

箱根火山中央火口丘東麓の温泉水位

大山正雄*, 久保寺公正**, 小鷹滋郎*, 伊東 博*, 迫 茂樹***

神奈川県温泉地学研究所

Surface piézométrique au pied est de la cone intérieurs Kamiyama

par

Masao OYAMA, Kosei KUBODERA, Sigeo ODAKA, Hiroshi ITO, Sigeki SAKO

Institut des Sources thermales de la Préfecture de Kanagawa

Hakone, Kanagawa

(résumé)

La décharge des eaux thermales au pied est de Kamiyama représente 52% de l'ensemble du volcan de Hakone. On peut distinguer entre les eaux thermales dans produits éruptifs contenant les nappes aquifères de Kamiyama et ceux dans les fissures de Yugashima groupe constituant du soubassement de Hakone. La première jaillit de la zone des sources de Jakotsu et de Kiga de 440-400 m d'altitude. Les fonds des puits se trouvent au-dessus de 100 m d'altitude. La dernière est pompée dans les puits le long du barranco de Hayakawa qui bord l'est de la région centrale. La surface piézométrique se trouve au-dessous de 300 m d'altitude. Le fond du puits atteint à plus de 400 m de profondeur au-dessous de la surface de la mer.

La surface piézométrique au repos est en décroissance pendant ces vingt dernière années. La baisse de niveaux est de 0.3 ~ 1.0 m/an dans les produits éruptifs de Kamiyama et de 0.7 ~ 0.8 m/an dans les rochers du soubassement.

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

神奈川県温泉地学研究所報告, 第16巻, 第5号, 53 - 62, 1985

*温泉地学研究所, **足柄上保健所, ***小田原保健所

1. はじめに

箱根中央地区（強羅、二ノ平、小涌谷、木賀、宮城野、底倉、宮ノ下、堂ヶ島、大平台）の源泉は現在241眼、湧出量は11,011 l/min(小田原保健所, 1983)に達し、箱根全山の21,122 l/minの52.1%を占めている。その大部分は1950年頃から開発によるものである。

温泉開発は1975年以降、急速に停滞した。その主な原因はオイルショックによる経済不況の兆しや、新規源泉に対する規制が厳しくなったことなどが考えられる。

温泉開発は停滞しているが、温泉水位の低下は依然として続いている。また、蛇骨湧泉群では湧出量の減少があらわれている。

この報告書は1978年から行っている中央地区での温泉水位の調査結果について記したものである。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。

2. 中央地区の地形

箱根火山の中央火口丘の一つである神山の北東斜面は、高度900~800m位から急に傾斜を減じて緩

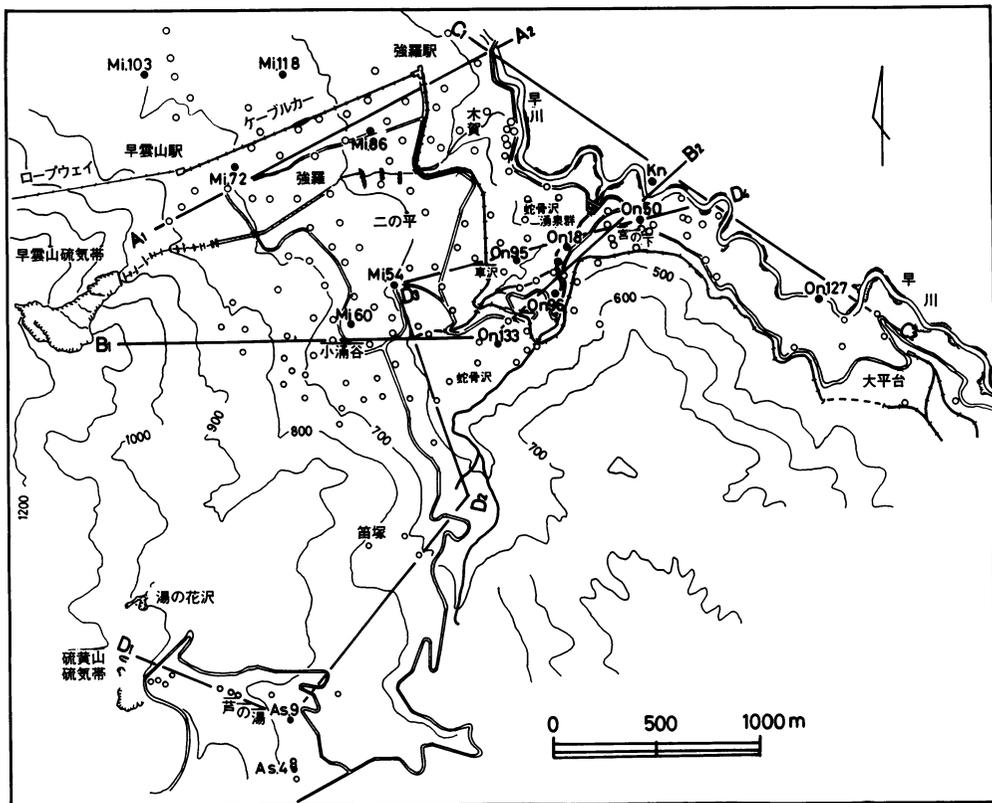


図1 箱根火山中央火口丘神山東麓の源泉分布と水位観測井
記号, On:元温泉村, Mi:元宮城野村, As:元芦ノ湯村, Kn:県観測井

い裾野となり、高度差60～70mの急崖となって早川の谷に下る。緩い裾野の南側は、蛇骨沢をほとんどで新期外輪山の急峻なカルデラ壁が存在する。緩斜面の中央には、早雲山に源を有する須沢がある、須沢の南側には、丸山に源を発する車沢がある。この緩斜面は、扇状地的様相を程している。

緩斜面上には、北から順に強羅温泉、二の平温泉、小涌谷温泉がある。底倉温泉は、蛇骨沢沿いに自然湧泉群となって湧出している。宮ノ下温泉は、新期外輪山のカルデラ壁と早川、蛇骨沢に囲まれた崖上に存在する。

早川沿いには、上流から宮城野、木賀、堂ヶ島、大平台の温泉がある。

3. 中央地区の地質

箱根火山の地質は久野（1950, 1952）によって詳しく研究された。久野の研究にもとづいて中央地区の地質について説明する。

中央地区の地質は下部より箱根火山の基盤をなす湯ヶ島層群 (M_2)、早川凝灰角礫岩 (T_2)、箱根火山噴出物である古期外輪山溶岩 (OS)、新期外輪山溶岩 (YS) と中央火口丘噴出物である泥流堆積物 (CC_2)、神山溶岩類 (CC_5) からなっている。

基盤岩類 (M_2 , T_2) は早川峡谷に沿って分布している。宮城野温泉、木賀温泉の一部、大平台温泉は基盤岩類から温泉を採取している。

神山北東、高度900～800m以下の緩斜面は中央火口丘噴出物 (CC_2 , CC_5) からなっている。大木ら (1968)によると、強羅温泉の主要温泉帯水層は深さ200～250mのところにある。この温泉帯水層は厚さ10～45mで、強羅～小涌谷の神山溶岩でおおわれる範囲に広がっている。これを強羅第一温泉帯水層と呼んでいる。蛇骨湧泉群や木賀の湧泉は、強羅第一温泉帯水層の温泉が地表にあらわれたものである。登山鉄道駅付近の温泉孔井では、地表から深さ350～400mにも厚さ10mに達する有力な温泉帯水層があり、かなりの広がりを持っている。これを強羅第二温泉帯水層と呼んでいる。

強羅第一温泉帯水層は神山溶岩の基底部とその下位にある中央火口丘泥流堆積物 (久野の CC_2) の境界付近に胚胎されている。 CC_2 の泥流堆積物は蛇骨沢が早川に合流する付近によく露出し、ここでは高温の塩化物泉が泥流堆積物の上部から自然湧出している。

強羅第二温泉帯水層は古期外輪山溶岩類と箱根火山の基盤をなす早川凝灰角礫岩の境界部に胚胎されると考えられている。

4. 観測井

中央地区の温泉井および自然湧泉源は神山東斜面の変換点700～800mから早川の河床400mの間に分布している。(図1)。

定期的に水位測定している源泉は強羅地区が4眼(元宮城野村第72, 86, 103, 118号)、小涌谷から蛇骨湧泉群にかけて6眼(元宮城野村第34, 54, 60号、元温泉村第89, 95, 96, 133号)、早川沿いが

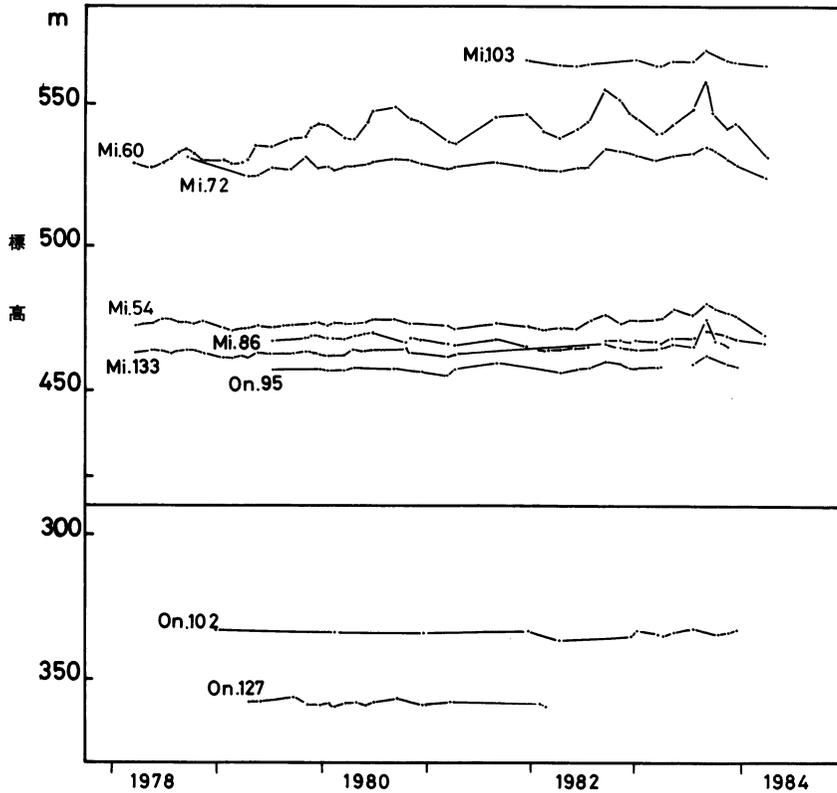


図2 温泉水頭の変化

3眼(元温泉村第102, 127号, 県観測井)の合計14眼である。揚湯装置の設置していない元宮城野村第54号と1972年(昭和47年)3月に掘削された県観測井以外は小田原保健所が年1回の調査時に稼動する程度の未利用温泉井である。

温泉井はエアリフト・ポンプで揚湯しているので、被覆されたステンレス・ワイヤーの先端に電極

表1 温泉井水位観測井

台帳	源泉番号	所有者	源泉所在地	標高 m	深度 m	孔底の標高 m	泉質					1983年		
							調査年月	温度 ℃	湧出量 ℓ/min	蒸発残留物 mg/kg	Cl ppm	pH	温度 ℃	湧出量 ℓ/min
元温泉村	89	藤田観光KK(5号)	小涌谷字四面塔 485の7	502	182	320	1960年3月	83.5	35.5	3,375.0	1,698	7.9	83.7	82
"	95	フジテレビジョンKK	底倉字家向 543の3	512	182	330	1962年9月	68.8	100.0	(2,283.9)	1,026	8.1	85.1	100
"	96	曾我範雄	宮ノ下字堂々島 469の10	472	225	247	1952年9月	61.0		1,401.0	711	7.0	71.6	75
"	102	大和屋ホテル	宮ノ下字堂々島 95	399	535	-136	1960年3月	76.7	75.0	740.0	339.	7.8	72.5	78
"	133	岡田商事KK	小涌谷字四面塔 459	545	294	251	1968年8月	52.0	51.0	993.0	403.	8.5	55.1	42
"	127	川崎市	大平台字北畑下 274の2	258	680	-415	1974年9月	72.3	75.0	703.0	210	8.8	64.6	69
元宮城野村	34	南知多観光開発KK	二ノ平1,060の1	537	275	262	1958年3月	65.0	103.0	1,380.0	518	7.9	78.3	89
"	54	藤田観光KK	二ノ平字マミノ 1295	593	322	271	1971年6月	89.5	48.0	2,319.0	1,142	8.3	-	-
"	60	藤田観光KK(小涌谷塔)	二ノ平字長尾 1297の66	657	273	384	1962年9月	72.3	41.5	559.7	120.	8.5	58.8	34
"	72	加藤一朗	強羅字強羅 1,300の490	696	433	263	1964年12月	92.0	106.0	3,842.3	1,764.	8.3	89.6	70
"	89	箱根登山鉄道KK	強羅字強羅 1,300の69	582	351	231	1966年4月	65.5	104.0	1,850.6	616.	8.4	68.5	92
"	103	桑田輝司	強羅字板里 1,321の312	684	500	184	1967年9月	71.2	150.0	2,020.9	556.	7.8	70.2	99
"	118	加藤一朗	強羅字向山 1,320	631	431	200	1971年7月	88.0	69.0	3,047.0	1,526.	8.3	59.2	59
神奈川県観測井		神奈川県	小田原市久野字 山畦沢4,856の4	356	300	56	1972年3月	76.7	111.0	1,113.0	416	8.7	-	-

棒を取付け、直径 $\frac{1}{2}$ インチ（1.25cm）のエア管の中から水位を測定している。

各源泉井の概況は表1に示す。

なお、源泉番号の表示は元宮城野村第103号がMi103号とし、元温泉村をOn、元芦ノ湯村をAs、元箱根村をHa、県観測井をKnとする。

5. 観測井の水位

各観測井の水位は海水面を基準とした水頭を図2に示す。

水頭は標高560mから250mの範囲にわたっているが、大まかに3グループに分けられる。地下水の水頭は一般に地形面に沿っている。中央地区の温泉の場合も、水頭は標高に準じている。上から第1グループの水頭は井戸元の標高が700～660m、第2グループが600～450m、第3グループが400～270mに位置している。

第1と第2グループの水頭は蛇骨川右岸に沿って標高440～420mに分布する蛇骨湧泉群よりも高く、第3グループは湧泉群より下位に位置している。また、各温泉井の孔底の標高は第1と第2グループが50～420mである（表1）。

第1と第2グループの温泉井は中央火口丘神山の噴出物にはさまれた強羅第1と第2帯水層の温泉を主に採取し、第3グループは箱根火山の基盤をなす湯が島層群の亀裂から温泉を採取している。

各水頭は降水の影響を受け、12月から3月にかけて低く、7月から9月にかけて高くなる。水頭は季節的に変化しながら経年的に低下しているが、1982～1983年はむしろ上昇の傾向にある。

図3は県観測井の水頭の経年変化である。水頭は1972年から1981年にかけて平均0.7m/年の速度で低下している。しかし、1982～3年には水頭低下が認められない。図中の棒グラフは中央地区の年間降水量である。1975～83年の9年間の年平均降水量は2700mmである。降水量は1982年に3205mm、1983年に3457mmと例年に比べ著しく多くもたらされた。この結果、水頭の最低と最高の年間変動幅は

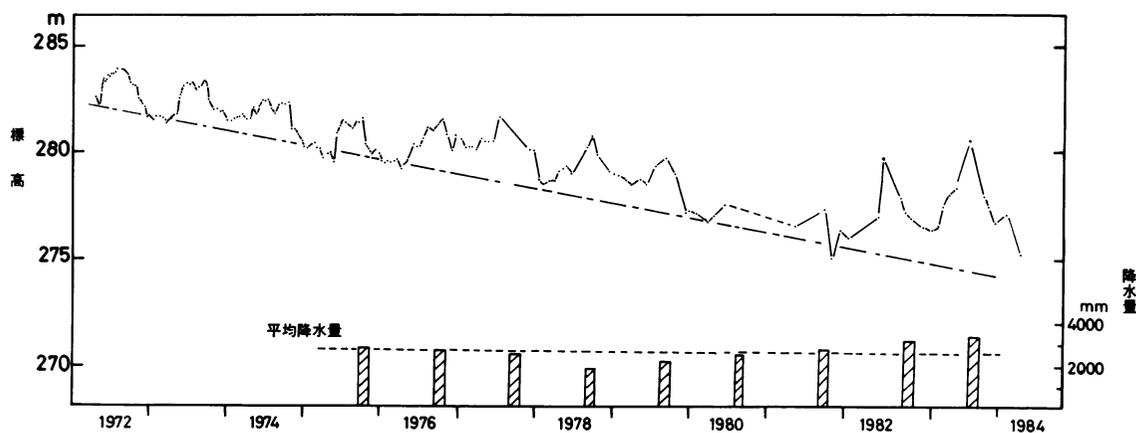


図3 観測井の水頭の経年変化と降水量

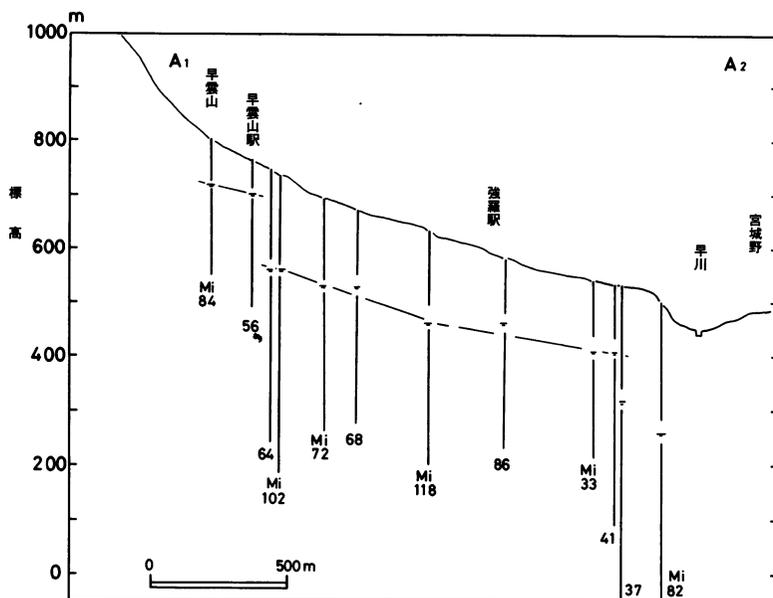


図4-1 強羅地域の水頭断面（箱根登山ケーブルカー線沿い）

1972～81年が2.0～2.6mであるが、1982年が3.7m、1983年が4.2mに達している。従って、1982～3年にかけて水頭低下が認められないのは降水量が例年に比べ著しく多かったためである。

図4の1, 2, 3は各々早雲山から箱根登山鉄道ケーブルカー沿い（図1のA₁-A₂）、小涌谷から新期外輪山のカルデラ壁（浅間山）に沿って早川（B₁-B₂）までと早川沿い（C₁-C₂）の水頭断面（1983年4月11日を基準）である。

ケーブルカー沿いの温泉井（A₁-A₂）は孔底の標高が300～200mに位置しているので強羅第1温泉帯水層を貫らぬいていると思われる。水面は170～120mの深さにあり、勾配97/1,000をもって地形面に沿っている。ケーブルカー早雲山駅より山腹側の温泉井は深度も水面も浅い。早川沿いの温泉井 Mi82号は孔底が標高-326mに達し、基盤岩類中の温泉を揚湯している。水頭は260mと深い。

小涌谷から早川にかけての温泉井（B₁-B₂）の深度と水面は強羅の場合と基本的に変わりなく、また、この地域の湧出機構を暗示している。

早雲山硫気帯の地下数100mから出発した3本の高温泉の流れの内、1本が新期外輪山のカルデラ壁まで流下、蛇骨川右岸で自然湧出している。これが蛇骨湧泉である（Oki, 1970）。

カルデラ壁に沿う On133号から91号の水頭勾配は9/1,000と著しく小さい。孔底標高は320mから250m間にある。蛇骨湧泉群の上端に位置する On 91号の孔底標高は410mと周囲の温泉井の中で最も高いボーリング孔である。

Mi60号より山腹側は火山性蒸気の噴出地域である。箱根小涌園はこの地域でボーリング孔から温度96～104℃の火山性蒸気を噴出させ、温泉造成、暖房、温水プール等に利用している。蒸気が卓越する帯水層は一般に孔底付近と考えられている。Mi99号の孔底標高は140mと低いが、それより山腹の

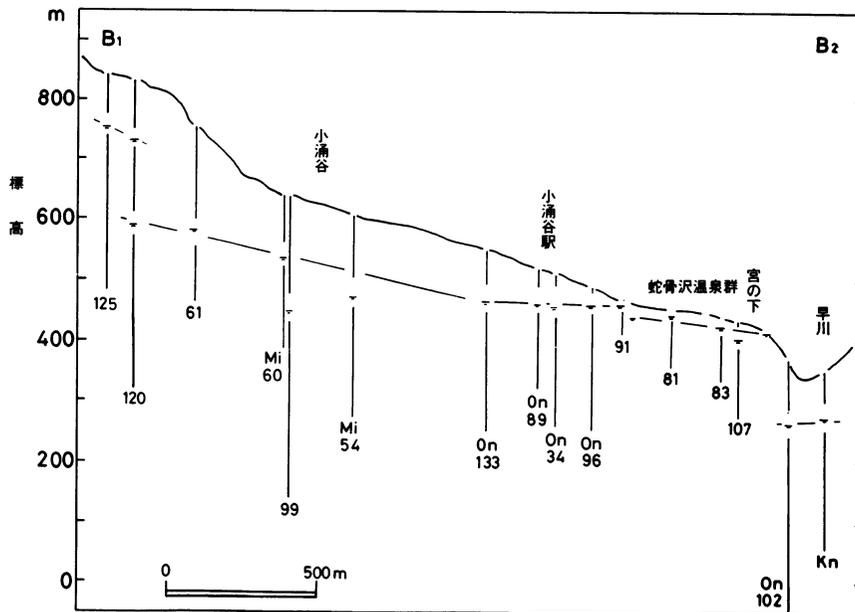


図4-2 小涌谷から宮ノ下にかけての水頭断面

Mi61と125号は480m～460mであり、蛇骨湧泉群上部の孔井より浅い。蒸気井の水頭は測定できないが、掘削中測定して水位の中で最も深いものを記せば図中の位置にあたる。それによれば Mi60より山腹側の水頭勾配は110/1,000である。

早川沿いの温泉井は強羅と同様に孔底も水頭も低い。

水頭断面 (C₁-C₂) は河床面傾斜に準じているが、下流に行くに従って浅くなっている。県観測井から大平台 (On124号) までの水頭勾配は27/1,000である。

6. 各地域の水頭の経年変化

温泉開発が進むにつれて水位低下が生じ、その結果、各源泉の湧出量が減少した。源泉所有者はより強力な揚湯装置の設置や増掘で湧出量と温度の回復に努めてきた。1975年以降の温泉行政調査は水位について注意が払われるようになったが、以前は湧出量と温度のみに限度されていた。このため、温泉涸渇問題が度々論じられている割には過去の温泉水位の記録が意外なほど少ない。

表2は水位の記録が比較的ある温泉井の1960～1980年の年間平均低下率である。資料は少ないが、各々の源泉がその地域の水位状況を代表するとするならば、以下のような評価ができる。

芦の湯第10号(深度300m)の水位変化はほとんど認められないが、それより浅い第9号(深度70m)は0.4m/年の低下を示している。

芦ノ湯と小涌谷の中間に位置する笛塚は、1.7m/年と大きい。

箱根登山鉄道ケーブルカーより北側斜面では0.9m/年である。

ケーブルカーより南側の強羅地区では地形変換点の700m付近が1.1～0.8m/年、山麓中央部

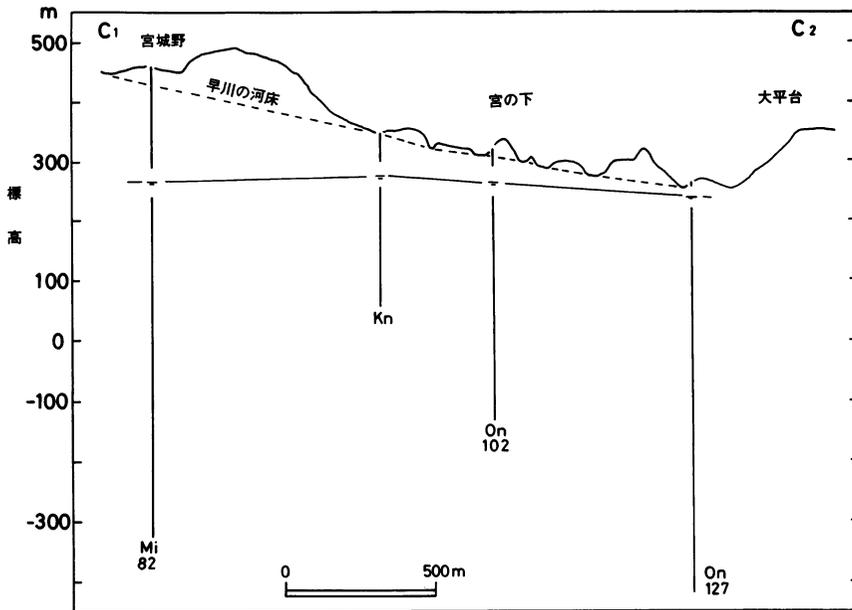


図 4-3 宮城野から大平台にかけての水頭断面（早川沿い）

(600~570m) が0.2~0.3m/年である。

強羅の末端部から早川沿いの木賀にかけては0.7m/年である。

小涌谷から二ノ平は0.6~0.4m/年である。

小涌谷駅周辺から蛇骨川左岸の底倉地域が0.4~0.2m/年である。

蛇骨湧泉群上部が0.7m/年である。

宮ノ下の対岸に位置する県観測井から大平台にかけて、基盤岩類に胚胎する温泉の水位低下は0.8~0.7m/年である。

神山の南東麓に位置する湯ノ花沢から芦ノ湯、笛塚、小涌谷、宮ノ下、そして大平台まで（図3）の1960年と1980年の推定水頭断面を図4に示す。

湯の花沢には蒸気井が掘削され、温泉造成や暖房に利用されている。蒸気井となった元箱根村第29号の水頭は孔底の浅い芦の湯第9号や10号に比べ約100m低い。

表 2 水位の経年変化

地 域	源泉台帳	番号	標高 m	深度 m	孔底標高 m	平均水位 低下率 m/年
小涌谷	元温泉村	87	496	176	320	0.3
小涌谷		89	502	182	320	0.3
底 倉		95	512	182	330	0.2
小涌谷		96	472	225	247	0.8
宮ノ下		102	399	535	-136	0.8
笛 塚		121	708	500	208	1.7
大平台		126	287	704	-417	0.8
大平台		127	258	680	-415	0.8
小涌谷		133	545	294	251	0.3
堂ヶ島	観測井		356	300	56	0.7
二ノ平	元宮城野村	28	600	301	300	0.6
強 羅		30	516	339	177	0.7
二ノ平		34	537	275	262	0.5

地 域	源泉台帳	番号	標高 m	深度 m	孔底標高 m	平均水位 低下率 m/年
強 羅	元宮城野村	53	567	350	215	0.3
二ノ平		54	593	322	271	0.5
二ノ平		55	534	391	143	0.4
小涌谷		60	657	273	384	0.6
強 羅		69	600	403	197	0.3
強 羅		72	696	433	263	0.8
強 羅		76	711	500	211	1.1
強 羅		86	582	351	231	0.2
強 羅		103	684	500	184	1.0
強 羅		118	631	431	200	0.9
芦ノ湯	元芦ノ湯村	9	863	70	793	0.4
芦ノ湯	"	10	922	300	622	-

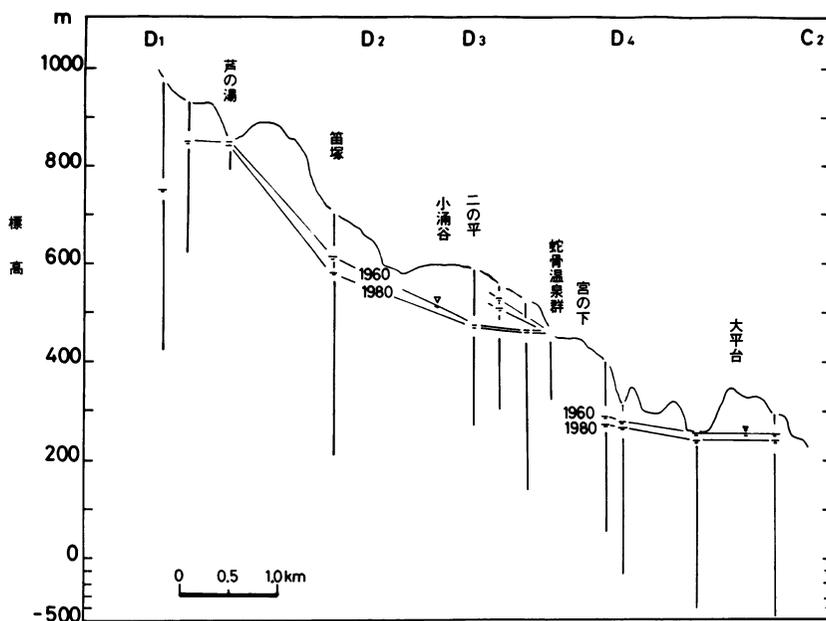


図5 芦ノ湯から小涌谷、宮ノ下、大平台にかけての水頭経年変化（1960年～1980年）

笛塚から小涌谷に向かう低温泉と早雲山からの高温泉の水頭は蛇骨湧泉群（底倉）上部で一致する。高温泉の水頭は過去20年間に約7～8 m 低下している。蛇骨湧泉群の湧出量減少は上部における水位低下と関係している。

早川沿いの基盤岩類中の水頭は20年間に14～16m 低下した。

7. まとめ

箱根火山中央火口丘神山東麓の中央火口丘堆積物中に胚胎している温泉の水位は1960年から1980年に中央部で平均0.3～0.5m/年，山麓周辺で0.8～1.0m/年の低下率を示している。

山麓末端を流れる早川に露出する基盤岩類中では0.7～0.8m/年の温泉水位低下が起きている。

この結果，1960年から1980年までの20年間に生じた水位低下は中央火口丘堆積物中が6～10m，基盤岩類中が14～16m に達している。

8. 謝辞

この報告書をまとめるにあたり次の方々のお世話になり，調査資料を参照した。

観測点の各源泉所有者には観測の便をはかっていただいた。箱根消防本部には降水量の資料をいただいた。温泉地学研究所大木靖衛所長，平賀士郎研究部長，平野富雄専門研究員からは有益な助言および討論をしていただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

9. 参考文献

平野富雄, 大木靖衛, 田嶋綾子(昭和43年, 1968) 箱根強羅温泉の温度異常上昇と温泉成分の変化について, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 6, 51-62。

広田 茂, 粟屋 徹(昭和48年, 1973) 箱根火山における泉温および水位の連続観測, 昭和47年(1972), 神奈川温研報告, Vol. 4, No. 1, 23-32。

広田 茂, 小鷹滋郎(昭和51年, 1976) 箱根火山における泉温および水位の連続観測, 昭和50年(1975), 神奈川温研報告, Vol. 7, No. 1, 19-26。

広田 茂(昭和53年, 1978) 箱根火山における泉温および温泉水位の連続観測, 昭和52年(1975), 神奈川温地研報告, Vol.10, No. 2, 37-40。

Kuno, H., Oki, Y., Ogino, K. and Hirota, S. (昭和45年, 1970) Structure of Hakone caldera as revealed by drilling. Bull. Volcanologique, Vol.34, 713-725。

久野 久(昭和47年, 1972) 箱根火山地質図および地質図説明書(箱根火山および周辺地域の地質), 久野 久著箱根火山地質図再版委員会編, 大久保書店。

小鷹滋郎, 大木靖衛, 広田 茂(昭和47年, 1972) 箱根外輪山温泉調査報告, 神奈川温研報告, Vol.3, No. 3, 131-142。

小鷹滋郎(昭和55年, 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), 神奈川温地研報告, Vol.12, No. 2, 51-54。

大木靖衛, 荻野喜作, 平野富雄, 広田 茂, 大口健志, 守矢正則(昭和43年, 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, Vol. 1, No. 6, 1-20。

大木靖衛, 平野富雄, 田嶋綾子(昭和43年, 1968) 箱根温泉の成因, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 6, 35-50。

大木靖衛(昭和46年, 1971) 箱根火山の温泉, 日本火山学会編, 箱根火山, 139-176, 箱根町。

大木靖衛(昭和54年, 1979) 箱根, 火山と温泉, 1-164, 神奈川合同出版。

大山正雄, 広田 茂, 杉山茂夫(昭和55年, 1980), 箱根火山における温泉の温度, 昭和53~54(1978~1979), 神奈川温地研報告, Vol.12, No. 2, 43-50。

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(1985), 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. 5。