

## 伊豆七島の温泉の化学成分

東邦大学化学教室 相川嘉正・野口喜三雄\*・今橋正行  
(昭和53年10月25日受理)

## Chemical Components of Hot Springs on the Izu Seven Islands

Kasho Aikawa, Kimio Noguchi and Masayuki Imahashi

Department of Chemistry, Toho University

## Abstract

The authors examined chemical components of hot springs on the Izu Seven Islands from 1973 to 1974 and obtained the following results :

- 1) The highest temperature and the highest contents of chemical components were as follows : Temperature 101.5°C (Hachijo Onsen Hotel No. 2); pH-value 8.5 (Tairo Pond on Miyake Island), the lowest pH-value 5.5 (Chinata on Shikine Island), evaporated residues 35584mg/l (Ashitsuki on Shikine Island), Cl 19040mg/l (Ashitsuki on Shikine Island), SO<sub>4</sub> 2329mg/l (Sabisaki on Kozu Island), alkalinity 9.93meq/l (Ainohama on Miyake Island), SiO<sub>2</sub> 196mg/l (Hachijo Onsen Hotel No. 2), HBO<sub>2</sub> 80mg/l (Hachijo Onsen Hotel No. 2), Na 10100mg/l (Hachijo Onsen Hotel No. 2) K 600mg/l (Ashitsuki on Shikine Island), Ca 1290mg/l (Hachijo Onsen Hotel No. 1), Mg 1175mg/l (Sabusaki on Kozu Island).
- 2) There is a linear relationship between the sodium and chloride contents in the hot spring waters collected from the Izu Seven Islands. The Na/Cl ratios of Hachijo Onsen Hotel No. 2, Yunohama and Ainohama on Miyake Island were almost equal to that of sea water.
- 3) As for the Ca/Cl ratio in the hot spring waters, it was found to be distinctly higher than that of sea water, while the Mg/Cl ratio in them was clearly lower than that of sea water except Sabusaki Spring which showed almost the same Ca/Cl and Mg/Cl ratios as those of sea water. It is supposed that after the sea water has mixed with the thermal water an ion exchange reaction occurred between magnesium in the solution and calcium in the surrounding rocks.
- 4) The hot spring waters of Oshima were found to be low in chemical components such as chloride, sulfate and others.

## 1. 緒 言

現在伊豆七島の中で大島、式根島、神津島、三宅島、八丈島に温泉が存在していることが知られている。元来、三宅島や八丈島などで天然に、海岸の波打際に存在した温泉は、三宅島では39.3℃<sup>1)</sup>、八丈島でも約30℃を示しあまり高温ではなかったが、近年ボーリングが行なわれるようになった結果、かなり高温の温泉水が得られ、入浴に利用されている。著者らは1973年2月26日並に、5月1～2日に八丈島及び三宅島の温泉を調査した。尚同年4月6日大島の温泉を調査、1974年4月7日式根島の温泉を、次いで6月2日に神津島の温泉を調査したのでその結果をここに報告する。

\* 現在退職

2. 分析方法

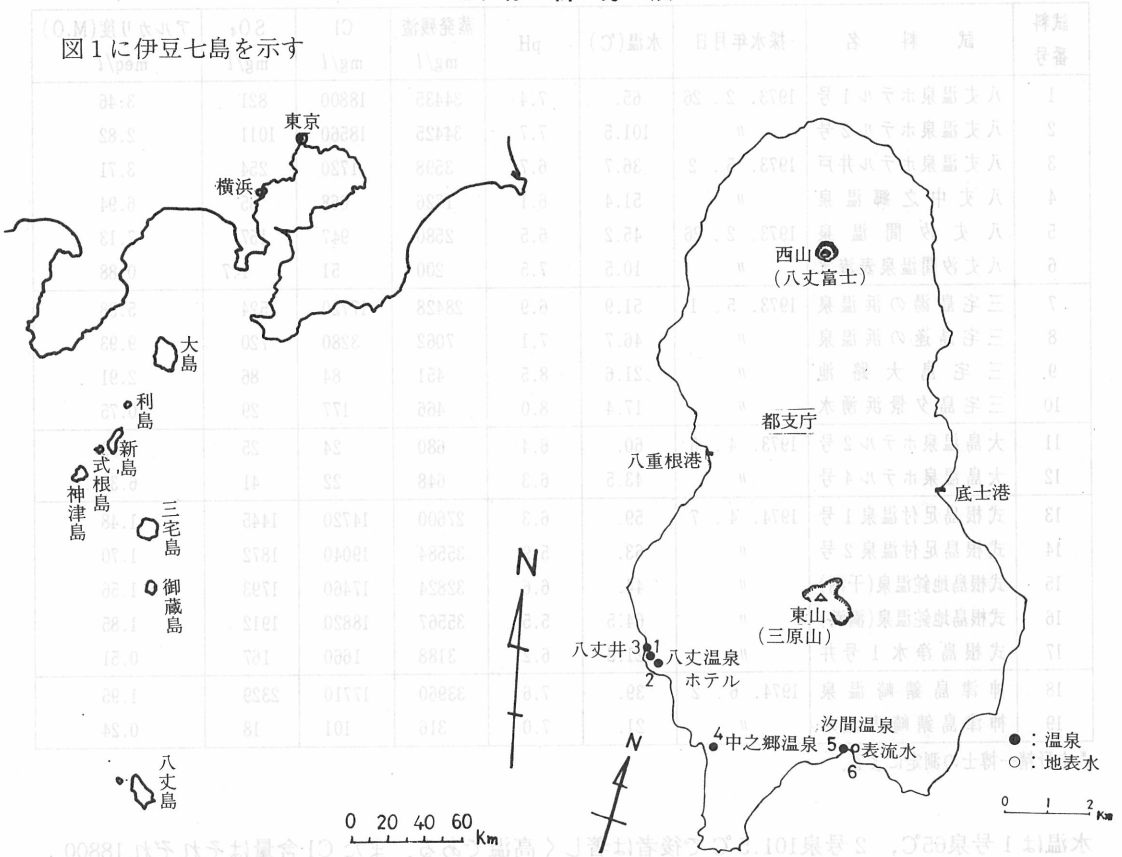


図1 伊豆七島

図2 八丈島における試料採取点

分析方法は、(1)水温は留点水銀温度計並びに $\frac{1}{10}$ 度目盛水銀温度計を用いて測定した。(2)pHは現地にて比色法で測定した。(3) $\text{SO}_4$ は含量の多いものは重量法、少ないものは比濁法で定量した。(4)Clはモール法により定量した。(5)アルカリ度はメチルオレンジを指示薬として $0.02\text{n-H}_2\text{SO}_4$ で滴定したものである。(6) $\text{SiO}_2$ は重量法で定量した。(7)Ca及びMgはEDTAを用いた滴定法で定量した。(8)Na及びKは原子吸光法により定量した。(9)蒸発残渣は試料250mlを蒸発乾固した後 $110^\circ\text{C}$ で乾燥して秤量したものである。

3. 結果及び考察

分析結果は表1に示す通りである。

3.1 八丈島の温泉

図2に八丈島における試料採取点を示す。

八丈島には八丈温泉ホテル1号、2号泉及び中之郷温泉、汐間温泉（南国温泉ホテルはこの湯を引湯して浴用に利用している）等が存在する。八丈温泉ホテル1号泉（ボーリングの深さ130m）、2号泉（ボーリングの深さ110m）は共に海岸からの距離約70mにあり、相互の距離は数mである。

表1 伊豆七島の温泉の化学成分

試料番号	試料名	採水年月日	水温(℃)	pH	蒸発残渣 mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	アルカリ度(M.O) meq/l
1	八丈温泉ホテル1号	1973. 2. 26	65.	7.4	34435	18800	821	3.46
2	八丈温泉ホテル2号	"	101.5	7.7	34425	18560	1011	2.82
3	八丈温泉ホテル井戸	1973. 5. 2	36.7	6.7	3598	1720	254	3.71
4	八丈中之郷温泉	"	51.4	6.1	1726	668	35	6.94
5	八丈汐間温泉	1973. 2. 26	45.2	6.5	2580	947	157	7.13
6	八丈汐間温泉表流水	"	10.5	7.5	200	51	1.7	0.88
7	三宅島湯の浜温泉	1973. 5. 1	51.9	6.9	28428	17720	1524	5.38
8	三宅島逢の浜温泉	"	46.7	7.1	7062	3280	720	9.93
9	三宅島大路池	"	21.6	8.5	451	84	86	2.91
10	三宅島夕景浜湧水	"	17.4	8.0	466	177	29	0.75
11	大島温泉ホテル2号	1973. 4. 6	60.	6.4	680	24	25	5.59
12	大島温泉ホテル4号	"	43.5	6.3	648	22	41	6.33
13	式根島足付温泉1号	1974. 4. 7	59.	6.3	27600	14720	1445	1.48
14	式根島足付温泉2号	"	63.	5.9	35584	19040	1872	1.70
15	式根島地鈍温泉(干潮)	"	44.	6.6	32824	17460	1793	1.56
16	式根島地鈍温泉(満潮)	"	64.5	5.5	35567	18820	1912	1.85
17	式根島浄水1号井	"	21.2	6.2	3188	1660	167	0.51
18	神津島鏑崎温泉	1974. 6. 2	39.	7.6	33960	17710	2329	1.95
19	神津島鏑崎表流水	"	21.	7.0	316	101	18	0.24

\*上野精一博士の測定による。

水温は1号泉65℃, 2号泉101.5℃で後者は著しく高温である。またCl含量はそれぞれ18800mg/l, 18560mg/lを示し海水の値に極めて近い。陽イオンではNaが最も多く, 次いでCa, Mnが多い。尚八丈温泉ホテル浅井戸は海岸にあり36.3℃を示す温泉であるが, Cl含量は1720mg/lで前者より遙かに少ない。次に南国温泉ホテルが使用している汐間温泉と中之郷温泉についてみると, 水温はそれぞれ45.2℃, 51.4℃を示しpHは6.5, 6.1, Cl含量947mg/l, 668mg/lを示した。これらは共に海水の影響は少ない。

### 3.2 三宅島の温泉

図3に三宅島における試料採取点を示す。

三宅島には村営の湯の浜温泉及び逢の浜温泉がある, 湯の浜温泉は古くは波打際に39.3℃<sup>1)</sup>の温泉が存在したが, ここから約20~30m陸に入った位置で村役場がボーリングして得た温泉である。水温は51.9℃, pH6.9であるが, Cl17720mg/l, Na9750mg/l, 蒸発残渣28428mg/l等塩分含有量非常に多く海水の値に近い。またSO<sub>4</sub>も多いが硼酸は少ない。逢の浜温泉は昭和15年の大噴火で生じた, ヒョウタン山の下, 波打際にあり直径約20mの小さな池をなしている。この温泉は噴火の残余活動により生じたもので, いわゆる火山性のCO<sub>2</sub>を伴っており, アルカリ度が9.93meq/lで伊豆七島の温泉中最も大きい点が注目される。大路池は水質について野口の報告<sup>1)</sup>があるが, 現在三宅島の水道水源地として利用されている。この水はpH8.5, Cl84mg/l, SO<sub>4</sub>86mg/l, 蒸発残渣451mg/lであるから飲料水としては良質とはいえない。

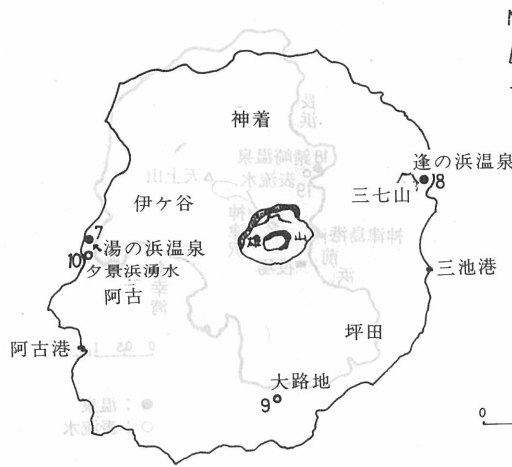
### 3.3 大島の温泉

図4に大島における試料採取点を示す。

るまふ泉點科單よ代時くふ量合代如コ常非、スシ示す

SiO <sub>2</sub> mg/l	HBO <sub>2</sub> mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Li mg/l	Br* mg/l	I* mg/l	Li/Na ×10 <sup>-4</sup>	Li/Cl ×10 <sup>-4</sup>	Br/Cl* ×10 <sup>-2</sup>	I/Cl* ×10 <sup>-5</sup>
150	66	9400	81	1290	409	3.10	64.7	0.1	3.30	1.65	0.34	0.53
146	80	10100	67	958	529	2.23	62.1	0.1	2.21	1.20	0.33	0.53
82	6	810	32	122	70.0	0.17	4.6	—	2.10	0.99	0.27	—
148	15	320	28	96.2	48.6	0.14	2.2	—	4.38	2.10	0.33	—
159	8	360	26	215	95.8	0.09	2.9	—	2.50	0.95	0.31	—
38	0	29	1.5	12.0	6.6	—	—	—	—	—	—	—
98	27	9750	43	816	995	0.71	59.4	0.1	0.73	0.40	0.33	0.56
85	17	1530	58	347	260	0.18	9.9	—	1.18	0.55	0.30	—
10	2	54	2.6	42.5	31.6	—	—	—	—	—	—	—
43	0	70	2.0	24.8	22.4	—	—	—	—	—	—	—
196	12	29	8.0	74.5	18.0	—	—	—	—	—	—	—
124	0	23	4.1	83.4	33.1	—	—	—	—	—	—	—
160	18	6750	450	530	761	—	—	—	—	—	—	—
140	18	8720	600	654	1002	—	—	—	—	—	—	—
98	19	7950	530	613	912	—	—	—	—	—	—	—
108	20	8500	580	661	990	1.07	—	—	1.26	0.57	—	—
61	2	720	47	64	85.2	—	—	—	—	—	—	—
46	17	9250	416	397	1175	0.39	—	—	0.42	0.22	—	—
72	1	55.5	5.6	3	8.4	—	—	—	—	—	—	—

2) 海水0.16 0.089 0.34 0.31



●：温泉  
○：地下水及び地表水



●：温泉  
○：地下水及び地表水

図3 三宅島における試料採取点

図4 大島における試料採取点

大島では中央に聳える三原火山の中腹、湯場の附近、海拔450mに大島温泉ホテル源泉2号、4号が(相互距離50m)存在する。いづれも深さ290mボーリングしたものでそれぞれ水温60℃、43.5℃、pH6.3、6.4を示し、Cl含量22、24mg/l、SO<sub>4</sub>25、41(mg/l)、蒸発残渣680、648(mg/l)

を示した。非常に成分含量少なく何れも単純温泉である。

### 3.4 式根島の温泉

図5に式根島における試料採取点を示す。

式根島には足付温泉、及び地鉦温泉が何れも海岸波打際に存在している。足付温泉1号は海岸線附近に深さ30~40cm、広さ4㎡の小さい池の隅から湧出している。2号は1号より約60m離れて同じように波打際の大きな石塊の周囲に湧出している。いずれも満潮時には海水中に没し、干潮時には湧出口が露出する。水温はそれぞれ59℃、63℃、pH6.3、5.9を示し、Cl含量は14720、19040(mg/l)、SO<sub>4</sub>1445、1872(mg/l)、蒸発残渣27600、35584(mg/l)、Na6750、8720(mg/l)、K450、600(mg/l)を示しいずれも含量は非常に多い。地鉦温泉は足付温泉より山越えに約1km離れた海岸線近くの大きな岩塊の周囲に湧出しており、日中は老人達が入浴に使用している。満潮時には完全に海水中に没する。今回の調査は午前中の干潮時(観測時刻11時45分)と同日午後の満潮直前(観測時刻15時30分)の二回行なった。前者は地鉦温泉No.1であり、後者は地鉦温泉No.2である。測定結果は、それぞれ水温44℃、64.5℃、pH6.6、5.5の弱酸性を示している。Cl含量はそれぞれ17460、18820(mg/l)、SO<sub>4</sub>1793、1912(mg/l)、Na7950、8500(mg/l)、蒸発残渣32824、35567(mg/l)を示しいずれも含量多い。特に満潮直前の方が干潮時より水温が高く、pHが小さく、化学成分含量が増大している点が注目される。尚CO<sub>2</sub>ガスが温泉に伴って噴出しており、湧出口周辺に水酸化第二鉄の赤褐色沈殿が多量にみられた。また式根島水道水は1号井、2号井ともに深さ20mボーリングしたものを引水したもので、pHは6.2、6.3を示した。尚また1号井はCl含量1660mg/l、SO<sub>4</sub>167mg/l、Na720mg/l、蒸発残渣3188mg/lを示した。この水はそのままでは飲料には適せず、現在これを脱塩処理して飲料水として利用している。

### 3.5 神津島の温泉

図6に神津島における試料採取点を示す。

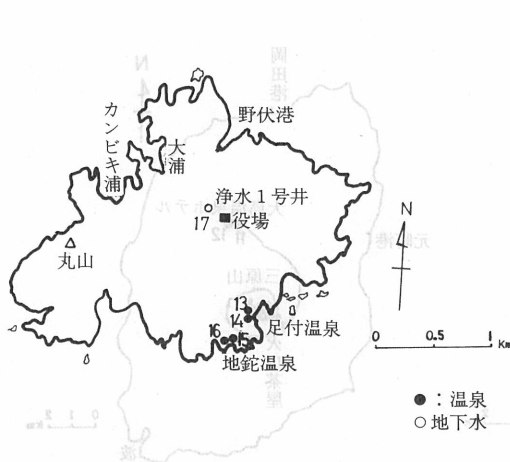


図5 式根島における試料採取点



図6 神津島における試料採取点

神津島には鑄崎温泉が存在する。この温泉は海岸線から約30m陸に入り、海面より高さ6~7mにて深さ90mボーリングをしたものである。水温は湧出口で39℃を示し、pH7.6、Cl17710mg/l、SO<sub>4</sub>2329mg/l、Na9250mg/l、K416mg/l、蒸発残渣33960mg/l等を示した。これらの成分含量はいずれも多く、海水の値に極めて近い。また温泉より約15m離れた沢水はpH7.0、Cl101mg/l、蒸発残渣316mg/lで普通の地表水より多少含量が多いことが判明した。これは潮風の影響であろう。

次に各成分相互の関係を検すると

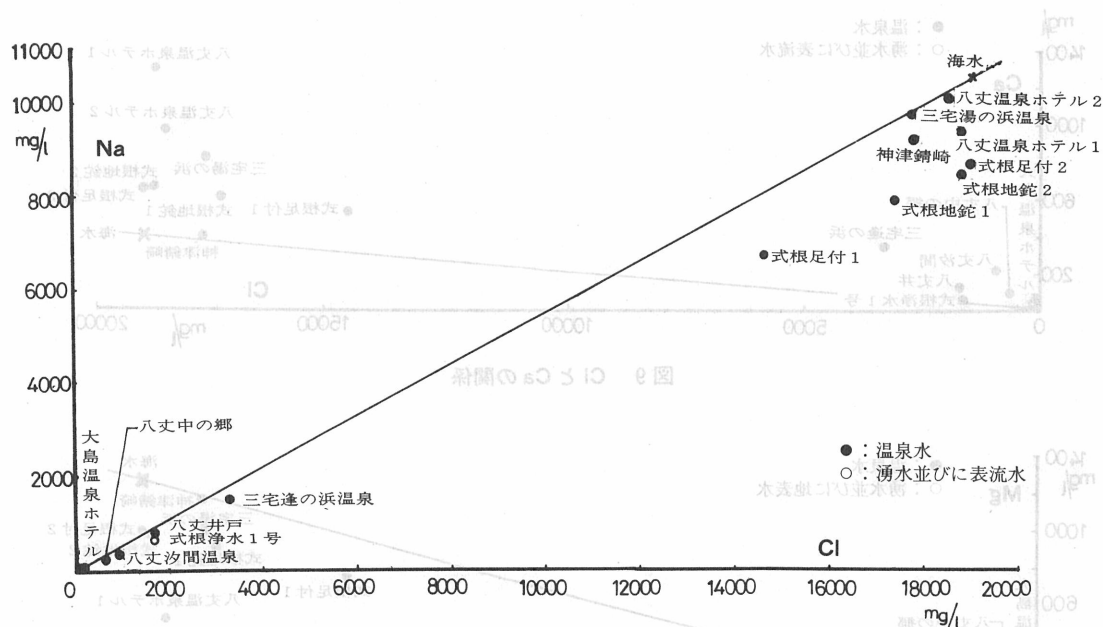


図7 ClとNaの関係

図7に示すようにClとNaとの間にはほぼ正の相関が認められるが、Na/Cl比については、八丈温泉ホテル2号、三宅島湯の浜温泉、逢の浜温泉等は何れも海水の値にほぼ等しい。

式根島の足付温泉及び地鉦温泉のNa/Cl比は共に海水のNa/Cl比より明にCl側にずれている。

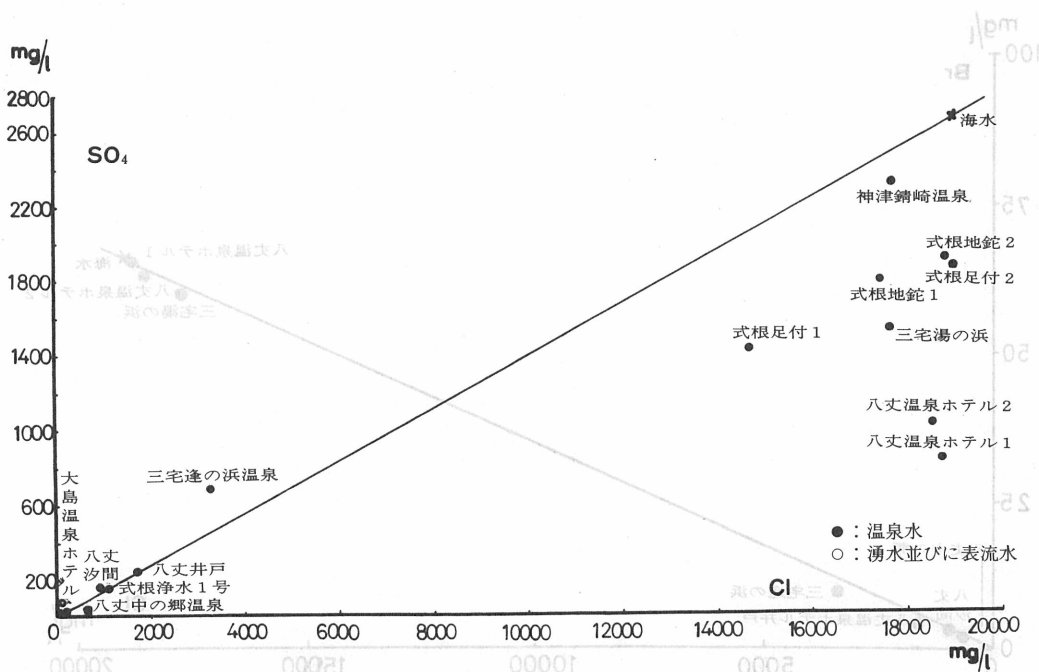


図8 ClとSO4の関係

この水は谷を流れる川の水

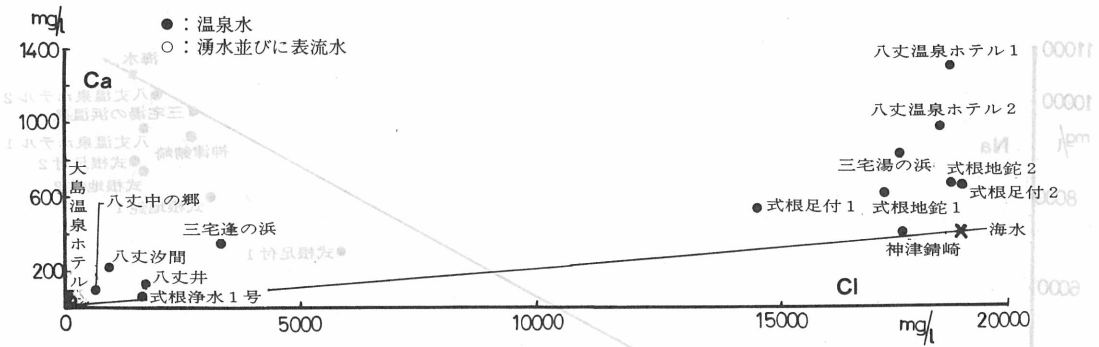


図9 ClとCaの関係

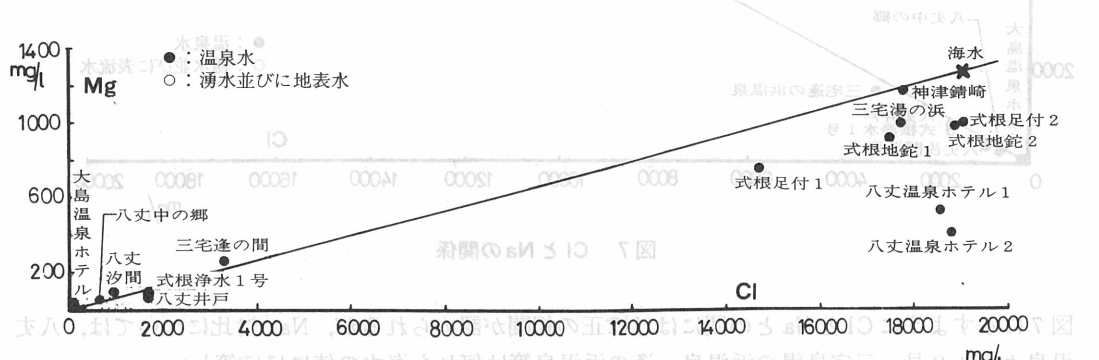


図10 ClとMgの関係

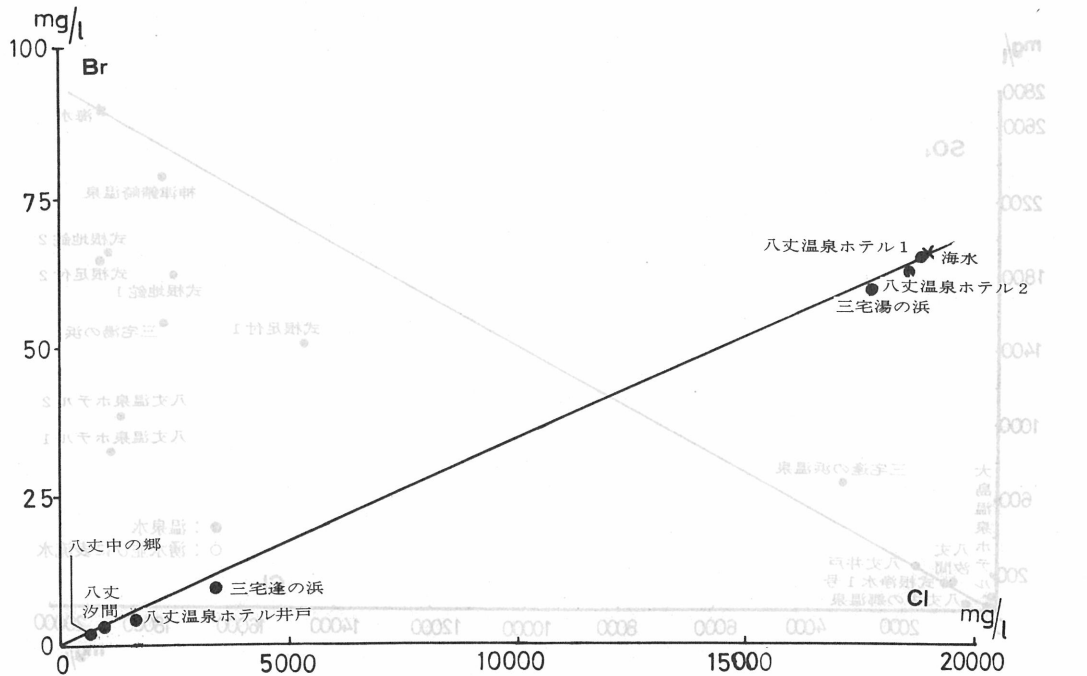


図11 ClとBrの関係

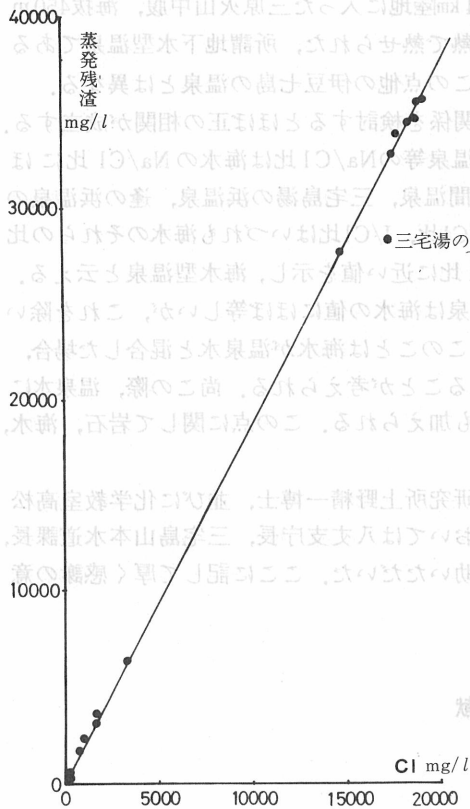


図12 Clと蒸発残渣の関係

また大島温泉ホテルの温泉水はNa, Cl含量共に著しく少く, 通常の地下水の値にほぼ等しい。一方ClとSO<sub>4</sub>の比においては図8に示すように, 神津の鏑崎温泉, 三宅島逢の浜温泉は海水の値に近いが, 八丈温泉ホテル1号, 2号, 三宅島湯の浜温泉等は海水の値よりCl側に著しくずれており, 換言すれば塩素に比しSO<sub>4</sub>が著しく減少している。このことはSO<sub>4</sub>が還元されてSとなりFeSとなって析出して除かれたとも考えられるが, また石膏の形成によることも考え調べたところ, 石膏らしいものは認められず明らかな結論はくだし難い。この事に関しては更に後日の研究にゆずる。

次にCa/Cl比及び, Mg/Cl比は図9, 10に示すように, いづれも神津島の鏑崎温泉の値は海水の値に極めて近いが, 他の伊豆七島の温泉はCa/Cl比においては海水の値よりCaが多く, Mg/Cl比においては海水の値よりかなりMgが減少していることが判る。即ち海水が温泉水に混入した場合, 温泉水, 或はそれに伴う火山性の炭酸ガスと岩石との間に反応が起りMgとCaとの間に置換反応が起ることが考えられる。この点に関しては更に今後の研究によって究明したい。

次にLi/Na比, Li/Cl比, 及びBr/Cl比, I/Cl比を検すると表1及び図11の如くBr/Cl比は海水の値に全く等しい。他はいづれも海水より僅に大きい程度である。又Cl及びNa含量の多い一般の温泉と比較すると例えば一国<sup>3)</sup>等によって報告されている山形県押所沢鉱泉のLi/Na(重量比)20.0×10<sup>-4</sup>, Li/Cl比8.12×10<sup>-4</sup>等に比較して伊豆七島の場合は極く小さい値を示している, 尚また野口ら<sup>4)</sup>が調査した山陰地方及びその周辺の温泉のLi/Na比, Li/Cl比と比較した場合海水型温泉と思われる皆生温泉によく類似しており, 岩漿に由来する熱水型温泉と考えられる池田, 湯抱, 有馬等の温泉の値より著しく小さい。以上これらのことから大島温泉を除く他の伊豆七島の温泉は所謂海水型温泉であるといえるであろう。尚Clと蒸発残渣の間には図12に示すように明に正の関係がみられる。

#### 4. 結 語

以上の結果を総括すれば

(1) 伊豆七島における温泉水の温度及び化学成分の最大値は次のとおりである。水温は八丈温泉ホテル2号の101.5℃, pHは三宅大路池の8.5(最小値は式根島地鈍温泉の5.5), 蒸発残渣は足付温泉2号の35584mg/l, アルカリ度は逢の浜温泉の9.93meq/l, Clは足付温泉2号の19040mg/l, SO<sub>4</sub>は鏑崎温泉の2329mg/l, HBO<sub>2</sub>は八丈温泉ホテル2号の80mg/l, SiO<sub>2</sub>は八丈温泉ホテル2号の196mg/l, Naは八丈温泉ホテル2号の10100mg/l, Kは足付温泉2号600mg/l, Caは八丈温泉ホテル1号の1290mg/l, Mgは鏑崎温泉の1175mg/lである。



(2) 伊豆七島の温泉の内、大島の温泉は海岸から約4 km陸地に入った三原火山中腹、海拔450 mの湯場の附近に位し、成分含量少なく地下水が単に地熱で熱せられた、所謂地下水型温泉であると推定される。この場合海水は全く混入していない。この点他の伊豆七島の温泉とは異なる。

(3) 伊豆七島の各温泉水について、NaとClの間の関係を検討するとほぼ正の相関が成立する。特に八丈温泉ホテル2号、三宅島湯の浜温泉、逢の浜温泉等のNa/Cl比は海水のNa/Cl比にほぼ等しい。Br/Cl比は八丈温泉ホテル1、2号及び汐間温泉、三宅島湯の浜温泉、逢の浜温泉の比は海水のBr/Cl比に全く等しい。尚Li/Na比、Li/Cl比、I/Cl比はいずれも海水のそれらの比より僅かに大きく、海水のLi/Na比、Li/Cl比、I/Cl比に近い値を示し、海水型温泉と云える。

(4) Ca/Cl, Mg/Cl比においては、神津島の錆崎温泉は海水の値にほぼ等しいが、これを除いては海水の値より明にCaが多くMgが減少している。このことは海水が温泉水と混合した場合、高温度で温泉水と岩石との反応でMgがCaと置換されることが考えられる。尚この際、温泉水に伴うCO<sub>2</sub>と岩石の反応により、水中のCa, Mgの増加も加えられる。この点に関して岩石、海水、温泉水の間の反応を更に究明したい。

最後に本研究を行なうに際し、科学技術庁無機材質研究所上野精一博士、並びに化学教室高松信樹学士から多大の御助力をいただいた。また現地においては八丈支庁長、三宅島山本水道課長、式根島支所梅田主事並びに神津島佐藤治雄氏より御援助いただいた。ここに記して厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 野口喜三雄：三宅島調査報告(昭和26年)
- 2) メイスン・一国雅巳訳：「一般地球化学」P.234
- 3) 一国雅巳，鈴木劭子，加藤武雄：温泉科学 25, 21 (1974)
- 4) 野口喜三雄，上野精一，野口 暁，牛川良三，高野稔一郎，今橋正征：温泉科学18, 8 (1967)



図12 Na/ClとMg/Clの相関関係