

箱根火山における温泉および地中温度の連続観測, 1970

広田 茂, 横山尚秀, 河西正男,
大山正雄, 小沢 清

神奈川県温泉研究所*

(昭和46年2月3日受理)

Temperature Observation of Thermal Waters and of Steaming Grounds
in Hakone Volcano, 1970

by

Shigeru HIROTA, Takahide YOKOYAMA, Masao KASAI,
Masao ŌYAMA and Kiyoshi OZAWA

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture
Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Temperature of thermal waters at eight stations and of steaming ground, Owaku-dani and Soun-zan, has been measured as same as the previous year. The high temperature anomaly happened in the eastern flank of Kamiyama since 1967 still keeps at that high temperature. The variation of temperature, the outflow, and the chemical composition of thermal spring at Ubako, the western flank of kamiyama is closely related to the rain falls as shown in Fig. 4.

*神奈川県箱根町湯本 〒250-03

神奈川県温泉研究所報告 第2巻, 第1号, 21—30, 1971

はしがき

昭和44年に引き続き箱根火山の温泉および地熱活動調査として、箱根全山をカバーする代表的な地点で温泉および地中温度の連続観測を昭和45年も継続し実施した。

昭和42年5月以来箱根温泉の一部の泉温が上昇し、3年たった昭和45年も高温が続いている。その高温泉の流れを追跡するため現在観測している8地点の他に、1地点を新にもうけ観測を続けている。図1に観測位置、表1に温度観測位置および測定方法、観測結果を図2に示した。比較のため「神奈川県気象月報」による大涌谷の平均気温、降水量を同時に示した。原則として毎週1回の観測であるが、温度変化の少ない地点では1週間おきとした。A観測点からI観測点までの結果について次にのべる。

湯 本 図2 A₁, A₂

湯本湯場新湯(A₁)は、湯坂山の山体に水平に掘った横穴湧泉で年間の温度変化が少なくこの1年間は安定した温度を示した。

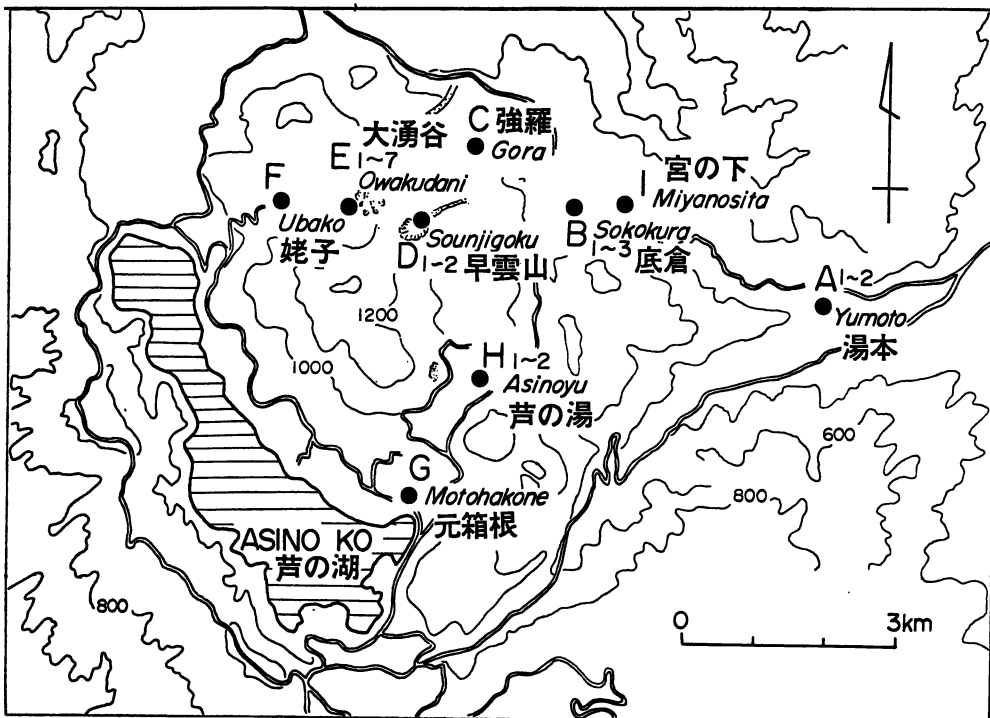


図1 箱根火山における温度観測位置

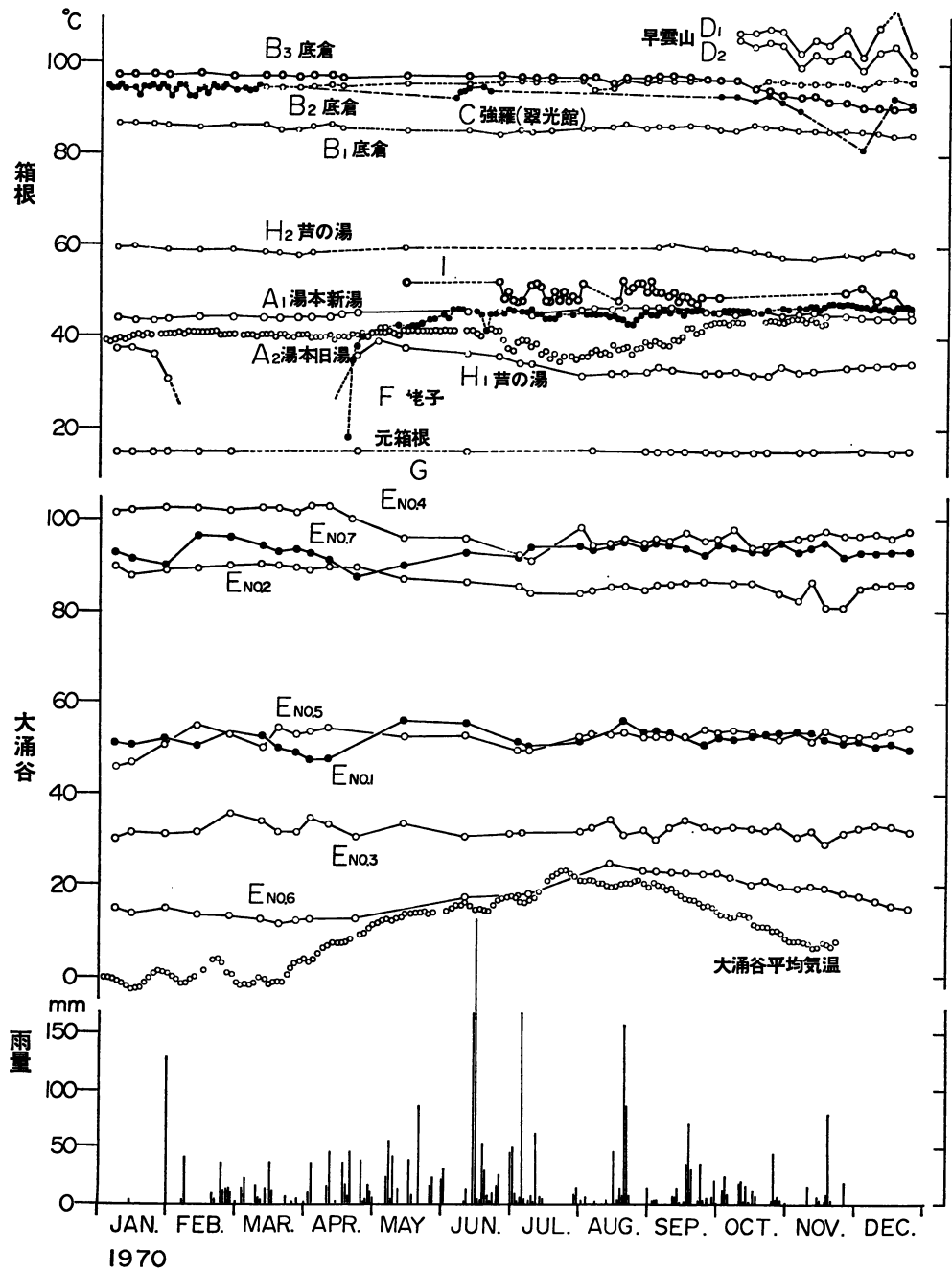


図 2 箱根火山における泉温、地中温度および大涌谷の降水量

湯本湯場山湯 (A₂) は、湯本、塔ノ沢の温泉保護対策調査の一端として昭和44年8月に観測を始めた。湯坂山山体より湧出している地下の浅い温泉で降雨量の影響が表われる。雨量の多い6月より地下水位の上昇と共に温度もバラッキ4°C~5°Cも低下した。又降雨量の減少する10月には平常温度の45°C前後になり1年の周期が見られる。

底 倉 図2 B₁, B₂, B₃

蛇骨沢、車沢の合流地点より自然湧泉が48ヶ所ある (小田原保健所温泉台帳)。その湧泉の内3ヶ所を週1回測温している。これらの湧泉は昭和42年5月に異常高温となり3年後の昭和45年も続いている (大木他1968, 広田他1969, 1970)。B₃の泉温を昭和38年より昭和45年まで月平均して表2にまとめた。異常高温の昭和42年5月11.8°C急上昇し、昭和43年は年間3.05°C上り、昭和44年は更に年間5.5°C上昇したが昭和45年は年間0.36°Cと上昇率は止まった。この泉温97.4°Cは標高500m付近での沸騰点に近い温度である。しかしこの温度は10月よりしだいに低下し12月には90°Cと下った。この状態は泉温が平常温の75°Cにもどる傾向のように見えるが、渇水期による湧出量の減少と共に温度低下を示している可能性が大きい。B₁, B₂の泉温は85°C, 96°C前後で高温の状態が続いている。

表1 箱根火山における温度観測位置および測定方法

地 区	位 置	源泉台帳番号	測 定 方 法	摘 要
A	1 湯本字湯坂山	元湯本町7号	サーミスター温度計により週一回	横 穴 湧 泉 縦 穴 湧 泉
	2 湯本字湯場	元湯本町9号	自記温度計による連続測定	
B	1	元温泉村30号	サーミスター温度計により週一回	蛇骨川右岸により自然湧出泉
	2 底 倉	元温泉村28号		
	3	元温泉村33号		
C	強 羅	元宮城野村50号	自記温度計による連続測定	エアーリフトポンプによる揚湯
D	1/2 早雲地獄		サーミスター温度計により週一回	噴煙地における地中1m
E	1 大 涌 沢		留点温度計により週一回	E 1~5 ボーリング孔底温度
	7			E 6 噴煙地の湧出泉 E 7 地中1mの温度
F	姥 子	元元箱根村4号	自記温度計による連続測定	岩穴より自然湧出泉
G	元箱根字大芝		サーミスター温度計により週一回	ボーリング孔温度 (175m)
H	1 芦ノ湯字芦荻	元元箱根村5号	サーミスター温度計により週一回	岩穴より自然湧出泉 エアーリフトポンプによる揚湯
	2	元元箱根村9号		
I	宮 の 下		自記温度計による連続測定	横 穴 湧 泉

表2 底倉湧泉 (B₃) の月平均温度 (単位は °C)

源泉名	底 倉 (33, 34, 35号)					
年 月	38 年	41 年	42 年	43 年	44 年	45 年
1				87.1	93.0	97.2
2				87.5	93.5	97.2
3				88.1	93.6	97.0
4				88.5	94.4	97.0
5	75.3	75.3	87.1	89.4	95.1	97.4
6				90.1	95.3	97.4
7				90.9	96.4	97.2
8				90.9	97.2	96.8
9				91.0	97.2	97.1
10				92.7	96.9	94.9
11				93.0	97.6	92.3
12				92.6	97.6	90.8
年平均	75.3	75.3	87.1	90.15	95.65	96.01
年間上昇率			11.8	3.05	5.50	0.36

強 羅 図2 C

底倉湧泉のB₁, B₂, B₃と同様に昭和45年も高温を続けている。今年は3月, 4月, 5月と7月, 8月, 9月と温度計感熱部の破損や記録計の故障で欠測が続いた。泉温は11月頃から比較的低い泉温を示した。この温度低下は揚湯槽内の泉温で, 連続揚湯時での泉温は92°C前後と高温はまだ続いている。

早雲山 図2 D₁, D₂

早雲地獄の2ヶ所にサーミスター温度計を地中1mに埋設し観測を続けているが, 降雨や気温の影響に左右されやすい(広田他1968, 1969)。10月より2ヶ所の観測点(D₁, D₂)をそれぞれ噴気地帯内に埋設した。D₁の地温は105°CでD₂はD₁より3°C~4°C低くこの温度差で変動している。

大涌谷 図2 E₁~E₇

大涌谷での地中温度の観測位置は図3に示した。No. 1からNo. 5まではボーリング孔底内の温度で孔口からの深さは, それぞれ12.9m, 29.9m, 16.5m, 10m, 6mでNo. 6は地中1mの地温, No. 7は噴煙地の温泉を留点水銀温度計を用いて週1回測温した。同時に大涌谷での平均気温を示し比較した。地中1mのNo. 6は, 最高25°Cと最底11°Cと年間の温度差は少ないが, 気温と類似した年変化を表わし, ボーリング孔底での地温はそれぞれ複雑な温度を示している。全体として測定点での熱源移動は表われていない。

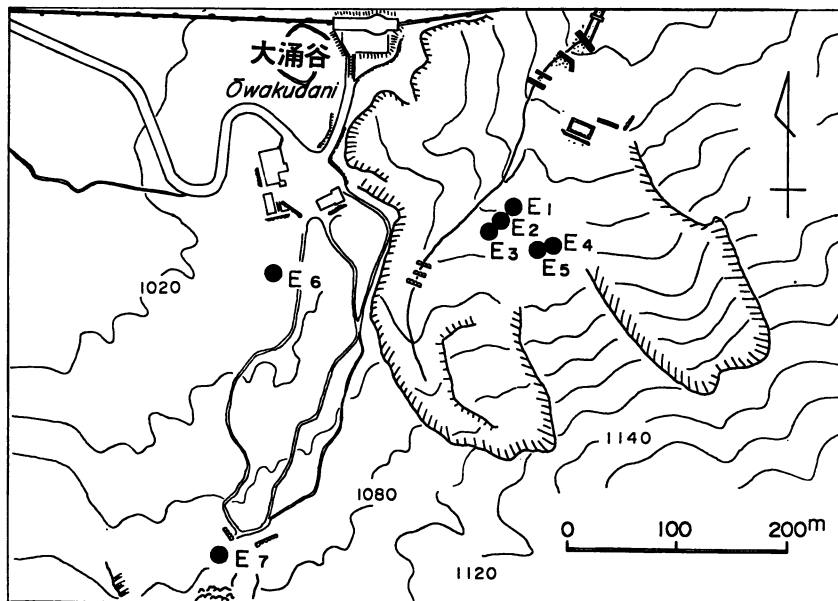


図 3 箱根大涌谷の地中温度観測位置

姥 子 図 2 F

姥子湧泉（元元箱根村 4 号）の泉温，泉質，湧出量の変化を調べた。

大涌谷より姥子を経て早川までは神山山崩堆積物が被っている。姥子より上部では山崩堆積物の厚さは数10m以内で，この岩塊の間隙を流下し姥子に自然湧出する温泉がある。泉温は約 47℃ の酸性硫酸塩泉である。この地域の浅層の酸性硫酸塩泉は大部分が降水により涵養されていることが降水量と湧出量，総溶存物質質量，pHなどの関係から明らかにされた。この型の温泉の主要イオン(Na^+ ， Ca^{2+} ， SO_4^{2-} 等)の供給源については平野他（1965）や大木他（1968）が記載している。そこで季節ごとの降水量の変化と湧出量，泉温，溶存化学成分の関係を調査しこれらの変化を図 4 に示した。

一般に関東地方では冬期に乾燥し，春になって低気圧が周期的に日本付近を通過して雨をもたらす。本年度は 4 月から 5 月にかけて 100mm/10 日の降水があったので姥子温泉の湧出は 4 月 20 日に始まった。その後 6 月後半より 7 月前半までは梅雨で，降水日，降水量は非常に多く湧出量の増加が著しい。梅雨末期の 7 月 10 日頃には 2,300 ℓ /min となり昭和 45 年の最大湧出量となった。梅雨が明けると 9 月前半までは比較的雨の少ない日がつづく。この間台風の接近や局地的な雷雨による他はほとんど降水がないので湧水量は減少しつづける。7 月 10 日ごろ最大となった湧出量は 8 月 14 日には 150 ℓ /min となった。その後 8 月ごろに台風が接近したために 6 日間に 307mm の降水があり，減少していた湧出量は 900 ℓ /min にまで増加した。9 月後半から 10 月前半までは秋霖といわれる時期で，このころ接近する台風も多く一年中でもっとも降水量の多い時期である。今年は台風の接近が少なく

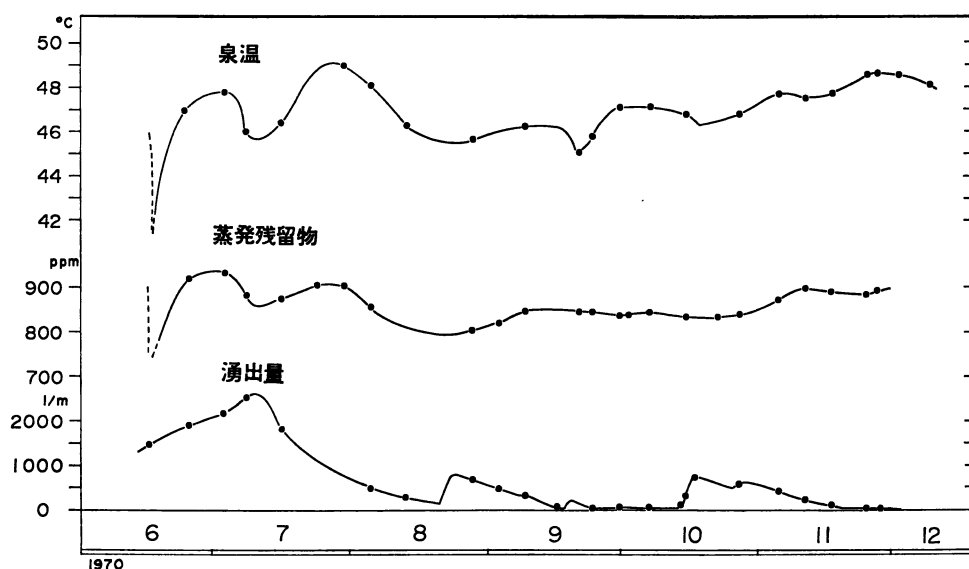


図 4 姥子湧泉の連続観測結果

降水量は例年に比べてかなり少かった。それでも80mm/10日の割合の降水があり、50ℓ/minにまで減少していた湧出量は10月15日より増加し、10月19日には約900ℓ/minとなった。秋霖が過ぎて秋も深まり冬をむかえるようになると降水日、降水量ともに減少し終りには湧出が停止してしまう。今年は12月10月ごろに湧出が停止した。

湧出量は雨の降り方によって多少の差はあるものの、おおよそ70mm/10日その割合を境にこれ以上の降水があると湧出量は増加しそれ以下では減少するようである。図4のハイドログラフから図5のような減水曲線が描かれる。これは無降水日がつづいた場合の減水曲線で湧出量は指数函数的に減少する。湧出量を Q 、無降水日数を t とおくと次のようになる。

$$Q = 3388e^{-0.0367t} - 745$$

このような湧出量の変化にともなって泉温や H_2SiO_3 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} といった主要化学成分の変化がみられる。平野ほか(1969)によると H_2SiO_3 、総溶存物質量は湧出初期から6月にかけて、夏期、秋期の3期にわたる変化があつて降水量、湧出量の多い夏期の稀釈効果がみられる。

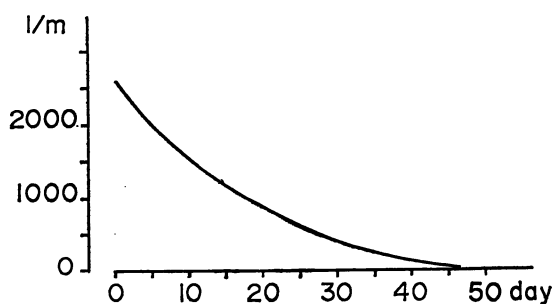


図 5 湧出量の減水曲線

表3は今年の調査結果を表に示したものである。4月20日に湧出を始めたとき約40°Cであった泉温は5月末まで上昇をつづけ約45°Cの通常温度となった。泉温は70mm/10日以上の上昇の後の湧出量増加によって低下し、徐々に上昇するという変化を繰り返す。温度の上昇はおおよそ初めの9日までが急でその後は鈍くなる。これは雨水の地中への浸透のため低下した泉温が温泉水の流下と、大涌谷付近からの温度の高い温泉水が流下してきたことを示す。

化学成分の内 K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} は著しい変化をみないが, Na^+ , Ca^{2+} , H_2SiO_3 , 総溶存物質には夏期の稀釈効果がみとめられるし, SO_4^{2-} にも同様の効果があるものと推定される。

夏期の稀釈効果は湧出量(神山山崩堆積物中の温泉水の量)が増大し、多量の化学成分や熱を持ち去るために生じるのであろう。夏期に低下した溶存物質質量や泉温は著しい降水量の増加をみないかぎり、湧出が停止する初冬まで徐々に増大しつづける。

元箱根 図2 G

昭和44年に引き続き観測を行なったが、年間の温度差がなく非常に安定した温度を示している。

芦ノ湯 図2 H₁, H₂

紀ノ国屋温泉(H₁)は駒ヶ岳の山腹より自然湧出している。この湧出は姥子湧泉(F)と同様に降

表3 姥子湧泉の連続観測記録

採水年月日	泉温(°C)	湧出量(l/min)	pH	蒸発残留物(ppm)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻
1970. 4. 27	n. d.	湧出開始	3.00	887.	40.0	6.30			370.
1970. 6. 16	n. d.	1460.	3.20	740.	35.2	5.36			
1970. 6. 24	47.0	1900.	3.13	920.	39.2	7.12			
1970. 7. 3	47.8	2250.	3.04	933.	33.4	7.80			476.
1970. 7. 8	46.0	2520.	3.13	882.	29.8	6.36		23.7	
1970. 7. 16	46.4	1800.	3.13	875.	29.0	6.80			
1970. 7. 24	n. d.	n. d.	3.10	905.	30.2	6.80			
1970. 7. 30	49.0	900.	3.11	901.	29.8	6.80			445.
1970. 8. 5	48.1	485.	3.20	842.	30.6	7.10			453.
1970. 8. 28	45.7	680.	3.20	794.	28.2	6.48			428.
1970. 9. 3	44.6	460.	3.21	820.	29.6	6.36	73.6	19.3	405.
1970. 9. 9	46.2	320.	3.18	847.	30.6	6.70	78.6	19.0	442.
1970. 9. 21	45.1	n. d.	3.19	845.	32.2	6.30			445.
1970. 9. 24	45.8	40.	3.20	842.	32.2	6.60	75.5	20.7	
1970. 9. 30	47.1	n. d.	3.10	836.	32.4	6.38	74.3	21.8	
1970.10. 2	46.6	n. d.	3.10	837.	32.6	6.10	76.8	20.0	
1970.10. 7	47.1	50.	3.10	844.	33.0	6.50	77.9	21.8	
1970.10.15	46.8	300.	3.08	833.	29.8	6.50	74.5	21.2	
1970.10.22	44.6	735.	3.14	833.	32.0	6.36	74.4	20.0	
1970.10.27	46.8	590.	3.20	838.	33.4	6.80			
1970.11. 5	47.7	440.	3.16	873.	33.8	6.16	87.3	20.0	
1970.11.11	47.6	230.	3.12	900.	35.2	7.06			
1970.11.17	47.8	105.	3.08	892.	35.0	7.00			
1970.11.25	48.6	45.	3.04	886.	34.6	7.00	82.8	22.0	
1970.11.27	48.7	35.	3.10	895.	35.0	7.50	82.6	21.1	
1970.12. 2	n. d.	35.	3.10	n. d.	34.4	7.40			

雨量と密接な関係を示している。昭和45年の冬期は昨年より35日間も晴天が続き1月～3月まで湧泉は止まってしまった。湧出の始まる4月より泉温は上昇し39.2°Cと年の最高温となり、降雨量の多い7月、8月になると湧出量も増し泉温も平常温より2°C～3°C低い31.5°Cとなっている。

松坂屋源泉(H₂)は、昭和44年と同じ傾向で1年を通じての温度差は1°C～2°Cと少なかった。

宮の下 図2 I

昭和42年5月に異常上昇した強羅、小涌谷底倉温泉の一部の泉温は、3年たった昭和45年も高温が続いている(大木他1968, 広田他1969, 1970)。この高温泉の流れがどの方向に広がって行くか、流れの経過を追跡する目的で宮の下の1源泉に温度計を設置し5月より連続観測を実施した。記録計の故障で10月から11月下旬まで観測が出来なかった。湧出量の少ない源泉で日時によって温度変化を大きく示し、現在の所目的は達しておらず長期間の観測が期待される。

ま と め

昭和42年5月に異常高温となった源泉は、3年たった昭和45年も高温が続いている。大木他(1968)は昭和41年6月～7月の間に神山火山の地下で発生した群発地震で代表される地熱活動のエネルギーが約1年後に泉温の変化として、強羅、小涌谷、底倉地域の異常上昇として現われたことを明らかにした。現在もなお高温が続いているのは、平賀他(1969, 1970)が報告しているように、昭和43年から昭和44年にかけての小規模の群発地震の発生(1日当りの地震回数の増加、および震源の浅くなっていること)によるものと推定される(図6)。今後この状態で何年続くか、又高温泉の広がりについて温度観測を続けて行く必要がある。

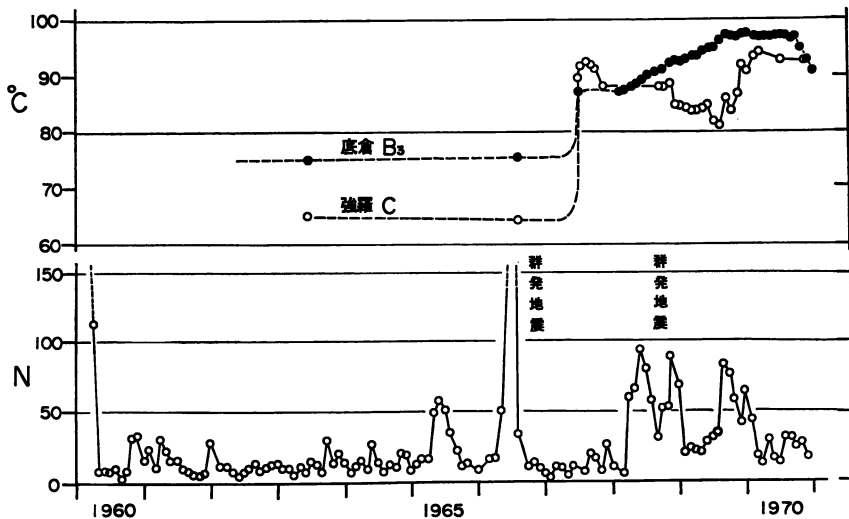


図6 箱根強羅、底倉の泉温と箱根における地震頻度分布

謝 辞

温度観測にあたり、湯本（新湯、旧湯）、富士屋ホテル、翠光館、早雲閣、秀明館、紀ノ国屋、松坂屋、奈良屋の各源泉所有者には、記録計設置場所の提供および温度測定の便宜をはかっていただいた。小田原保健所岩田義徳温泉課長には、温泉課に集められている資料を参照する機会を与えて下さった。温泉研究所大木靖衛所長、久保田博管理課長、平賀士郎研究科長、他多くの職員の方々には調査を円滑に進めるために色々お世話をして下さった。以上の方々に厚くお礼申し上げる。

この調査は神奈川県温泉研究所の温泉等研究調査費で行なった。

参考文献

- 大木靖衛，荻野喜作，平野富雄，広田茂，大口健志，守矢正則（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.
- 平野富雄，田嶋綾子（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.
- 平賀士郎，広田茂，河西正男，鈴木征志（1969，1970，1971），箱根火山における地震活動調査，1968，1969，1970，神奈川温研報告 No. 7，31—37，No.11，1—24，Vol. 2，No. 1，1—20.
- 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，1968，神奈川温研報告 No. 7，31—37.
- 広田茂，平賀士郎，河西正男，小鷹滋郎，小沢清（1970），箱根火山における温泉および地中温度の連続観測，1969，神奈川温研報告 No.11，25—32.
- 神奈川県農政部，横浜地方気象台共編（1970），神奈川県気象月報，第234号～第243号.
- 神奈川県小田原保健所温泉台帳.
- 山本莊毅（1966），地下水探査法，地球出版.