

白根火山及びその周辺の噴気 並びに温泉の地球化学的研究

東京都立大学理学部化学教室 野口喜三雄, 一国雅巳
荒木 匡, 西井戸敏夫
野口 暁, 中川良三

(昭和 41 年 6 月 30 日受理)

Geochemical Study on Fumarolic Gases and Hot Spring Waters of Volcano Shirane and the Surrounding Area.

Kimio NOGUCHI, Masami ICHIKUNI, Tadashi ARAKI, Toshio NISHIDO

Ko NOGUCHI and Ryoza NAKAGAWA.

(Department of Chemistry, Tokyo Metropolitan University)

- 1) The analysis of 3 gas samples collected from the fumaroles in Mt. Shirane on August 31, 1964, was carried out.
The result was as follows:
Orifice temperature 95°C, H₂O 98.5%, CO₂ 1.06%, H₂S 0.23%, SO₂ 0.25%, HCl 0.007%, residual gases 0.022% by volume, and the pH-value and chloride content of the condensate, 1.7 and 129mg/l, respectively.
- 2) The analytical results of 37 water samples collected from the hot springs at Mt. Shirane and the surrounding area in August and September, 1964, were as follows:
Water temperature 27.2~93.5°C, pH 1.4~8.3, Na 12.9~532mg/l, K 1.0~107mg/l, Li 0.007~1.93mg/l, Ca 33.1~550mg/l, Mg 0.44~2.8mg/l, Fe 0.007~381mg/l, Al 0~640mg/l, Cl 13~4005mg/l, SO₄ 186~4386mg/l, H₂S 0~220mg/l, CO₂ 0~800mg/l, As 0.010~1.64mg/l, Zn 0~1.75mg/l, Mn 0.030~32.7mg/l, V trace~1.27mg/l
- 3) The thermal waters at Mt. Shirane and the surrounding area were classified into three groups by the ratios of sodium to chloride, potassium to sodium, magnesium to calcium, lithium to chloride and arsenic to chloride. That is, I) Kagusa and Kusatsu acid hot springs, II) Shima, Hanashiki, Yunohira, Kawarayu, Kawanakayu and other hot springs, all of which were neutral or weak alkaline, and III) Manza and Okumanza acid hot springs.
- 4) The zinc content of hot spring waters increased as the pH-value decreased.
- 5) As for the hot spring waters, of which the pH-values were lower than 3, vanadium content increased as the pH-value decreased. All the hot spring waters, with pH values that were higher than 4, were very poor in vanadium.

1. 緒 言

活火山白根山は現在火山活動が沈静状態にあるが、山頂には湯釜と呼ばれる強酸性の火口湖があるほか、塩化水素、硫化水素、亜硫酸ガス等を多量に含む火山ガスが噴出している。中腹には毒ガスのためしばしば動物が死する殺生河原がある。また酸性泉として草津、香草、万座等の温泉が良く知られている。白根山から稍離れた位置には花敷、湯の平、川原湯、四万、沢

渡等の中性ないし弱アルカリ性温泉が存在する。

従来の研究状況を見るに、白根山頂に噴出するガスについては1960年岩崎¹⁾等が調査した。その結果によれば噴気孔温度 148°C を示し、その組成は H₂O 94.4% のほか HF, HCl, SO₂, H₂S, CO₂ 等が含有されることが明かになっている。この地域で最も有名な草津温泉を始め万座温泉、四万温泉などについては古くより国立衛生試験所で分析した結果が報告されている²⁾。また地球化学的見地からなされた研究としては山県ら³⁾の群馬県下の温泉に関するものや、坂本ら⁴⁾の四万温泉に関するものがあり、草津温泉の湧出機構は三浦⁵⁾により研究されている。万座温泉、草津温泉のヒ素含有量については綿拔⁶⁾並びに野口・伊沢⁷⁾の報告がある。更に銅亜鉛含有量については一國⁸⁾の報告が知られている。

著者らは先に白根山に比較的近い長野県山ノ内温泉について調査し、その結果を本誌に報告した⁹⁾。今回は白根山及びその周辺に見出されるガス並びに温泉水について、それらに含まれる主成分並びに微量成分を調査し、温泉水における成分相互の関係並びにその原因を地球化学的に究明しようと試みた。

2. 測定方法

(1) ガス分析

噴気孔ガスの分析には噴気孔中に毛細管を挿入し、これによってガスをハルデン型ガス分析装置へ導いて分析した。即ち水分は容積測定管中に凝集した液体の水の体積を測定して求めた。H₂S は炭酸カドミウムの懸濁液に試料ガスを通して硫化カドミウムの沈殿をつくり、これをろ別して後この沈殿に塩酸と一定量のヨウ素のヨウ化カリウム液を加え、残ったヨウ素をチオ硫酸ナトリウムで滴定した。

SO₂ は試料ガスをヨウ素のヨウ化カリウム溶液を通して残ったヨウ素量をチオ硫酸ナトリウムで滴定してガスによるヨウ素消費量を求め、この消費量から硫化水素に基因する消費量を差引いて亜硫酸ガスに基因する消費量を求めた。一方分析に際し、H₂S と SO₂ の反応により多量の S が析出する。従ってここには S, H₂S, SO₂ を水酸化カリウム液に吸収させて後過酸化水素で酸化してこれらを硫酸にかえて定量し、これより算出した総イオウより先に求めた H₂S 及び SO₂ に基因する S を差引いて残った S を H₂S と SO₂ との反応で生成したものと仮定して、これを H₂S 及び SO₂ に換算した。このようにして得た H₂S 及び SO₂ を先に求めた H₂S 及び SO₂ に加算した。

CO₂ は試料ガスに含まれる酸性ガスをことごとく水酸化カリウムの水溶液に吸収せしめ、その際のガスの体積の減少から H₂S 及び SO₂ に基因する量を差引いて求めた。

(2) 水の分析

1. 水 温 : 留点水銀温度計を使用した。
2. pH : 現地で比色法を採用した。
3. Na, K, Li : Fe 及び Al を水酸化物として, Ca を炭酸塩として除去して後ろ液について炎光分析法により定量した。
4. Ca 及び Mg : EDTA 滴定法により求めた。
5. Fe : o-フェナントロリンを用いて比色定量した。

表 1 白根山噴気孔ガス及び草津温泉ガスの組成

ガス試料名	測定年月日	噴気孔の温度 °C	H ₂ O Vol.%	CO ₂ Vol.%	H ₂ S Vol.%	SO ₂ Vol.%	HCl Vol.%	R Vol.%
1 白根山頂南側	1964. 8. 31	95.0	98.5	1.06	0.23	0.25	0.007	0.022
2 白根山北側中腹	1964. 9. 1	105	97.2	2.35	0.30	0.14	0	0.025
3 殺生河原	1964. 9. 2	94.0	91.6	7.02	1.04	0.14	0	0.24
4 白旗の湯	1964. 8. 30	67.0		84.6	1.1	0.5	0	13.8
5 湯畑	1964. 8. 30	66.5		83.6	1.4	0	0	15.0
6 地藏ノ湯	1964. 10. 16	64.5		86.2	1.8	0	0	12.0
7 松ノ湯	1964. 10. 16	33.0		0.3	0	0	0	99.7

表 2 白根山噴気孔ガスの凝縮水

ガス試料名	測定年月日	噴気孔温度 °C	pH	酸度 M.O. meq/l	Cl mg/l
1 白根山頂南側	1964. 8. 31	95.0	1.7	27.0	127
2 白根山北側中腹	1964. 9. 2	105	4.4	0.0	1.0
3 白根山頂北側	1964. 10. 15	93.0	4.5	0.0	1.3
4 殺生河原	1964. 9. 1	94.0	4.2	0.0	0.5

6. Al : 水酸化物として沈殿せしめて後重量分析した。
7. Cl : モール法により定量した。
8. SO₄ : 試料を 100~200ml 用いて重量分析法で求めた。
9. H₂S : 試料を 100ml の酸素ビンに静かにとり、炭酸カドミウムを加え H₂S を硫化カドミウムとして固定して後これを実験室へ持帰ってヨウ素滴定法で定量した。
10. 遊離炭酸 (CO₂) : 現地で試料 100ml を N/22 Na₂CO₃ 液でフェノールフタレンを指示薬として滴定し、別に試料をとり充分振盪して大気と平衡状態まで CO₂ を追だし同様の方法でこれを滴定し両者の差から遊離炭酸の量を求めた。
11. As : 試料に鉄 (III) 塩を加え、アンモニア水を滴下してヒ素を水酸化第二鉄と共沈させ、次にこれを硫酸でとかし、ヨウ化カリウム溶液で還元後キサントゲン酸カリウムと四塩化炭素でヒ素を抽出しモリブデン青法で比色定量した。
12. Zn : 試料を硫酸酸性で煮沸して硫化水素を追出して後緩衝液 (pH4.75)、チオ硫酸ナトリウム溶液を加えジチゾンの四塩化炭素溶液で亜鉛を抽出し比色定量した。
13. Mn : 試料を硫酸酸性にして後蒸発乾涸し、この固形物に少量の硫酸を加え次に過ヨウ素酸カリウムで酸化して生じた MnO₄⁻ の呈色を比色定量した。
14. V : 試料を硫酸酸性で蒸発乾涸し、これに少量の硫酸を加えバナジウムを 5 価の状態に N-ベンゾイルフェニルヒドロキシシリアミン-クロロホルム抽出法で比色定量した。

3. 結 果

1. 噴気孔ガス

白根山頂附近で最も高温を示す南側噴気は温度 95°C を示した。1960年 6月19日岩崎らが山

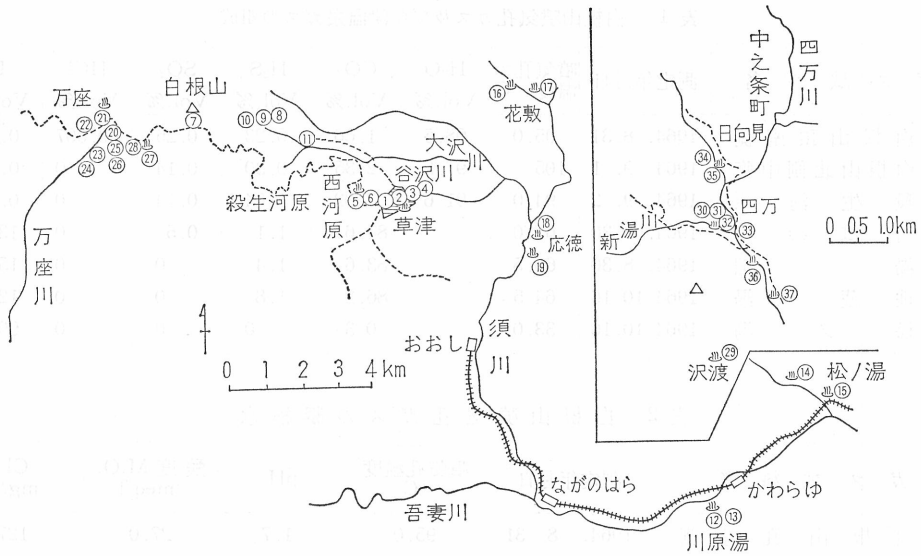


図1 採水点位置 (数字は試料番号を表わす)

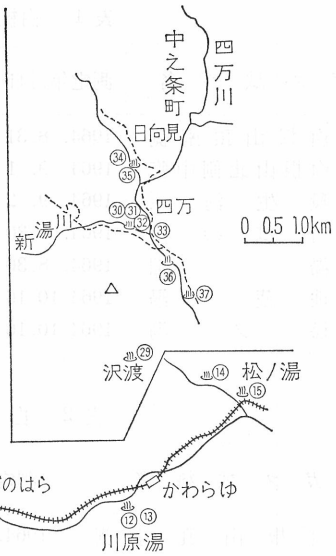


図2

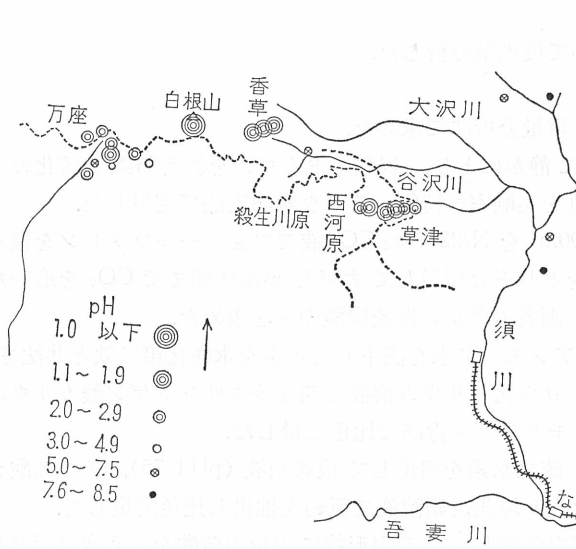


図3 pH の分布

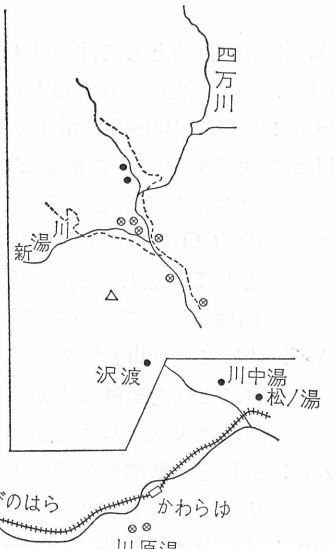


図4 pH の分布

頂の噴気を調査した結果によれば噴気孔温度 148°C を示した. この値と現在の温度とを比較すると近年かなり噴気孔温度が低下していることが明らかである. 然しこの噴気孔ガスは現在もなお塩化水素を含有する点が注目値する. 著者らの調査した1964年8月31日の分析結果によれば噴気の 98.5Vol.% は水蒸気であり, その他に H₂S 0.23%, SO₂ 0.25%, CO₂ 1.06%, HCl 0.007% が含有されている. この噴気より水冷却法で得た凝縮水は pH1.7, Cl⁻127mg/l を示した. 即ちかなり塩酸を含有することが明らかになった. 白根山北側中腹の噴気は温度105°Cを示

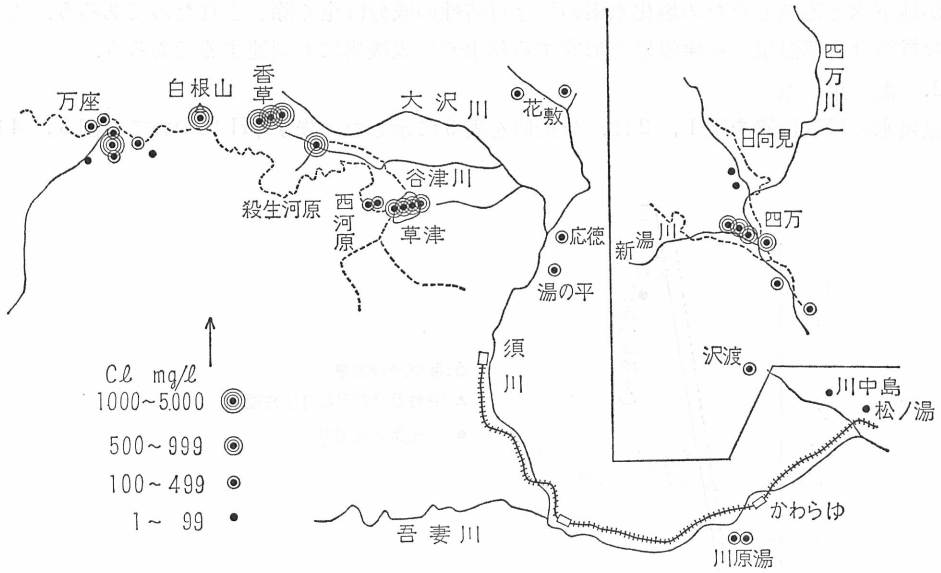


図5 Cl の分布

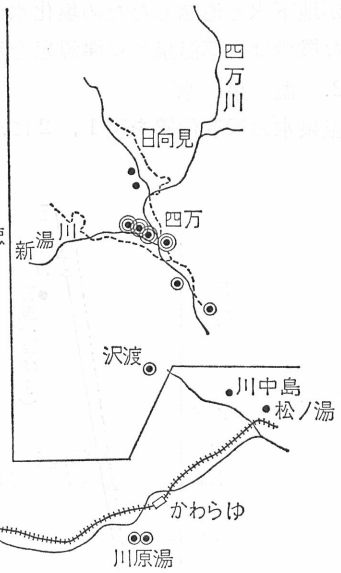


図6 Cl の分布

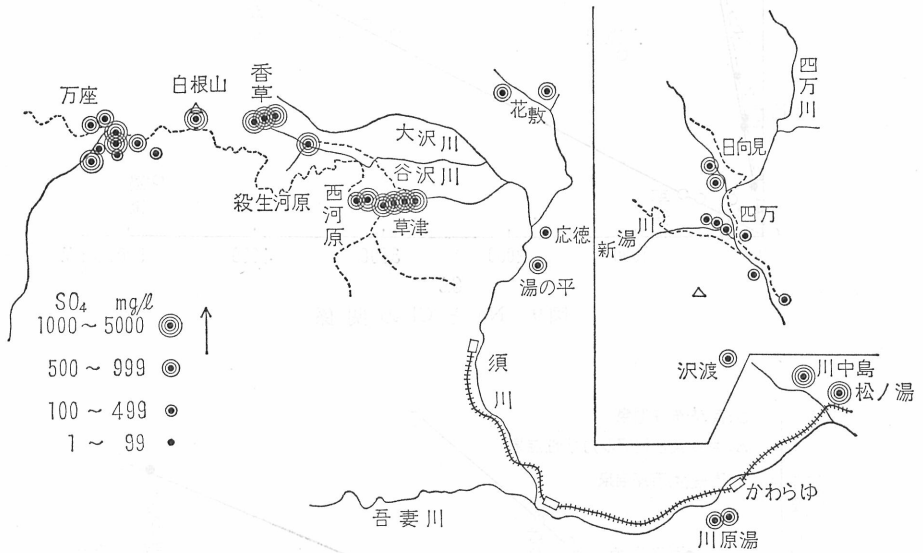


図7 SO₄ の分布

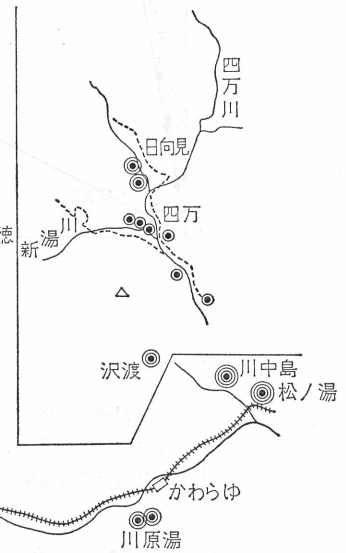


図8 SO₄ の分布

し、前者より高温であるが、塩化水素を含まず水蒸気 97.2%、 H_2S 0.30%、 SO_2 0.14%、 CO_2 2.35%を示し、前者より H_2S 、 CO_2 が増加し、 SO_2 は減少している。殺生河原の噴気は塩化水素を含まず、前者に比較すると更に H_2O が減少し H_2S 、 CO_2 が増加している。従って白根山の火山ガスとしては山頂南側噴気が現在では比較的岩漿の揮発物の本態に近いものであり、北側中腹噴気、殺生河原噴気は岩漿揮発物の更に末期のものと想像される。恐らく岩漿からの揮発

物が地下水と遭遇したため塩化水素の如き可溶性の成分は全く除去されたのであろう。このような機構は香草温泉や草津温泉を形成する熱水の生成機構にも関連するであろう。

2. 温泉水

温泉水の採取位置を図1, 2に, 分析値を表3に示した。先ず pHについては図3, 4に示

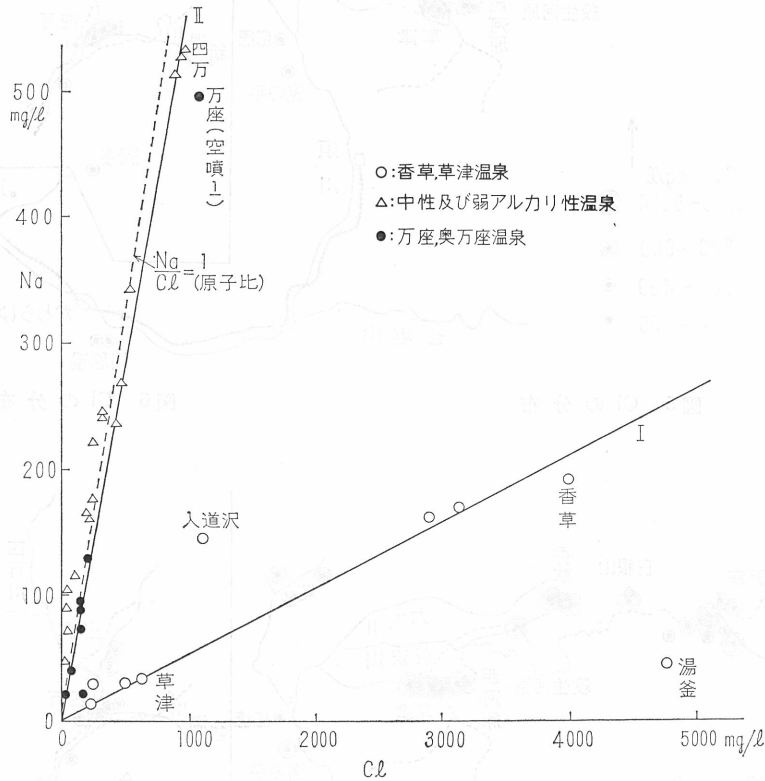


図9 Na と Cl の関係

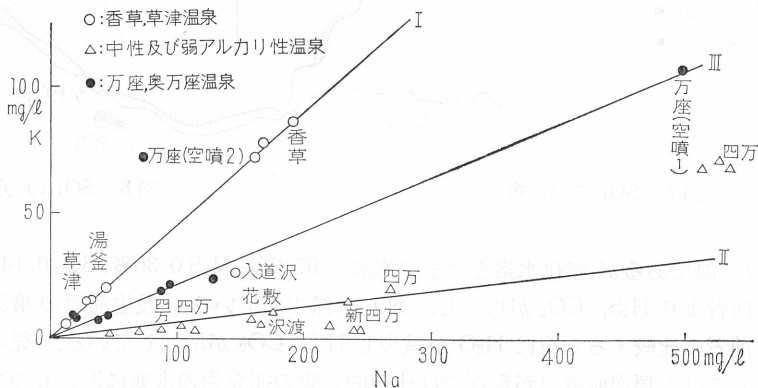


図10 K と Na との関係

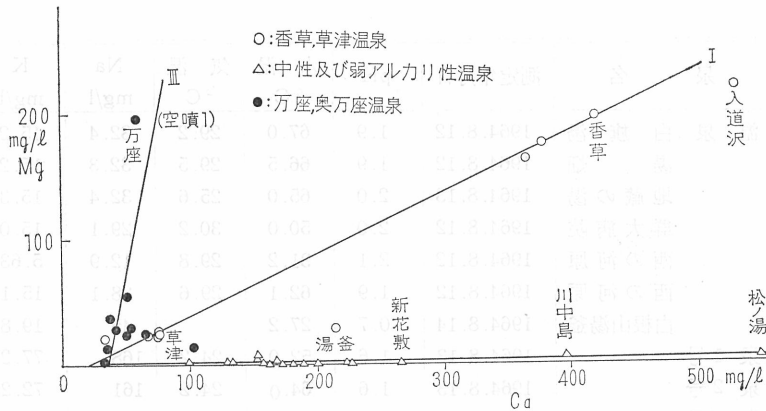


図11 Mg と Ca との関係

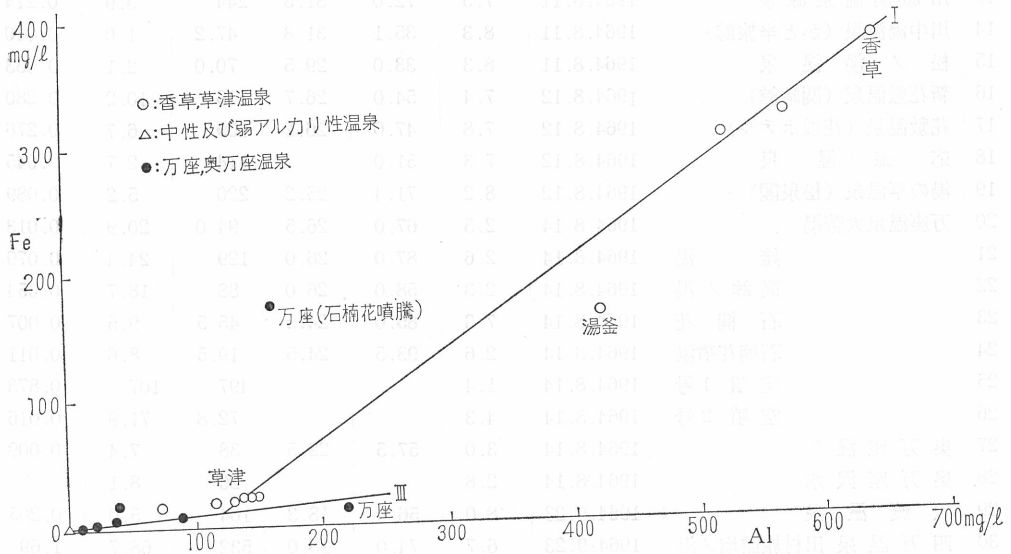


図12 Fe と Al との関係

す通り白根山頂の湯釜の pH0.7 が最小値であり、香草、草津、万座等は何れも pH が小さく、酸性泉である。四万、川原湯、花敷、湯の平、川中湯等は何れも中性ないし弱アルカリ性温泉である。塩素イオンについては図5、6に示す通り、含量の多いのは湯釜、香草、万座の空噴1号、草津、四万等の温泉であり、硫酸イオンについては図7、8に示す通り湯釜、香草、草津、万座、川中湯、松の湯等の温泉が多い。

今成分相互の関係を検すると、Na と Cl との間には図9に示す通り、I、IIに示す2個の正の直線関係が認められる。香草、草津温泉群と四万を代表とする中性ないし弱アルカリ性の温泉群とに分類される。万座温泉は後者の温泉群と同一直線上に配列される、香草、草津においては Na/Cl 比 (原子) は1より遙かに小さいが、後者ではほぼ1に等しい。

表 3

番号	温 泉 名	測定年月日	pH	水 温 °C	気 温 °C	Na mg/l	K mg/l	Li mg/l
1	草津温泉白旗湯	1964.8.12	1.9	67.0	29.2	32.4	15.2	0.014
2	湯畑	1964.8.12	1.9	66.5	29.5	32.3	15.2	0.014
3	地蔵の湯	1964.8.13	2.0	65.0	25.6	32.4	15.3	0.013
4	群大病院	1964.8.12	2.0	50.0	30.2	29.1	15.0	0.014
5	西の河原	1964.8.12	2.1	31.2	29.8	12.9	5.63	
6	西の河原	1964.8.12	1.9	62.1	29.6	28.1	15.1	0.012
7	白根山湯釜	1964.8.14	0.7	27.2		45	19.8	0.018
8	香草温泉1号	1964.8.13	1.6	52.0	24.2	168	77.2	0.098
9	香草温泉2号	1964.8.13	1.6	64.0	24.2	161	72.2	0.095
10	香草温泉10号	1964.8.13	1.4	63.0	24.3	191	86.8	0.108
11	入道沢の水	1964.8.13	5.4	25.3		145	25.8	0.051
12	川原湯温泉とら湯	1964.8.11	7.5	66.0	29.2	240	4.1	0.219
13	川原湯温泉源泉	1964.8.11	7.5	72.0	31.5	244	3.9	0.214
14	川中湯温泉(かど半旅館)	1964.8.11	8.3	35.1	31.8	47.2	1.0	0.010
15	松ノ湯温泉	1964.8.11	8.3	33.0	29.5	70.0	2.1	0.033
16	新花敷温泉(関晴館)	1964.8.12	7.4	54.0	26.7	175	10.2	0.280
17	花敷温泉(花敷ホテル)	1964.8.12	7.8	47.0	26.2	159	6.7	0.276
18	応徳温泉	1964.8.12	7.3	51.0		114	2.7	0.045
19	湯の平温泉(松泉閣)	1964.8.12	8.2	71.4	25.2	220	5.2	0.089
20	万座温泉大苦湯	1964.8.14	2.3	67.0	26.5	94.0	20.9	0.013
21	姥湯	1964.8.14	2.6	87.0	26.0	129	24.4	0.079
22	高鉾ノ湯	1964.8.14	2.3	58.0	26.0	88	18.7	0.054
23	石楠花	1964.8.14	7.3	85.0	24.5	45.5	9.5	0.007
24	石楠花噴湯	1964.8.14	2.6	93.5	24.5	19.5	8.6	0.011
25	空噴1号	1964.8.14	1.4			497	107	0.873
26	空噴2号	1964.8.14	4.3			72.8	71.9	0.016
27	奥万座温泉	1964.8.14	3.0	57.5	22.5	38	7.4	0.009
28	奥万座沢水	1964.8.14	2.8			20	8.1	
29	沢渡温泉	1964.9.23	8.0	56.0	18.3	164	5.0	0.205
30	四万温泉田村旅館岩根ノ湯	1964.9.23	6.7	74.0	18.0	532	68.7	1.69
31	田村旅館岩根ノ湯	1964.9.23	6.8	82.0	18.0	526	71.1	1.93
32	田村旅館竜宮ノ湯	1964.9.23	6.4	73.0	16.9	512	67.8	1.60
33	共同湯	1964.9.23	6.6	56.0	18.5	342	40.4	0.947
34	御夢想湯	1964.9.23	8.1	50.0	14.9	88	3.3	0.027
35	御夢想湯源泉	1964.9.23	7.9	56.0	14.0	103	4.2	
36	竹ノ屋跡	1964.9.24	7.2	54.0	14.9	268	19.0	0.771
37	新四万温泉	1964.9.24	7.2	38.0	14.9	235	14.4	0.692

なおまた、四万温泉田村旅館岩根の湯、竜宮の湯、松の湯、新花敷温泉新花敷、草津温泉白旗の湯、群大病院、香草温泉 No. 2、白根山湯釜、湯の平温泉湯の平、万座温泉石楠花噴湯、大苦湯、奥万座温泉等については蒸発残渣を島津製作所製 QM 型石英分光写真機を用いて分光分析した結果表 4 の元素が検出された。

Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Al mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	H ₂ S mg/l	CO ₂ mg/l	As mg/l	Zn mg/l	Mn mg/l	V mg/l
76.2	27.2	20.8	131	640	1520	17.6	520	0.58	0.11	1.21	0.164
76.2	28.7	21.2	138	622	1442	15.1	410	0.66	0.13	1.34	0.196
76.2	27.0	22.0	144	622	1470	12.1	680	0.57	0.09	1.26	0.154
75.0	22.4	21.9	149	508	1206	8.7	300	0.36	0.14	1.61	0.167
33.7	21.0	15.5	74.4	231	579	0.5	125	0.35	0.62	0.46	0.070
66.5	23.8	18.1	116	492	1412	8.3	260	1.23	0.11	1.01	0.198
215	28.5	166	421	4768	4297			0.69	0.12	1.18	0.674
378	176	323	569	3128	3394	7.0	7800	1.25	0.77	9.68	1.07
365	164	304	521	2894	3624	0.2	7800	1.44	0.66	9.12	1.02
420	198	381	640	4005	2812		7800	1.64	1.01	10.3	1.27
530	218	65.7	15.4	1110	1041				0.34	10.9	0.027
226	0.68	0.030	0	322	612	7.8	2	0.08	0.00	0.037	0.002
225	0.76	0.037	0	322	616	4.8	2	0.10	0.01	0.072	0.004
396	5.6	0.045	0	13	1055	1.1	0	0.01	0.02	0.111	0.001
550	5.4	0.022	0	47	1425	2.1	0	0.06	0	0.139	0.002
267	1.4	0.030	0	249	690	0	3	0.28	0	0.073	0.002
181	1.2	0.016	0	224	510	0	14	0.24	0	0.053	0.001
98.8	3.6	0.045	0	121	402	4.5	3	0.02	0.08	0.197	0.002
129	0.92	0.052	0	247	518	2.3	0	0.01	0.11	0.032	0.001
51.9	30.3	17.3	39.3	156	1031	220	340	0.06	0.40	2.83	0.065
49.5	56.1	1.90	21.0	197	780	91	200	0.35	0.05	5.08	0.026
38.1	37.6	5.18	37.1	146	828	43	163	0.03	0.04	3.71	0.049
33.1	4.3	1.1			186	3.5	1	0.03	0.01	0.44	0.0004
40.7	24.9	175	162	35	3267	1.1	1	0.02	1.12	1.18	0.507
60.7	196	14.5	220	1080	4386			1.28	1.75	32.7	0.401
65.0	24.6	0.97	9.3	139	439			1.10	0.70	2.72	0.004
103	14.2	0.58	9.9	85	395	197	861	0.06	0.13	0.88	0.006
35.2	14.3	7.32	88.1	173	538			0.25	0.01	0.70	0.036
189	0.44	0.007	0	189	512	1.1	0	0.20	0	0.030	痕跡
152	2.52	0.50	0	946	336	0	30	1.20	0.18	0.673	0.0002
168	3.12	0.41	0	927	374	0	15	1.40	0.11	0.561	0.0016
132	2.84	0.27	0	887	309	0	33	0.54	0	0.492	0.0016
158	1.44	0.22	0	552	398	0	12	0.88	0	0.451	0.0006
172	0.96	0.08	0	30.8	543	0	0	0.06	0	0.041	0.0018
200	1.28	0.23	0	38	616	0		0.06	0.06	0.042	痕跡
162	1.16	0.15	0	469	283	0	7	0.80	0.33	0.147	0.0006
152	3.00	0.11	0	424	253	0	10	0.82	0	0.132	痕跡

表4

四万温泉 田村旅館	岩根の湯	Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Mg, Fe, Al, Mn, Cu, Ag, B, Si As
"	竜宮の湯	Li, Na, K, Ca, Sr, Ba?, Mg, Fe, Mo?, Mn, Al, Cu, B, Si, As
"	松ノ湯	Na, Ca, Sr, Mg, Fe, Al, Mn, Cu, B, Si, As?
新花敷温泉	新花敷	Li, K?, Na, Ca, Sr, Ba, Mg, Fe, Mn, Al, Cu, Mo, Ag, B, Si, As
草津温泉	白旗の湯	Na, Ca, Sr?, Ba, Mg, Fe, Mn, Al, Ga, V, Cu, Pb, B, Si
"	群大病院	Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Ga, V, Cu, Pb, B, Si, As
香草温泉	No. 2	Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Ga, V, Cu, Pb, B, Si
白根山	湯釜	Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Ga, V, Ti, Cu, Pb, B, Si
湯の平温泉	湯の平	Na, Ca, Sr, Mg, Fe, Mn, Al, Cu, B, Si, As?
万座温泉	石楠花噴湯	Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Ga, V, Cu, Si
"	大苦湯	Na, Mg, Fe, Mn, Al, Cu, Pb, Si (試料が少ないため結果は不確か)
奥万座温泉	奥万座	Na, Ca, Sr, Ba, Mg, Fe, Mn, Mo, Al, Ga, Ti, Cu, Ag, Pb, B, Si, As

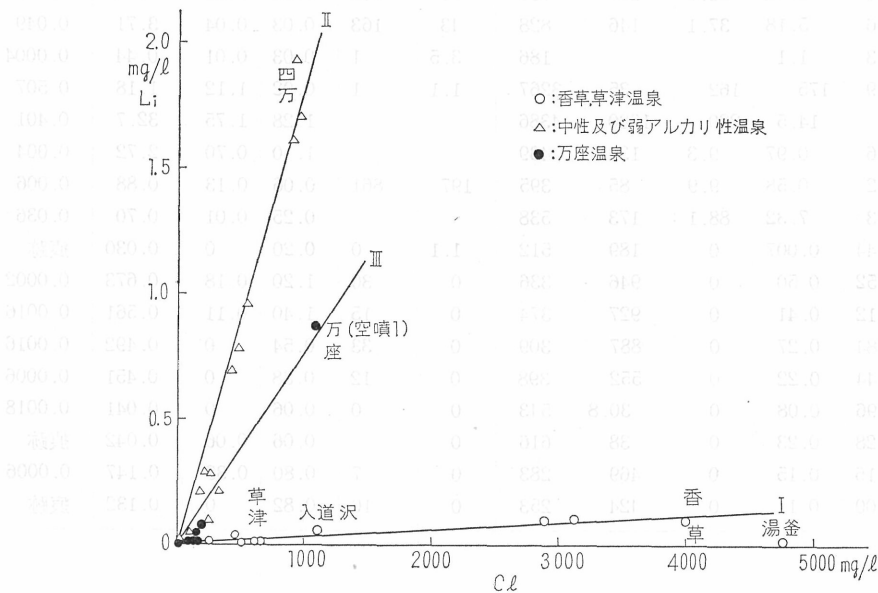


図13 Li と Cl との関係

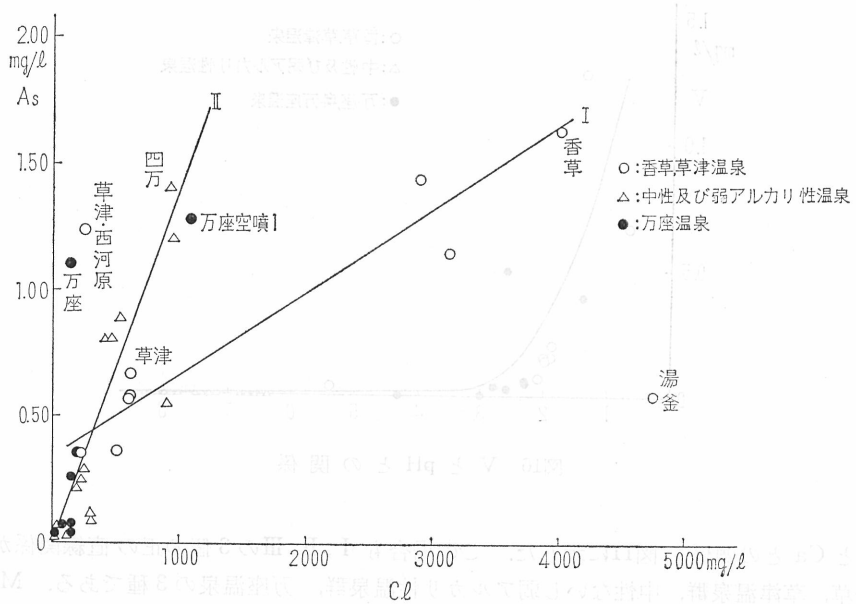


図14 As と Cl との関係

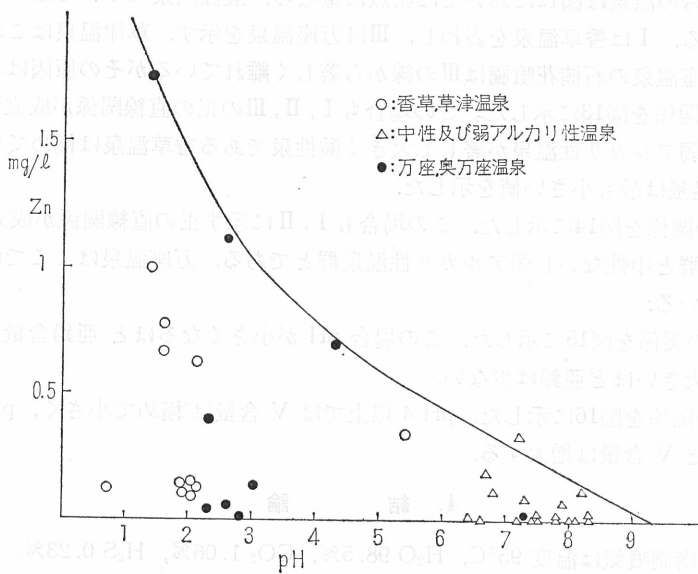


図15 Zn と pH との関係

K と Na の間には図10に示す通り I, II, III に示す 3 個の正の直線関係が成立する。即ち香草、草津温泉群、中性及び弱アルカリ性温泉群、万座温泉群の 3 種である。四万温泉の一部は直線関係 II から離れているが、その原因は熱水の上昇通路の岩石の相違に基因するのであろう。

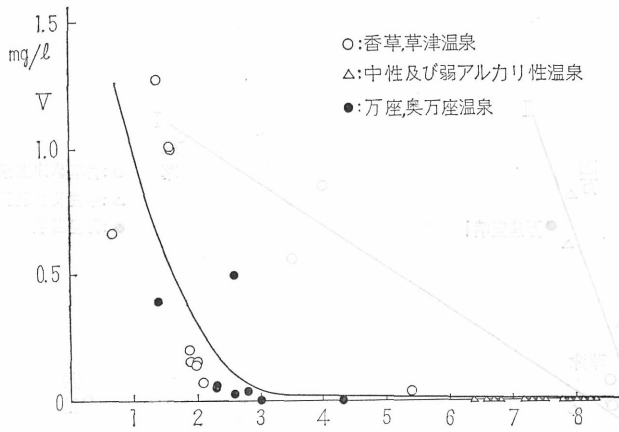


図16 V と pH との関係

Mg と Ca との関係を図11に示した。この場合も I, II, IIIの3個の正の直線関係が成立する。香草, 草津温泉群, 中性ないし弱アルカリ性温泉群, 万座温泉の3種である。Mg/Ca比を見ると万座が最も大きく, 中性ないし弱アルカリ性温泉は著しく小さい。

Fe と Al の関係を図12に示した。この場合中性ないし弱アルカリ性温泉の Fe, Al 含量は極めて小さくこれらの温泉は図12においては原点に重なる。酸性温泉については I, IIIの正の直線関係が成立する。Iは香草温泉を表わし, IIIは万座温泉を示す。草津温泉はこの場合は万座温泉に近い。万座温泉の石楠花噴騰はIIIの線から著しく離れているがその原因は不明である。

Li と Cl との関係を図13に示した。この場合も I, II, IIIの正の直線関係が成立する。Li/Cl比は中性ないし弱アルカリ性温泉が著しく大きく酸性泉である香草温泉は極めて小さい, 殊に pH 0.7 を示す湯釜は最も小さい値を示した。

As と Cl との関係を図14に示した。この場合も I, IIに示す正の直線関係が成立する。即ち香草, 草津温泉群と中性ないし弱アルカリ性温泉群とである。万座温泉はここでは凡そIIの線上に配列されている。

Zn と pH との関係を図15に示した。この場合 pH が小さくなるほど亜鉛含量の大きいものがあり, pH が大きいほど亜鉛は少ない。

V と pH との関係を図16に示した。pH 4 以上では V 含量は極めて小さく, pH 3 以下では pH が小さいほど V 含量は増大する。

4. 結 論

(1) 白根山頂南側噴気は温度 95°C, H₂O 98.5%, CO₂ 1.06%, H₂S 0.23%, SO₂ 0.25%, HCl 0.007%, R 0.022 Vol.% を示した。この噴気から得られた凝縮水は pH 1.7, Cl⁻ 129mg/l を示した。

また白根山北側中腹噴気温度 (105°C) 及び殺生河原の噴気 (温度94°C) は共に塩化水素を含まず前者と比較すると H₂O, SO₂ は減少し, H₂S, CO₂ が増大している。

(2) 白根山及びその周辺の温泉の各成分を一括して表示すると次の通りである。II 湯釜噴気水温 27.2~93.5°C, pH 1.4~8.3, Na 12.9~53.2mg/l, K 1.0~107mg/l, Li 0.007~

1. 93mg/l, Ca 33.1~550mg/l, Mg 0.44~218mg/l, Fe 0.007~381mg/l, Al 0~640mg/l, Cl 13~4005mg/l, SO₄ 186~4386mg/l, H₂S 0~220mg/l, CO₂ 0~800mg/l, As 0.010~1.64mg/l, Zn 0~1.75mg/l, Mn 0.030~32.7mg/l, V 痕跡~1.27mg/l
- (3) 白根山及びその周辺の温泉水を形成する熱水はNa/Cl, K/Na, Mg/Ca, Li/Cl, As/Cl等の比から3種に分類される。即ち香草, 草津温泉群(酸性), 四万, 花敷, 湯の平, 川原湯, 川中湯等からなる中性ないし弱アルカリ性温泉群, 万座温泉群(酸性)である。
- (4) 亜鉛含量はpHが小さいほど含量が大きく, pHが大きいくほど小さい。
- (5) バナジウム含量はpH 4以上では極めて小さく, pH 3以下ではpHが小さいほど含量が大きい。

最後に本研究に要した費用は文部省科学研究費並びに日本温泉厚生協会よりの研究費によるもので, ここに記して厚く感謝する次第である。なおまた草津町, 草津温泉組合, 四万温泉田村旅館等から現地で格別の御高配を賜った。

文 献

- 1) I. Iwasaki, T. Ozawa, M. Yoshida, T. Katsura, B. Iwasaki, M. Kamada and M. Hirayama: Bulletin of the Tokyo Institute of Technology, No 47, 1962.
- 2) 厚生省編“日本鉱泉誌”, 青山書院(1954).
- 3) 山県登, 武藤覚, 山県顕子, 渡辺定方, 北瓜良男, 石崎晃司, 伊沢正, 田島栄作, 滝口厳太郎, 手塚雄久: 温泉科学 6, 40 (1955).
- 山県登, 武藤覚, 山県顕子, 北瓜良男: 温泉科学 7, 120 (1956).
- 4) 坂本峻雄, 益子安, 佐藤幸二: 温泉科学 8, 1 (1957).
- 5) 三浦彦次郎: 温泉科学 13, 6 (1962).
- 6) K. Watanuki: Sci. Pap. Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo 11, 205 (1961).
- 7) 野口喜三雄, 伊沢雅夫: 日化誌投稿中.
- 8) 一国雅巳: 日化誌 80, 1128 (1959).