

# 木曾御岳周辺の温泉の化学的研究(第1報)

電気通信大学応用化学教室\*

国分信英・山崎 昶・木下正美・藤塚昭子

(昭和52年2月10日受理)

## Chemical Study of Hot Springs in Mt. Kiso-Ontake Region—I.

Nobuhide KOKUBU, Akira YAMASAKI, Masami KINOSITA, and  
Akiko FUJITSUKA

Laboratory of Applied Chemistry, The University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo 182

### Abstract

Fourteen samples of hot and mineral spring waters were collected from Mt. Ontake region, Nagano and Gifu Prefectures, in August of 1975, and analyzed for  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SiO}_2$ , and evaporated residue. Gas analyses were performed on four gas samples from four springs by gas chromatographic method.

The spring waters are neutral or weak acid (pH 5.4 to 6.4). The temperature of springs ranged from 11.9° to 51.5°C. The chemical composition of springs is varied widely, showing the differences of the conditions and circumstances of spring formation and of the geologic features of the basement rocks. Mutual relations of chemical constituents of the spring waters are discussed. Comparisons of data of Gero hot springs with those of springs in Mt. Ontake region are also presented.

### 1. 序 言

木曾御岳周辺の温泉としては、長野県側では濁川温泉(木曾郡王滝村)、駒の湯温泉(木曾郡木曾福島町)、御岳温泉(木曾郡王滝村)、木曾温泉(木曾郡三岳村)、鹿の瀬温泉(木曾郡三岳村)、開田温泉(木曾郡開田村)、西野温泉(木曾郡開田村)、棧温泉(木曾郡上松町棧)、灰沢鉱泉(木曾郡上松町灰沢)、鹿の湯温泉(木曾郡大桑村小川)、岐阜県側では濁河(にがりご)温泉(益田郡小坂町)、下島(したじま)温泉(益田郡小坂町)、湯屋温泉(益田郡小坂町)、乗政温泉(益田郡下呂町)、下呂温泉(益田郡下呂町)などが知られている。これらのうちで下呂温泉・濁河温泉・濁川温泉を除けば、いずれも泉温は低く加熱浴用としているものが多い。筆者らは御岳周辺の温泉について化学的研究を行っているが、今回は第1報として木曾郡開田村・三岳村の自然湧出の諸鉱泉、濁川・駒の湯・濁河・下島・湯屋・乗政の諸温泉合計14試料について1975年に行った調査の結果を報告する。

\* 東京都調布市調布ヶ丘1-5-1

2. 地質<sup>1),2)</sup>

木曾御岳周辺の地質は、木曾御岳の火山活動の影響を大きく受けている。御岳火山は美濃古生層と白堊紀の濃飛流紋岩類とが接する破砕帯に沿って火口を開いている。基盤にはそれらの岩石のほかに、主に北東一東麓に分布する地蔵峠火山岩類がある。この火山岩類は第四紀洪積世前期頃の地蔵嶺面形成に引き続き噴出堆積したもので、当時御岳周辺部が準平原的な状態であったことを示している。御岳火山の活動は地蔵峠火山岩類堆積面の開析を進行させた飛驒山地一木曾山地の急激な上昇運動に引続いてはじまった。火山活動開始の時代は洪積世中期と考えられ、この時期から洪積世末期（または沖積世初期）まで火山活動が行なわれた。

御岳火山噴出物はカンラン石玄武岩からシソ輝石角閃石流紋岩までの各種のものが存在するがもっとも多量にみられるものは角閃石やカンラン石を少量含む輝石安山岩である。

木曾御岳西側に見られる流紋岩の層は、濃飛流紋岩とよばれ、木曾飛驒地方に広く分布している中生代末期の酸性火山岩類の総称である。西側が中生代末期であるのに対し、東側は古生代のもと思われる粘板岩、砂岩、チャートなどが多く見られる。

木曾郡開田村に自然湧出している諸鉱泉については、昭和47年に信州大学教育学部地学教室の飯島南海夫教授の調査がある。47年の予備調査に引き続き、さらに48年に精査が行なわれている。この調査は、これらの鉱泉をボーリングした場合、高温の温泉を得られるかどうかという観点を主にして施行されたものである。

飯島教授の報告によれば、<sup>3)</sup> 本地域は主として古生層の水成岩を基盤として、この上に御岳火山の噴出物と地蔵峠安山岩を重ねている。摩利支天火山の新期熔岩も地蔵峠安山岩も温泉の有力な熱源にならない。御岳火山麓に分布する鉱泉ということで、御岳火山と何か関係があると考えたいのであるが、積極的に関係あるともいえないし、また全く無縁のものとも断言できない。<sup>2)</sup>と述べている

本地域には、自然湧出のまま利用されていない鉱泉が柳又・渡合・床並などの地区に知られている。柳又では川底一帯よりガスが無数に噴出しており、床並では断崖の下に1ヶ所、その付近に3ヶ所ガスが噴出している。渡合付近では、従来から知られていた軌道敷下の自然湧出の他に、対岸で無名沢と末川の合流点より10~15m上流と下流の川床からガスが噴出している。また末川と西野川で合する発電所取入口付近に赤褐色の鉱泉徴候が2~3箇所認められるが、ここではガスの噴出現象は認められない。渡合部落北端の水田から湧出する箇所があるといわれる<sup>3)</sup>

渡合付近の地質構造は飯島教授によれば、<sup>3)</sup> 主として古生層の頁岩やチャートが分布し、これに新期安山岩が諸所で重なっていることを観察している。また末川中流の渡合鉱泉付近の河川の流路方向は、ほぼ断層に沿っていることを認めている。

今回調査した各温泉の地質は次のように分類されよう。<sup>4),5)</sup>

地質	温泉名（試料番号）
沖積層	柳又(No.1), 床並(I)(No.2), 床並(II)(No.3), 渡合(No.4), 木曾(No.5) 西野(No.6), 開田(No.7)
洪積層	乗政(I)(No.13), 乗政(II)(No.14)
新期安山岩類	濁河(No.10), 下島(No.11)
流紋岩	濁川(No.8), 湯屋(No.12)
古生層・粘板岩・チャート	駒の湯(No.9)

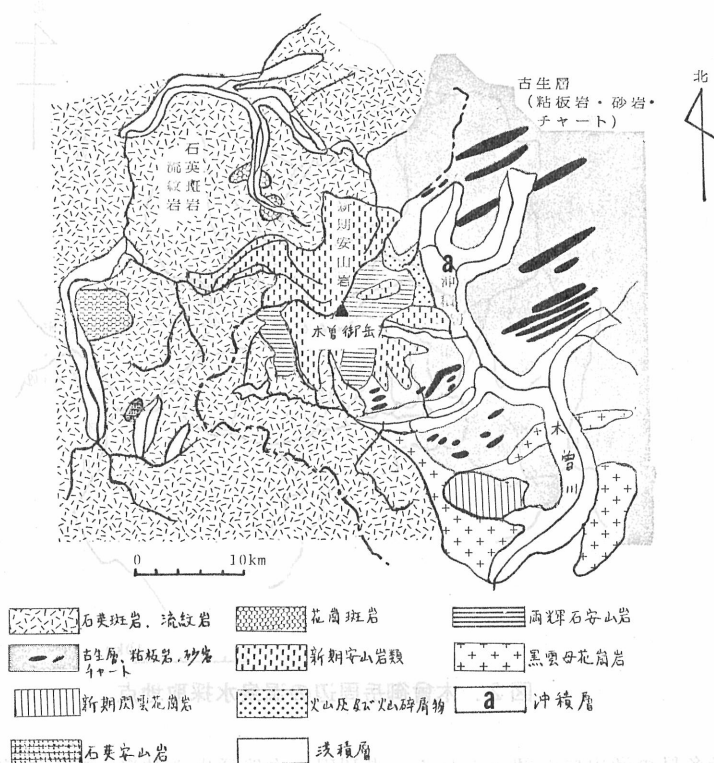


図1. 木曾御岳周辺の地質図<sup>2)</sup>

御岳周辺の地質図<sup>2)</sup>は図1に示した。

### 3. 試料

温泉水の採取地点は図2に示した。採集は1975年7月28日から30日の3日間にわたり行ったものである。

まづ湧出地点で、気温・水温・pH・酸化還元電位などを測定し、2lのポリエチレンびん2本に採水し実験室に持ち帰り溶存成分の分析を行った。また温泉よりガスの噴出が認められるものについては別に用意した小型ウィスキーびん(180ml)を温泉水中に倒立させ水中置換によりガスを集め、びんの下部には若干の温泉水を残してゴム栓で密栓し、そのままの状態を保って持ち帰りガスクロマトグラフによりガス成分を分析した。またあらかじめ真空にして現場に持参した二方コック付のガス採集管を利用してガス採集を行った試料もある。

柳又鉈泉〔仮称〕\* (長野県木曾郡開田村柳又)

西野川の右岸の川床より自然湧出している未利用の鉈泉で、川床には多量の褐色沈殿が認められる。河床各所よりガスも泡出している。本流右岸で採水、ガスも採集。

床並(とこなみ)鉈泉〔仮称〕\* (木曾郡開田村床並)

西野川の左岸の川底の方々にガス泡出が認められ、川底に褐色沈殿物がある。右岸のやや下流

\* 未利用の自然湧出の鉈泉で、地名を冠して仮にこのように命名した。

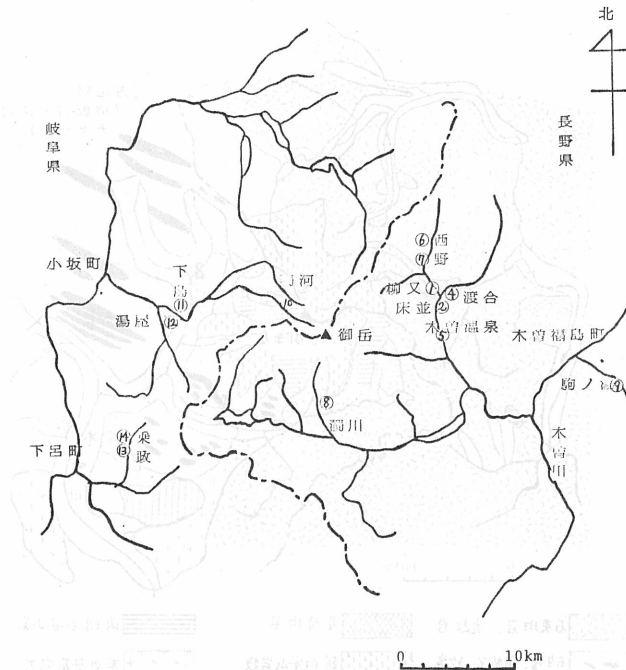


図 2. 木曾御岳周辺の温泉水採取地点

にも褐色沈殿多量の湧出口が認められる。未利用の自然湧出の鉱泉。床並鉱泉(I)と記したものは本流左岸で採水したもので、ガスも併せて採集した。床並鉱泉(II)と記したものは本流右岸山際で採水。褐色の濁りがはじめて認められた。

**木曾温泉** (木曾郡三岳村瀬戸の原)

旅館のすぐ下の西野川の右岸よりガスを盛んに泡出している。この水をポンプで汲上げて旅館で加熱浴用に使っている。川底には褐色沈殿が認められる。湧出口で直接採水した。ガスも別に採集。  
**渡合(どあい)鉱泉**〔仮称〕\* (木曾郡開田村渡合)

末川の右岸の川辺より自然湧出の未利用の鉱泉。川底に褐色沈殿あり。湧出口より採水、温泉ガスも別に採集した。

**開田温泉**〔日の出旅館〕(木曾郡開田村越)

浴槽に褐色沈殿あり。飲用時かすかな硫化水素臭を感じる。旅館の浴場の蛇口より採水。

**西野温泉**〔やまか旅館〕(木曾郡開田村西野上栗尾4253)

浴槽に褐色沈殿あり。飲用時硫化水素臭を感じない。旅館の浴場の蛇口より採水。

**濁川温泉**<sup>6)</sup> (木曾郡王滝村)

木曾御岳の南麓、王滝川の支流濁川の谷間に湧く木曾谷唯一の高温泉。標高1200mの国有林中で、4月上旬から11月上旬まで営業。含土類石膏食塩泉。旅館の外の浴槽より採水。温泉ガスも採集。

**駒の湯温泉**<sup>6)</sup> (木曾郡木曾福島町川上)

木曾駒が岳の木曾側山麓にある鉱泉。加熱浴用。含土類重曹泉。旅館わきの水槽より採水。

**濁河(にごりご)温泉**<sup>6)</sup>〔にごりご荘〕(岐阜県益田郡小坂町落合)

木曾御岳の西側中腹標高1800m、御岳登山路の六合目と七合目の中間にある温泉。濁河川の上

\* 未利用の自然湧出の鉱泉で、地名を冠して仮にこのように命名した。



流, 湯谷の溪谷に望む温泉. 含石膏苦味泉. にごりご荘裏のポンプ小屋湯槽より採水.

**下島(したじま)温泉<sup>6)</sup>**〔仙遊館〕(益田郡小坂町落合)

飛騨小坂駅の東南7km, 御岳飛騨側登山口一合目の約1km下流で, 濁河川の溪畔にある鉱泉. 加熱浴用. 重碳酸土類泉. 仙遊館内の導水管蛇口より採水.

**湯屋温泉<sup>6)</sup>**〔奥田屋〕(益田郡小坂町湯屋)

下島温泉の下流2km, 落合部落から支流の大洞川を約2km溯った溪間にある鉱泉. 加熱浴用. 重碳酸土類泉. 奥田屋前の導水管蛇口より採水.

**乗政温泉<sup>6)</sup>**〔米野旅館〕(益田郡下呂町乗政2791)

益田川の支流, 乗政川に沿う山間の冷鉱泉. 加熱浴用. 含炭酸重曹泉. 乗政温泉(I)は米野旅館裏の水槽より採水. 乗政温泉(II)は乗政川の米野旅館より200m上流の左岸で採水.

#### 4. 分析方法<sup>7)</sup>

分析は以下に記す方法で行なった.

**pH:** pHメーター(東亜電波工業KK製DM-1A型)を用いて測定した. pHメーターが使用不可能のときはテストペーパー(東洋濾紙KK製 東洋pH試験紙)を使用した.

**酸化還元電位:** 東亜電波工業KK製Redox Meter model RM-1を用いて測定した.

**蒸発残渣:** 試料適当量を磁製蒸発皿で蒸発, 105°Cで乾燥し秤量した.<sup>8)</sup> 尚本報告での蒸発残渣(I)と示したものは, 試料を実験室に持帰った後, 生じていた沈殿物を濾過した濾液の蒸発残渣で, 真の意味の蒸発残渣ではない. 沈殿物はほとんどが, 鉄, アルミニウム, シリカと考えられるので, 沈殿物中の鉄, アルミニウム, シリカの105°Cにおける存在状態を夫々FeO(OH), AlO(OH), H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>と仮定し, 計算したものを加えて蒸発残渣値を補正したものを蒸発残渣(II)として示した.

**SiO<sub>2</sub>:** 試料の上澄液については, モリブデン青法による比色分析法<sup>9)</sup>を用い, オート・アナライザーを使用して定量し, 他方沈殿物は重量法により沈殿シリカとして秤量する方法<sup>10)</sup>を用い, 夫々SiO<sub>2</sub>(a), SiO<sub>2</sub>(b)で示した.

**Na<sup>+</sup>およびK<sup>+</sup>:** 炎光分析<sup>11)</sup>

**Ca<sup>2+</sup>およびMg<sup>2+</sup>:** 原子吸光分析<sup>12)</sup>

**Fe<sup>2+</sup> + Fe<sup>3+</sup>:** 原子吸光分析<sup>13)</sup>により試水上澄液中の鉄を定量した. 尚採水ビンに入れ試水を持帰ったとき生じていた沈殿物は濾過し, 沈殿を白金ルツボに移し, 灰化秤量後, フッ化水素酸を加えてシリカを除去し, 重量を再秤量してFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>として出し, これより鉄の濃度を計算した.<sup>10)</sup> 以上2つの方法で得られた値を夫々Fe(a), Fe(b)と表わした. もし試水にマンガン・チタン・アルミニウムが共存していると, それらの含量としての酸化鉄の重量が得られることになる.

**Al<sup>3+</sup>:** 試水を持帰ったとき生じていた沈殿物について重量法により定量した鉄の値と, 上澄液について原子吸光法により求めた鉄の値との差をAlと考え, 計算により出した.

**Mn<sup>2+</sup>:** 上澄液につき原子吸光分析<sup>14)</sup>により定量した.

**F<sup>-</sup>:** 水蒸気蒸留により妨害物を分離した留出液についてフッ素イオン電極法<sup>15)</sup>により定量した.

**Cl<sup>-</sup>:** チオシアン酸水銀を用いた比色分析<sup>16)</sup>

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:** グリセリン・アルコール・塩化バリウム法による比濁分析<sup>17)</sup>

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:** Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn, F, Cl, SO<sub>4</sub>のcation/anionバランスから計算により求めた.

**pH4.8 アルカリ度:** 試水にメチルレッド・ブロムクレゾールグリーン混合指示薬を加え, 0.1N HClで灰紫色(pH4.8)を呈するまで滴定し, 滴定に要した塩酸溶液のml数から計算により出す<sup>18)</sup>

**pH9.0 酸度**：試水にフェノールフタレイン—チモールブルー混合指示薬を加え、0.2 N NaOH 溶液で緑色 (pH9.0) を呈するまで滴定し、滴定に要した NaOH の ml 数から酸度を算出する<sup>18)</sup>。

アルカリ度と酸度は、採水後の放置時間・保存状態によって非常に変化するので、実験室に帰って分析した値はあまり信用できないが、一応の目安を与えるものとして記載した。

**ガス成分\***：温泉ガス成分を CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> と想定し、ガスクロマトグラフ装置を用い分析を行なう。カラムはシリカゲルとモレキュラーシーブ13Xをつないで用いる。導入されたガス試料はシリカゲルのカラムでは (O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>), C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CO<sub>2</sub> の順に分離されるので、CO<sub>2</sub> が流出し終わったところで、polarity を切換えてモレキュラーシーブ13Xカラムで、O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> の相互分離を行なう。装置特性があるから2つのカラムの長さは予備実験により流速の設定と共に予め調節し決定しておく。島津 GC-4 A P T 型ガスクロマトグラフ装置を使用し<sup>19)</sup>、ヘリウムをキャリアーガスとして流した。検出器は熱伝導度ディテクタ (TCD) を用いた。

## 5. 結果と考察

木曾御岳周辺14試料の温泉水の分析結果は表1-a, 表1-b, 表1-cに、温泉ガスの組成を表2に示した。

表1-a 木曾御岳周辺の温泉分析表(その1-a)

番号 (No.)	採水場所	採水年月日	水温(気温) (°C)	pH	酸化還元電位 (mV)	所在地	備考
1	柳又鉱泉	1975.7.28	22.5(26.3)	5.40	145	長野県木曾郡開田村柳又	電導度：550 μS/cm
2	床並鉱泉(I)	"	18.7(26.8)	6.02	130	長野県木曾郡開田村床並	電導度：520 μS/cm
3	床並鉱泉(II)(山際)	"	19.0(26.8)	6.30		長野県木曾郡開田村床並	電導度：540 μS/cm
4	渡合鉱泉	"	15.5	6.05	150	長野県木曾郡開田村渡合	電導度：800 μS/cm
5	木曾温泉	"	19.0	5.65	130	長野県木曾郡三岳村瀬戸の原	電導度：860 μS/cm
6	西野温泉	"	16.8	6.15	235	長野県木曾郡開田村西野	電導度：420 μS/cm
7	開田温泉(日ノ出旅館)	"	14.1	6.05	-70	長野県木曾郡開田村越	電導度：220 μS/cm
8	濁川温泉	7.29	39.4	5.4 (BCG)		長野県木曾郡王滝村	
9	駒ノ湯温泉	"	14.7	6.0 (MR)		長野県木曾郡木曾福島町	
10	濁河温泉	"	51.5	6.35	80	岐阜県益田郡小坂町落合	
11	下島温泉	"	11.9	5.50	155	岐阜県益田郡小坂町落合	
12	湯屋温泉	"	17.6	6.10	-40	岐阜県益田郡小坂町湯屋	
13	乗政温泉(I)	7.30	12.8	6.00	-5	岐阜県益田郡下呂町乗政	
14	乗政温泉(II)	"	13.2	6.40	110	岐阜県益田郡下呂町乗政	

(注) pHはNo.8, No.9以外はpHメーターで測定。

電導度測定は東京農工大学阿部修治助教授によって行われた値を示す。

\* ガス成分の分析方法について、東京農工大学工学部阿部修治助教授に色々御教示・御助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表わす。

表1—b 木曾御岳周辺の温泉分析表(その1—b) 単位: mg/l

No.	採水場所	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	柳又鉱泉	108	11.4	6.9	12.0	<0.1	0.70	41.5	1.5
2	床並鉱泉(I)	93	11.0	19.0	19.0	<0.1	0.85	40.5	4.8
3	床並鉱泉(II)(山際)	93	13.4	32.7	50.0	0.9	0.75	49.0	165.0
4	渡合鉱泉	137	21.6	35.7	50.0	2.1	0.80	100.0	2.6
5	木曾温泉	158	21.0	39.9	59.0	3.6	0.90	91.5	91.3
6	西野温泉	54	6.0	10.2	21.0	<0.1	0.63	0.1	0.1
7	開田温泉(日ノ出旅館)	18	0.9	3.6	12.5	<0.1	0.43	8.0	0.1
8	濁川温泉	735	68.0	91.3	112.5	0.1	0.70	760.0	645.0
9	駒ノ湯温泉	60	5.2	56.3	174.0	<0.1	0.26	13.5	0.1
10	濁河温泉	306	4.6	78.0	150.0	0.8	0.40	139.5	800.0
11	下島温泉	140	5.0	3.0	35.0	0.4	0.63	64.0	2.8
12	湯屋温泉	1260	4.8	10.2	135.0	5.3	4.00	850.0	0.1
13	乗政温泉(I)	158	4.6	1.5	31.5	0.7	1.75	50.1	3.8
14	乗政温泉(II)	245	6.0	2.0	22.5	<0.1	1.50	80.0	0.1

表1—c 木曾御岳周辺の温泉分析表(その1—c) 単位: mg/l(アルカリ度と酸度はmeq/lで示した)

No.	採水場所	蒸発残渣 (I)	蒸発残渣 (II)	Fe (a)	Fe (b)	Al	SiO <sub>2</sub> (a)	SiO <sub>2</sub> (b)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (calc.)	pH4.8 アルカリ度 (meq/l)	pH9.0 酸度 (meq/l)
1	柳又鉱泉	366	405	16.5	21.5	5.0	59.1	0.8	336	4.8	7.8
2	床並鉱泉(I)	373	380	2.7	2.9	0.2	50.5	1.7	310	5.1	2.8
3	床並鉱泉(II)(山際)	612	709	39.8	43.2	3.4	87.7	19.8	377	4.9	2.4
4	渡合鉱泉	590	603	5.4	6.2	0.8	92.9	2.0	568	9.9	4.3
5	木曾温泉	774	819	10.6	14.1	3.5	107.9	15.8	587	8.8	12.3
6	西野温泉	282	306	9.9	11.8	1.9	60.8	3.3	288	4.4	1.6
7	開田温泉(日ノ出旅館)	134	164	13.1	16.0	2.9	24.8	2.1	119	1.6	1.0
8	濁川温泉	2786	2814	9.1	14.5	5.4	229.0	1.0	750	16.6	4.8
9	駒ノ湯温泉	564	589	11.3	13.4	2.1	78.8	1.7	982	25.8	13.5
10	濁河温泉	1804	1811	1.5	3.1	1.6	196.9	1.1	415	11.9	2.2
11	下島温泉	466	482	6.3	8.7	2.4	33.4	0.3	400	5.4	13.0
12	湯屋温泉	3354	3390	16.6	19.2	2.6	77.0	2.7	2387	40.9	16.4
13	乗政温泉(I)	506	510	1.0	1.8	0.8	35.1	0.3	437	7.0	3.3
14	乗政温泉(II)	674	676	0.4	0.9	0.5	51.4	0.3	597	10.0	2.2

- (注) 1. 蒸発残渣(I)は、濾過後の試水の蒸発残渣量、蒸発残渣(II)は、蒸発残渣(I)に重量法で出した値を加えて補正した値。  
 2. Fe(a)は原子吸光法、Fe(b)は重量法による値。  
 3. Alの値は、Fe(b)とFe(a)の差をAlと考えて計算により出した値。  
 4. SiO<sub>2</sub>(a)は溶存シリカ(比色法)、SiO<sub>2</sub>(b)は沈殿シリカ(重量法)。  
 5. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は陽イオンと陰イオンのバランスから計算により求めた。  
 6. pH4.8アルカリ度は8月23日測定。  
 7. pH9.0酸度は7月30~31日にかけて測定。

表 2. 木曾御岳周辺の温泉水の噴出ガス分析

噴出場所	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	その他
No. 1 柳又鉱泉	82.3%	3.3%	14.0%	0.47%
No. 2 床並鉱泉	84.4	3.2	12.2	0.23
No. 4 渡合鉱泉	84.5	3.2	12.3	0.0
No. 5 木曾温泉	85.7	2.7	11.6	0.0

### 5・1 泉温

泉温はほとんど10~20℃の範囲で、濁川温泉 (No. 8) の39.4℃と濁河温泉 (No. 10) の51.5℃を除き低温である。泉温と溶存成分の関係を調べたが、一定の規則性は見られない。又泉温と蒸発残渣の間にも一定の関係は認められなかった。

各温泉を泉温で分類すると次のようになる<sup>21), 22)</sup>

冷鉱泉 (<25℃) 柳又・床並 (I), (II)・渡合・木曾・西野・開田・駒の湯・下島・湯屋・乗政 (I), (II) (No. 1~7, 9, 11~14)

微温泉 (25°—34℃) なし

温泉 (34°—42℃) 濁川 (No. 8)

高温泉 (42℃≤) 濁河 (No. 10)

### 5・2 pH

水質要素中、pH値は帯水層の性質・深度にもよるが、特に浅層地下水では、土壌の影響を大きく受け、本邦では、微~弱酸性を示すのが普通である。深層地下水では、第三紀地帯及び新生火山地帯では酸性、古生層地帯では中性~アルカリ性を示すことが知られている<sup>23)</sup> 本地域の調査した温泉は弱酸性及び中性泉のみであった。各温泉をpHで分類すると次のようになる。

弱酸性泉 (pH4—6) 柳又・木曾・濁川・下島

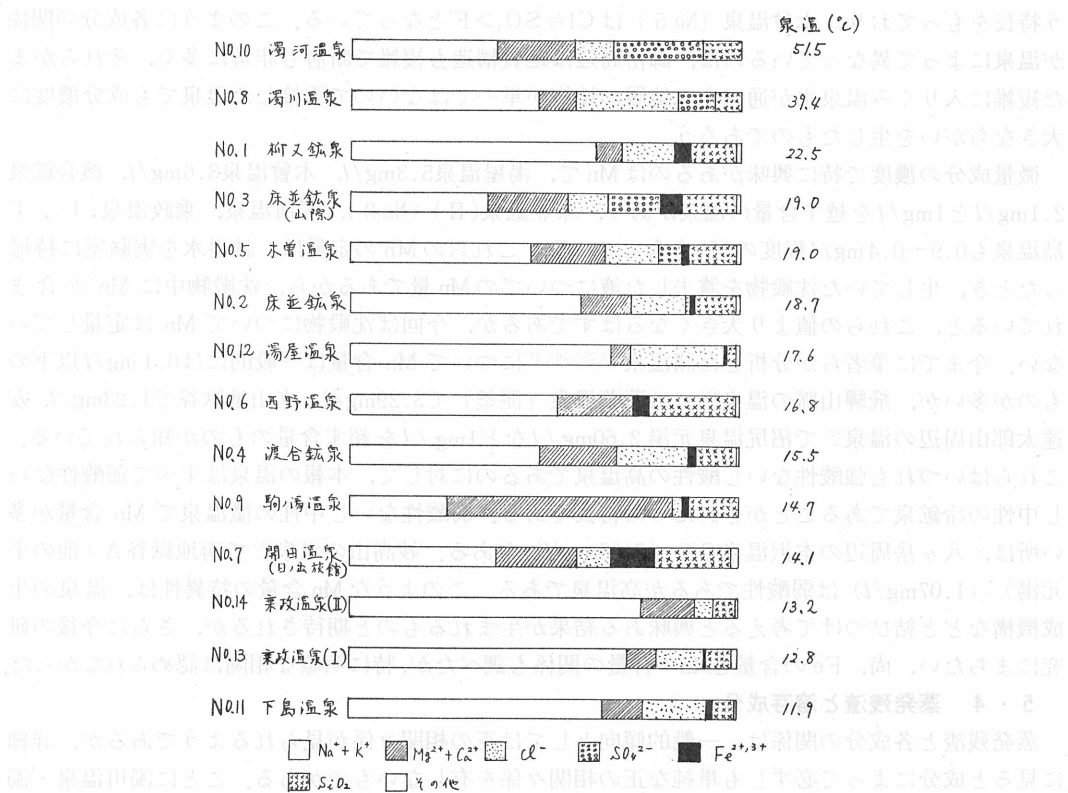
中性泉 (pH6—7.5) 床並 (I), (II)・渡合・西野・開田・駒の湯・濁河・湯屋・乗政 (I), (II)

### 5・3 溶存成分

分析結果より Na, K, Mg, Ca, Cl, SO<sub>4</sub>, F, Mn, Fe, SiO<sub>2</sub> の夫々のミリモル数の合計を100とし、それに対し (Na+K), (Mg+Ca), Cl, SO<sub>4</sub>, Fe, SiO<sub>2</sub>, (F+Mn) の割合を図示したのが、**図3**である。**図3**より明らかなように駒の湯 (No. 9) を除いて Na+K が最も多いが、その他の成分の割合は全温泉について一定の関係が認められない。これは、今回の調査範囲がかなり広く、地質も異なっており、温泉生成の環境や条件が異なるためと思われる。駒の湯の主成分は Ca であるが、これは駒の湯だけが古生層から湧出しているの、砂岩などに多く含まれる炭酸カルシウムが溶出したのではないかと思われる。柳又鉱泉・床並鉱泉・渡合鉱泉・木曾温泉 (No. 1~5) は全体的に見れば、成分比がほぼ等しく、これらは採水地点も接近しており、地質も沖積層と同じで、泉質も同じであると見られる。西野温泉 (No. 6) と開田温泉 (No. 7) はボーリングによって得られたものであるが、この2つは距離的には近いが成分比はかなり異っている。

溶存イオン含有量の順位を各温泉について、主要陽イオン、主要陰イオンに分けて**表3**に示した。

陽イオンについてみると、駒の湯を除いて、Na が一番多く、本邦温泉の平均含有量順位 Na > Ca > Mg<sup>20)</sup> と一致し、駒の湯は本邦河川水の平均含有量順位 Ca > Na > Mg > K<sup>20)</sup> と一致する。陰イオンについては床並鉱泉 (No. 3) と濁河温泉 (No. 10) の SO<sub>4</sub> > Cl 型を除いて大体 Cl > SO<sub>4</sub> 型となっている。しかし西野温泉 (No. 6) は F > Cl ≒ SO<sub>4</sub> で、F に比べて Cl が小さく F/Cl > 1 とい



各試料に含まれる Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SiO<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>+3<sup>+</sup> の各々のモル数合計に対する Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>+Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Fe<sup>2+</sup>+3<sup>+</sup>, SiO<sub>2</sub>, その他 (F<sup>-</sup>+Mn<sup>2+</sup>) の割合をグラフ左側からこの順で示した。

図3. 御岳周辺温泉の主要成分の成分比

表3. 溶存イオン含有量順位

No.	温泉名	地質	pHによる分類	陽イオン	陰イオン	泉温
1	柳又	沖積層	弱酸性泉	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup> >Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >F <sup>-</sup>	22.5℃
3	床並(II)	"	中性泉	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >F <sup>-</sup>	19.0
5	木曾	"	弱酸性泉	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> ≒SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >F <sup>-</sup>	19.0
2	床並(I)	"	中性泉	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> ≒Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >F <sup>-</sup>	18.7
6	西野	"	"	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	F <sup>-</sup> >Cl <sup>-</sup> ≒SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	16.8
4	渡合	"	"	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >F <sup>-</sup>	15.5
7	開田	"	"	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> >F <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	14.1
14	乗政(II)	洪積層	"	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup> >Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> >F <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	13.2
13	乗政(I)	"	"	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup> >Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >F <sup>-</sup>	12.8
10	濁河	新期安山岩類	"	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >F <sup>-</sup>	51.5
11	下島	"	弱酸性泉	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup> >Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >F <sup>-</sup>	11.9
8	濁川	流紋岩	"	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >F <sup>-</sup>	39.4
12	湯屋	"	中性泉	Na <sup>+</sup> >Ca <sup>2+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> >F <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	17.6
9	駒の湯	古生層・粘板岩・チャート	"	Ca <sup>2+</sup> >Na <sup>+</sup> >Mg <sup>2+</sup> >K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> >F <sup>-</sup> >SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	14.7

う特長をもっており、木曾温泉 (No.5) は  $Cl \equiv SO_4 > F$  となっている。このように各成分の関係が温泉によって異なっているのは、御岳周辺は地質構造も複雑で断層も非常に多く、それらがまた複雑に入りくみ温泉水が通過する地層の性格が単一ではないので隣接した温泉でも成分濃度に大きなちがいを生じたものであろう。

微量成分の濃度で特に興味があるのは Mn で、湯屋温泉 5.3mg/l、木曾温泉 3.6mg/l、渡合鉱泉 2.1mg/l と 1mg/l を越す含量の温泉があり、床並鉱泉(II) (No.3)、濁河温泉、乗政温泉(I)、下島温泉も 0.9~0.4mg/l 程度の Mn を含んでいる。これらの Mn の定量は、試料水を実験室に持帰ったとき、生じていた沈殿物を濾去した液についての Mn 量であるから、沈殿物中に Mn が含まれていると、これらの値より大きくなるはずであるが、今回は沈殿物について Mn は定量していない。今までに筆者らが分析した諸温泉<sup>24), 25), 26), 27)</sup> について Mn 含量は一般的には 0.1 mg/l 以下のものが多いが、飛驒山脈の温泉<sup>24)</sup> では蓮華温泉 (泥釜) で 3.29mg/l、立山地獄谷で 1.23mg/l、安達太郎山周辺の温泉<sup>27)</sup> で沼尻温泉元湯 2.60mg/l など 1mg/l を超す含量のものが知られている。これらはいずれも強酸性ないし酸性の高温泉であるのに対して、本報の温泉はすべて弱酸性ないし中性の冷鉱泉であることがきわだった特長である。弱酸性ないし中性の微温泉で Mn 含量が多い所は、八ヶ岳周辺の本沢温泉 C<sup>26)</sup> (3.09mg/l) がある。妙高山の温泉<sup>25)</sup> で南地獄谷 A (池の平元湯) (1.07mg/l) は弱酸性であるが高温泉である。このような Mn 含量の特異性は、温泉の生成機構などと結びつけて考えると興味ある結果が生まれるものと期待されるが、さらに今後の研究にまちたい。尚、Fe の含量と Mn の含量の関係も調べたが、特に明瞭な相関は認められなかった。

#### 5・4 蒸発残渣と溶存成分

蒸発残渣と各成分の関係は、一般的傾向としては正の相関々係が見られるようであるが、詳細に見ると成分によって必ずしも単純な正の相関々係を有しないものがある。ことに濁川温泉・濁河温泉は全く特異的な性格を示す成分がいくつかみられる。これは溶存成分の起源・生成機構について、地下深所から上昇する同質の熱水と地下浅所に横たわる低温の地下水との混合という単純なモデルでは不十分で、複雑な地質構造と温泉の生成条件の多様性を反映しているため生成のメカニズムも単純に割り切って考えられないものと思われる。

以上のように、泉温、pH、溶存成分、蒸発残渣などの分析結果を総合して考えると、柳又・床並・渡合・木曾の諸鉱泉 (No.1 から No.5) は比較的似ており、一つのグループと思われる。又乗政温泉 (I)、(II) (No.13 と 14) も同一グループと考えられるが、その他は全く異なった泉質で、特に濁川温泉 (No.8)、濁河温泉 (No.10)、湯屋温泉 (No.12) は特異な泉質を示している。

#### 5・5 温泉ガス

表 2 よりわかるように、温泉ガスは 4ヶ所ともほとんど同じ組成である。CO<sub>2</sub> が主で 82~86%、残りは N<sub>2</sub> 14~12%、O<sub>2</sub> 3% 程度である。温泉中に溶存している温泉ガスは主成分によって分類すると、(1)CO<sub>2</sub> が多い炭酸ガス型、(2)N<sub>2</sub> が多い窒素型、(3)CH<sub>4</sub> が多いメタン型の 3つに分けられる。本報の温泉ガスは(1)の炭酸ガス型であるが、N<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> の割合は空気中の N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 比にほとんど等しく、炭酸ガス型の温泉ガスに一般的な性質である N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 比が空気中のそれより大きいという点と異っている。従って本報の温泉噴出ガス中の N<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> は、ほとんど空気より由来するものと考えられる。

#### 5・6 下呂温泉との比較

今回調査した温泉と、すでに分析が行われている下呂温泉<sup>28)</sup> とを比較考察した。

本報の温泉は、濁河温泉の 51.5℃ と濁川温泉の 39.4℃ を除いて、25℃ 以下の冷鉱泉で、pH は 5.4~6.4 の弱酸性であるのに対して、下呂温泉は、すべて 45℃ 以上の高温泉で、pH も 9 前後のアルカリ性を示す。

溶存イオンについてみると、下呂温泉はフッ素が非常に多く、最高25mg/lまでのものがあり、12mg/l程度のものが最も多いのに対して、今回調査した温泉では、最高4 mg/lで、1 mg/l以下がほとんどである。しかしこのなかでフッ素が比較的多い湯屋温泉・乗政温泉(I)、(II)は、下呂温泉とは距離的には最も近い所にある。木曾御岳周辺の温泉で西に行くほど溶存成分の濃度が大きくなり、東へ行くほど小さくなるという傾向があるが、フッ素についてもこのことがあてはまる。フッ素は御岳西側の湯屋温泉が一番多く、乗政温泉(I)、(II)と続き、御岳東側の駒の湯温泉が最も少ない。

下呂温泉と今回報告の温泉とを併せて考えると、蒸発残渣とNaの間には比例関係が明らかに認められ、NaとClの間にも直線関係が見られる。また下呂温泉はMg+Ca量が非常に小さい特長をもっている。

フッ素と泉温、フッ素とpHの関係を夫々図4と図5に示した。フッ素と泉温の関係は図4から明らかなように下呂温泉のグループと本報の温泉のグループとは明らかなちがいがある。フッ素とpHの関係についても図5からわかるように別のグループをつくっている。下呂温泉は泉温も

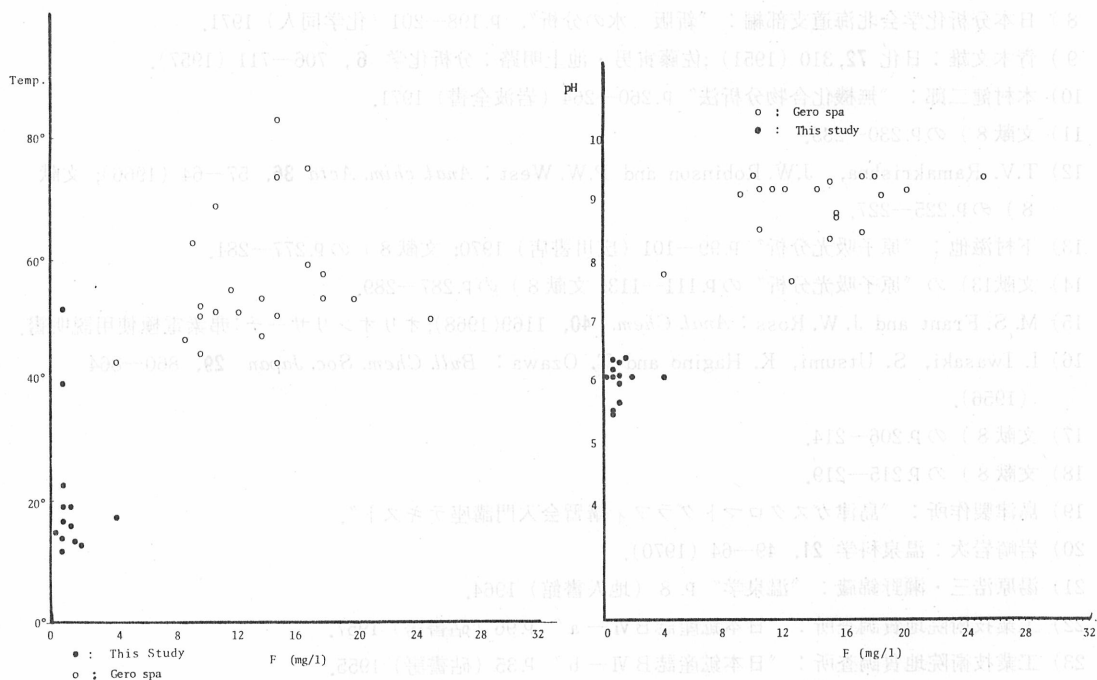


図4. フッ素と泉温

図5. フッ素とpH

高くフッ素含量も大きくpHもアルカリ性であるのに、本報の温泉は泉温は低くフッ素含量は小さくpHも中性から微酸性となっている。しかしこれらの事実から直ちに何らかの推論——例えば地下深所より上昇する熱水と地下浅層の地下水との混合によって温泉が形成された——というようなことを言うのは困難である。本報の温泉と下呂温泉も含めて御岳周辺の温泉水の起源・生成機構について単純なモデルで説明することについては現在の所否定的な證據が多いが、さらに今後の研究によって明らかにしてゆきたい。

#### 謝辞

温泉採水の現地調査に当り、案内をお願いした信州大学教育学部飯島南海夫教授、同行して現



場での測定に協力していただき、分析方法について色々と御教示・御助言をいただいた東京農工大学工学部阿部修治助教授に厚く御礼申し上げる。また、文献など貴重な情報を御恵与下さった中央温泉研究所の甘露寺泰雄博士にも感謝の意を表したい。

## 文 献

- 1) 小林武彦・大森江い・大森貞子：地質調査所月報 **26**, 497—512 (1975).
- 2) 横山次郎：“日本地方地質誌 中部地方 (増補版)”, p.215—216 (朝倉書店) 1966.
- 3) 飯島南海夫：“木曾郡開田村渡合付近の温泉調査報告” 1973年12月20日 (タイプ印刷).
- 4) 長野県地学会：長野県地質図 (内外地図) 1962.
- 5) 牛丸周太郎：岐阜県地質図 (内外地図) 1962.
- 6) 日本交通公社：“全国温泉案内/1200湯”, 1967; “全国温泉案内/1500湯 (改訂4版)”, (日本交通公社) 1976.
- 7) 国分信英・山室隆：電気通信大学学報 **26**, 243—249 (1976).
- 8) 日本分析化学会北海道支部編：“新版 水の分析”, p.198—201 (化学同人) 1971.
- 9) 青木文雄：日化 **72**, 310 (1951); 佐藤寅男・池上明路：分析化学 **6**, 706—711 (1957).
- 10) 木村健二郎：“無機化合物分析法” p.260—264 (岩波全書) 1971.
- 11) 文献8) のp.230—235.
- 12) T.V. Ramakrishna, J.W. Robinson and P.W. West: *Anal. chim. Acta* **36**, 57—64 (1966); 文献8) のp.225—227.
- 13) 下村滋他：“原子吸光分析” p.99—101 (広川書店) 1970; 文献8) のp.277—281.
- 14) 文献13) の“原子吸光分析” のp.111—113; 文献8) のp.287—289.
- 15) M. S. Frant and J. W. Ross: *Anal. Chem.* **40**, 1169(1968); オリオンリサーチ: 弗素電極使用説明書.
- 16) I. Iwasaki, S. Utsumi, K. Hagino and T. Ozawa: *Bull. Chem. Soc. Japan* **29**, 860—864 (1956).
- 17) 文献8) のp.206—214.
- 18) 文献8) のp.215—219.
- 19) 島津製作所：“島津ガスクロマトグラフィ講習会入門講座テキスト”.
- 20) 岩崎岩次：温泉科学 **21**, 49—64 (1970).
- 21) 湯原浩三・瀬野錦蔵：“温泉学” p.8 (地人書館) 1964.
- 22) 工業技術院地質調査所：“日本鉱産誌B VI—a” p.96 (硃書房) 1957.
- 23) 工業技術院地質調査所：“日本鉱産誌B VI—b” p.35 (硃書房) 1955.
- 24) 坂田朗・中村喜一・国分信英：温泉科学 **23**, 125—138 (1972).
- 25) 中村喜一・坂田朗・国分信英：温泉科学 **23**, 158—169 (1972).
- 26) 中村喜一・坂田朗・国分信英：温泉科学 **22**, 1—8 (1971).
- 27) 中村喜一・坂田朗・国分信英：温泉科学 **24**, 7—19 (1973).
- 28) 渡辺周一・谷志郎・天野純二・小瀬洋喜：岐阜薬科大学紀要 **17**, 29—51 (1967).