

長野県山の内温泉群の研究

東京都立大学理学部 野 口 喜 三 雄
 信州大学 教育学部 掛 川 一 夫
 日本原子研究所 村 上 悠 紀 雄
 岩手大学 学芸学部 後 藤 達 夫
 東京都立大学理学部 一 国 雅 巳

(昭和38年6月1日受理)

Geochemical Studies of Yamanouchi Hot Springs, Nagano Prefecture

Kimio NOGUCHI

Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University

Kazuo KAKEGAWA

Faculty of Education, Shinshu University

Yukio MURAKAMI

Japan Atomic Energy Research Institute

Tatsuo GOTO

Faculty of Gakugei, Iwate University

and

Masami ICHIKUNI

Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University

38 samples of hot spring waters and 3 samples of river waters were collected from Yamanouchi Hot Springs, Nagano Prefecture, from the 11th to the 14th of June, 1959 and analyzed. Almost all springs in this district are neutral or weak alkaline with the exception of Araigawara Springs, their pH-values being 4.0~4.3. The highest contents of each chemical component are as follows: CO_2 25.6 mg/l; H_2S 3.1 mg/l; Se 63.4 $\mu\text{g/l}$; Cl^- 899 mg/l; F 1.6 mg/l; HBO_2 107 mg/l; SO_4^{2-} 459 mg/l; Na^+ 542 mg/l; K^+ 65 mg/l; Ca^{2+} 138 mg/l; Mg^{2+} 26.3 mg/l; Fe^{2+} 7.10 mg/l; Mn^{2+} 887 $\mu\text{g/l}$; V 7.0 $\mu\text{g/l}$ and Cr 2.5 $\mu\text{g/l}$. It is clear that all hot spring waters in this district originate from the same alkaline thermal water with its characteristic high content of Na^+ , K^+ , Cl^- , HBO_2 , F and H_2S . Acidic waters which flow out at Araigawara, are formed by the mixture of thermal water and shallow water containing sulphuric acid created by oxidation with air from pyrite.

1. 緒 言

長野市の東方にある山の内温泉群は最近まで平穏温泉として知られているもので、湯田中、

上条, 穂波, 安代, 渋, 角間, 上林, 地獄谷などの温泉から成っている。その中上林温泉だけは地獄谷から約2 km 引湯しているものである。

これらの中, 湯田中, 安代, 渋, 上林, 角間は古くから有名な温泉場であるが, 上条, 穂波は最近ボーリングによつて得られたもので, 地理的には湯田中温泉に極めて接近しており湯田中温泉の一部と見ることも出来る。

近年ボーリングが盛になり, その結果自然湧出の湯の量が著しく減少すると共に, 温度も低下し己むを得ず各自, 湧出口を掘下げた。渋の大湯は共同湯として最も古くよりよく知られた湯で浴槽の底から湯が湧出していたものであるが, 最近湯の水位が低下したためポンプで湯を汲み上げて浴槽に入れている。

この地方の温泉は八木¹⁾, 掛川²⁾, 中村³⁾によつて調査, 報告されているが, 化学成分に関してはあまり詳細な報告はない。筆者らは, これらの温泉群の主成分ならびに微量成分に関し, 温泉相互の関係を究明しようとして本研究を行なつた。現地調査は昭和36年6月11日~14日の4日間に行ない表1の結果を得た。なお温泉の位置は図1に示す通りである。

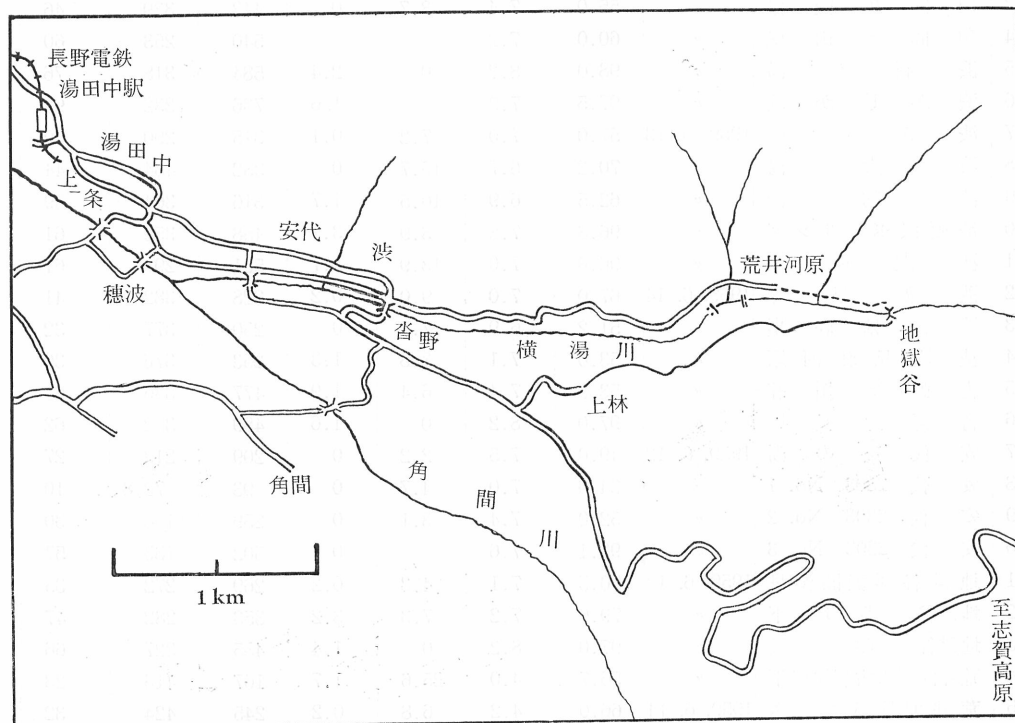


図1 長野県山の内温泉の温泉分布図

2. 分析法

2.1 pH: 現地で比色法により測定した。

2.2 Cl⁻: 試料 20~50ml について Mohr 法によつて滴定した。

2.3 SO₄²⁻: 試料 100~200ml について重量法で求めた。川水のように含量の少ない試料

表 1 山 の 内 温

	源 泉 名	採 水 日	温 度 ℃	pH	CO ₂ mg/l	H ₂ S mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HBO ₂ mg/l
1	湯田中区2号	1959. 6. 11	97.5	8.2	0	1.8	521	315	64
2	湯田中区4号	"	97.2	8.2	0	1.3	834	181	101
3	湯田中区8号	"	98	8.2	0	1.2	899	173	107
4	湯田中区1号隧道	"	27.5	6.6		0	81	76	
5	湯田中区6号	"	98	8.2	0	1.7	615	286	100
6	上条区2号	"	98.0	8.2	0	1.6	631	283	101
7	上条区1号	"	61.3	7.9		0	635	190	97
8	穂波組合2号	1959. 6. 12	25.2	6.9	3.2	0	37	42	6
9	穂波黒岩	"	94	8.2	0	0.3	737	160	86
10	穂波元湯	"	88.0	8.2	0	0	861	182	102
11	穂波高相	"		8.2	0	0	246	100	43
12	角間高島屋	"	52.0	7.2	9.3	0	555	184	66
13	角間越後屋	"	55.0	7.4	3.7	0	443	329	46
14	角間養田屋	"	60.0	7.2			540	253	60
15	渋石の湯	"	98.0	8.2	0	2.4	584	318	76
16	渋かじか荘	"	97.5	7.9		1.6	736	232	92
17	渋かめや	1959. 6. 13	57.0	7.0	7.2	0.1	315	290	40
18	渋大湯	"	70.2	6.7	15.7	0	332	434	44
19	渋初湯	"	62.5	6.9	10.5	1.7	316	364	39
20	渋榎沢ボーリング	"	96.8	7.8	3.9	3.1	458	350	61
21	渋遊園地	"	96.0	7.0	13.9	4.7	581	291	61
22	渋温泉寺	1959. 6. 14	67.0	7.0	9.0	0.2	328	382	41
23	渋月見荘裏	"	51.2	6.9	7.5	0	250	377	32
24	渋月見荘河原	"	53.0	7.1	3.8	1.3	253	376	30
25	沓野天川荘	"	53.5	7.4	6.4	1.9	477	336	61
26	沓野金具屋	"	97.0	8.2	0	1.6	489	332	62
27	安代玉の湯	1959. 6. 12	49.0	7.5	2.2	0	209	213	27
28	安代2303 No. 1	"	34.0	7.0	4.7	0	93	72.8	10
29	安代2303 No. 2	"	52.0	7.4	3.1	0	259	146	30
30	安代2303 No. 3	"	93.1	7.6		0	502	183	57
31	地獄谷塵表閣源泉	1959. 6. 13	70.5	7.1	4.3	0.2	269	272	35
32	地獄谷堰堤下	"	79.0	7.2	7.3	3.2	353	282	47
33	地獄谷噴泉	"	97.0	8.2	0	1.4	485	327	66
34	荒井河原太古岩堰堤下	"	56.7	4.0	25.6	1.7	167	416	23
35	荒井河原5番マス	1959. 6. 14	66.0	4.2	6.8	0.2	245	424	32
36	荒井河原薬師源泉	"	61.0	4.3	6.8	0	165	459	22
37	温泉寺前分湯マス	"	64.5	3.8	0.5	0	253	416	32
38	角間吉ガ沢	1959. 6. 12	11.0	4.5		0	3.6	58	0
39	渋榎沢	1959. 6. 13	77.5	4.1		0	8.2	150	0
40	太古岩下沢水	"		4.8		0	9.5	54	0
41	地獄谷横湯川	"	17.1	6.9	0.3	0	9.2	50	0

泉 群 分 析 結 果

F	Se	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Mn	V	Cr	MO アルカリ度 meq/l
mg/l	μg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l	μg/l	μg/l	
1.2	0	354	40	93.6	1.3	0.45	0	0	0	0.73
0.47	5.4	514	61	74.0	2.1	0.64	2.5	0	0	0.99
0.91	1.9	542	65	69.8	1.6	0.05	23.0	0	0	0.93
0.59	2.0			24.8	2.9	0.05	0	0	0	
0.35	1.7	434	48	79.4	1.9	0.09	0	0	0	1.02
0.86	0	440	46	76.8	4.9	0.13	0	0	0	1.16
1.4	0	426	41	77.2	3.3	0.11	0	0	0	1.41
0.70	1.5	48.0	5.1	9.0	11.2	0.07	0	0	0	
1.5	1.7	450	51	66.0	2.6	0.09	0	0	0	1.04
1.5	1.4	502	42	86.2	2.3	1.04	0	0	0	1.03
	9.7	207	22	12.8	0.85	0.11	0	0	0	
1.4	10.1	335	30	90.6	1.5	0.04	0	0	0	1.08
1.3	5.0	310	20	118	<0.4	0.06	0	0	0	0.85
1.0	0	350	26	109	0.7	0.08	35.0	0	0	0.98
1.6	3.7	386	44	96.8	0.49	0.02	0	0	0	0.87
1.2	3.7	464	57	87.4	0.58	0.03	43.0	0	0	1.20
1.0	0	220	23	90.4	9.2	1.20	0	0	0	0.73
1.2	7.0	244	24	138	6.2	3.10	26.1	4.0	2.5	0.39
1.2	9.2	236	24	119	6.6	0.43	0	0	0	0.66
1.6	27.0	324	34	104	0.2	0.16	0	0	0	0.84
1.5	4.8	354	36	119	2.2	0.03	1.5	0	0	1.02
1.2	0	240	23	121	2.8	0.20	887	1.7	0	0.60
0.89	4.8	186	17	122	10.7	0.01	124	0	0.5	0.62
	0	181	18	120	10.6	0.02	87.0	0	0.2	
1.2	5.2	333	28	112	2.4	0.22	0	0	0	1.14
1.2	9.2	342	35	110	1.4	0.08	0	0	0	0.95
0.9	3.1	176	18	59.6	1.2	0.05	0	0	0	1.01
0.52	3.7	70	9.5	30.4	1.7	0.01	0	0	0	0.83
0.87	2.7	187	23	50.0	0.7	0.07	237	0	0	1.11
1.1	1.9	360	40	60.0	0.85	0.10	0	0	0	0.84
0.95	0	208	20	88.2	1.6	0.12	tr.	0	0	0.57
1.1	14.4	252	28	85.8	2.4	0.10	93.0	0	0.25	0.65
0.60	63.4	354	40	104	0.4	0.16	52.5	6.0	0.2	1.05
0.95	15.8	136	14	80.2	5.0	0.32	775	0	1.3	0
0.89	13.4	183	19			7.10	29.3	0	0.2	0
1.0	4.8	125	15	112	26.3	1.28	717	7.0	0.53	0
1.3	13.8	178	19			0.14	436	3.5	0.40	0
0.22	0	5.0	0.4			0.86	4.0	0	0	
0.29	5.8	4.2	0.6			0.51	301	0	0	
0.24	5.8	4.2	0.4			1.18	52.8	1.5	0.4	
0.23	0	8.2	1.2	17.6	5.8	0.51	7.2	0	0	

に対しては比濁法を採用した。

2.4 HBO₂: 試料 25~50ml を H 形陽イオン交換樹脂柱に通し、流出液を煮沸して炭酸ガスを除去したのち、フェノールフタレインを指示薬として中和し、微紅色を呈する点でマンニットを加え、生成した酸を水酸化ナトリウム 0.02 N 溶液で再び液が微紅色を呈するまで滴定した。

2.4 遊離炭酸(CO₂): 現地で試料 100 ml を N/22 炭酸ナトリウム溶液でフェノールフタレインを指示薬として滴定し、別に充分振盪して大気と平衡にした試料 100ml を同様に滴定した。遊離 CO₂ の含量は 2 つの滴定値の差から算出した。

2.5 H₂S: 現地で容量 100 ml の酸素ビンに静かに試料をとり、炭酸カドミウム 10% 懸濁液を加えて、硫化水素を硫化カドミウムとして固定した。これを実験室にもち帰り、ヨード法で滴定した。

2.7 Se: 試料 0.5~1.0 l に Zn 10 mg と Fe 5 mg をそれぞれ塩類として加えて加温、濃縮し、水酸化鉄の沈殿を生じ始めるまで炭酸ナトリウム 5% 溶液を滴下し、フェノールフタレインを加えて微紅色を呈するまで水酸化ナトリウム 1 N 溶液を滴下した。放冷後沈殿を汙別、硝酸 (1+1) に溶解し、アンモニアで中和した後、EDTA 0.1 M 溶液 10 ml と酸を加えて pH 2~2.5 に調節し、3,3'-ジアミノベンチジン 0.5% 溶液 2 ml を滴下、40 分間放置し、さらにアンモニア水 (1+1) で pH 7 とし、塩化メチレンで生成物を抽出、一定容とし、黄色を 420 m μ で比色した。

2.8 Na⁺ および K⁺: 炎光法で定量した。

2.9 Ca²⁺ および Mg²⁺: EDTA 滴定法により求めた。

2.10 Fe: o-フェナントロリンを用いて比色定量した。

2.11 Mn, Cr および V: これらの定量は同じ試料について行なう。試料 0.5~1.0 l を硫酸酸性にして 50~100 ml まで濃縮し分液ロートに移し、一旦中和し、さらに硫酸を 1.5 N となるまで加えて、クペロン 10% 溶液を沈殿の生じなくなるまで加えておいて四塩化炭素で抽出を繰返した。四塩化炭素を集めて水浴上で静かに加温して四塩化炭素を蒸発させ、残渣を過酸化水素と硫酸で分解した。これに水、硫酸を加えて汙過、過酸化銀試薬を加えて水浴上に 5 分放置し、つづいて急冷した。ここにリン酸 (1+2) 1.0 ml とタングステン酸ナトリウム溶液 0.5 ml を加えて全量を 10 ml とし、420 m μ の吸光度を測定して V を定量した。一方クペロン抽出を行つたあとの水溶液をビーカーに移し、水浴上で蒸発乾涸し、過酸化水素と硫酸を作用させて有機物を分解し、汙過した。汙液を硫酸について 1.5 N とし過酸化銀試薬を作用させ水浴上で 5 分熱し、生じた紫色を 530 m μ で比色して Mn を定量した。Mn を定量した溶液の一部または全部に対して加熱しながらナトリウムアジド 5% 溶液を滴下して MnO₄⁻ の呈色を分解し、急冷、汙過後ジフェニルカルバジト 0.25% 溶液 1 ml を加え、生じた紫紅色を 540 m μ で比色して Cr を求めた。

3. 分 布

3.1 温度: 湯田中 2 号, 4 号, 8 号, 上条 2 号, 渋, 石の湯, かじか荘, 地獄谷などは 97~98°C を示し、極めて高温である。地獄谷噴泉は高さ約 5 m ほど熱湯を噴き上げ、天然記念物に指定されている。湯田中温泉ではボーリングによつて得られた新しい源泉は熱湯を高く噴き上げるものが多いが、8 号井は最も高くふき上げ高さ 20 m に及んでいる。温度の分布

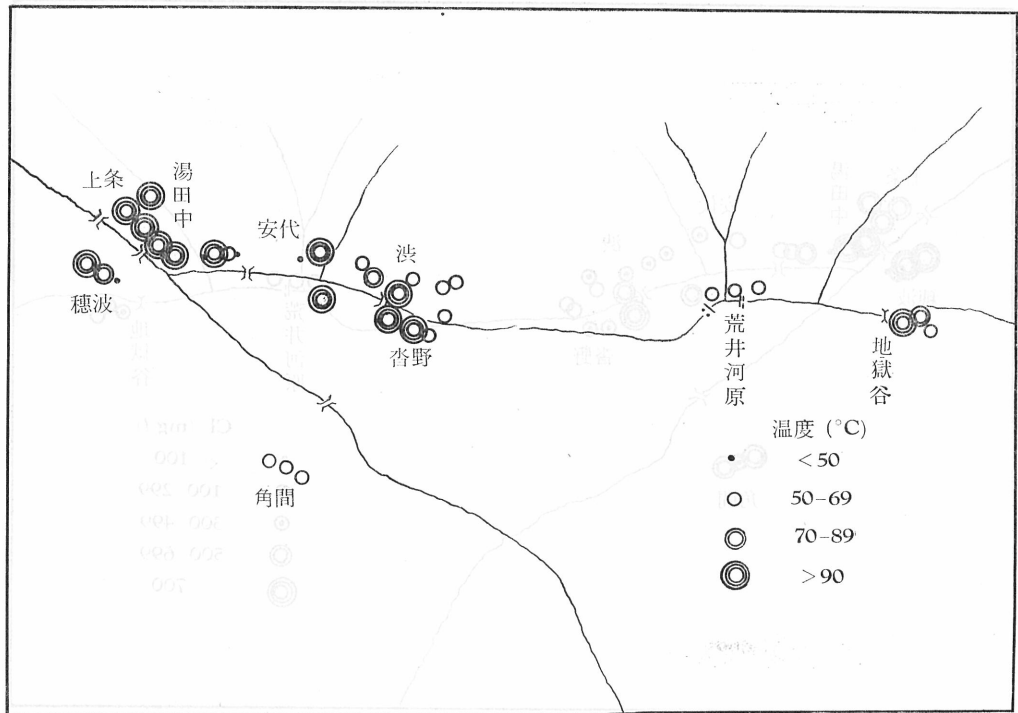


図2 山の内温泉における温度の分布

を図2に示す。

3.2 pH: 山の内温泉群は一般に pH 7~8 を示し、弱アルカリ性の温泉である。荒井河原の湯は pH 4.3 を示し、酸性泉で湯の量も多く、浪まで引湯して入浴に利用している。引湯した湯の pH は温泉寺前分湯マスで 3.3 を示し、源泉の値より酸性が高まっているが、恐らく今回調査した源泉以外にも湯が湧出しているその中には更に酸性の高いものがあるであろう。

3.3 遊離炭酸: 遊離炭酸の含量は一般に少ない。一番多いのは荒井河原太古岩堰堤下に湧出す温泉で 25.6 mg/l を示した。これに次いで浪大湯が多い。

3.4 H₂S: 一般に少ない。浪遊園地 2.7mg/l, 榎沢ボーリング 4.7 mg/l 地獄谷堰堤下 3.2 mg/l などが最も大きい。

3.5 Cl⁻: 最高含量は湯田中8号 889 mg/l, 穂波元湯 861 mg/l, 湯田中4号 834mg/l などであり、これらはいずれも高温である。Cl⁻ の分布を図3に、温度と Cl⁻ との関係を図4に示す。

3.6 SO₄²⁻: 湯田中2号 568 mg/l, 浪大湯 450 mg/l, 荒井河原薬師源泉 458 mg/l などが大きい値である。荒井河原の源泉は一般に SO₄²⁻ 含量が大きく、かつ酸性である。

3.7 HBO₂: 高温の源泉は一般に HBO₂ 含量が大きい。この関係を図5に示す。最高値は湯田中8号の 107 mg/l である。

3.8 F: 温度が高くなるにつれてF含量も増大するが、極めて高温になるとFはかえって減少する。この関係を図6に示した。浪沢ボーリング 1.6 mg/l, 石の湯 1.6 mg/l が大きい

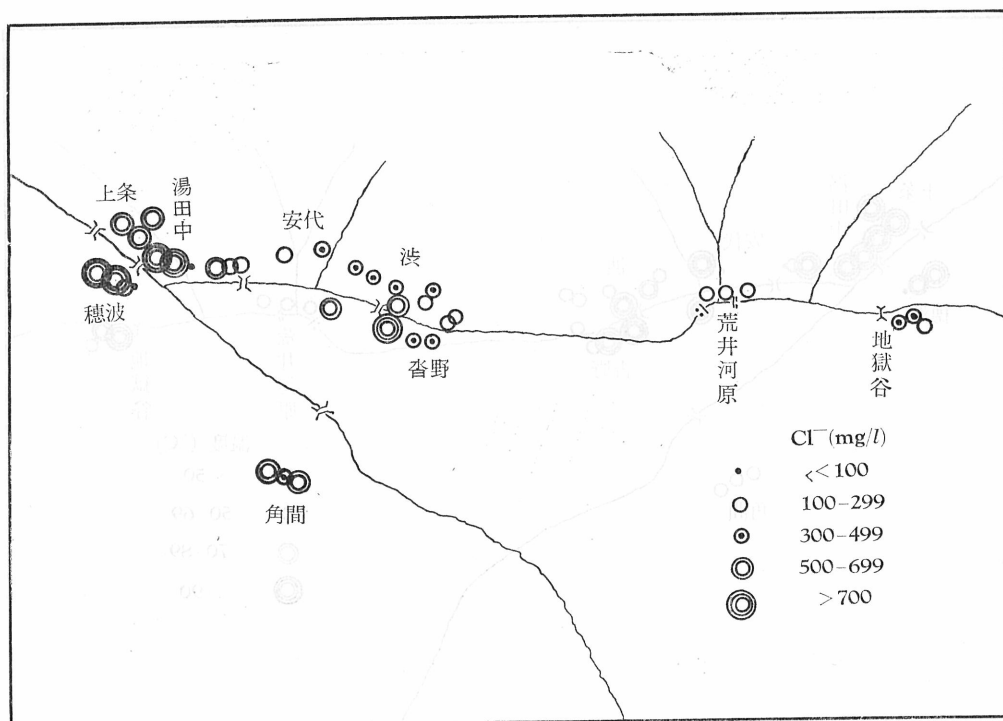


図3 山の内温泉における Cl^- の分布

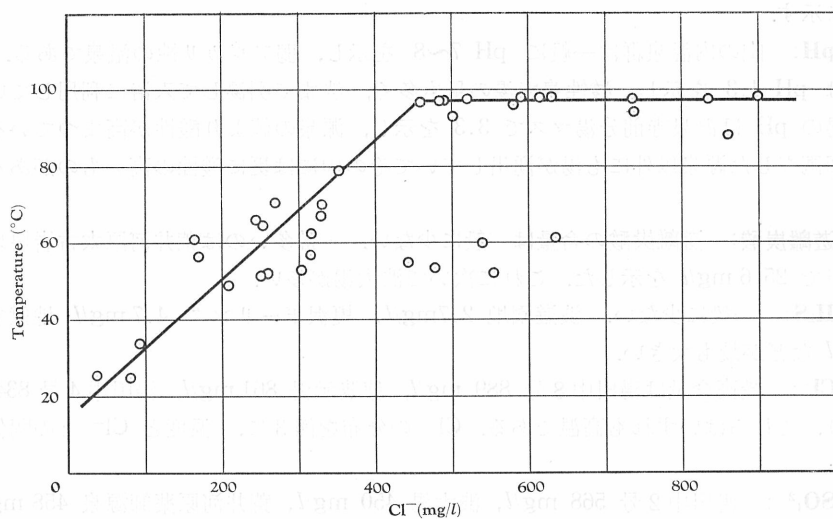


図4 Cl^- と温度との関係. Cl^- 含量の多い割に温度の低いのは角間の源泉群, 上条1号, 杓野天川荘である.

値である. Fの分布を図7に示す.

3.9 Se: 地獄谷噴泉は $63.4 \mu\text{g/l}$ の Se を含み, この地域における最高値である. 渋榎沢

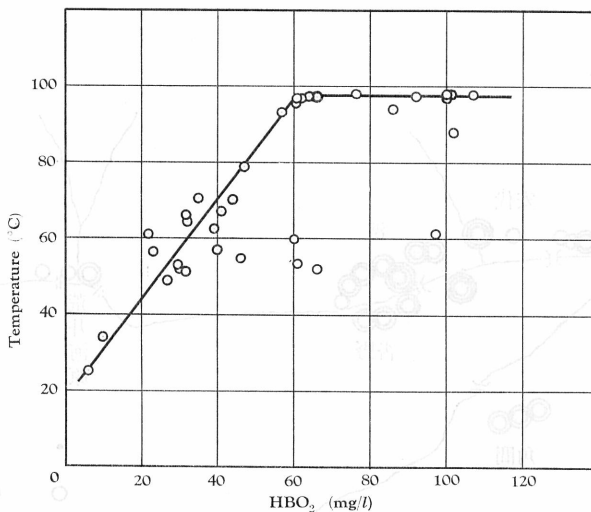


図5 HBO₂ と温度との関係

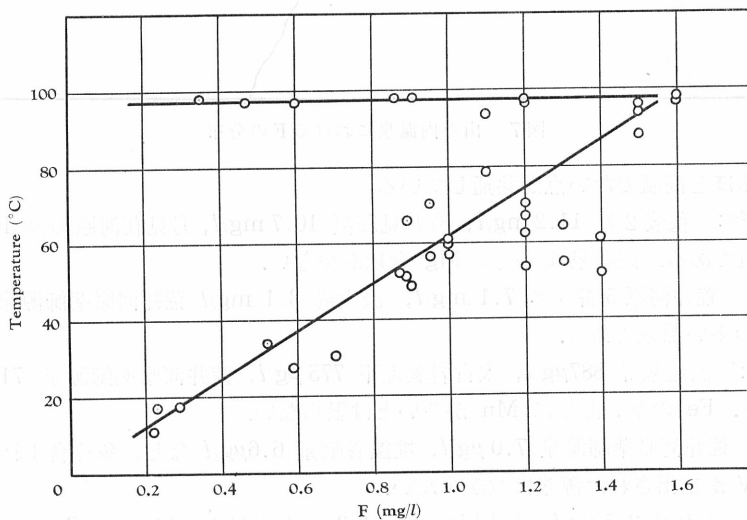


図6 F と温度との関係。F 含量は温度とともに増大するが、沸騰泉ではかえって含量の減少を来しているものが多い。

ボーリングが $2.70 \mu\text{g/l}$ でこれに次ぐ。温度や他の化学成分との特別な関係は見出されない。

3.10 Na⁺: 湯田中 8 号 542 mg/l , 4 号 515 mg/l , 穂波元湯 502 mg/l , 渋かじか荘 464 mg/l などが大きく、Cl⁻ の多いものに Na⁺ も多い。

3.11 K⁺: 湯田中 8 号 65 mg/l 湯田中 4 号 61 mg/l , 渋かじか荘 57 mg/l が大きい値である。K⁺ と Na⁺ との間には著しい相関がみられる。

3.12 Ca²⁺: 渋大湯 138 mg/l , 月見荘裏 122 mg/l , 月見荘河原の湯 120 mg/l , 渋遊園地 119 mg/l のほか角間の源泉が大きい値を示す。これらの温泉はいずれも自然湧出であつて、

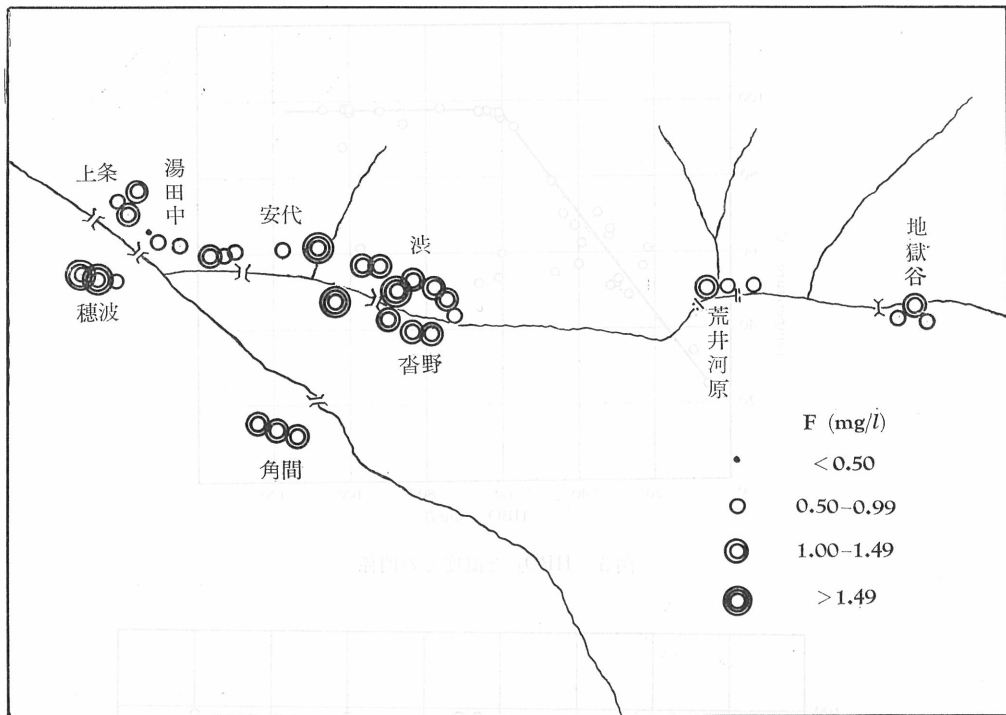


図7 山の内温泉におけるFの分布

湯を吹上げるほど高温でない点が共通している。

3.13 Mg²⁺: 穂波 2号 11.2 mg/l, 洪月見荘裏 10.7 mg/l, 月見荘河原の湯 10.6 mg/l などが大きい値である。高温泉は一般に Mg 含量が少ない。

3.13 Fe: 荒井河原 5番マス 7.1 mg/l, 洪大湯 3.1 mg/l 荒井河原薬師源泉 1.28 mg/l などが Fe の多い源泉である。

3.15 Mn: 洪温泉寺 887 μg/l, 太古岩堰堤下 775 μg/l, 荒井河原薬師源泉 717 μg/l などが注目される。Fe の多い源泉に Mn が多いとは限らない。

3.16 V: 荒井河原薬師源泉 7.0 μg/l, 地獄谷噴泉 6.6 μg/l などに多く含まれている。この地域では V が検出された源泉は数が少ない。

3.17 Cr: 洪大湯 2.5 μg/l, 太古岩堰堤下 1.3 μg/l が目立つ程度で、Cr が検出された源泉の数は少ない。

4. 考 察

4.1 化学成分相互の関係: 山の内温泉群については、Na, K, Cl, F, HBO₂ と温度との間に正の直線関係が成立することはすでに図4, 図5, および図6に示した通りである。また図8から Cl と HBO₂ との間に正の直線関係が認められる。Cl と F との間にも 100°C 付近の高温を示す源泉を除外すれば正の直線関係が成立する。図9はこの関係を示す。噴騰泉においては沸騰に伴って溶存している CO₂ が水蒸気で追出される結果 CaCO₃ が析出、これに CaF₂ が共沈して F の一部が除かれるためと考えられる。湯田中区 6号井の孔口に付着した石

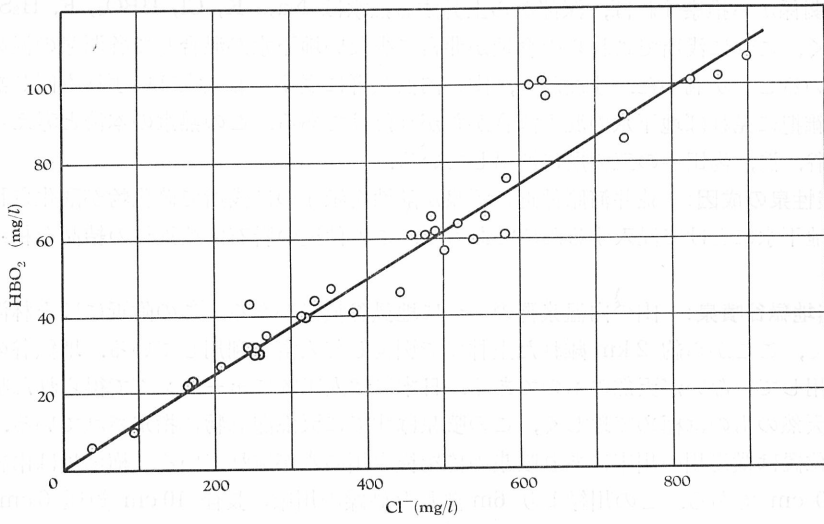


図8 HCO₃⁻ と Cl⁻ との関係

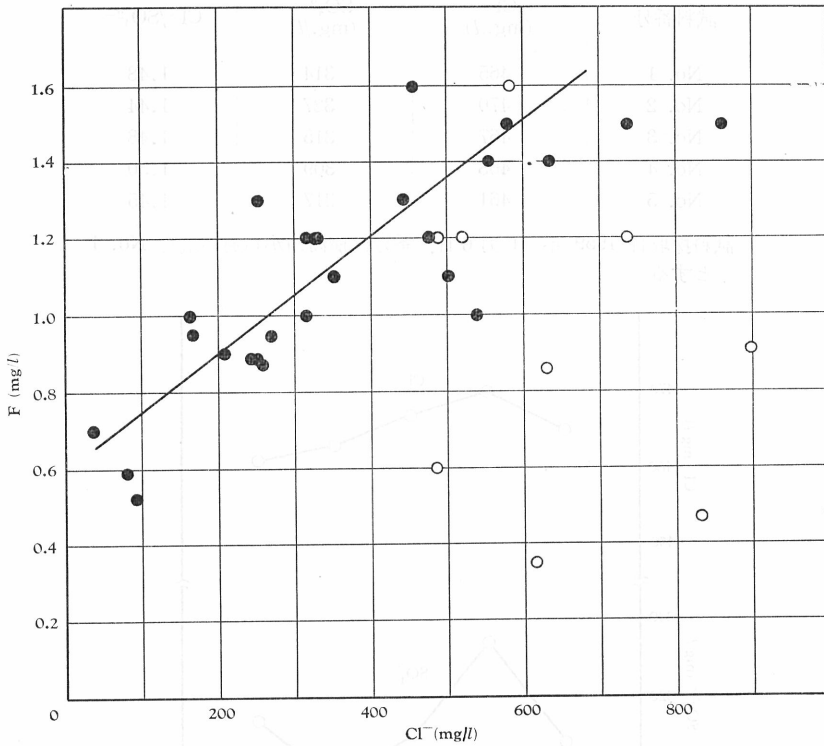


図9 F と Cl⁻ との関係、○: 97°C以上の沸騰泉

灰華を分析したところ CaO 51.40%, MgO 2.19%, F 0.15%の結果が得られ, F の共沈が確認された。

以上の関係から推察すれば、深部から上昇する熱水は Na, K, Cl, HBO_2 , F, H_2S などの含量が多く、これに浅所でこれらの含量が非常に少ない地下水が混合して各源泉の温泉水が形成されていることが判つた。すなわち、山の内温泉群に属する温泉水はいずれも同じ熱水系に属し、大雑把に見れば地下水の混入割合がちがうだけである。この熱水の本流と考えられるものが地獄谷、渋、湯田中の三カ所に湧出している。

4.2 酸性泉の成因： 荒井河原付近の源泉が酸性を示すのは浅所で硫化物が酸化されて生じた硫酸が地下水にとけて混入するためであろう。この付近の岩石は黄鉄鉱の結晶を相当量含んでいる。

4.3 渋地獄谷噴泉： 山の内温泉群の一つに地獄谷噴泉がある。この附近には上林温泉の源泉があつて、ここから約 2 km 離れた上林まで引湯して入浴に利用している。地獄谷の噴泉は入浴に利用していないが天然のものである。日本には人工的にボーリングで得られた噴泉は相当多いが天然のものは極めて珍しく、この噴泉はすでに天然記念物に指定されている。

噴泉の位置は横湯川の川床にあり噴泉の傍を横湯川の水が流れている。横湯川は巾約 5m 水深 30~40 cm である。この川縁より 6m 離れた砂礫の川床に長径 10 cm 短径 6 cm の孔が

表2 渋地獄谷噴泉分析結果

試料番号	Cl^- (mg./l.)	SO_4^{2-} (mg./l.)	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$
No. 1	465	314	1.48
No. 2	470	327	1.44
No. 3	467	315	1.48
No. 4	463	309	1.50
No. 5	461	317	1.45

試料採取日 1959 年 11 月 6 日。番号は横湯川から遠い端を No. 1 とする

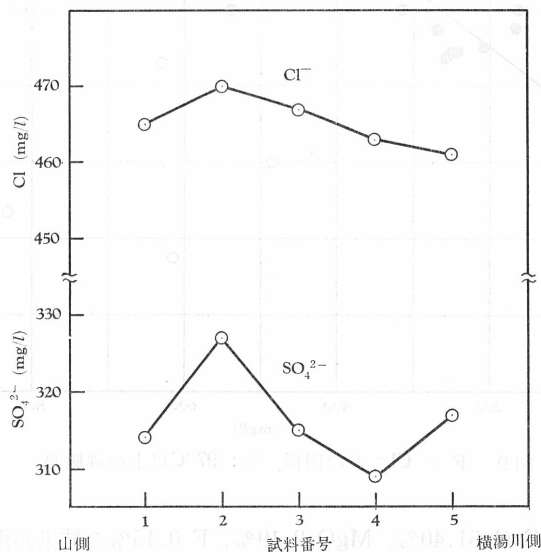


図10 地獄谷噴泉の Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量

あり、ここから勢よく熱湯を約 5 mほど噴き上げている。

この熱湯を噴出孔の長径に沿って左端から右端まで噴出する湯をポリエチレン製の管を用いて 5 本の瓶に分割採水し分析した所、表 2 の結果を得た。

この温泉は弱アルカリ性の温泉で噴出口の温泉は約 100°C である。この分析結果を見ると図 10 に示す通り Cl^- 、 SO_4^{2-} の含量は若干場所により異り、中央付近が含量が多く、川寄の方は山寄りの方より含量が少ないことが明らかになった。このことは川の伏流水が若干熱湯に混入して吹き上げられていることを示すもので甚だ興味ある現象である。この噴泉について更に詳細に調査したいと考えている。

4.3 渋大湯：この源泉は古くから共同湯として胃腸病、リウマチ、中風などに非常によく効くといわれ、永年俚人に利用されていたものである。Ca がもつとも多いこと、Fe, V, Cr の多い点が注目に値する。

この研究は社団法人日本温泉厚生協会研究部における特別温泉研究の一環として行なわれたもので、昭和34年日本温泉科学会第 12 回大会において講演を行った。

文 献

- 1) 八木：長野県山之内温泉について、地学雑誌 44, 126—132, 185—197, 277—284 (1932)
- 2) 掛川、竹内：山の内温泉群の研究 (第 1 報)、信濃教育 No.756, 33—40 (1949)
- 3) 中村：長野県下高井郡平穏温泉調査報告、地調月報 4, 147—156 (1953)