

長崎県小浜温泉の放熱量と湧出機構

*九州大学工学部, **九州大学工学部, 現在同和鉱業(株)

湯原 浩三*, 江原 幸雄*, 二子石正雄**, 藤光 康宏*

(昭和61年9月16日受付, 昭和61年11月20日受理)

Heat Discharge and Flow System of Obama Hot Springs, Nagasaki Prefecture

Kozo YUHARA, Sachio EHARA,
Masao FUTAGOISHI and Yasuhiro FUJIMITSU
Faculty of Engineering, Kyushu University

Abstract

Many boiling springs are seen at Obama in the west of Shimabara peninsula, Nagasaki Prefecture. The flow rate was measured overcoming many difficulties caused by the high temperature and the large flow rate of the springs. The total flow rate is 5,672 l/min and the mean temperature is 93.9 °C. The heat discharges are calculated as the product of flow rate and enthalpy for each spring. The sum of them amounts to 10.6×10^6 cal/sec relative to 0°C. Chemical composition of the spring water is similar to the sea water, and the isotopic study suggests the mixing of the present sea water and the local meteoric water. The heat source of the hot springs may be volcanic steam coming from a branch of the Unzen Volcanoes.

1. 緒 言

島原半島西岸にある小浜温泉は多量の沸騰泉が湧出していることで有名である。また東方約5 kmにある雲仙温泉には多くの噴気地がある。島原半島には千々石断層をはじめ多くの東西方向に走る断層が知られており、それらを通して小浜温泉と雲仙温泉の間に密接な関係があるとする説もある¹⁾。

小浜温泉の湧出量については、渡辺和衛氏が昭和29年の調査結果として1日に56500トンという値を報告しているのが唯一のものである²⁾。この値と90°C以上の泉温とから温泉による放熱量を求めると、約 52×10^6 cal/secとなり別府温泉、熱海温泉、伊東温泉などの大温泉より大きな値となる。温泉の湧出している地域の面積では、小浜温泉は前記大温泉に比べると数分の一であるので、昭和29年当時の湧出量の値がやや過大ではないかという気がしないでもない。

新エネルギー総合開発機構(NEDO)では昭和59年度より、「地熱開発促進調査雲仙西部地域」

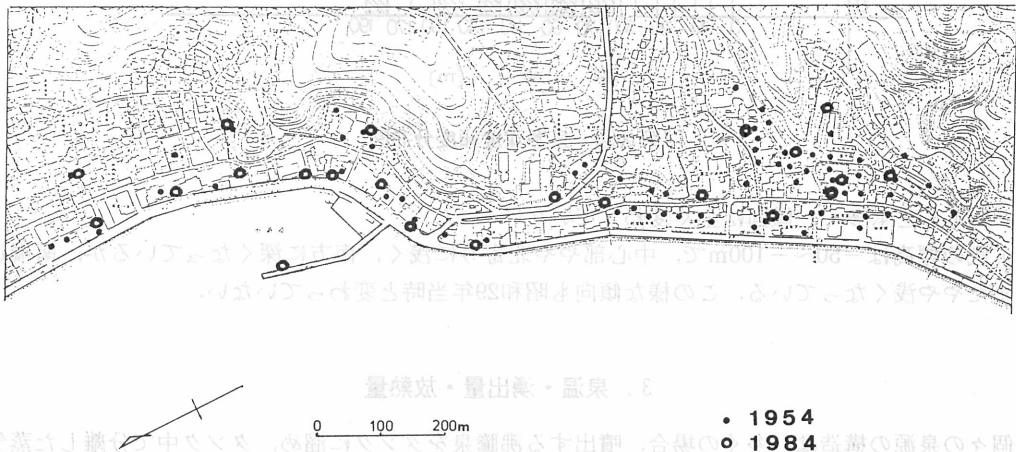
の名のもとに、小浜周辺の地下熱構造について大規模な調査を開始した。このような状況のもとでは、現時点での小浜温泉の泉温、湧出量、放熱量等を出来るだけ正確に把握しておくことが極めて重要であって、いろいろな意味で役立つものと思われる。しかし、一般に、小浜温泉のような高温、多量の湧出量の測定は危険を伴うので非常に難しい。

九州大学工学部資源工学科地熱工学研究室では、昭和59年8月1日より3日までの3日間、出来るだけ正確に湧出量を測定することを試みた。

今回の調査にあたっては、小浜町長はじめ小浜町の担当職員各位および温泉源所有者の皆様にご多大の御協力を戴いた。ここに厚く御礼申し上げる次第である。

2. 泉 源

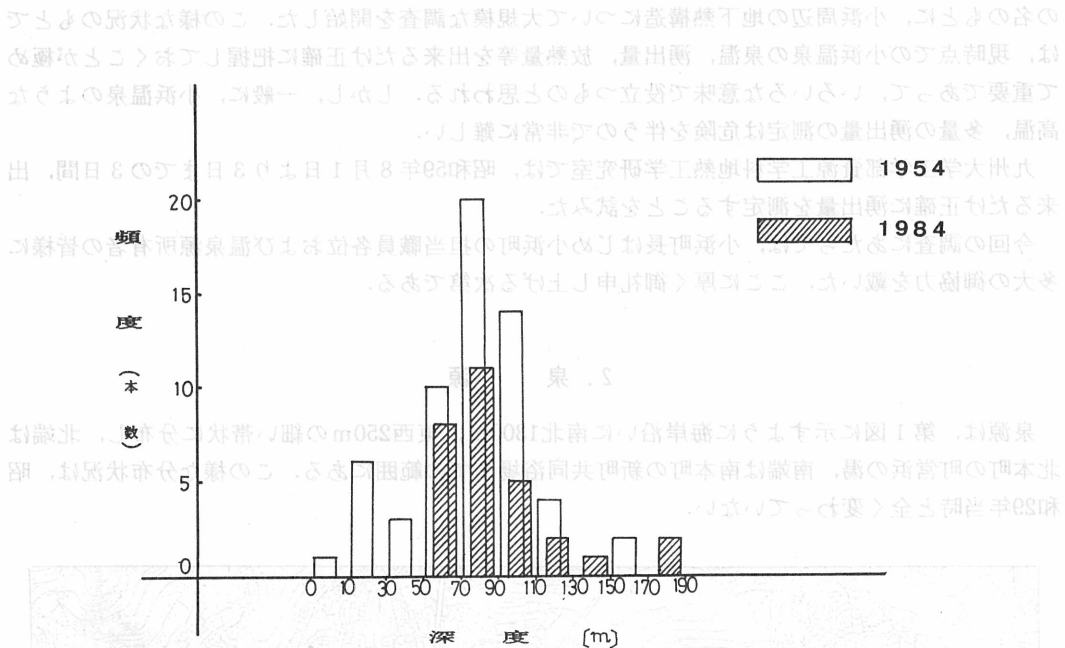
泉源は、第1図に示すように海岸沿いに南北1300m、東西250mの細い帯状に分布し、北端は北本町の町営浜の湯、南端は南本町の新町共同浴場までの範囲にある。このような分布状況は、昭和29年当時と全く変わっていない。



第1図 小浜温泉泉源分布図

泉源は昭和59年現在、自噴井10、エアリフトによって揚湯しているもの12、調査当時工事中のもの2、休止中のもの5の計29である。昭和29年当時は63の源泉があったといわれ、そのうち自噴しているものが約20と報告されている。この様に源泉数が減少しているのは、昭和20年頃より温泉熱利用製塩事業が盛んになり、多くの温泉井が掘られ、昭和23年には総数約100本を数えるに至ったが、このような多量の温泉水の採取の結果、南部より自噴停止、泉温低下の現象がはじまり、漸次北上して中心部に及んで来たので、揚湯抑制が実施され、その結果、中心部の自噴は復活している。昭和29年はだいたいその時点に相当する。その後、製塩事業の閉止と共に泉源の整理が行われ、現在の源泉数に落ち着いているものと思われる。

泉源はすべてボーリングによるもので、その深度頻度分布図を第2図に示す。これより明かなように深度80m前後のものももっとも多く、最深184mである。昭和29年当時も深度80m前後の



第2図 泉源深度頻度分布図

ものももっとも多く、傾向は全く変わっていない。

坑底の標高は-50~-100mで、中心部やや北寄りに浅く、南方に深くなっているが、南端近くまたやや浅くなっている。この様な傾向も昭和29年当時と変わっていない。

3. 泉温・湧出量・放熱量

個々の泉源の構造は、多くの場合、噴出する沸騰泉をタンクに溜め、タンク中で分離した蒸気を上部の煙突状の蒸気抜きから噴出させ、熱水はタンクの底からパイプによって数箇所へ分湯する様になっている。

泉温の測定は、出来れば噴出口で、さもないときはタンク中又は分湯パイプのより噴出口に近いところで測定した。

測定結果は第1表に示すように51.8~99.6℃の範囲にあり、90℃以下の2泉源を除くと他はすべて沸騰温度かそれに近く、平均93.9℃となる。昭和29年の渡辺の調査では38~102℃、平均94.3℃であったから泉温は30年間全く変化なしと云える。

湧出状況は自噴しているもの10、エアリフトポンプにより揚湯しているもの12で、地域的には北半分はほとんど自噴泉、南半分はすべてポンプ揚湯である。これは前節で述べたように、温泉井が北部で浅く、南部で深いことと対応している。

個々の泉源の構造は前述の如く複雑で、湧出量の測定は極めて困難である。多く分湯されている場合は、分湯管のバルブを開閉して出来るだけ湯を一箇所に集めて測定することを試みたが、その様な操作が不可能な場合は、各分湯毎に測定しそれらを合算した。熱水は容積法または流速法で測定し、蒸気は流速と蒸気密度の測定から噴出質量を求めた³⁾。エアリフトポンプにより揚湯しているものは、すべてタンク内の水位を一定の範囲内に保つようにセットされた自動運転

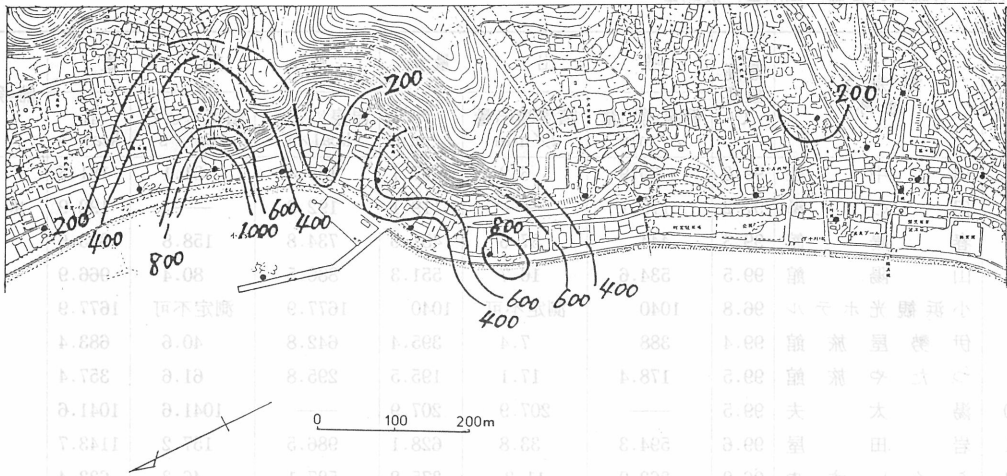
第1表 各源泉の泉温、湧出量、放熱量

測定 番号	源泉名 (通称)	最高 温度 ℃	噴 出 量			放 熱 量			備考	
			温泉湧出量 l/min	噴気噴出量 l/min	計 l/min	温泉による kcal/s	噴気による kcal/s	計 kcal/s		
2	田 中 荘	99.3	90.9	6.2	97.1	150.4	31.1	181.5		
3	田 の 湯	97.2	119.1	—	119.1	192.9	—	192.9	*	
4	春 陽 館	99.3	444	37.6	481.6	734.8	158.8	893.6		
6	山 陽 館	99.5	534.6	16.7	551.3	886.5	80.4	966.9		
7	小浜観光ホテル	96.8	1040	測定不可	1040	1677.9	測定不可	1677.9		
8	伊勢屋旅館	99.4	388	7.4	395.4	642.8	40.6	683.4		
9	つたや旅館	99.5	178.4	17.1	195.5	295.8	61.6	357.4		
10	湯 太 夫	99.5	—	207.9	207.9	—	1041.6	1041.6		
11	岩 田 屋	99.6	594.3	33.8	628.1	986.5	157.2	1143.7		
14	うぐいすや	96.8	363.9	11.3	375.2	587.1	46.3	633.4		
15	町 噴 湯	99.5	—	54.3	54.3	—	333.9	333.9	*	
17	富士屋旅館	99.1	808	測定不可	808	1334.5	測定不可	1334.5		
18	白 雲 荘	92.6	30.7	—	30.7	47.4	—	47.4	*	
20	佐藤金物店	97.9	38.5	—	38.5	62.8	—	62.8	*	
22	国立小浜病院	92.3	3.4	—	3.4	5.2	—	5.2	*	
23	脇浜温泉組合	99.5	283.4	—	283.4	470.0	—	470.0	*	
24	温泉プール	95.5	32.3	5.3	37.6	51.4	56.3	107.7	*	
25	脇 浜 (2)	94.2	33.0	—	33.0	51.8	—	51.8	*	
26	厚生年金老人ホーム	95.5	131.4	—	131.4	209.1	—	209.1	*	
27	国 崎 旅 館	70.6	68.7	—	68.7	80.8	—	80.8	*	
28	林 兼 保 養 所	91.0	12.8	—	12.8	19.4	—	19.4	*	
29	新町共同浴場	51.8	79.0	—	79.0	68.2	—	68.2	*	
*はエアリフトによる揚湯場所 (放熱量は0℃基準)			合 計			5672.0	合 計		10663.1	

であるので、まずポンプ運転時の揚湯量を測定し、次に運転時間を調査し、これから1日の揚湯量又は単位時間あたりの平均揚湯量を求めて、自噴しているものと比較出来るようにした。測定結果を第1表に示す。測定値は、上述の泉源の構造上の問題と高温かつ多量であるために、かなりの誤差を含んでいる。しかし、泉源の構造を測定に便利な様に改造しない限り、この程度以上に精度を高めることは不可能である。

泉源は中心部及び北部ではほとんど99℃以上で、南部ではやや低い。湧出量は第3図に示すように中心部及び北部ではほとんど毎分数百リットルで、最高は1040l/分であった。一方南部ではすべてポンプの間欠的な自動運転による揚湯であるため、平均した揚湯量は少なく、一、二の例外を除いて毎分数十リットルである。

噴出量を合計すると5672l/分となる。これは1日に8168トンに相当する。昭和29年の渡辺の調査では1日に56500トンと報告されている。昭和29年当時の測定方法は不明であるが、この数字をそのまま用いれば、昭和29年当時に比べて約1/7に減少していることになる。泉源数は昭和29年当時に比して約1/3になっているから、個々の泉源の湧出量も約1/2弱になつていることになる。この原因の1つは当時の製塩事業のための乱開発に対して、現在は泉源保護のための適正揚湯が指向されており、特に南部地域のポンプが間欠的な自動運転になっていることが考えられる。



第3図 湧出量分布図

0℃を基準にした放熱量は、温泉については各泉源の泉温と比熱(1 cal/g℃とする)と湧出量の積から、噴気についてはエンタルピーと噴出量の積から求めた。これらを合計することによって、小浜温泉の全放熱量として10,563kcal/秒が得られる。

4. 化学成分

各泉源の温泉水の主要イオンの分析を行った結果を第2表に示す。水素イオン濃度はpH7.32~8.52で弱アルカリ性である。溶解成分の濃度はいずれも大きく、主要イオンの合計で最高が13.3g/l、最低が3.3g/lである。泉質は食塩泉で第4図に示すように成分比は海水に似ている。

主要成分であるCl⁻イオンの地理的分布を第5図に示す。これより明らかなようにCl⁻イオンは中心部で多く(特に海底から湧出するNo.15泉源が最高である)、北部・南部ではやや少なくなっている。このようなCl⁻の分布は全溶解成分濃度の分布とみてもよい。他の主な陰イオンではSO₄²⁻もCl⁻と等値線のパターンの細部はやや異なるもののやはり中心部で多く南部でやや少ない。一方、HCO₃⁻は第6図にみられる様にむしろ南部に多い傾向を示している。これは、Cl⁻、SO₄²⁻とHCO₃⁻の供給源が異なることを暗示している。第4図を細かく見れば、温泉水の組成は海水と似ているものの、SO₄²⁻とMg²⁺がやや少なくHCO₃⁻、K⁺、Ca²⁺がやや多い。これは海水が炭酸塩鉱物に富む地層中を通過する際に、Ca²⁺とHCO₃⁻が付加されたと考えれば説明できる。このことはHCO₃⁻の多い南部ではCa²⁺も多いことから裏づけられる。今Cl⁻の供給源が海水のみであり、海水中のCl⁻濃度を19g/kgとすると、小浜温泉の海水混入量は一例(No.27の9.6%)を除くと38%(No.15)から21%(No.9)の範囲にある。

熱水貯留層では鉱物と熱水の間でNa、K及びCaについての化学平衡が成立していると考えられることから、それらの濃度から平衡時の温度を求めることが行われている。これにはNa-K温度計、Na-K-Ca温度計が普通に用いられているが、海水が混入していると考えられる熱水系においては、Mg補正を行う必要がある。この様な考慮をした計算式として、ここではフルニ

第2表 水質分析結果とCl⁻を指標とした海水混入率

(分析者：中江 保男, 1984, 9, 21)

測定番号	源泉名 (通称)	pH	陽 イ オ ン						陰 イ オ ン			海水混入率(%)
			K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Cl	SO ₄	HCO ₃	
2	田 中 荘	8.15	225.0	2670.0	143.0	181.4	0.20	0.19	4715.0	301.5	155.5	24.4
3	田 の 湯	7.93	205.0	2600.0	157.6	190.6	0.06	0.33	4700.0	309.0	196.0	24.4
4	春 陽 館	8.18	235.0	2730.0	149.9	180.6	0.20	0.19	4855.0	360.0	175.5	25.2
6	山 陽 館	8.37	243.0	2730.0	146.9	166.4	0.28	0.09	4840.0	255.0	154.5	25.1
7	小浜観光ホテル	8.52	248.0	2730.0	150.7	161.1	2.80	0.25	4800.0	341.5	166.5	24.9
8	伊勢屋旅館	8.29	260.0	2850.0	170.9	170.7	0.24	0.19	5030.0	284.0	175.0	26.1
9	つたや旅館	8.23	193.0	2230.0	109.6	131.4	0.10	0.14	3975.0	284.0	90.0	20.6
10	湯 太 夫	8.47	255.0	2850.0	147.7	172.5	0.26	0.14	5095.0	350.0	147.5	26.4
11	岩 田 屋	8.43	247.0	2770.0	146.0	167.9	0.24	0.09	4890.0	345.0	161.5	25.3
14	うぐいすや	8.43	243.0	2770.0	149.9	165.9	0.22	0.19	4960.0	257.5	159.5	25.7
15	町 噴 湯	8.38	283.0	4170.0	200.8	367.1	0.40	0.18	7415.0	750.0	161.0	38.4
17	富士屋旅館	8.30	235.0	2770.0	142.2	170.5	0.38	0.09	4890.0	268.5	152.0	25.3
18	白 雲 荘	8.20	223.0	2730.0	152.0	170.0	0.26	0.13	4815.0	350.0	158.5	24.9
20	佐藤金物店	8.18	210.0	2650.0	153.3	174.3	0.14	0.09	4695.0	315.0	184.5	24.3
22	国立小浜病院	8.03	208.0	2570.0	155.4	167.4	0.06	0.14	4630.0	363.5	154.0	24.0
23	脇浜温泉組合	8.21	218.0	2670.0	154.6	178.6	0.08	0.13	4740.0	360.0	184.5	24.6
24	温泉プール	8.15	200.0	2570.0	156.3	176.8	0.08	0.19	4590.0	335.0	189.5	23.8
25	脇 浜 (2)	7.67	208.0	2600.0	157.2	171.2	0.12	0.13	4645.0	305.0	186.5	24.1
26	厚生年金老人ホーム	7.90	203.0	2530.0	151.6	171.5	0.88	0.13	4550.0	301.5	196.0	23.6
27	国 崎 旅 館	7.32	87.0	990.0	80.5	75.0	0.04	0.13	1850.0	110.0	120.0	9.6
28	林兼保養所	7.64	200.0	2570.0	158.0	172.3	0.12	0.14	4570.0	299.0	198.5	23.7
29	新町共同浴場	7.72	195.0	2550.0	151.2	174.6	0.08	0.13	4540.0	319.0	196.5	23.5
	海 水	—	390.0	10750.0	416.0	1295.0	0.05	0.005	19300.0	2700.0	100.0	—

*ここで海水とは、35‰標準海水のことである
*イオンの単位は、mg/l

エ・古賀の式⁴⁾

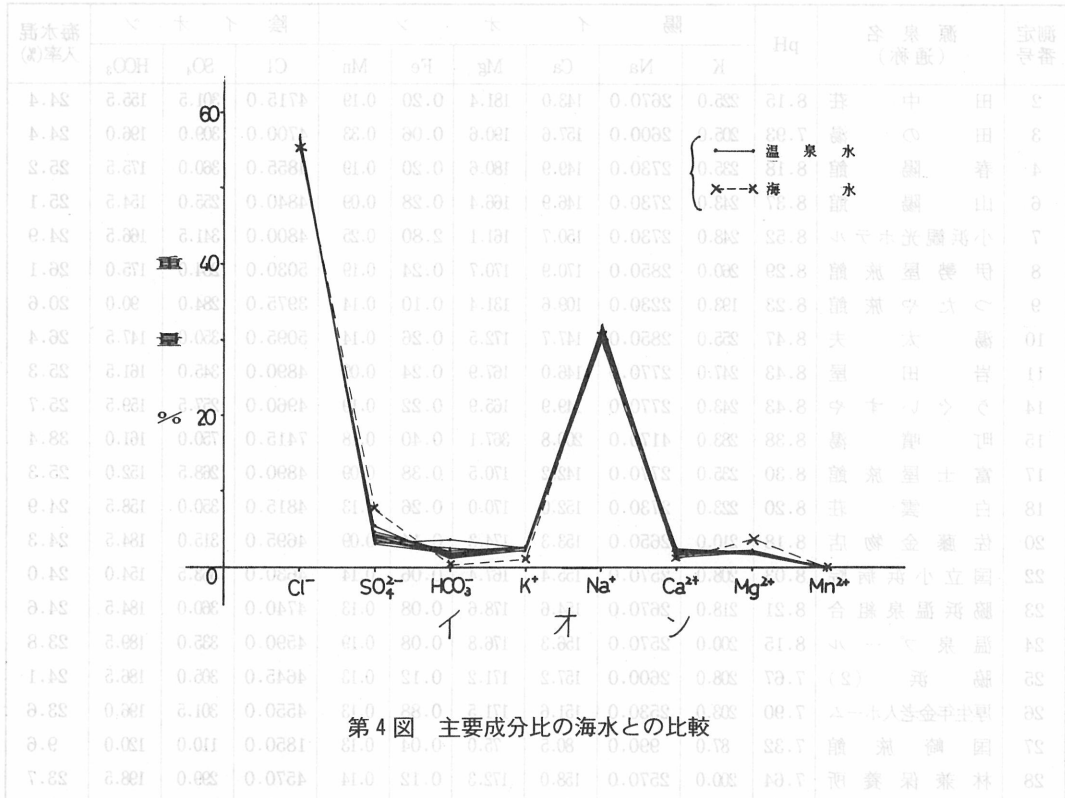
$$t(°C) = \frac{1647}{\log(Na/K) + 1/3[\log(\sqrt{Ca+Mg}/Na) + 2.06]} - 273.15$$

を用いて計算した。結果を第3表に示す。これより最高は202℃(No. 8)，最低は187℃(No. 27)で地熱地域としてはそれほど高い方ではない。また分布は泉温分布とほとんど変わらず、中心部で高く、南部でやや低目である。

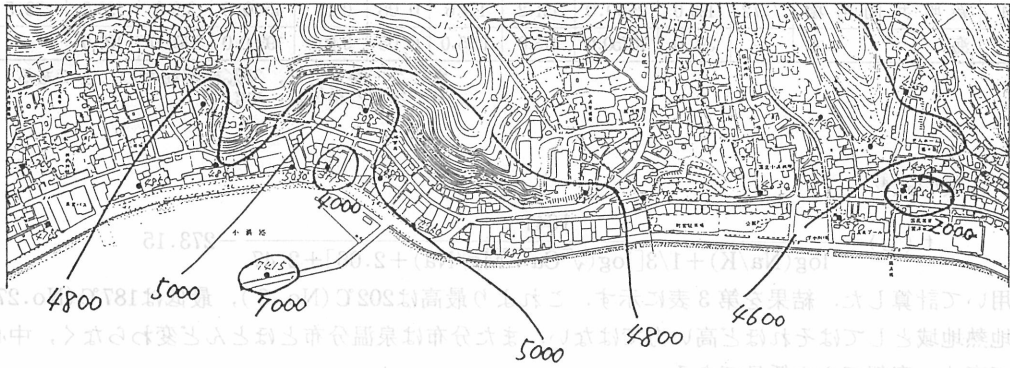
次に小浜温泉の15の泉源で水素、酸素の同位体の分析が行われている(昭和59年度地熱開発促進調査総合解析報告書, No.15雲仙西部地域⁵⁾)。その結果を第4表に再録する。これよりδDとδ¹⁸Oの関係、δDとCl⁻の関係を示すと第7図のようになる。15温泉はδDが-30.8~-36.2‰、δ¹⁸Oが-4.0~-5.3‰、Cl⁻が3975~5095mg/kgの範囲にあり、図上でも狭い範囲にまとまるが、細かくみるとa、b 2つのグループに分れる。そのうちbグループに属するものはいずれも小浜温泉の北端に近い所にある。まずaグループについてδDとCl⁻の関係をみると図中A点で表わされる海水(Cl⁻=19g/kg、δD=0‰)とB点で表わされる天水(Cl⁻=0g/kg、δD=-43.5‰)を結ぶ線上にある。一方、この地域の地表水のδDとδ¹⁸OはCraigの式⁶⁾と日本海側の降水を表わす式⁷⁾の間に分布し、ほぼδD=δ¹⁸O+14の線上にある。そこでこの直線上にδD=-43.5‰

率人野水成式Jと器計きICと果益成分質水 春2第

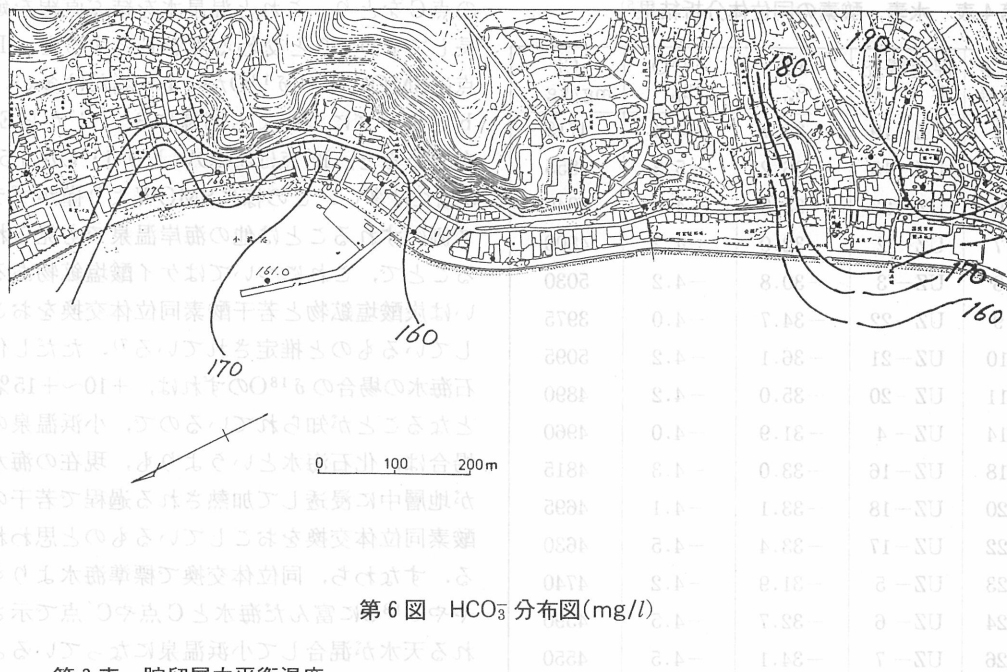
(分)格者:中五 泉原, 1984, 9, (21)



第4図 主要成分比の海水との比較



第5図 Cl⁻分布図(mg/l)



第6図 HCO₃⁻分布図(mg/l)

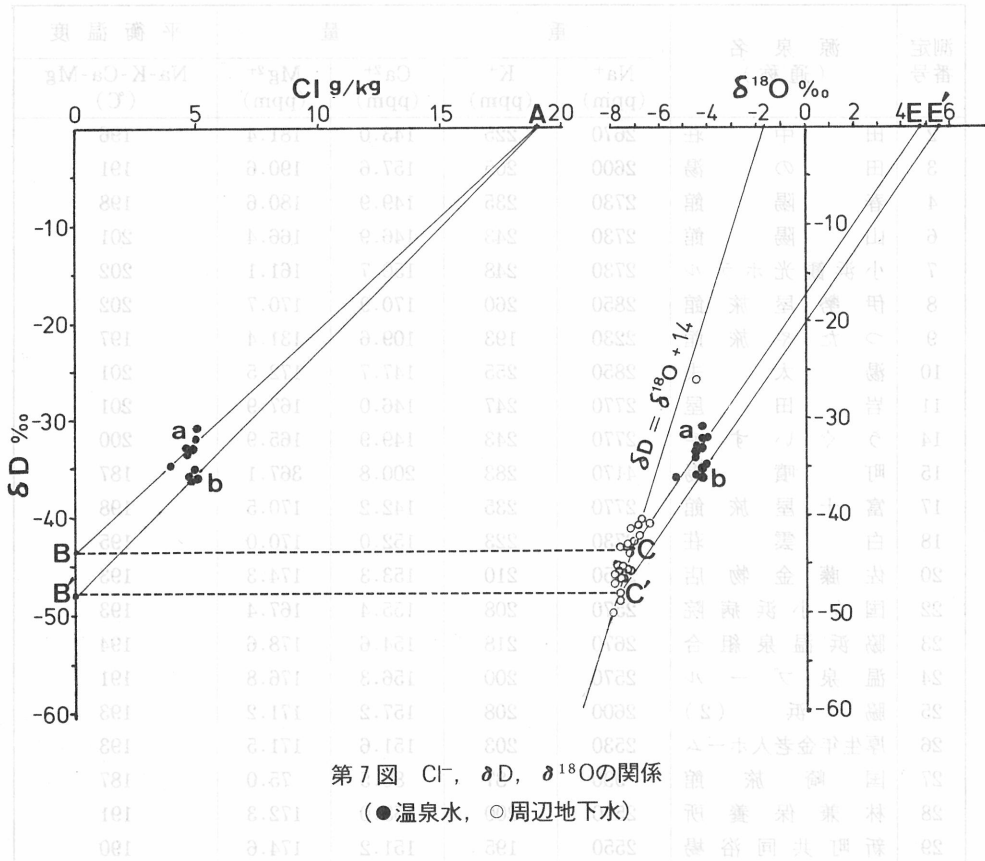
第3表 貯留層内平衡温度

測定 番号	源泉名 (通称)	重 量				平 衡 温 度 (°C)
		Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	
2	田 中 荘	2670	225	143.0	181.4	196
3	田 の 湯	2600	205	157.6	190.6	191
4	春 陽 館	2730	235	149.9	180.6	198
6	山 陽 館	2730	243	146.9	166.4	201
7	小浜観光ホテル	2730	248	150.7	161.1	202
8	伊勢屋旅館	2850	260	170.9	170.7	202
9	つたや旅館	2230	193	109.6	131.4	197
10	湯 太 夫	2850	255	147.7	172.5	201
11	岩 田 屋	2770	247	146.0	167.9	201
14	うぐいすや	2770	243	149.9	165.9	200
15	町 噴 湯	4170	283	200.8	367.1	187
17	富士屋旅館	2770	235	142.2	170.5	198
18	白 雲 荘	2730	223	152.0	170.0	195
20	佐藤金物店	2650	210	153.3	174.3	193
22	国立小浜病院	2570	208	155.4	167.4	193
23	脇浜温泉組合	2670	218	154.6	178.6	194
24	温泉プー	2570	200	156.3	176.8	191
25	脇 浜 (2)	2600	208	157.2	171.2	193
26	厚生年金老人ホーム	2530	203	151.6	171.5	193
27	国 崎 旅 館	990	87	80.5	75.0	187
28	林兼保養所	2570	200	158.0	172.3	191
29	新町共同浴場	2550	195	151.2	174.6	190

第4表 水素、酸素の同位体分析結果⁵⁾

測定番号	促進調査番号	δD %	$\delta^{18}O$ ‰	Cl mg/kg
2	UZ-19	-35.7	-4.5	4715
4	UZ-15	-36.2	-5.3	4855
6	UZ-23	-35.9	-4.3	4840
7	UZ-2	-32.0	-4.2	4800
8	UZ-3	-30.8	-4.2	5030
9	UZ-22	-34.7	-4.0	3975
10	UZ-21	-36.1	-4.2	5095
11	UZ-20	-35.0	-4.2	4890
14	UZ-4	-31.9	-4.0	4960
18	UZ-16	-33.0	-4.3	4815
20	UZ-18	-33.1	-4.1	4695
22	UZ-17	-33.4	-4.5	4630
23	UZ-5	-31.9	-4.2	4740
24	UZ-6	-32.7	-4.5	4590
26	UZ-7	-34.1	-4.5	4550

の点Cをとり、これと温泉水を結ぶ直線を延長して $\delta D = 0$ と交わる点をEとすると、E点はSMOWより $\delta^{18}O$ が+4.8‰だけ多い。bグループについても同様にB', C'からE'を求めると、E'点はSMOWより $\delta^{18}O$ が+5.6‰だけ多い。この様にSMOWより僅かプラス側にずれることは他の海岸温泉でも見られることで、これについてはケイ酸塩鉱物あるいは炭酸塩鉱物と若干酸素同位体交換をおこなっているものと推定されている⁷⁾。ただし化石海水の場合の $\delta^{18}O$ のずれは、+10~+15‰となることが知られているので、小浜温泉の場合は、化石海水というよりも、現在の海水が地層中に浸透して加熱される過程で若干の酸素同位体交換をおこなっているものと思われる。すなわち、同位体交換で標準海水よりもやや $\delta^{18}O$ に富んだ海水とC点やC'点で示される天水が混合して小浜温泉になっていると推定できる。



5. 小浜温泉の湧出機構

小浜温泉の湧出量, 放熱量, 化学成分および同位体組成の調査結果にもとづいて, 小浜温泉の生成・湧出機構を考察する.

まず, 小浜温泉の地下ある深さ(dkm)で地表から浸透して来た地下水(m'_1 kg/sec)と海底から浸透して来た海水(m'_2 kg/sec)が雲仙火山の一支脈を通して来た火山性蒸気(質量 m'' kg/sec, 温度 t_3 °C, エンタルピー i'' kcal/kg)によって加熱され, 温度 t_2 °Cの熱水貯留層をつくり, 岩石との間に化学平衡を成立させていると考える. 次に, 地下水も海水も火山性蒸気によって加熱される前に既にその深さに相当する地中温度 t_1 °Cまで加熱されているとする. t_1 °Cに相当する地下水および海水のエンタルピーを i' kcal/kg とおく(但し塩分濃度によるエンタルピーの違いは無視する). また, 熱水貯留層から上昇して小浜温泉として湧出するまでに(湧出量 m kg/sec, 放熱量 q_0 kcal/sec)熱伝導によって熱が失われているとすると, 熱水貯留層から上昇をはじめるときの熱輸送量 q_1 kcal/secは q_0 より大きい筈である.

質量とエネルギーの保存より

$$m = m'_1 + m'_2 + m'' \quad (1)$$

$$q_1 = i'(m'_1 + m'_2) + i''m'' \quad (2)$$

いま, 熱水貯留層の深さとして, 小浜周辺の地震の震源の深さ⁸⁾を参考にして $d = 5$ kmと仮定する. 次に, 平均的地温勾配 $3^\circ\text{C}/100\text{m}$ と小浜地域の年平均気温 16.7°C ⁵⁾から $t_1 = 170^\circ\text{C}$ とおくと $i' = 172$ kcal/kg. t_2 は化学平衡温度から求めた $187 \sim 202^\circ\text{C}$ を使用する. t_3 は全く未知であるが, 火山性蒸気が熱水貯留層に達した時はマグマの温度よりはかなり冷えていて, むしろ熱水貯留層温度の上限に近いと仮定して, ここでは一応 $t_3 = 210^\circ\text{C}$ とおくと $i'' = 668$ kcal/kg. 湧出量 m は実測値より 94.5 kg/sec, 放熱量の実測値 q_0 は $10,563$ kcal/secであるが, 熱水貯留層より流出する熱量 q_1 は平衡温度の最低値 187°C に相当するエンタルピー 189 kcal/kgを用いて $17,860$ kcal/secとすると, (1), (2)より

$$94.5 = (m'_1 + m'_2) + m'' \quad (3)$$

$$17,860 = 172(m'_1 + m'_2) + 668m'' \quad (4)$$

これより $(m'_1 + m'_2) = 91.2$ kg/sec

$$m'' = 3.3$$
 kg/sec

が得られる. また $m'_2 / \{(m'_1 + m'_2) + m''\}$ として第2表の海水混入率の平均値 24.5% を用いると

$$m'_2 = 23.2$$
 kg/sec

$$m'_1 = 68.0$$
 kg/sec

が得られる. この時の温泉水中のマグマ起源の水の割合は 3.5% という事になる(CASE 1). また, 火山性蒸気の温度をもっと高温と考え 800°C とした場合(CASE 2), 過熱蒸気のエンタルピーは, 圧力で大きくはちがわないので, ここでは圧力 100 kg/cm²とすると, 982 kcal/kgとなる.

そこで先程と同様にして,

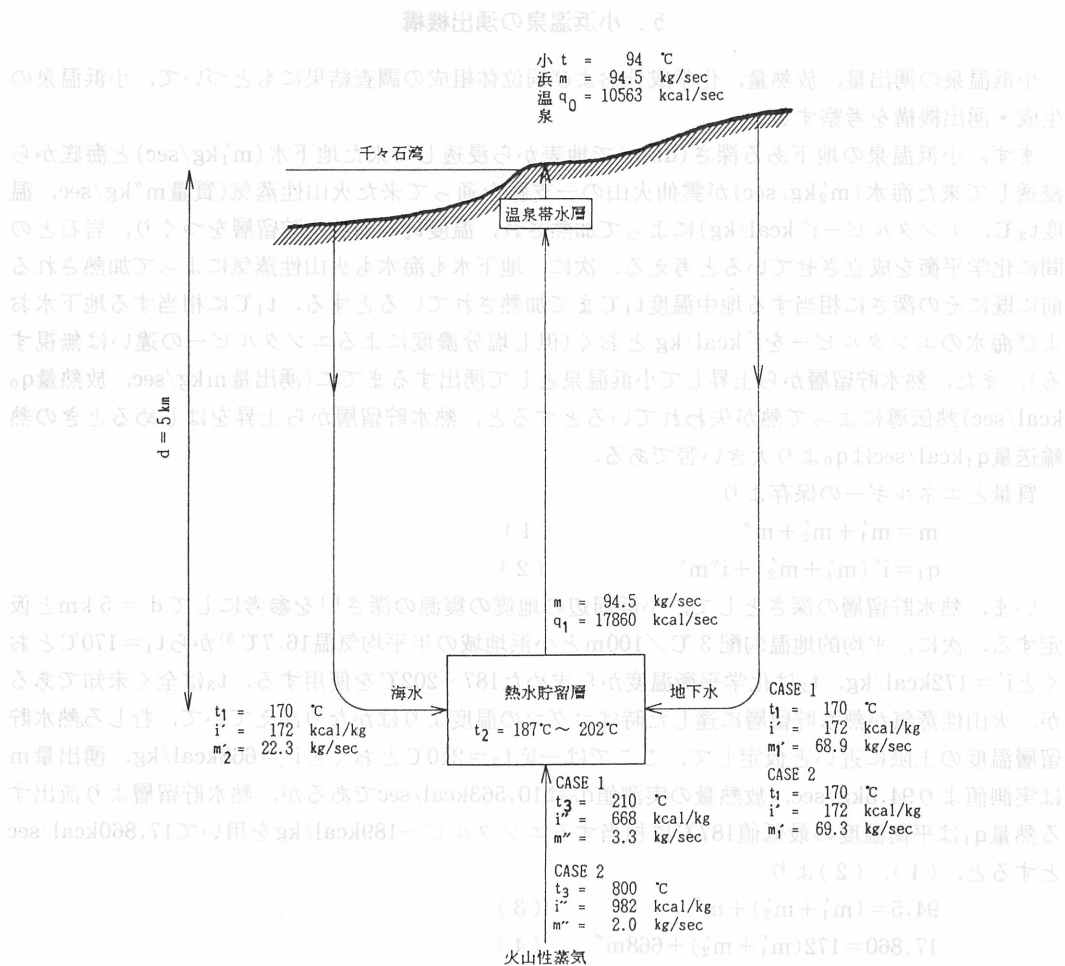
$$m'' = 2.0$$
 kg/sec

$$(m'_1 + m'_2) = 92.5$$
 kg/sec

そして, $m'_2 = 23.2$ kg/secより,

$$m'_1 = 69.3$$
 kg/sec

となる. この時のマグマ起源の水の割合は 2.1% という事になる. これらの結果を用いて小浜温泉の湧出機構を描いたものが第8図である.



第8図 小浜温泉の湧出機構

6. 総括

調査結果を以下に総括する。

- 1) 小浜温泉の泉源は、千々石湾沿いの南北1300m、東西250mの狭い範囲にのみあり、この様な状況は数十年前と全く変わっていない。
- 2) ほとんどすべての泉源が100℃近い沸騰泉であり、多量の熱水と蒸気を噴出している。その量の合計は5672 l/分で、0℃基準の放熱量は 10.6×10^6 cal/secに達する。この値は熱海温泉の約1/2、別府温泉の約1/4に相当する⁹⁾。
- 3) 泉質は海水が20~40%に希釈されたものに近い。
- 4) 地化学温度計から求めた熱水の平衡温度は190℃前後で、地熱地域としてはそれほど高い方ではない。
- 5) 湧出機構としては、現在の海水が地層中に浸透し、炭酸塩岩と酸素同位体交換を若干行い、火山性噴気によって加熱され約190℃の熱水となり、天水起源の地下水と混合し小浜温泉の

狭い範囲に上昇してきて、地表で沸騰泉になっているものと推定される。

6) 湧出量, 放熱量の実測値を用い計算で求めたマグマ起源の水の割合は2.1~3.5%となった。

文 献

- 1) 太田一也：島原半島における温泉の地質学的研究，九州大学理学部島原火山観測所研究報告，Vol.8, p.1-33, (1973)
- 2) 渡辺和衛：地熱温泉地域に於ける熱量について，長崎県小浜温泉を中心として，地学雑誌，Vol.67, No.3, p.15-40, (1958)
- 3) 日本地熱調査会：地熱調査ハンドブック，p.69-78, p.139-153, (1974)
- 4) 古賀昭人：私信による
- 5) 新エネルギー財団：昭和59年度地熱開発促進調査総合解析報告書No.15 雲仙西部地域，p.94-99, (1986)
- 6) Craig, H. : Isotopic variations in meteoric waters, Science, Vol.133, p.1702~1703, (1961)
- 7) 松葉谷治：水素および酸素同位体比からみた温泉水の起源，温泉科学，Vol.31, No.3, p.47-56, (1981)
- 8) 九州大学理学部島原火山観測所：雲仙火山の活動状況，火山噴火予知連絡会報，15号；22号；28号，(1979)；(1981)；(1983)
- 9) 湯原浩三，瀬野錦藏：温泉学，地人書館，p.141, (1969)