

箱根火山大涌谷における温泉及び 河水の化学成分 (第1報)

東邦大学教養化学教室 相川 嘉正

(昭和46年10月20日受理)

Chemical Components of the Hot Springs and River Waters at Owakudani Valley, Volcano Hakone I

Kasho AIKAWA

Department of Chemistry, Toho University

ABSTRACT

- 1) The highest degrees of water temperature and the highest contents of chemical components in the hot springs and river waters which were observed in July, 1970 were as follows: Temperature 97°C, pH 7.7 (lowest 2.1), Cl 222 mg/l, SO₄ 3660 mg/l, HBO₂ 1352 mg/l, Fe 700 mg/l, Al 1856 mg/l, Ca 638 mg/l, and Mg 293 mg/l.
- 2) The hot springs and river waters in Owakudani Valley were mostly acid due to the sulphuric acid which was created by the oxidation of sulphur dioxide and hydrogen sulphide in volcanic gases with the air. Iron, aluminum, calcium and magnesium in the waters were presumed to be derived from the rocks by the reaction of sulphuric acid with its surrounding rocks.
- 3) From the facts that all the waters of high temperature which were obtained from the horizontally drilled wells at the slope of the mountain showed 6.5-7.5 pH, it can be supposed that the thermal waters under the ground are almost neutral.
- 4) It is noteworthy that the hot springs and river waters in Owakudani Valley were distinctly rich in boric acid.

I. 緒 言

本邦の特に中部及び東北地方には酸性の湧水や河水が多いが、これらは灌漑用には適しなく、そのためしばしば毒水と呼ばれている。これら酸性河水についてはすでに多くの研究がなされている。

箱根火山大涌谷においても古くより SO₂, H₂S, などを多量に含有する高温の火山ガスが噴出し酸性の水が湧出している。昭和43年秋、神奈川県では砂防工事の一環としてここに深さ 65, 68, 68, 75 m の 4 本のボーリングを行なったところ、いずれも強酸性の水が噴出したことは著名な事実として報告されている¹⁾。箱根大涌谷における、これら酸性湧水及び河水の化学成分を詳細に調査することは、ひとり地球化学的に重要であるばかりでなく、砂防対策や、水の利用の見地からも極めて重要であると考えられる。このような考えに基づいて著者らは 1970年7月17日～19日に大涌谷の温泉及び河水を調査したのでその結果をここに報告する。採取した試料は 57 個である。

II. 分析方法

1970年7月17日～19日現地に出張し57点を選びビールびんに温泉水及び河水を採取した、採水位置を図1に示した。

(1) 水温は留点水銀温度計並に1/10度目盛水銀温度計を用いて測定した。(2) pHは現地で比色法で測定した。(3) Feはロダン酸アンモニウム法による比色法で富士見茶屋内で測定した。(4) SO_4 と Al は重量分析法により定量した。(5) Ca, Mg は EDTA を用いて滴定法で定量した。(6) Cl はモル法により、(7) HBO_2 はマンニットを用いる滴定法で定量した。

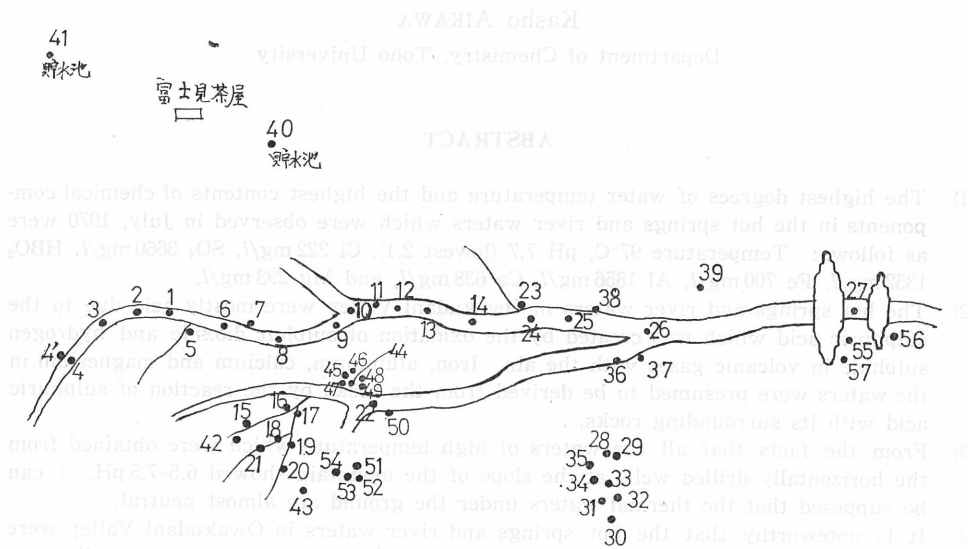


図1. 採水位置 (数字は試料番号)

III. 分析結果及び考察

分析結果を表1に示す。

表1をみると酸性の温泉水、河水は何れもCl含量少なく、 SO_4 が著しく多いので硫酸酸性であることが明らかとなった。pHと硫酸との関係を図2に示した。

この図は、pHが著しく小さい水は、いづれも硫酸が著しく多いことを示している、然し一部の水は SO_4^{2-} が比較的大きいにもかかわらずpHは6~7を示すものが若干存在する。(図中a, bで示す)、これらは地表面附近にて生成された硫酸が雨水に溶解して地中に浸透し、岩石で中和されて後湧出したものと想像される。

図3, 4, 5, 6, に示すように、 SO_4 とAl, SO_4 とCa, FeとAl, CaとMg, の間には、いづれも正の直線関係が認められる。従ってこれらAl, Fe, Ca, Mgの多くは硫酸の腐蝕によって岩石から溶出したものと想像される。

表 1. 大涌谷の温泉及び河水の化学成分

試料番号	温泉, 河川の別	採水年月日	水温 (°C)	pH	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	HBO ₂ (mg/l)	Fe (mg/l)	Al (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
1	河	1970. 7.17	20.7	2.5	2100	14	971	307	1287	320	127
2	"	"	21.5	2.9	1560	13	1014	182	245	361	122
3	"	"	22.9	2.1	3450	21	802	173	1704	240	110
4	"	"	32.5	2.1	3510	21	1014	37	1688	188	111
5	"	"	25.6	3.0	760	19	971	9	126	182	55
6	"	"	22.4	2.5	890	21	971	155	627	227	80
7	"	"	17.6	3.0	1850	27	1098	465	765	288	71
8	"	"	20.4	2.8	1450	29	887	310	593	242	79
9	"	"	20.5	2.9	1930	30	1352	292	771	88	88
10	"	"	27.3	3.1	3660	144	464	700	1856	478	293
11	"	"	49.5	3.2	1450	50	312	438	426	438	197
12	"	"	25.8	2.9	1130	39	1309	583	870	373	174
13	"	"	36.9	3.0	1270	38	1267	583	932	392	182
14	"	"	29.3	2.9	1240	36	1056	583	782	421	182
15	泉	1970. 7.18	42.5	3.1	550	14	574	5	215	136	31
16	河	"	38.2	3.0	850	30	819	38	219	177	56
17	"	"	38.5	3.0	1120	13	726	29	124	320	95
18	"	"	43.8	3.9	920	14	760	29	139	293	92
19	"	"	41.2	3.4	1060	14	583	45	260	292	74
20	泉	"	96.0	7.4	510	10	929	0.4	122	188	59
21	河	"	49.8	5.5	490	10	929	56	21	120	75
22	"	"	34.6	2.9	1090	23	997	40	145	268	89
23	水	"	31.3	2.9	1660	29	1014	135	225	638	71
24	"	"	37.1	3.1	980	34	904	121	253	411	175
25	川	"	30.7	2.9	790	44	185	583	811	389	115
26	"	"	37.1	2.9	1120	60	676	318	362	347	141
27	"	"	24.8	3.5	760	48	701	152	191	231	85
28	11号源泉	"	42.5	3.0	550	10	954	7	40.1	105	40
29	10号源泉	"	22.2	3.4	440	10	819	0.4	35.6	124	28
30	湧	"	20.5	2.9	250	10	802	14	17	50	11

表 1. (つづき)

試 料 番 号	温泉, 河川の別	採水年月日	水 温 (°C)	pH	SO ₄ (mg/l)	Cl (mg/l)	HBO ₂ (mg/l)	Fe (mg/l)	Al (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
31	温泉第 13 号源泉	1970. 7. 18	20.9	3.8	560	10	971	0.06	44.9	92	115
32	温泉(40号タンク)	"	96.0	3.0	280	26	887	10	12.3	20	11
33	温泉第 12 号源泉	"	37.7	3.7	480	10	811	7	45.7	118	34
34	温泉第 14 号源泉	"	36.6	3.2	470	10	997	20	10	109	83
35	温泉 (タンク)	"	72.5	2.3	570	202	929	21	12	104	22
36	源泉第 9 号冷水源泉	"	34.1	2.9	740	19	929	7	163	87	69
37	温泉 "	"	97.0	6.6	870	16	1140	0.2	16.8	228	40
38	温泉 "	"	93.0	6.8	900	108	676	0.4	25.6	270	136
39	湧 水	"	13.8	4.3	120	10	819	0.08	9.9	35	12
40	貯 池	1970. 7. 19	26.0	3.2	190	9	574	3	34.2	26	12
41	"	"	22.4	7.3	49	14	211	0.4	15.6	20	4
42	温泉第 25 号源泉	"	96.0	7.7	680	203	261	0.8	82.3	96	3
43	温泉第 26 号源泉	"	50.5	5.4	650	16	312	59	80.0	185	54
44	温泉第 24 号源泉	"	39.8	3.0	1010	38	523	80	239	200	53
45	温泉	"	54.0	3.0	1100	22	414	17	210	178	59
46	"	"	77.0	6.6	820	10	321	0.3	19.6	254	79
47	"	"	80.0	6.2	940	22	245	2	27.4	272	69
48	"	"	90.0	3.8	730	26	498	20	63	107	41
49	"	"	72.0	3.6	730	34	143	18	73	154	63
50	温泉第 28 号源泉	"	54.0	2.5	1430	222	270	56	196	243	120
51	温泉第 16 号源泉	"	90.8	3.0	880	13	147	10	71.4	187	63
52	温泉第 21 号源泉	"	53.0	4.1	680	12	169	34	11	143	63
53	温泉	"	84.0	3.0	900	14	194	18	50	273	88
54	温泉第 20 号源泉	"	94.0	3.0	320	7	228	9	46.3	37	20
55	温泉第 2 号源泉	"	47.2	5.2	660	31	405	25	13	203	54
56	温泉第 1 号源泉	"	56.0	6.2	880	38	253	6	210	205	57
57	温泉	"	66.0	3.5	820	42	295	22	50	176	64

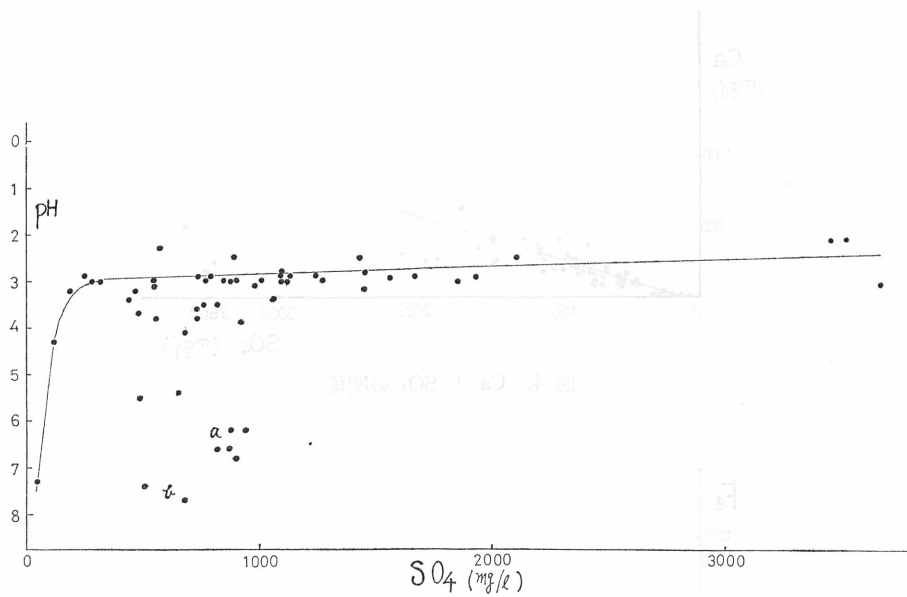


図 2. pH と SO_4 の関係

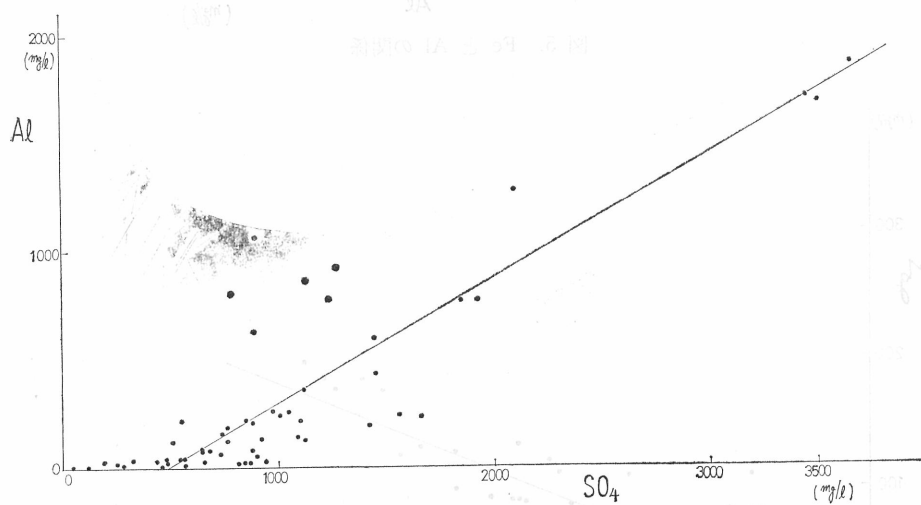


図 3. Al と SO_4 の関係

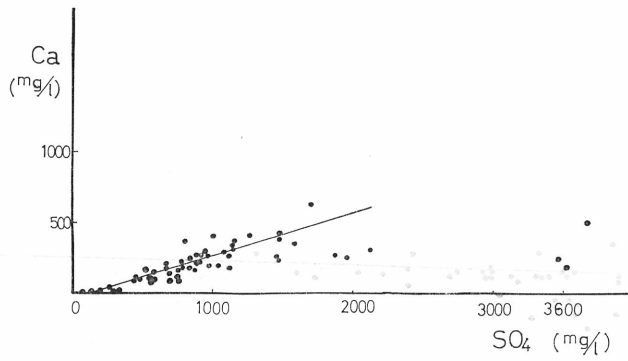


図 4. Ca と SO₄ の関係

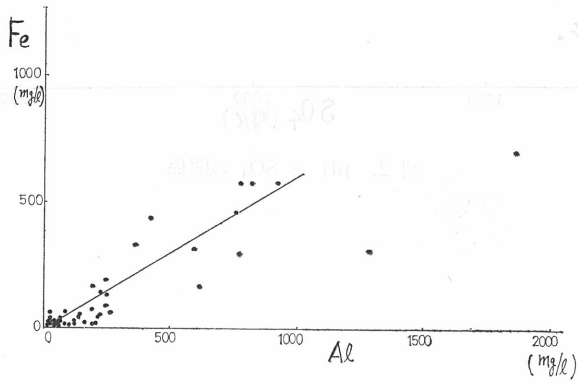


図 5. Fe と Al の関係

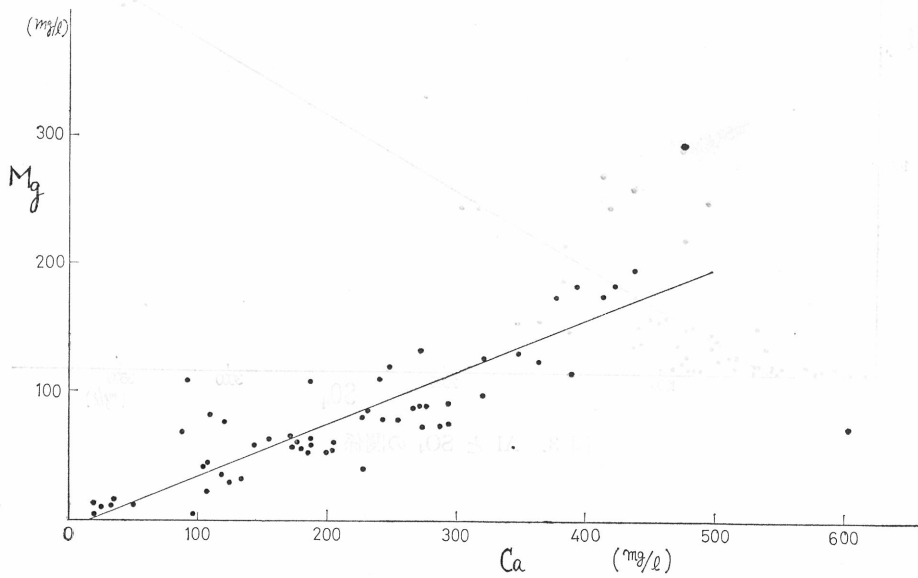


図 6. Mg と Ca の関係

IV. 大涌谷における温泉及び河水の pH, 各種化学成分の分布

大涌谷における温泉及び河水の pH, SO₄, Fe, Al, Cl, HBO₂ の分布を 図 7, 8, 9, 10, 11, 12 に示した.

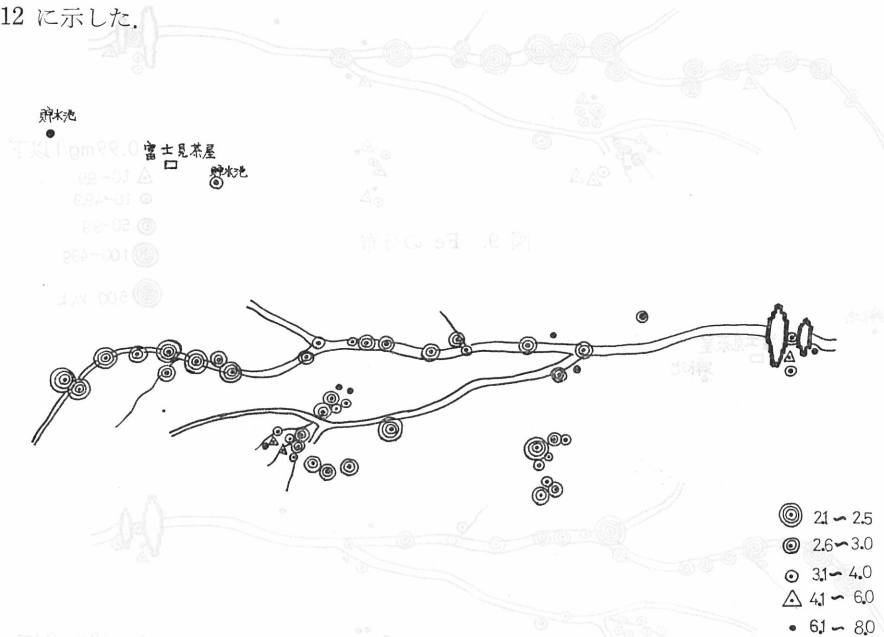


図 7. pH の分布



図 8. SO₄ の分布

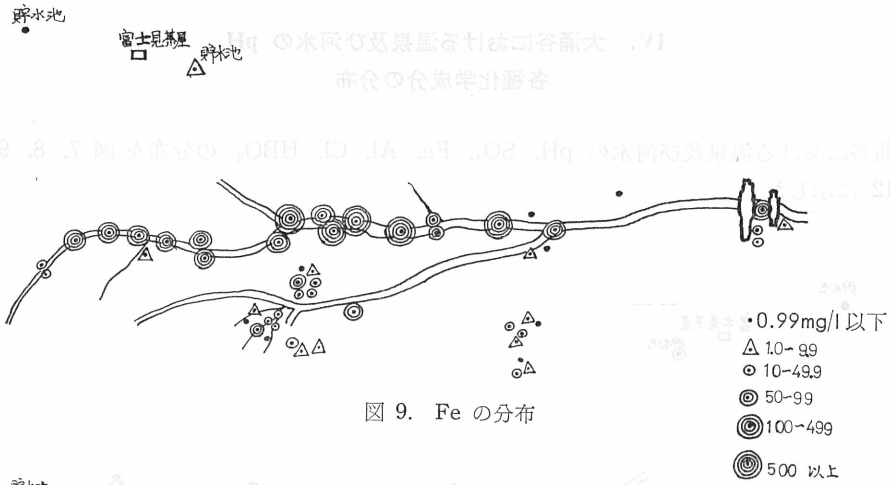


図 9. Fe の分布

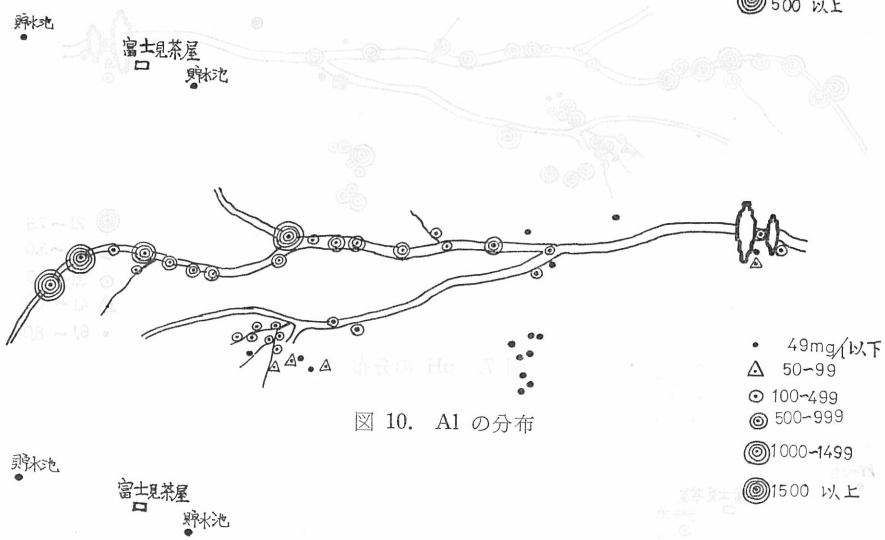


図 10. Al の分布

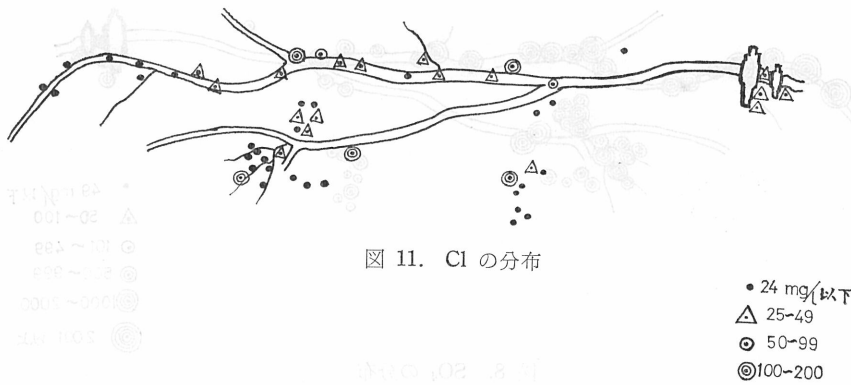
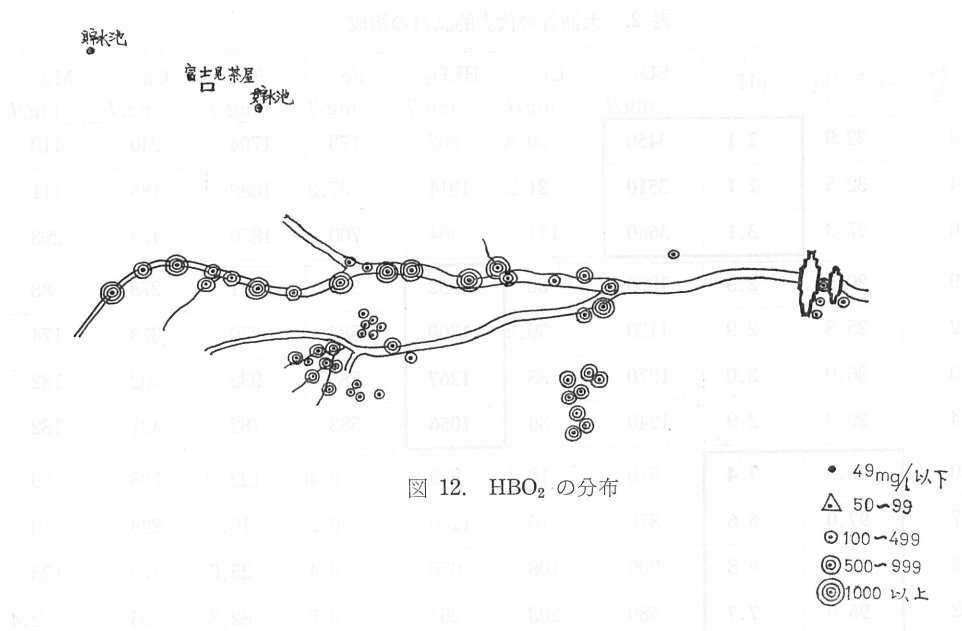


図 11. Cl の分布

図 12. HBO₂ の分布

(1) pH の分布 (図7) をみると、最小値は 2.1 最大値は 7.7 であるが、中性附近の値を示す水は、いずれも噴気地帯に水平ボーリングによって得られた水で表1に示す如く著しく高温である。又 pH の著しく小さい水は、いずれも比較的低温の温泉水か、河水である点が注目値する。

(2) 硫酸の分布 (図8) をみると、SO₄ の最大値は 3660 mg/l を示し著しく大きい。河の本流に含量の大きいものが多い。又 pH の分布と比較すると、酸性は主として硫酸に基因することが良く理解される。

(3) Fe の分布 (図9) をみると、Fe の最大値は 700 mg/l を示し著しく大きく、河の本流並に本流に沿ふ湧水に含量の大きいものが多い。

(4) Al の分布 (図10) をみると、Al の最大値は 1856 mg/l を示し、Al と SO₄ との間には正の相関が認められるので水中に含まれるアルミニウムは主として硫酸の岩石に対する腐蝕によって溶出したものと想像される。

(5) Cl の分布 (図11) をみると、Cl の最大値は 222 mg/l を示し概して含量が小さいが、これらの Cl は主として噴気中に含有される HCl に基因するであろう。

(6) HBO₂ の分布 (図12) をみると、HBO₂ の最大値は 1352 mg/l を示し著しく大きい点が注目値する。又これらのホウ酸は、いずれも火山ガスに由来するものと想像される。即ち、火山ガスの一成分として噴出したものが地表面に蓄積し、これを雨水が溶解して地下水、あるいは河水となった結果であろう。

大涌谷における各成分の代表的試料をまとめて表2に示した。

又、各成分の最大値、最小値、平均値を表3に示した。

表 2. 大涌谷の代表的試料の組成

試料番号	採水温度	pH	SO ₄ mg/l	Cl mg/l	HBO ₂ mg/l	Fe mg/l	Al mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l
3	22.9	2.1	3450	20.8	802	173	1704	240	110
4	32.5	2.1	3510	21.2	1014	37.3	1688	188	111
10	27.3	3.1	3660	144	464	700	1856	478	293
9	20.5	2.9	1930	30	1352	292	771	278	88
12	25.8	2.9	1130	39.2	1309	583	870	373	174
13	36.9	3.0	1270	38	1267	583	932	392	182
14	29.3	2.9	1240	36	1056	583	782	421	182
20	96.0	7.4	510	10.4	929	0.4	122	188	59
37	97.0	6.6	870	16	1140	0.2	16.8	228	40
38	93.0	6.8	900	108	676	0.4	25.6	270	136
42	96.0	7.7	680	203	261	0.7	82.3	96	2.4

表 3. 大涌谷における温泉及び河水の化学成分の最大値, 最小値, 及び平均値

	最大値	最小値	平均値	個数
pH	7.7	2.1	3.7	57
SO ₄ mg/l	3660	49	1013	57
Cl mg/l	222	7	36	57
HBO ₂ mg/l	1352	143	692	57
Fe mg/l	700	0.06	220	57
Al mg/l	1856	9.9	310	57
Ca mg/l	638	20	220	57
Mg mg/l	293	2.4	80.6	57

V. 結 論

以上を総括すると、

(1) 箱根大涌谷における温泉水及び河水の温度, pH, Cl, SO₄, HBO₂, Fe, Al, Ca, Mg の最大値はつぎのとおりである, 水温は 97°C, pH 7.7, (最小値は 2.1) Cl 222 mg/l, SO₄ 3660 mg/l, HBO₂ 1352 mg/l, Fe 700 mg/l, Al 1856 mg/l, Ca 638 mg/l, Mg 293 mg/l.

(2) 大涌谷に存在する温泉水及び河水は概して強酸性を示す. その理由については, 火山ガスに含まれる硫化水素並びに, 亜硫酸ガスが地表面付近で空気により酸化されて多量の硫酸を生じ, これが雨水に溶解して地表水, 並に地下水に混入したためである, 水中に溶存する, Fe, Al, Ca, Mg はいずれも硫酸の岩石に対する腐蝕によって溶出したものと推定される.

(3) 高温で pH 6.5~7.7 を示す温泉水は, いずれも水平ボーリングによって得られた熱水

