 高野穆一郎

昨年温泉科学会において Mg>Ca, Ca>Mg の温泉水について報告したが, 秋田県川原毛温泉は Mg>Ca 型の温泉である。この温泉は川原毛イオウ鉱山の一部より湧出する水温 98°C, pH 1.4 の温泉で Cl> $\text{SO}_4$  型で Cl<sup>-</sup> 1921 mg/l,  $\text{SO}_4^{2-}$  1599 mg/l で, Ca<sup>2+</sup> 91.2 mg/l, Mg<sup>2+</sup> 224 mg/l である。

秋田県泥湯温泉は沢にそって湧出するいくつかの源泉から成るが, 崖側では pH 1.8~2.8 の酸性であり, 最高温度 73°C を示す。なお硫化水素を含みイオウの沈殿物の生成が認められる。一方, 沢側の奥山旅館源泉は pH 6.5 で沢水と同じ pH を示し, 水温 88°C で黒色の硫化鉄の沈殿が認められる。このような例は万座温泉にも認められる。泥湯の酸性泉では鉄に対してアルミニウムの含量が高く, 例えば Fe (全) 5 mg/l に対し, Al<sup>3+</sup> 106 mg/l を示す。

川原毛温泉の Mg>Ca 型の例は, 万座温泉, 箱根ボーリング井, などにも認められる。また Ca>Mg の著しい例は群馬県湯の平温泉, 応徳温泉に認められる。これらの温泉水中の Ca/Mg (重量比) を求めてみると, 玉川温泉 2.08, 草津温泉 2.48, 万座温泉姥の湯 1.04, 万座空噴の湯 (孺取) 0.16, 箱根ボーリング 8B 0.33, 川原毛温泉 0.48, 応徳温泉 28.2, 湯の平温泉 40.3 である。なお世界の河川水の平均値では 3.66, 海水では 0.31 である。これらの比から考えると Mg>Ca の最大のものは海水に近く, Ca>Mg の最大のものは石灰岩の Mg の少ないものに近い。海水はいわば古い代時の温泉水類似の水系が, 岩石, 粘土鉱物と平衡になったものと考えられるので, これらの Mg>Ca の温泉水はこれらのような源を考えること

ができるのかもしれない。ほとんどの温泉水は、海水の比と応徳、湯の平の中間の値を示しているの、その湧出の段階過程において、反応、平衡の結果が地表に現われたものと考えられる。

## 26. 川原毛産含鉛重晶石

東大・教養 高野穆一郎・綿抜邦彦

含鉛重晶石は、秋田県玉川温泉産のものが著名であるが、このほか国内では同じく秋田県川原毛鉱山で類似の鉱物が発見され、南ら<sup>1)</sup>、椎川ら<sup>2)</sup>により報告されている。川原毛鉱山はイオウを採掘していたが現在は休山しており、土砂崩れなどのため、鉱物の産状もはっきりしないが、南らの報告にもあるとおり、脈状をなして産し、転石鉱物の中には明らかに細脈を充填したと思える試料も認められた。

鉱山に現在も湧出する温泉水は98°C、pH 1.4、Cl<sup>-</sup> 1921 mg/l、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 1599 mg/lであり、玉川温泉ほどではないが、Cl<sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>である。

この温泉水が川原毛含鉛重晶石を沈殿したかあるいは沈殿しつつある母液であるか否かは玉川との対比上興味ある問題である。演者らは現在この温泉水から直接重晶石が沈殿している現場を見出し得なかった。試料10個を化学分析した結果、鉛含量はPbOとして2.21~4.59%の範囲内であった。これは玉川産の重晶石(1~15% PbO)に較べて分布が小さい。

川原毛重晶石が、もし現在そこに湧出する温泉水と大差ない(従って玉川温泉水とも類似した)温泉水から地表で沈殿したとすればこの鉱物のSr/PbおよびCa/Pb比は、玉川産重晶石と似た分布を示すと考えられる。しかしながら実際には、温泉水のSr<sup>2+</sup>、Pb<sup>2+</sup>濃度が、それぞれ0.21 mg/l、1.28 mg/l、Sr<sup>2+</sup>/Pb<sup>2+</sup> = 1.20と玉川のそれら(Sr<sup>2+</sup>: 0.33 mg/l、Pb<sup>2+</sup>: 1.51 mg/l、Sr<sup>2+</sup>/Pb<sup>2+</sup> = 2.89)より小さいにも拘らず、Pb含量に比してSr含量は大きい。カルシウムについては玉川産のものより一桁含量は小さいが、その分布傾向は明らかに玉川の場合とは異なる。

まだ十分な証拠は欠けるが、産状およびストロンチウム、カルシウム含量から推定する椎川らの主張するような流泉水中の沈殿晶出物ではなく、イオウ鉱床生成期に地下で沈殿生長したものと思われる。

1) 南 英一, 小笠原美津雄, 地質学雑誌 36, 81 (1929)

2) 椎川 誠, 山口良二, 岩鉱 40, 137 (1956)

## 27. 温泉水の給配湯に関する基本的研究 (その 1)

### 浴槽運転からみた配湯温度の限界について

中央温泉研究所 益子 安, 細谷 昇

熱工学の立場より、浴槽運転ならびに配湯温度についていろいろ検討を行った。

浴槽が43°Cで運転されている場合、注湯有効熱量  $q_1$ 、浴槽よりの放熱量を  $q_2$  とすれば、

$$q_1 = q_2 \quad (1)$$

ただし、

$$q_1 = \text{注湯量 (Wl/h)} \times \text{有効温度 (}^\circ\text{C)} \quad (2)$$

有効温度 = 注湯温度  $T - 43$  (°C) とする。(1)、(2)式から

$$q_2 = W(l/h) \times (T - 43) \quad (3)$$

ここで  $q_2$  は同じ浴槽であれば一定であるから、

$$K = W(T - 43) \quad K \text{ は定数} \quad (4)$$

いま  $T$  が  $T_1$  のときに  $W$  が  $W_1$ ,  $T$  が  $T_2$  のとき  $W$  が  $W_2$  とすると,

$$K=(T_1-43) \times W_1=(T_2-43) \times W_2$$

故に

$$W_2/W_1=(T_1-43)/(T_2-43)$$

いま  $y=W_2/W_1$ ,  $T_2=T_1+1$  とすると

$$y=(T_1-43)/(T_1-42)$$

これを一般にかくと,

$$y=(T-43)/(T-42) \quad \text{ただし } T \geq 43$$

この式は、注湯温度が  $1^\circ\text{C}$  違った場合、注湯量がどのくらいの割合で変るか (減少するか) を表わしている。

実際に  $\Delta y/\Delta T$  を求めてみると、このカーブは  $50^\circ\text{C}$  前後までは急勾配であるが、 $52^\circ\text{C}$  ぐらいからほとんど変わらなくなる。

このことから、浴槽を運転する場合、注湯温度をむやみに高くする必要はなく、 $\Delta y/\Delta T$  がほぼ一定となる  $52^\circ\text{C}$  前後が注湯温度の限界となる。したがって温泉を配湯するときの上限は、配湯管より利用施設までの管路の放熱を考慮して  $55^\circ\text{C}$  前後とすべきであろう。

また配湯温度の下限は、前回報告した有効温度  $\Delta t$  と汚染度  $\alpha$  との関係式  $\Delta t = -1.9t/\alpha$  から、注湯温度の下限を求めることができる。

## 28. 長野県加賀井温泉産蜂の巣状石灰華について

東邦大・教養 野口喜三雄・相川嘉正

著者らは昭和45年4月22日長野県松代町加賀井温泉松代荘構内に通産省防災センターが掘サクした深さ約1,800mの深井戸から噴出する水を調査した際、蜂の巣状に生長した石灰華を発見したのでこれについての調査結果を報告する。この石灰華は温泉水が放流された際急流な処には生長せず、温泉水が平らな地表面や地表面に放置された板の上などに流出し、やや停滞気味の場所によく生長するのが見られた。色は黄褐色を呈し直径約0.6cm長さ約4.5cmの円筒状のものが群生して恰も蜂の巣の外観を呈した。これを理学電気KK製X線装置を用いて結晶形を検したるにその回折図から大部分は方解石で少量の霏石が混在することが明になった。又これを化学分析した結果その組成は  $\text{CaCO}_3$  95.6%,  $\text{MgCO}_3$  1.31%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2.96% であることが判明した。この石灰華の生成機構に関しては多量の二酸化炭素、重炭酸カルシウム、重炭酸鉄等を含有する温泉水が放流された際二酸化炭素の逃失、空気による酸化などにより炭酸カルシウムや水酸化第二鉄が析出する際二酸化炭素の逃失の仕方によるものと考えられる。その機構について述べる。

## 29. 温泉水中の銅含量について

山梨大・教育 杉原 健

山梨県増富温泉、西山、奈良田温泉、石和、春日居温泉、富山県立山地獄谷温泉、群馬県草津温泉、兵庫県有馬温泉、秋田県玉川温泉、島根県池田・柿木鉱泉、湯抱温泉等について銅含量を原子吸光法で測定した。その結果、最高銅含量は立山地獄谷温泉 No. 26 号泉で、 $0.52 \text{ mg/l}$  を示した。他の成分との間には、 $\text{Cu}^{2+}$  と pH との間に負の相関関係が認められ、pH の低い値を示す温泉に銅が多く認められた。 $\text{Cu}^{2+}$  -

$\text{Be}^{2+}$ の間には正の相関関係、 $\text{Cu}^{2+}-\text{Sr}^{2+}$ の間には2つのグループに分かれ正の相関関係が認められた。 $\text{Cu}^{2+}-\text{Cl}^{-}$ の間には、立山 No. 26 号泉を除いて、正の相関関係が認められた。 $\text{Cu}^{2+}-\text{Ca}^{2+}$ の間には、立山 No. 26 を除いて、正の相関関係が認められた。 $\text{Cu}^{2+}-\text{Mg}^{2+}$ の間には、海水を除くと、正の相関関係が認められた。 $\text{Cu}^{2+}-\text{Li}^{+}$ の間には、立山 No. 26、立山 No. 6、奈良田温泉を除くと、正の相関が認められた。 $\text{Cu}^{2+}-\text{Na}^{+}$ の間には、2つのグループに分かれ、それぞれ正の相関関係が認められた。 $\text{Cu}^{2+}-\text{K}^{+}$ の間には、正の相関関係が認められた。

### 30. 原子吸光分析法による温泉中の銅の定量

#### — 酢酸エチル抽出溶媒による定量法について —

長野県衛生研究所 久保田 昌利

温泉中の銅の定量には四塩化炭素を抽出溶媒としたジエチルジチオカルバミン酸塩を用いる比色法が採用されている。これに対していろいろの物質中の銅の原子吸光法に関する報告は多数発表されているが、演者は原子吸光分析の抽出溶媒に酢酸エチルを用いて検討したところ従来多くの研究者によって使用されている MIBK よりさらに感度よく分析できることがわかった。検討した結果は次のようである。

- 1) 試料に  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  を添加して 25% 水溶液とすれば分離は定量的、かつ安定である。
- 2) 25%  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  中では銅ジエチルジチオカルバミン酸塩は pH 4~10 で一定に抽出され、抽出後 10 時間以内に測定すればよい。
- 3) 酢酸エチルを使用して温泉中の銅を分析すれば、水溶液の約 12 倍、MIBK の約 2 倍の感度を得ることができる。これによって検体の量を少なくし測定時間を短縮できる。
- 4) アンモニアアルカリ性でも一定に分離抽出されることにより、EDTA、KCN などのいんべい剤の使用が可能となり特定物質を精度よく分析できる。

### 31. 鳴子温泉における硫化水素ガス中毒死について

東北大・医 杉 山 尚

温泉の硫化水素による急性中毒死の剖検例を経験した。症例は 21 才女子、学生、既往に特記すべきことはない。昭和 44 年 8 月 25 日午後 6 時 50 分頃鳴子町より給湯を受け簡易なガス分離装置使用の自宅浴場で湯を貯めようとしている時に突然転倒、嘔吐し意識消失、呼吸停止を来し直に蘇生術施行するも、肺水腫の状態となり不変のまま経過し第 9 病日に死亡した。発症 24、36 時間後の脳液は平担であり、大脳機能の消失と考えられた。死後 10 時間で剖検を行ったが、特異な死斑は見られず、一般的な窒息死の所見であった。事故の起きた温泉は 3 泉の混合物であり、その一は含食塩芒硝硫化水素泉であり、これを直接パイプで自宅浴室にひき簡易なガス分離装置を通して浴槽に導いていたもので、事故 5 日後に北川式検知管を用いた測定では浴槽内で 200ppm の  $\text{H}_2\text{S}$  と 500ppm の  $\text{CO}_2$  を検出している。

$\text{H}_2\text{S}$  の致死量は 1800ppm で 200ppm では呼吸に重大な影響はないとされているが、一度  $\text{H}_2\text{S}$  中毒に罹患すると  $\text{H}_2\text{S}$  に対し敏感となるとされており、対照にとった鳴子在住の胃潰瘍手術患者の肝臓にも同量の  $0.5\mu\text{g}/\text{g}$  の  $\text{H}_2\text{S}$  を検出したことは鳴子在住者の慢性の  $\text{H}_2\text{S}$  中毒の存在も疑われ、そのために低濃度でも重篤な症状を示したとも考えられる。 $\text{H}_2\text{S}$  中毒の作用機序は粘膜湿潤面での  $\text{Na}_2\text{S}$  の形成、あるいは肺を経て重金属酵素の阻害による細胞内呼吸麻痺などといわれている。

以上急性  $\text{H}_2\text{S}$  中毒の剖検例を報告した。

### 32. 臨海（虎杖浜）温泉群の化学成分

北海道衛生研究所 中谷省三・都築俊文

登別町臨海温泉および白老町虎杖浜温泉の湧出機構を知る目的で、それらの化学成分について検討を試みた。

両温泉の湧出口群はほぼ東西の流岸沿いに長さ約4軒にわたって細長く分布し、その数は調査時(1967)35である。これらの温泉群は泉温30~50°C、蒸発残渣0.25~4.0g/lの温泉で、単純泉、食塩泉、および芒硝泉に区別される。

これらについてその泉温および主要化学成分組成の相関について検討した結果、この温泉群は三つの異なった湧出機構に支配されていることが考えられた。

即ち、

- 1) 登別群: 西部に分布する一群で湧出起因 A (泉温47~54°C, 蒸発残渣1.8~2.1g/l, SO<sub>4</sub>/Cl 3.1-3.2) と地表水が混合湧出する群
- 2) 臨海群: 中央部に分布する群で、湧出起因 B (泉温12.5~48°C, 蒸発残渣9.4~3.2g/l, SO<sub>4</sub>/Cl 0.4~0.5) および起因 C (泉温50~51°C, 蒸発残渣0.9~1.0g/l, SO<sub>4</sub>/Cl, 0.05~0.08) の混合湧出する群
- 3) 虎杖浜群: 東部に分布する群で、起因 C と通常の地下水との混合湧出するもの。

### 33. 虎杖浜・竹浦温泉における自噴井の湧出を停止させた場合に みられる湧出管内の水圧上昇の2型

北大・理 福富孝治, 中尾欣四郎, 浦上晃一, 大槻 栄, 三好日出夫

虎杖浜・竹浦地域の温泉水は地下300m以深の新第三紀の帯水層中に貯溜されているが、その水圧が高く、さく井管によって地上に自噴する。これらの自噴井の湧出を急に停止せしめると、湧出管内の水圧は上昇するが、時間経過に対してゆっくりと上昇する型と急に上昇して一定値に達する型と2種あることを測定の結果確めた。この2つの型は、温泉帯水層に地下深くから温泉水を供給する割れ目とこの自噴井との距離が大きいか小さいかによって生ずることを推論した。この温泉地域の中央部では短時間に一定値に達する型の温泉が多いことから、このような割れ目が数多く存在し、いわゆる裂か層状温泉をなしていると判断した。

### 34. 竹浦西部地域における温泉の湧出機構

北大・理 福富孝治・中尾欣四郎・浦上晃一・大槻 栄・三好日出夫

竹浦西部地域の温泉は裂か層状温泉をなしているが、この温泉帯水層は北方山地の地下および海底まで拡がっていると推察され、海の潮汐の影響が温泉の静止水頭変化として観測される。海岸平野における温泉について測定された静止水頭の平均海面上高度と海岸距離との関係、潮汐の影響、海岸平野における温泉数とその平均湧出量、温泉が僅かしか存在しなかった頃の静止水頭高の値等を用いて地下構造を推定した結果、海底下の温泉帯水層は海水との流通はないと考えるのが妥当であると結論し、地層の各常数などを求めた。

### 35. 虎杖浜・竹浦温泉の高水圧とその低下について

北大・理 福富孝治・中尾欣四郎・浦上晃一・大槻 栄・三好日出夫

この地域の海岸平野に沿って深さ300m~700mの削井によって現在59口の温泉が湧出している。温度は28~52°Cである。この土地には元来天然湧出の温泉は全くなかったが、昭和37年7月この西方登別駅

付近で深さ450mのボーリングにより54℃の温泉が得られて以来、当地域の西側から漸次掘削が行われ今日の状況となった。開発の当初は1湧出口で全開湧出量200~3600l/min(平均1280l/min)という多量の温泉が自噴した。水圧も他地域の温泉と比較して著しく高く、昭和41年秋、筆者らはNo.25井において水柱に換算して地上29.5mの水圧を、昭和42年春にはNo.20井において17.7mの水圧を測定した。

昭和44年11月、この地域の温泉調査を行ったが、1湧出口の全開湧出量は165~2500l/min(平均745l/min)、その水圧は湧出口上3~16mであった。全開湧出量を合計すれば45000l/minとなるが、すべての湧出口を全開すれば水圧低下が起こるので、このような値にはなり得ない。現在は湧出口のバルブをしめて使用しているので使用量の総計は9000l/min程度である。

開発後数年間に温泉が急増したが、それに伴って水圧低下、温度低下がすでに起っている。これらの問題について述べる。

会 員 名 簿

昭和42年8月30日現在

市 野 井 直 雄

千 益 正 山 (調 査 員) 櫻 夫 (調 査 員) 藤 崎 川 雄 (調 査 員) 山 田 健 一 (調 査 員) 口 俣 高 人 (調 査 員) 川 原 貞 夫 (調 査 員) 長 谷 富 雄 (調 査 員) 土 林 義 幸 (調 査 員) 田 中 忠 夫 (調 査 員) 田 中 忠 夫 (調 査 員)

調 査 員

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄 調 査 員 長 谷 富 雄

(調 査 員 名 簿)

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

会 員 名 簿

昭和42年8月30日現在

市 野 井 直 雄

調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄

昭 和 学 校 地 理 学 部 地 理 学 科 調 査 員 長 谷 富 雄