

箱根姥子温泉調査報告

大木靖衛, 荻野喜作, 広田 茂, 小鷹滋郎, 小沢 清

平賀士郎, 河西正男, 平野富雄, 田嶋縫子, 岩田義徳

神奈川県温泉研究所*

(昭和44年1月14日受理)

Geological Investigation of the Ubako Hot Springs, Hakone Volcano

By

Yasue ŌKI, Kisaku OGINO, Shigeru HIROTA, Yoshio ODAKA, Kiyoshi OZAWA

Shiro HIRAGA, Masao KASAI, Tomio HIRANO, Yoriko TAJIMA and Yoshinori IWATA

(Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture)

(Abstract)

Two types of thermal waters are recognized in the Ubako Hot Springs, Hakone. The shallow stream originated at the Ōwaku-dani solfataric area flows through the avalanche debris (CC₉) formed by destructive explosion of Kamiyama (a central cone) and appears as hot springs at Ubako. The most distinctive properties of the thermal water are low in pH ranging from 2 to 3 and high in sulfate ion. Temperature and outflow of the hot spring have been observed continuously from the beginning of 1968. The outflow of the hot springs which is closely connected with rainfall starts in the middle of May, reaches maximum in July (the rainy season), and stopes in December (the dry season).

Many drill holes are recently made in the Ubako area to discharge thermal water. In the basal part of central cones a permiable zone is widely extending in the caldera. Groundwater which infiltrates through the western part of the caldera runs through the permiable zone, then mixed with volcanic steam in the central part of the volcano, and flows eastwards as high temperature thermal water. The deep thermal water is characterized by the pH ranging from 7 to 8 and the considerable amount of bicarbonate ion. Thus, the two types of thermal waters are distinctly recognized in their chemical compositions.

* 神奈川県小田原市南町 2-4-45

神奈川県温泉研究所報告 8 号 (1969)

まえがき

姥子温泉は神山の北西斜面の中腹にあって約 47°C の温泉が神山山崩堆積物の岩塊の間隙から大量に湧出している。

昭和40年、大涌谷・姥子附近で深いボーリング孔が掘さくされ温泉の採取に成功した。その後、多数の源泉孔が掘さくされ、工事中の孔井を合せると15源泉にもなった。新らしく出現した孔井と自然湧出している温泉との相互関係が問題となり、昭和42年10月神奈川県衛生部長の命によって姥子温泉調査を実施することになった。

昭和42年5月より神山東麓の強羅・底倉地域の泉温が異常上昇したが、姥子温泉にその変化がどのように現れるかが問題となっている。この報告では姥子地域の温泉の状況、とくに昭和42年10月よりの泉温・湧出量の連続観測を記載し、各孔井の掘さくによって得られた資料などを用いて姥子地域の温泉湧出機構を明らかにした。

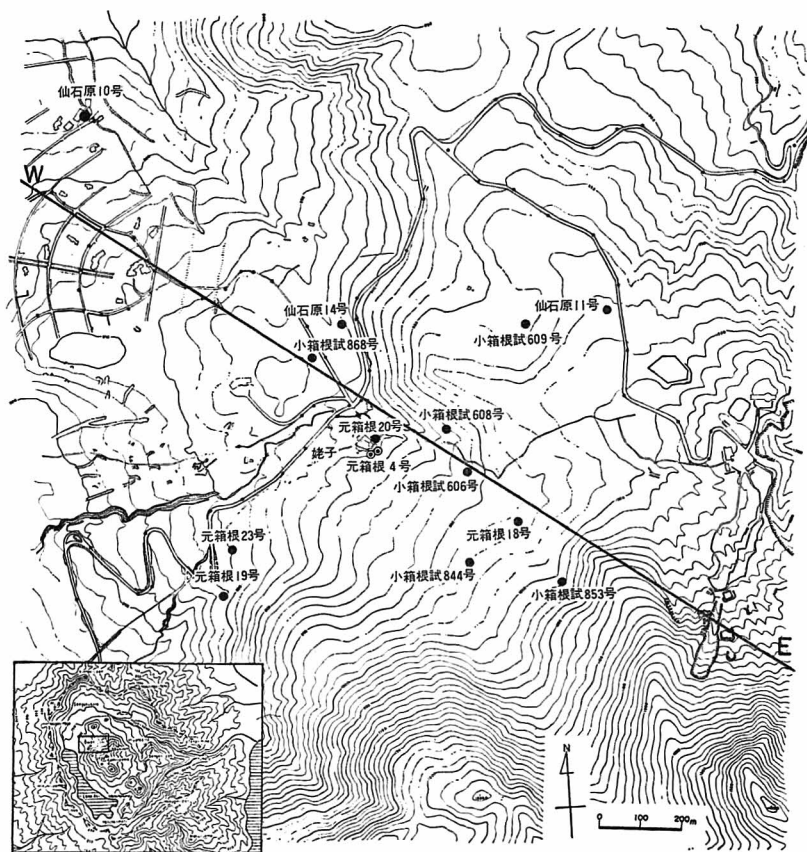


図1 姥子温泉附近の源泉分布図

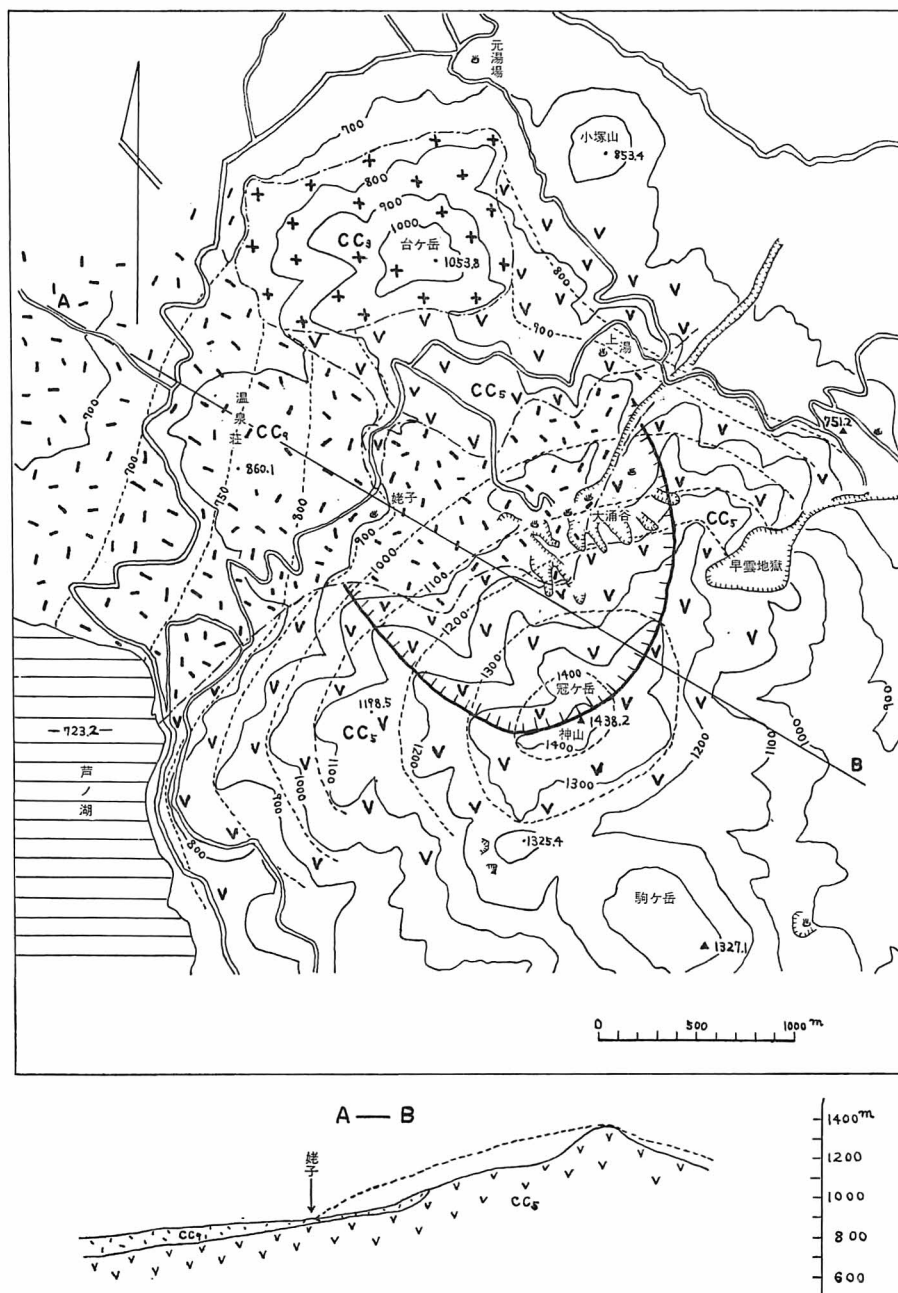


図2 地質図

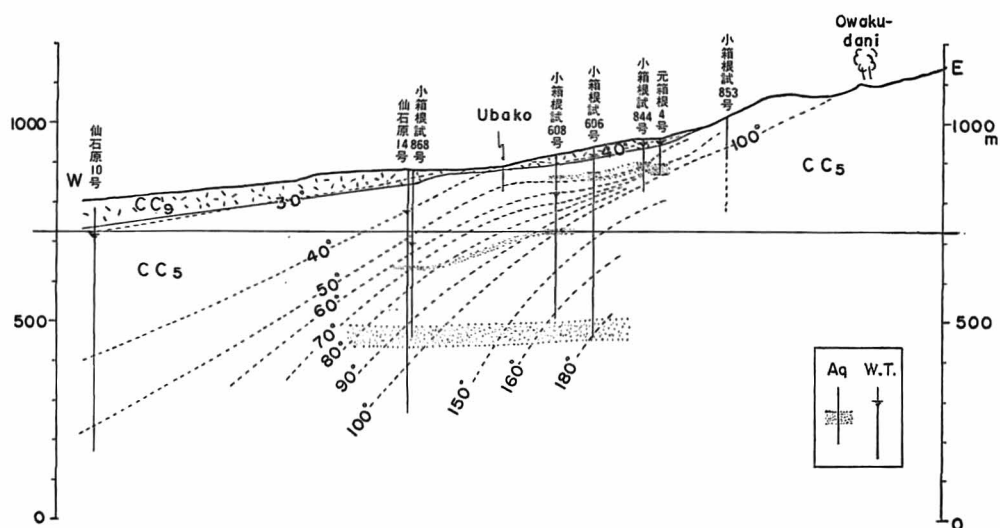


図3 地質断面図

謝 辞

須川豊神奈川県衛生部長，関本一雄温泉研究所長は今回の調査に関心を寄せられ，終始激励をして下さった。小田原保健所内田正男温泉課長，浜野功主任技師，中原保彦・久保寺公正両技師は温泉課の資料を参照する機会を与えられ，野外調査に協力をして下さった。東京大学久野久教授はボーリングコアについて有益な指示を与えて下さった。箱根町の西村秀一氏は姥子温泉の連続観測に協力され，勝俣輝彦氏，佐野正夫氏，高波大助氏，河内剛氏等はボーリング孔の資料を提供された。温泉研究所穂津正雄庶務課長，伊藤則之主事，小尻藤幸技師，守矢正則技師は調査に色々協力された。以上の方々に厚くお礼申し上げる。

地 質

姥子温泉は神山の北西斜面中腹にある。久野（1950）によれば，箱根火山中央火口丘の火山活動末期（約5000年前，町田洋1968）に山体の北西部が激しい蒸気噴気を伴って崩れ落ちた。山崩れは主に仙石原方面に流下し，西側外輪山壁に到達して早川をせき止め現在の芦の湖を出現させた。姥子温泉はこの山崩れ堆積物（久野の区分でCC₉）の中から湧出している。姥子附近には，最近深さ数100 mに達する多数の孔井が掘さくされているが，その分布を図1に示した。

図2は姥子附近の地質図（久野1952）である。姥子附近における山崩れ堆積物（CC₉）は姥子温泉にとって重要な意味を持つので，神山を山崩れ発生前の地形に復元させ，現在の地形と比較して山崩れ堆積物の厚さを推定した（図2）。図2のA-B線に沿い，ボーリング資料を参考にして地質断面図を描くと図3となる。図2の冠ヶ岳をとりまき北西に開いた馬蹄形の火口壁の部分

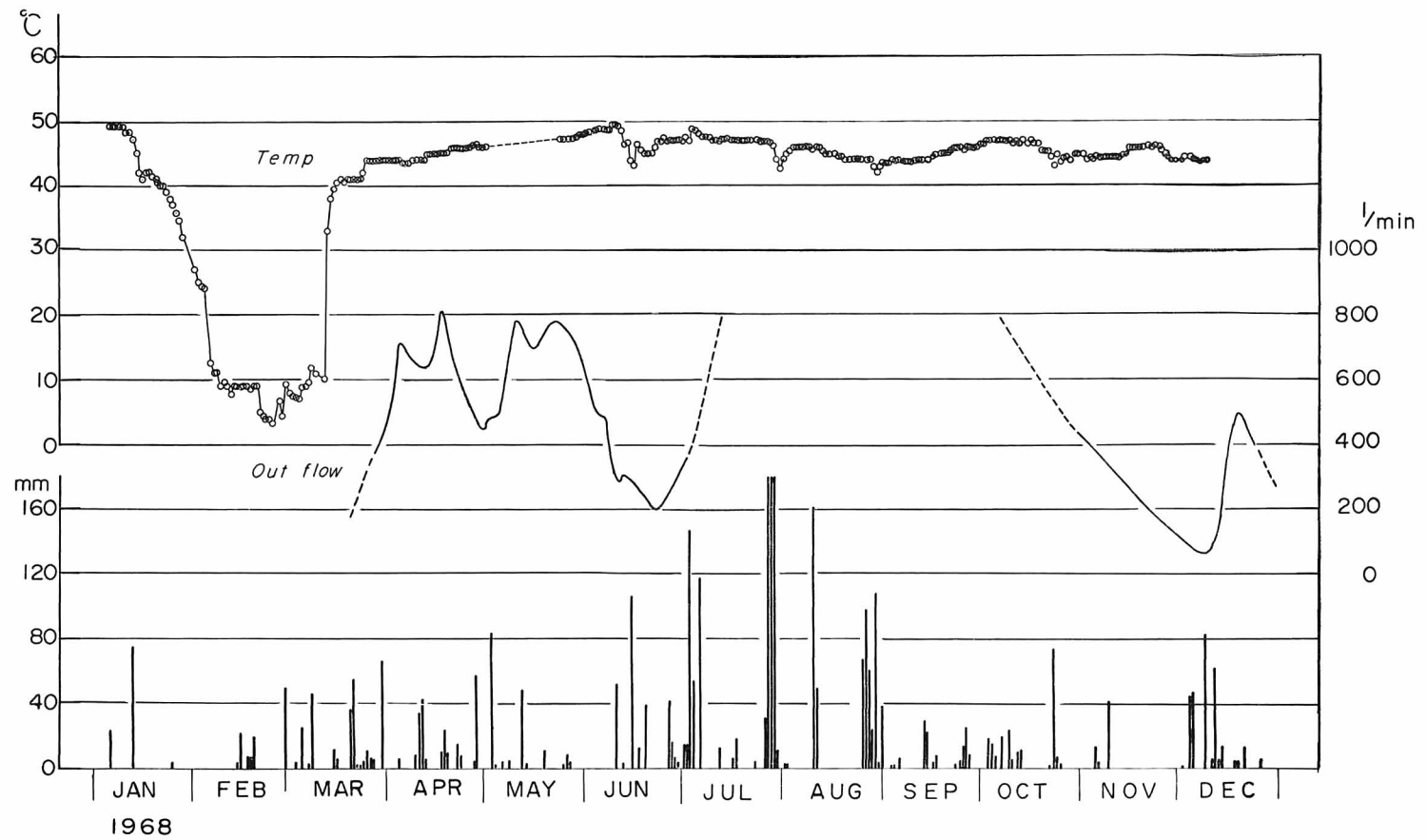


図4 姥子湧泉（元箱根4号）の連続観測

表 1—1 酸 性 硫

分析 番号	台帳番号	源 泉 名	採水年月日	泉 温 (°C)	深さ (m)	揚湯量 (ℓ/min)	pH	蒸 発 残 留 物	H ⁺	Li ⁺	K ⁺
	元箱根 4 号	西 村 秀 一	43. 7.31	39.5	自然湧出		3.2	798	0.635	0.004	5.78
143	元箱根10号	西村 秀一 他	41. 7.11	39.5	自然湧出		3.2	721	0.504	0.032	5.48
144	元箱根18号	仙石高原開発株式会社 (4号)	41. 7.11	46.5	91	491	2.9	763	1.31	0.020	2.52
146	元箱根20号	西 村 秀 一	41. 7.18	43.6	60	40	3.3	924	0.483	0.	6.00

表 1—2 重 炭 酸

分析 番号	台帳番号	源 泉 名	採水年月日	泉 温 (°C)	深さ (m)	揚湯量 (ℓ/min)	pH	蒸 発 残 留 物	Li ⁺	K ⁺	Na ⁺
145	仙石原11号	仙石高原開発株式会社 (A号)	41. 7.11	43.5	690	82	7.6	910	0.	12.5	63.0
181	元箱根19号	杉 山 秀 雄	42. 2.24	57.5	525	79	8.1	1269	0.068	12.1	88.5
182	仙石原14号	仙石高原開発株式会社 (B号)	42. 2.24	55.0	610	108	8.0	1342	0.020	10.7	64.0
222	小試 608 号	仙石高原開発株式会社 (6号)	43. 8.24	78.0	414	74	6.3	1967	0.060	20.5	169
224	元箱根23号	杉 山 秀 雄	43.10.11	62.8	515	70	8.2	1733	0.112	21.5	145

(分析番号は神奈川県温研分析番号を示す。分析値の単位は ppm。)

蒸気爆発で欠損した部分に当る。大涌谷から姥子附近までは山体の欠損部分に当り、山崩れ堆積物の厚さは薄く、姥子から桃源台キャンプ場および仙石原高原方面でかなり厚い(約100m)。

地中温度分布

孔井掘さく時の孔底温度、掘さく終了後の孔井検層時の孔内温度資料を用いて、姥子附近の地中温度分布を図3に記入した。噴気活動の活発な大涌谷附近では地温が著しく高いが、姥子附近から西では等温面が西に急傾斜をなしている。この事についてはすでに報告した(大木他1968)。

温泉帯水層と泉質

姥子・大涌谷附近では深さ数100mまでの間に浅・深2層の主要な温泉帯水層と、それにはさまれる二三の付加的な温泉帯水層を認めることが出来る(図3)。付加的な温泉帯水層としたのは、この帯水層が広範囲に追跡出来ないことによる。神山成層火山の堆積物中に局部的に存在する。

浅層温泉帯水層は山崩堆積物(CC₉)中に胚帯され、冠ヶ岳方面から姥子に向かって流下してい

酸 塩 泉

Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Fe (total)	Al ⁺⁺⁺	計	Cl ⁻	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	計	H ₂ SiO ₃	総 計
31.3	67.4	18.9	0.0	11.1	135.1	6.34	17.1	401	425	236	796
33.5	61.7	15.2		10.7	127	8.23	11.7	349	369	207	703
31.0	64.6	15.6		9.14	124	7.19	34.4	392	434	200	758
38.0	86.8	21.8		12.0	165	7.06	7.3	454	468	255	888

硫 酸 塩 泉

Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	計	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	計	CO ₂	H ₂ SiO ₃	総 計
119	39.6	234	18.4	282	360	0.42	661	21.6	176	1093
140	84.9	326	19.8	381	590	1.72	993	14.2	244	1577
169	68.2	312	10.6	596	288	0.68	895	8.98	231	1447
211	70.2	471	33.5	1099	14.8	—	1147	17.7	251	1901
173	102	442	21.6	699	526	2.48	1249	7.97	275	1974

る。その泉温は60～40℃を示し、表1-1に示したようにpH2～3で硫酸イオンを多量に含む事が特徴である。姥子温泉の自然湧泉はこの温泉流が地表に露出したものである。姥子で地表に露出した浅層温泉流はすぐに伏流となって消失し、急激に水位を低下させて二度と地表に現れない。本温泉流は山崩堆積物(CC₉)内を流下しながら地下に滲透し、泉質を次第によりアルカリ性に変化させながら深層温泉帯水層に吸収されてしまう。

深層温泉帯水層は本地域の地表から深さ300～500mの部分に存在する(大木他1968)。表1-2(平野, 田嶋1969)の分析表で明らかのように、大部分の孔井から深層温泉帯水層の温泉が揚湯されている。本温泉帯水層の泉質は重碳酸塩と硫酸塩を著量に含み塩化物が少い事が特色である。深層温泉帯水層の静水面は芦の湖面とほぼ一致しているので、本地域での孔内水位は地表から150～250mでかなり深い。浅層温泉層から深層温泉層の間には明瞭な温泉帯水層がない。孔井掘さくの際は、掘さく深度が増すにつれて孔内水位は低下し、深層温泉帯水層に達すると急激に芦の湖面近くまでの水位に低下する。本地域の温泉掘さくで注意しなければならない点である。

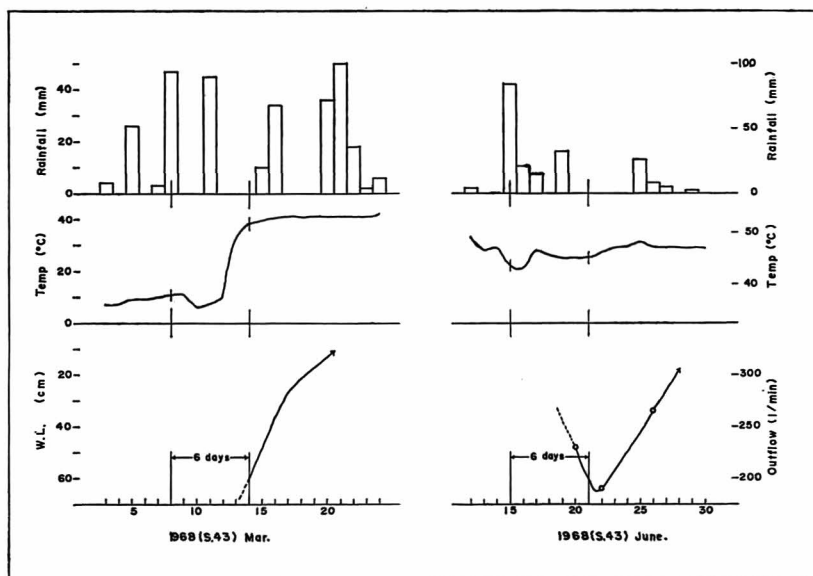


図5 姥子湧泉の降水量と湧出量の関係

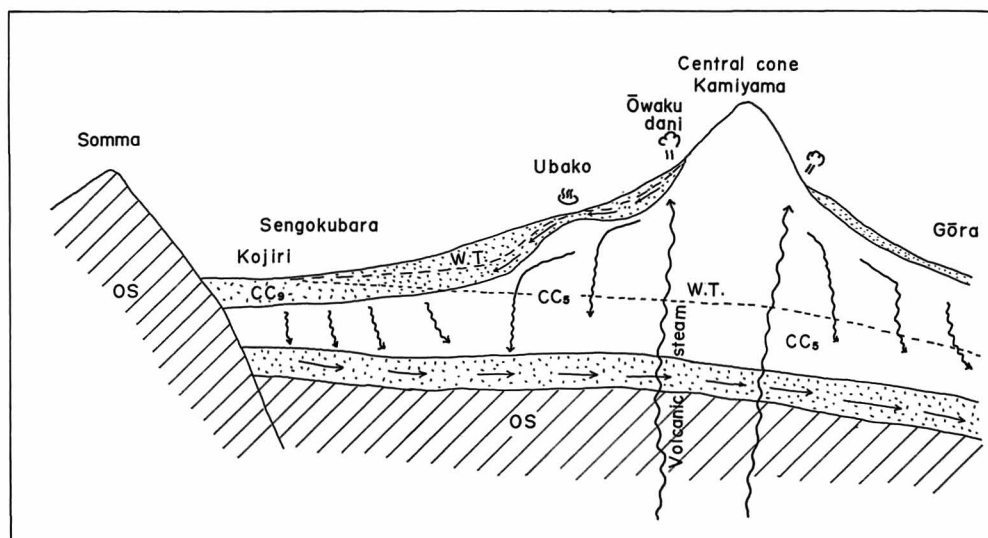


図6 姥子附近の温泉湧出機構

表2 姥子附近の温泉

台帳番号	所有者	調査年月日	泉温 ℃	温泉量 ℓ/min	備考
元箱根4号	西村秀一	明治18年 昭和5年8月 昭和13年 昭和20年 昭和34年 昭和38年 昭和41年3月 昭和41年4月 昭和41年5月 昭和41年 昭和41年9月 昭和43年6～8月 昭和43年10月	40 36 39.7 — 46 45.5 45.0～47.0 47.0～48.2 47.2～48.5 46.0 43.0 — 45.2～47.0	— 600 820 — 1600 1000 (550) 1000～1140 1000～1200 1200～2200 3100 2000 約 2000 440	横浜国立衛生試験所(Ishizu1915) 小田原保健所(温泉台帳) 東京衛生試験所(日本鉱泉誌) 大涌谷の噴気移動により泉温上昇 (久野1952) (箱根・湯河原温泉分布図概説) 小田原保健所 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(審議会資料)
元箱根10号	西村秀一 他	昭和33年 昭和38年 昭和41年9月	43 42.5 39.5	— — —	小田原保健所 小田原保健所 小田原保健所(審議会資料)
元箱根18号	仙石高原開発株式会社(4号)	昭和41年1月 昭和41年3月 昭和41年4月 昭和41年5月 昭和41年10月	57 52.7～56.5 54.8～57.0 52.0～54.5 53.3	308 200～150 220～210 490～220 329	小田原保健所(臨時湯湯記録) 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(温泉台帳)
元箱根19号	杉山秀雄	昭和41年12月 昭和42年4月 昭和43年1月	53.3 56.0 57.5	74 79 79	小田原保健所(臨時湯湯記録) 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(審議会資料)
元箱根20号	西村秀一	昭和42年5月 昭和42年6月	46.0 47.5	40 30.5	小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(温泉台帳)
元箱根23番	杉山秀雄	昭和43年1月 昭和43年9月	54.0 62.8	70 69	小田原保健所(臨時湯湯記録) 小田原保健所(温泉台帳)
仙石原10号	勝俣甲子一	昭和38年2月	28	66	小田原保健所(臨時湯湯記録)
仙石原11号	仙石高原開発株式会社(A号)	昭和41年3月	44	75	小田原保健所(臨時湯湯記録)
仙石原14号	仙石高原開発株式会社(B号)	昭和42年1月 昭和43年3月 昭和43年10月	55.5 54.0 55.5	106 102 108	小田原保健所(温泉台帳) 小田原保健所(審議会資料) 小田原保健所(審議会資料)
小箱根試606号	仙石高原開発株式会社(2号)	—	—	—	—
小箱根試608号	仙石高原開発株式会社(6号)	昭和43年8月15日 昭和43年8月24日	78℃ 78℃	90 74	分析
小箱根試609号	仙石高原開発株式会社(7号)	—	—	—	—
小箱根試753号	仙石高原開発株式会社(F号)	—	—	—	—
小箱根試844号	仙石高原開発株式会社(C号)	—	—	—	—
小箱根試868号	藤田観光株式会社	昭和43年10月	68.5	55	小田原保健所(臨時湯湯記録)

姥子温泉の経歴

元祿年間に湯本・塔之沢・堂ヶ島・宮の下・底倉・木賀・芦の湯の各温泉は箱根七湯として知られていたが、姥子温泉は七湯の中に数えられていない。前項で述べたように姥子温泉はすでに数1000年前の神山崩れで形成されていた自然湧泉である。しかし、温泉として本格的に利用されてからの歴史は新らしい。姥子地区の源泉の状況を試掘中の孔井も含め集めて表2に示した。昭和40年以後に多数の孔井が掘さくされた事が明瞭である。

姥子湧泉（西村秀一・元箱根4号）は明治18年からの記録がある。その状況は測定時期によって大きく変っている。泉温は明治18年に40°Cであった。昭和5年頃36°Cに低下したが、昭和20年頃45°C程度に上昇したものと推定される。久野（1952）によれば大涌谷の噴気が弱まり噴気活動の中心が冠ヶ岳方面に移動したので姥子湧泉の温度が上昇したものである。泉温は昭和41年より更に2~3°C上昇し、現在は47~48°Cを保っている。昭和41年から箱根火山群発地震の震源が浅くなった事（水上, 1967）と強羅・底倉温泉の温度上昇とが関係を持つものと思われるが（大木他, 1968）、その影響が姥子温泉でもわずかに現れているものと思う。

姥子湧泉の連続観測

昭和42年より姥子湧泉（元箱根4号）の連続観測を実施している。図4は連続観測の結果である（広田他2名, 1969）。姥子湧泉（元箱根4号）の湧出量は降雨量と密接な相関を持ち、冬期には枯渇し、降雨量が増す3月から湧出を開始し、8月に最高に達して、11月~12月に再び湧出を停止する。泉温は湧出量が毎分200ℓを越すとほぼ定常的な値を保ち続ける。

姥子湧泉（元箱根4号）は10日間の積算降水量が80~120mmに達すると、それから6日後から自然湧出を開始する（図5）。この間隔はかなり一定している。源泉の水位上昇は降水3日後から始まる。

湧出機構

図6は大涌谷・姥子附近の温泉の成因を示す模式図である。

大涌谷・冠ヶ岳附近で噴出蒸気によって形成された温泉は浅層温泉帯水層をなして姥子方面に流下する。地表近くで、硫化水素の酸化によって生じた硫酸のためにpH2~3の硫酸酸性泉の性質を示す。この温泉は平均流速50~100m/dayの速さで流れ、姥子でいったん地表に現れ、再び山崩堆積物（CC₉）中に浸透し伏流水となり、やがて、深層地下水層に吸収される。なお、神山火山体下部の凝灰岩・熔岩互層中を西から東に流れ強羅方面に向う深層地下水層は芦の湖・仙石原地域の地表水によって涵養されている（大木他, 1968）。

* 県農政部大涌谷雨量記録による。

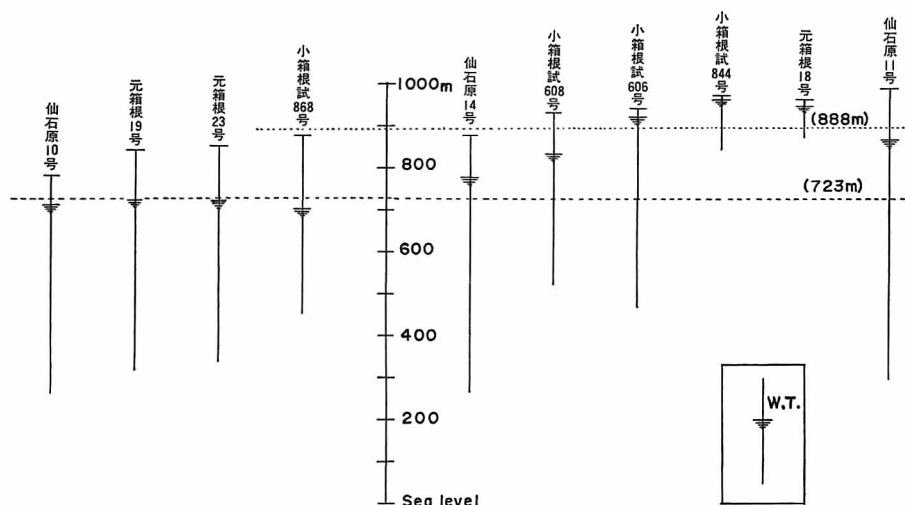


図7 孔内静水位一覧図

考 察

姥子附近の源泉孔の孔内静水位を集めて図示したものが図7である。図7の左側4本の孔井は孔内の水止め工事が完全で、確実に深層温泉帯水層の水位を示しているものである。いずれも芦の湖面の標高(723m)より孔内水位の方が低い。図7の右側6本の孔井の孔内水位は左側と比較し著しく高い。孔内水止め工事が十分でないことを暗示している。

仙石高原開発4号井、C号井は井深が浅いので、本質的には浅層温泉帯水層の温泉を揚湯することになる。仙石高原開発4号井は揚湯しないときでも浅層温泉層から下位の温泉層に温泉水が流入している事が判明している。地表から冷水を混入して孔内の温度変化から推定して、自然流下の浅層温泉量を求めた結果は $100\ell/\text{min}$ である。この孔井以外にも、仙石高原開発C号(小試844号)・仙石高原開発6号(小試608号)などでもケーシング工事が不十分で、浅層温泉水が下位の深層温泉帯に流下しているが、注水測温法で調査したところいずれも $50\ell/\text{min}$ 以下であった。したがって、渇水期にこれらボーリング孔の各孔井が姥子湧泉に影響を与えないと云いきる事は出来ない。けれども姥子湧泉の雨期の湧出量は $1000\sim 3000\ell/\text{min}$ でばく大であるから孔井掘さくの影響はほとんど問題にならない。昭和42年の枯渇は10日間の積算降水量が 80mm に達しない日が15日以上連続した事にも大きな原因がある。

しかし、今後、姥子附近に孔井を掘さくする場合は、深度 $50\sim 100\text{m}$ (山崩堆積物の厚さ)の間の水止め工事を十分に行なう必要がある。浅層温泉の水質は酸性の強い硫酸塩泉であるから、普通の鉄パイプでは簡単に腐蝕されケーシングパイプの役をはたさなくなる。ケーシングパイプの

材質、水止め工事用セメントの性質などを十分吟味しないと予期せざる孔井崩かいや他源泉への影響が現われることになろう。若し、出来れば、今後姥子より標高のある地点での温泉採取は湧泉との関係が現れやすいので好ましくない。

参考文献

- 平賀士郎, 広田 茂, 河西正男 (1969) : 箱根火山における地震活動調査, 1968, 神奈川温研報告, No. 7, 1~30
- 平野富雄, 田嶋鍬子 (1969) : 箱根姥子湧泉の泉質の連続観測, 神奈川温研報告, No. 8, 13~22
- 広田 茂, 平賀士郎, 河西正男 (1969) : 箱根火山における温泉および地中温度の連続観測, 神奈川温研報告, No. 7, 31~38
- Ishizu, R. (1915) : The mineral springs of Japan, Tokyo Imperial Hygienic Laboratory.
- 神奈川県衛生部 (1959) : 箱根湯河原温泉分布図総覧.
- 厚生省国立公園部編 (1954) : 日本鉱泉誌, 青山書院.
- Kuno, H (1950) : Geology of Hakone Volcano and adjacent areas, Part 1. Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec II, vol. VII, Parts 3~5, 257~279.
- 町田 洋 (1968) : 富士, 愛鷹, 箱根火山および大磯丘陵の第四紀火山灰, 地質見学案内書, 地質学会.
- 水上 武 (1967) : 箱根火山の地震, 大涌沢の地中温度並に地形変動の調査, 観測報告, 神奈川県土木部.
- 大木靖衛他 5 名 (1968) : 箱根強羅温泉の温度異常上昇とその水理地質学的考察, 神奈川温研報告, No. 6, 1~20.
- 大木靖衛, 平野富雄, 田嶋鍬子 (1968) : 箱根温泉の成因, 神奈川温研報告, No. 6, 35~50.
- 田嶋鍬子, 平野富雄 (1966) : 神奈川県温泉研究所分析集その 1, 神奈川温研報告, No. 3.
- 横浜地方気象台編 (1967—1968) : 神奈川県気象月報, (Nos. 210—220), 神奈川県農政部.