

箱根カルデラ東部の温泉水位の特徴

大山正雄*、久保寺公正**

神奈川県温泉地学研究所*

Characteristics of Thermal Water Level
in the Eastern Part of the Hakone Caldera

by

Masao OHYAMA and Kousei KUBODERA

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Monitoring of thermal water levels was carried out at nine wells of thermal water in the eastern part of Mt. Kamiyama, one of the central cones in the Hakone caldera, from 1985 to 1986. Thermal waters of Hakone are classified into two types: the thermal waters of the central cones and thermal waters of the basement rocks.

According to the observation, seasonal fluctuation of thermal water level of the central cones differs from that of the basement rocks. Water levels of the central cones drop to the lowest level in March, and rise to their highest in July. Annual amplitude is about 4~7 m. Response of the thermal water level to precipitation appear after about one month. In the case of the basement rocks, highest level occurs about September. The phase retardation displays about two months for the thermal water level of the central cones.

Key words: Hakone caldera, thermal water level, precipitation.

* 神奈川県温泉地学研究所 神奈川県足柄下郡箱根町湯本997 〒250-03

** 神奈川県小田原保健所 神奈川県小田原市南町2-4-45 〒250
神奈川県温泉地学研究所報告 第24巻, 第2号, 49-60, 1993.

1 はじめに

箱根の温泉は過剰採取によって経年的に涸渇化の傾向にある（小鷹，1980；大山ら，1980,1982,1985a,1985b）。温泉涸渇化の傾向は温泉水位に現われるので、水位を経年的に調査することは温泉資源の保護に重要である。しかし、水位は絶えず変動し、全体的に夏期に上昇し、冬期に下降をしている。水位のこのような季節変化は主に降水によるものである。そこで、箱根火山中央火口丘神山の東斜面の温泉を対象に、水位と降水との関係の特性を見出し、水位の経年的な観測手法を確立することを試みた。この調査は1985年から1986年にかけて行った。

2 観測地域の概要

神山（標高1438m）は箱根カルデラのほぼ中央に位置し、北と東斜面の1000m付近で硫気活動を行っている。温泉は主に神山東麓から古期外輪山にかけて湧出している（図1）。

1985年度の小田原保健所の調査によると、神山東麓から古期外輪山には温泉源として235眼分布している。この内、69眼が自然湧泉、166眼が掘さく井である。それら温泉源の総湧出量は12,173 ℓ/min で、箱根全山の湧出量18,664 ℓ/min の65.2%を占めている。温泉の平均温度は58.3℃、最高温度は98℃である。

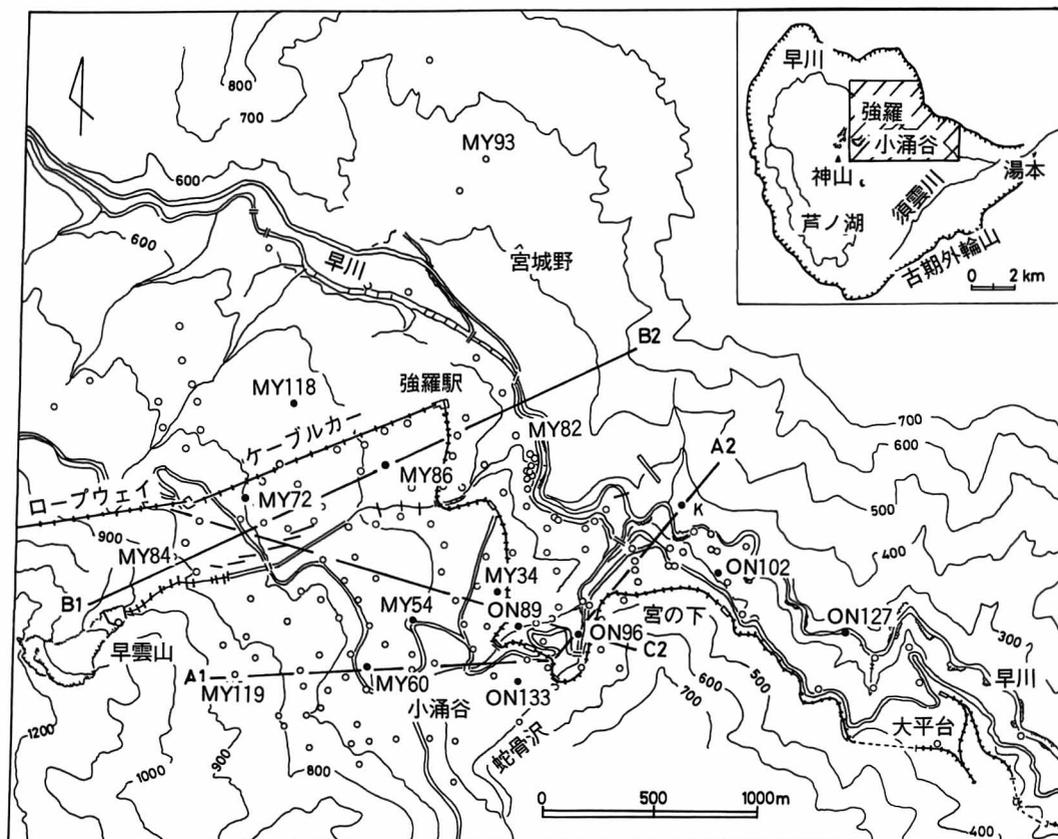


図1 調査地域の温泉源（白丸）と温泉水位観測井（黒丸）

Fig.1 Distribution of thermal waters (open circle) and observation wells (close circle)

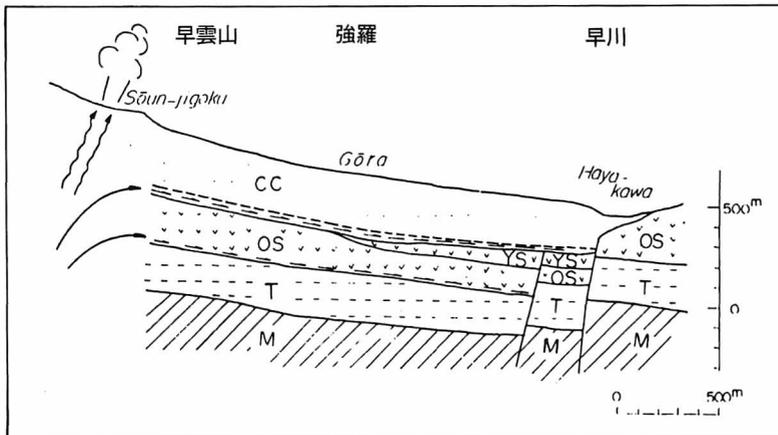


図2 強羅付近(図1のB1-B2)の地質断面(大木ら, 1968)

CC: 中央火口丘溶岩(神山溶岩), YS: 新期外輪山溶岩, OS: 古期外輪山溶岩, T: 早川凝灰岩, M: 湯ヶ島層

Fig.2 Geological profile along B1-B2 in Fig. 1 (Oki et al. 1968)

CC: Central cone lavas (Kamiyama lava), YS: Young somma lavas, OS: Old somma lavas, T: Haya-kawa tuff breccias, M: Yugashima group

久野(1952)、大木ら(1968)によれば、神山東麓の地質は、下部より基盤岩の湯ヶ島層群(M)と早川凝灰角礫岩(T)、箱根火山の噴出物である古期外輪山溶岩類(OS)、新期外輪山溶岩(YS)、中央火口丘噴出物である神山溶岩類(CC)からなっている(図2)。

大木ら(1968)は、深度200~250mと350~400mの2箇所中央火口丘の温泉の主要帯水層を認め、上部を強羅第一温泉帯水層、下部を強羅第二温泉帯水層と命名した。強羅第一温泉帯水層は神山溶岩類の基底部とその下位にある神山泥流堆積物の境界に位置している。蛇骨川沿いと木賀の自然湧泉群は強羅第一温泉帯水層の温泉が露出したものである。強羅第二温泉帯水層は古期外輪山溶岩類と基盤岩類の早川凝灰角礫岩の境界部と考えられている。

箱根の温泉は、上記の中央火口丘の温泉と基盤岩類の温泉とに2つに大きく分けることができる。中央火口丘の温泉は、主に成層火山である神山に胚胎し、東斜面の地形変換点(標高700m~800m)から早川(標高360~500m)の間で湧出している。上記の強羅第一と第二温泉帯水層の温泉がこれにあたる。基盤岩類の温泉は箱根火山の基盤岩の割れ目に胚胎し、基盤岩類の露出する早川と須雲川沿いで湧出している。

3 温泉の水頭分布

図3は図1のA1-A2、B1-B2、C1-C2における温泉の静水頭の断面である。図中の記号、Kは神奈川県の観測井、Oは温泉台帳の旧温泉村、Mは旧宮城野村を示している。なお、OとMの下部の数字は源泉番号である。また、水頭とは温泉の水面の平均海面からの標高とする。

図3-1は小涌谷から蛇骨川に沿って早川にかけての静水頭である。静水頭は4つに区分でき、上部から下部に向かって第1水頭、第2水頭、第3水頭、第4水頭とする。

最上部の第1水頭は小涌谷で深度35m付近にあるが、地形面に沿って小涌谷駅に向かって浅くなり、小涌谷駅付近の地形変換点(標高520m)で自然湧出している。湧出温度は18~23℃である。第1水頭の孔井の深度は100m以内である。第2水頭は神山山頂寄りで深度100mである。水頭は地形面に沿っており、小涌谷駅の東の標高460m付近で下位の第3水頭と一致しているようである。湧出温度

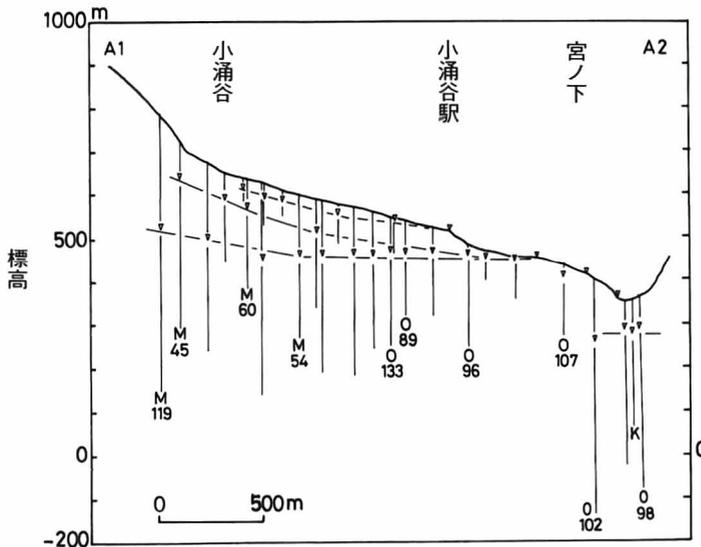


図3-1 小涌谷一宮の下の温泉水頭断面 (図1のA1-A2)

Fig.3-1 Groundwater level in cross section along A1-A2 in Fig.1

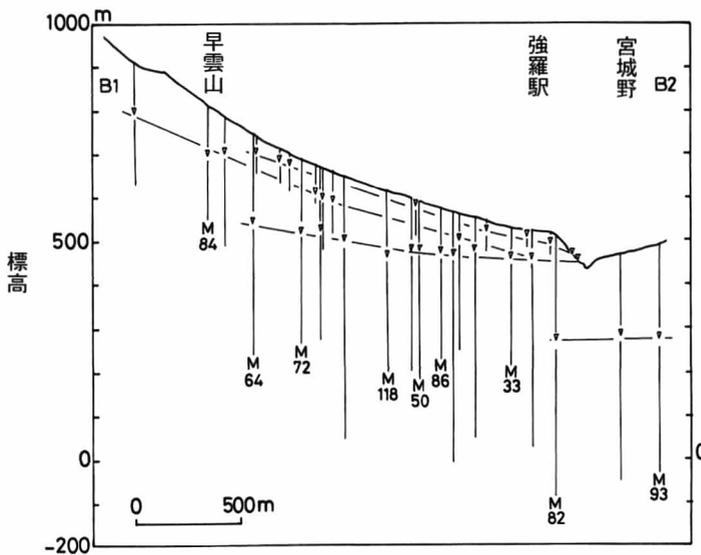


図3-2 強羅周辺の温泉水頭断面 (図1のB1-B2)

Fig.3-2 Groundwater level in cross section along B1-B2 in Fig.1

は60℃以下である。第2水頭の孔井の深度は250～300mである。第3水頭は地形面との対応が小さい。湧出温度は80℃から沸点温度に相当する98℃である。本温泉は小涌谷駅の東の標高450m付近から蛇骨川の谷壁で自然湧出し、早川との合流点(標高360m)までの間で蛇骨湧泉群を形成している。第3水頭の孔井の深度は小涌谷の上部で約500mである。第4水頭は早川沿いに見出される。水頭の深度は80～140mで、標高280m付近に位置する。湧出温度は70～80℃である。

第2と第3の水頭は中央火口丘の温泉で、早川沿いの第4水頭が基盤岩類の温泉である。中央火口丘の温泉井の深度は神山山頂に向かって深くなるが、現在の掘さく深度は孔底標高が180mまでである。これに対して、基盤岩の温泉井は孔底標高50m～-400mに達している。

図3-2は早雲山から古期外輪山にける強羅一宮城野地域の水頭断面で、小涌谷一宮の下と同様に、4つの水頭が確認される。第1水頭は湧出温度16℃の地下水で、早川右岸で自然湧出している。

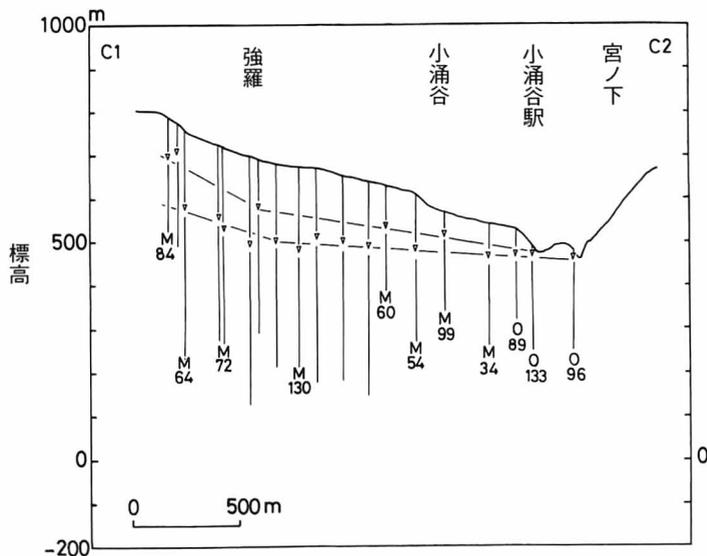


図3-3 早雲山一宮の下の温泉水頭断面 (図1のC1-C2)

Fig.3-3 Groundwater level in cross section along C1-C2 in Fig.1

孔井の深度は約100mである。第2水頭と第3水頭は中央火口丘の温泉である。第2水頭は地形面に沿い、第3水頭は勾配が小さい。中央火口丘の温泉は早川右岸の標高450m付近で自然湧出し、木賀湧泉群を形成している。湧出温度は、第2水頭が50～60℃、第3水頭が70～80℃である。温度は、第2水頭と第3水頭が合流する強羅駅付近から下流で低下し、木賀湧泉で40℃である。早川の右岸から古期外輪山側の宮城野にかけての第4水頭は基盤岩類の温泉である。湧出温度は70～80℃である。

図3-3は早雲山から宮の下における中央火口丘の温泉水頭である。この地域においても第2水頭と第3水頭が存在し、下流で一致している。

以上から、神山東斜面から古期外輪山にかけて4つの水頭が区分される。この4つの水頭は4つの帯水層の存在を示唆している。

4 温泉水位の観測方法

温泉水位の観測は神奈川県観測井と未利用温泉井を対象に、12源泉について行った (図1,表1)。それらは、小涌谷から宮の下にかけての地域が源泉台帳番号で元宮城野村第34号 (MY34)、54号 (MY54)、60号 (MY60)、元温泉村第89号 (ON89)、96号 (ON96)、133号 (ON133) の6眼、早川沿いが元温泉村第102号 (ON102)、127号 (ON127) と神奈川県第1号 (K) の3眼、強羅地域が元宮城野村第72号 (MY72)、86号 (MY86)、118号 (MY118) の3眼である。源泉は、なお、1986年には元温泉村第102号 (ON102) と元宮城野村第60号 (MY60) の水位測定ができなかった。

温泉水位の測定には、被覆されたステンレス・ワイヤーの先端に電極棒を取り付けた触針式水位計を使用した。測定精度は1cmである。温泉井はエアリフト・ポンプで揚湯しているので、水位測定は直径1/2インチ (1.25cm) のエア管 (鉄管) の中で行った。測定間隔は月に1～3回である。

表1 温泉水位観測井
Table 1 Observation well

源泉番号		所有者	所在地	掘削	標高	深度	孔底標高	調査	温度	湧出量
				年	m	m	m	年	℃	l/min
元温泉村	89	藤田観光	箱根町小涌谷485-7	1948	502	182	320	1985	91.0	101
	96	曾我範雄	箱根町宮の下469-10	1952	472	225	247	1985	87.3	40
	102	大和屋ホテル	箱根町宮の下95	1954	399	535	- 136	1985	71.2	68
	127	川崎市	箱根町大平台274-2	1965	258	680	- 415	1985	54.8	40
	133	岡田商事	箱根町小涌谷459	1968	545	294	251	1985	65.0	62
元宮城野村	34	南知多観光開発	箱根町二の平1060-1	1956	537	275	262	1985	80.0	80
	54	藤田観光	箱根町二の平1295	1961	593	322	271	1971	89.5	48
	60	藤田観光	箱根町二の平1297-66	1962	657	273	384	1985	57.2	25
	72	加藤一郎	箱根町強羅1300-490	1964	696	433	263	1985	88.4	62
	86	箱根登山鉄道	箱根町強羅1300-69	1965	582	351	231	1985	65.6	101
	118	加藤一郎	箱根町強羅1320	1967	631	431	200	1985	59.7	55
神奈川県	1	神奈川県	小田原市久野4856-4	1972	356	300	56	1972	76.7	111

(小田原保健所)

5 温泉水位の観測結果

1985年と1986年の各観測井における温泉水位はそれぞれ図4と図5に示した。降水量は調査地域の中央部に位置する箱根町二の平箱根町消防本部（標高573m）での観測値である。

5. 1 降水量

箱根火山は伊豆半島から丹沢山塊にのびている多雨帯の中に位置している。箱根カルデラ内における1978年から1987年の10年間の平均降水量は2780mmである（大山ら,1990）。箱根町消防本部の測定によれば、二の平における同期間の降水量は1427mm～3206mm、平均2487mmである。この内、1984年は平均の約57%にあたる1427mmとなり、降水量の最も少ない年であった。1985年と1986年は各々、3029mm、2331mmとなり平均的降水年である。

1985年の降水は2月から始まり、6月に集中（748mm）し、この2月～6月の5カ月間に年間の64%を占めている。1986年には、前年の12月から2月にかけてほぼ無降水の日が続いたが、3月から降りをはじめ、5月と9月に集中的にもたらされた。

5. 2 1985年の温泉水位

中央火口丘の温泉水位は全般的に次の通りである（図4-1）。温泉水位は、3月頃に最も低下し、2～3月の降水の影響によって4月頃から上昇し始め、6月の梅雨で急上昇し、7月に最も高くなった。その後、水位は8月に少し下がったが、台風と秋の降水によって高原状態を保ち、12月に入ってから急速に低下している。

それぞれの源泉の水位変化はほぼ同じ形態を示しているが、水位変化に水頭の違いと地域差が認められる。水位の年較差は、第2水頭の温泉MY60が15.9m（図4-2）、第3水頭の温泉が5.5～7.5mである（表2）。第2水頭は第3水頭よりも浅いので降水の影響を受けやすいものと考えられる。

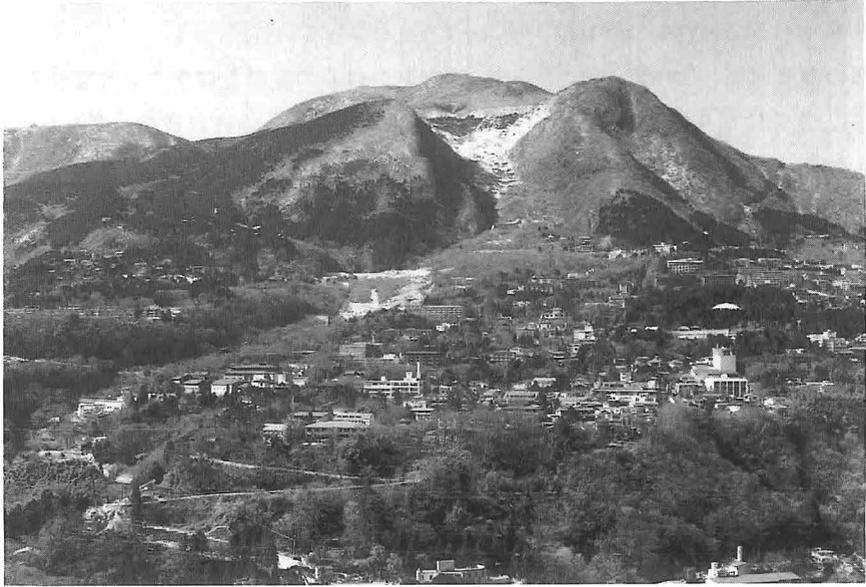


写真1 神山東斜面の早雲山硫気地帯と強羅
Photo 1 Sounzan solfataric field and Gora on the eastern surface of Mt. Kamiyama

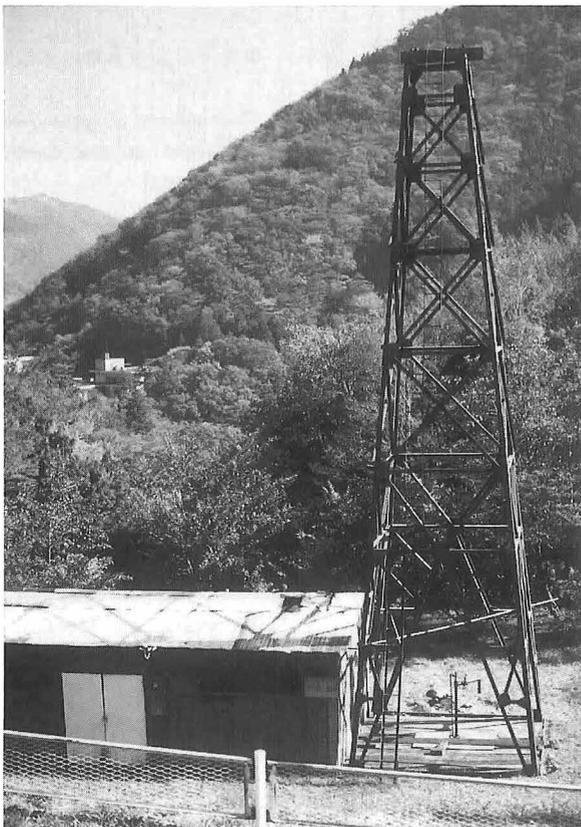


写真2 小涌谷の観測井
Photo 2 Kowakudani observation well (ON 133)

第3水頭をさらに細かく見ると、蛇骨川沿いの源泉（ON89、ON96、ON133）で5.5～5.9m、二の平から強羅地域（MY54、MY86、MY118）で5.1～7.5mとなっている。

基盤岩類の温泉水位（ON102、ON127、K）は中央火口丘の温泉とは異なった変化を示している（図4-3）。水位は6月に最低になり、梅雨後の7月に上昇し、9月に最高に達した。10月以降になると温泉水位は低下を続けた。基盤岩類の温泉水位も降水の影響を受けて変化しているが、影響の程度は中央火口丘の温泉に比べて小さい。温泉水位の年較差は2.5～4.0m程度である。また、温泉水位の最高値は中央火口丘の温泉よりも約2月の位相の遅れを示している（図4-4）。

5. 3 1986年の温泉水位

前年の12月から低下を続けていた中央火口丘の温泉水位は3月末から4月始めにかけて最低になり、4月末ころから急上昇して7月始めに最高に達した（図5-1）。温泉水位は8月に低下するが、9月のまとまった降水で10月に再び上昇した。温泉水位の年較差は蛇骨川沿いが4.1～4.5m、強羅地区が2.9～5.8m程度である。温泉水位の年較差が前年よりも平均的に約2m小さい（表3）のは、降水量が約700mm/年（23%）も少ないことによるものと考えられる。

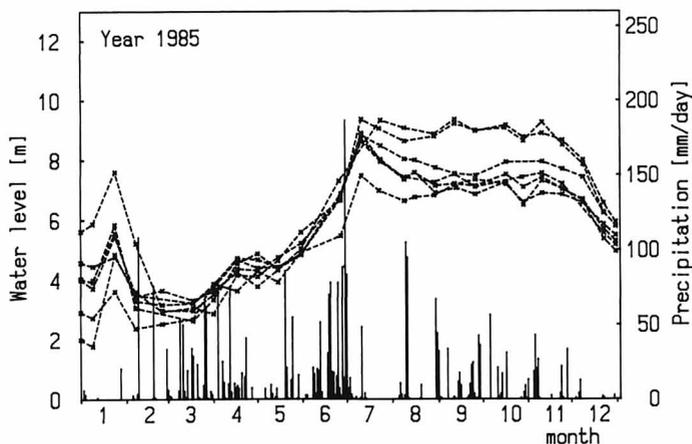


図4-1 中央火口丘の温泉の水位変化（1985年）

Fig.4-1 Fluctuations of groundwater level at the central cone (1985)

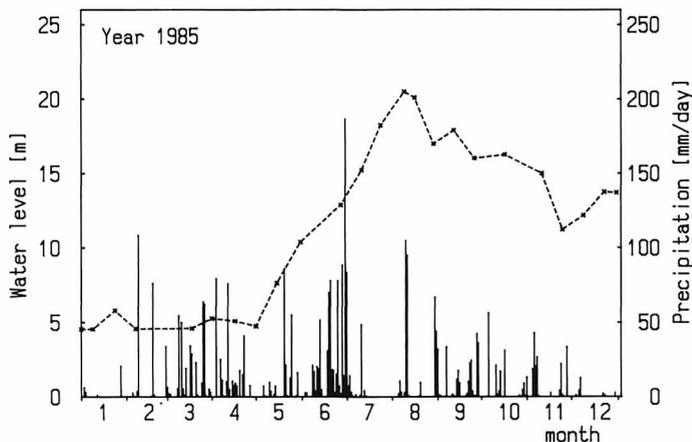


図4-2 中央火口丘の温泉井 MY60の水位変化

Fig.4-2 Fluctuations of groundwater level of well MY60

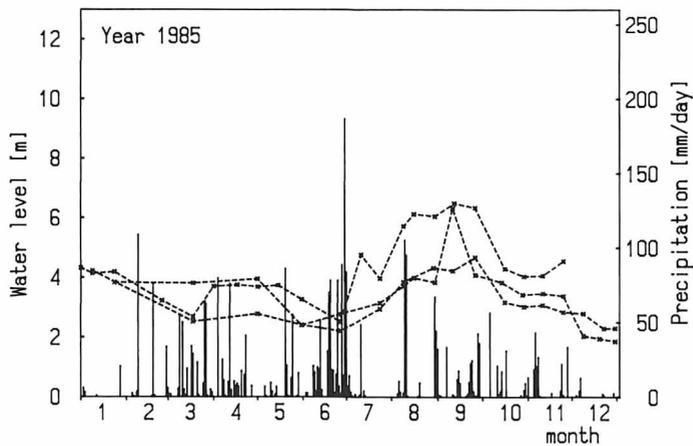


図4-3 基盤岩類温泉の水位変化
(1985年)
Fig.4-3 Fluctuations of groundwater
level at the basement
rocks (1985)

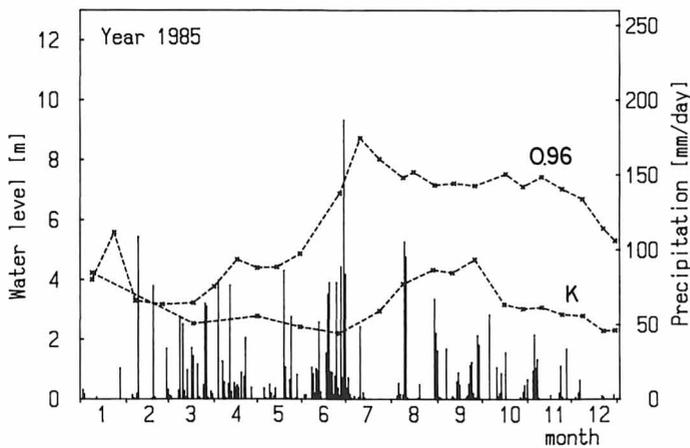


図4-4 中央火口丘と基盤岩類の温
泉の水位変化 (1985年)
Fig.4-4 Fluctuations of groundwater
level at the central
cone and the basement
rocks (1985)

基盤岩類の温泉水位 (ON127、K) は前年に比べると緩やかな変化である (図 5 - 2)。また、ON127と K の両源泉は約 1 km 離れているが、水位変化はほぼ一致している。年較差は 2.2~2.5m 程度で、前年よりも約 1 m 小さい。温泉水位の変化の最低値は中央火口丘の温泉の時期とほぼ同じ 3~4 月であるが、最高値は 9 月であり、約 2 ヶ月の位相遅れを示している (図 5 - 3)。

6 まとめ

箱根カルデラ東部の温泉水位の観測結果をまとめると、以下のようになる。

(1) 神山東斜面には 4 水頭が区分される。この 4 水頭は 4 帯水層の存在を示唆している。上位の 3 水頭は神山に胚胎する地下水である。最上位の第 1 水頭は温度 16~23℃で、東麓で自然湧出している。第 2 水頭と第 3 水頭は中央火口丘の温泉で、東麓の早川右岸付近で一致してから自然湧泉群を形成している。最高温度は沸点温度に相当する 98℃である。第 4 水頭は基盤岩類の割れ目に胚胎する温泉で、早川の河床面下 80m 付近に位置し、神山東麓の早川沿いから古期外輪山側で湧出している。

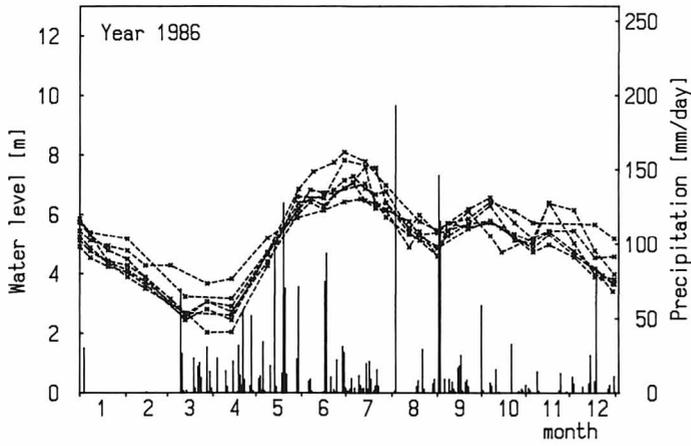


図5-1 中央火口丘温泉の水位変化
(1986年)

Fig.5-1 Fluctuations of groundwater level at the central cone (1986)

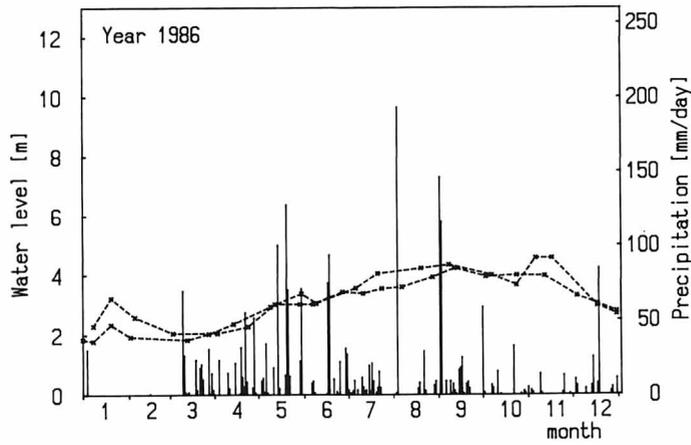


図5-2 基盤岩類温泉の水位変化
(1986年)

Fig.5-2 Fluctuations of groundwater level at the basement rocks (1986)

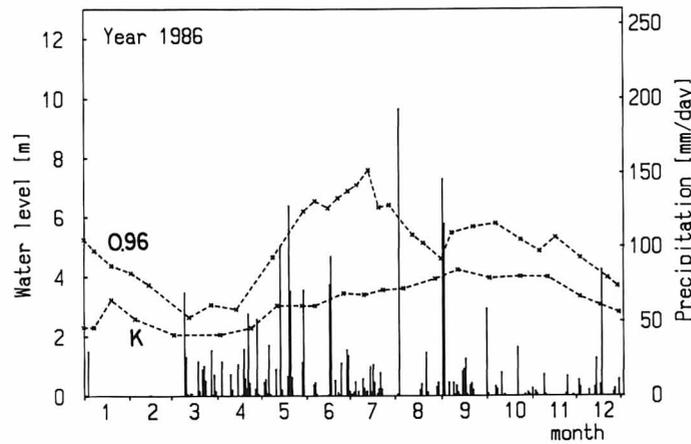


図5-3 中央火口丘と基盤岩類の温泉の水位変化
(1986年)

Fig.5-3 Fluctuations of groundwater level at the central cone and the basement rocks (1986)

表2 温泉の水位標高 (m) の変化

Table 2 Fluctuations of groundwater level at each observation well

1985年	元温泉村					元宮城野村						小田原
源泉番号	89	96	102	127	133	34	54	60	72	86	118	神奈川県
最低	456.0	454.2	259.5	236.4	458.2	451.6	466.8	524.6	518.4	464.4	454.9	272.2
最高	461.9	459.7	263.5	240.3	463.9	457.6	474.4	540.5	524.9	469.4	461.4	274.7
最大変動	5.9	5.5	4.0	3.9	5.7	6.0	7.6	15.9	6.5	5.0	6.5	2.5

1986年	元温泉村					元宮城野村						小田原
源泉番号	89	96	102	127	133	34	54	60	72	86	118	神奈川県
最低	456.2	453.6	-	235.8	457.5	451.6	467.4	532.0	517.8	465.7	454.0	272.1
最高	460.3	458.1	-	238.6	462.1	456.0	473.1	543.4	523.7	468.5	459.8	274.2
最大変動	4.1	4.5	-	2.8	4.6	4.4	5.7	11.4	5.9	2.8	5.8	2.1

(2) 降水の影響による水位変化は中央火口丘の温泉と基盤岩類の温泉で異なる。中央火口丘の温泉水位は、2～4月に最低になり、7月頃に最高に達する。それにひきかえ、基盤岩類の温泉水位は、最低になるのが3～6月、最高が9月頃である。

(3) 温泉水位の年較差は、中央火口丘の温泉の内、第2水頭の温泉が11～16m、第3水頭の温泉が4～7m、基盤岩類の温泉（第4水頭）が2～4mである。

(4) 基盤岩類の温泉水位は、中央火口丘の温泉に比べると変化が穏やかであり、最高水位に約2ヶ月の遅れが認められる。

(5) それぞれの温泉の水位は全般的に同じ形態の季節変化を示していることから、各温泉井の水位は周辺の温泉水位を代表している。温泉井は一般にポンプ揚湯しているので、水位測定を任意に行うことが困難である。したがって、水位測定を行う場合は、降水の影響の最も少ない3月頃が適当である。

表3 温泉水位の年変化

Table 3 Fluctuations of groundwater level

調査年	中央火口丘	基盤岩類	年降水量
1985	7.18 ■	3.47 ■	3017.5 ■■
1986	5.16 ■	2.45 ■	2331.5 ■■

謝 辞

本調査をまとめるにあたり、次の方々にお世話になった。観測点の各源泉所有者には観測の便を図っていただいた。箱根町消防本部には降水量の資料をいただいた。神奈川県小田原保健所温泉課伊東定信主査をはじめ、温泉課の方々には貴重な助言をいただいた。大木靖衛新潟大学教授には温泉地学研究所長として在任中に有益な指導と助言をいただいた。温泉地学研究所の平野富雄所長と粟屋徹主任研究員には有益な助言をいただいた。諸星實管理課長をはじめ、管理課の方々には調査を円滑に進めるため配慮をいただいた。以上の方々に深く感謝いたします。なお、この調査は神奈川県温泉地学研究所温泉等研究調査費によった。

参考文献

- 久野 久(1952) 熱海図幅地質説明書,地質調査所,p.141p.
- 広田 茂,小鷹滋郎(1977) 箱根火山における泉温および水位の連続観測,昭和51年(1976),神奈川県温地研報告,Vol.8,No.1,17-26.
- 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,神奈川県温地研報告,No.6,1-20.
- 小鷹滋郎(1980) 箱根外輪山における温泉水位の連続観測,昭和47~55年(1972~1980),神奈川県温地研報告,Vol.12,No.2,19-22.
- 大山正雄,広田 茂,杉山茂夫(1980) 箱根火山における温泉の温度,昭和53~54年(1978~1979),神奈川県温地研報告,Vol.12,No.2,11-18.
- 大山正雄,杉山茂夫,平野富雄(1982) 箱根温泉の温度と湧出量の観測,昭和55~56年(1980~1981),神奈川県温地研報告,Vol.13,No.5,27-38.
- 大山正雄,伊東 博,大木靖衛(1985a) 箱根温泉の温度と湧出量の観測,昭和57~58年(1982~1983),神奈川県温地研報告,Vol.16,No.4,41-52.
- 大山正雄,久保寺公正,小鷹滋郎,伊東 博,迫茂樹(1985b) 箱根火山中央火口丘東麓の温泉水位,神奈川県温地研報告,Vol.16,No.5,53-62.
- 大山正雄,平野富雄,粟屋 徹(1990) 箱根火山の湧泉,神奈川県温地研報告,Vol.21,No.3,103-126.