

箱根湯本・塔之澤温泉の
水位の経年変化

大山正雄*、迫 茂樹**

神奈川県温泉地学研究所

Thermal water Level Monitoring in Yumoto-Tonosawa Spa,

Hakone Volcano

by

Masao OYAMA and Shigeki SAKO

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Since 1920, especially after World War II, a lot of deep wells have been drilled in the Yumoto-Thonosawa spa, Hakone volcano and has caused many problems, such as rapid declining of the thermal water level, stopping or decreasing of spring discharge, lowering of dissolved materials and temperature by cold groundwater invasion. The major cause is heavy withdrawal of thermal water which increases 3.6 times (5,800 l/min) of 1985 in comparison with 1,630 l/min of 1936. The secular variation of thermal water levels is described with results given below:

(1) Rate of declining of thermal water level is 0.1~0.3 m/year in the Thonosawa area and 1~2 m/year in the Yumoto area.

(2) Since 1983, the drop rate of thermal water level in the Yumoto has changed from 1.1 m/year to 0.5 m/year. As the thermal water temperature began to drop at the rate of 0.4°C/year, the invasion of cold groundwater made the relaxation of the drop rate of thermal water level. Similar case of over-discharge has already been made since 30 years ago in the Thonosawa area.

* 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
** 神奈川県衛生部環境衛生課 神奈川県横浜市中区日本大通1 〒231
神奈川県温泉地学研究所報告 第18巻、第2号、25-36、1987

1 はじめに

箱根湯本・塔之澤地域は昭和25年（1950）頃から急速な温泉需要の増大に伴い、温泉源の開発が広い範囲にわたって活発に行われた。しかし、その結果は温泉の賦存状況に著しい変化を引き起こすこととなった。これらの変化は自然湧泉や自噴泉の涸渇、温泉水位の低下、温度の低下、溶存物質量の減少などである。温泉開発は昭和53年（1978）以降行われていないが、上記の温泉涸渇化現象は依然として続いている。

湯本・塔之澤温泉の涸渇化現象については、平野ら（1972,1976, 1986）が泉質と温度変化について、広田ら（1973,1976）が湯本温泉の水位について、杉山ら（1984）が塔之澤温泉の冷地下水化について報告している。本報告は水位低下の地域差と経年変化についてまとめたものである。

2 降水量

箱根山は伊豆、丹沢山地、足尾に延びているレインバンドの中でも最も多い多雨地域にあたる。特に、中央火口丘地帯は著しく、芦ノ湯で3,000～4,300mm/年に達している（表1）。降水量は中央火口丘から離れると少なくなるが、カルデラの東端の湯本でも2,000～3,000mm/年である。

湯本の降水量は異常渇水年となった昭和59年（1984）には過去6年間の平均2,400mm/年の2/3程度であった。昭和60年（1985）には多雨となり2,989mm/年がもたらされた。昭和60年（1985）の降水量で特徴的なことは例年に比べ2月から4月にかけて多く、月間220～340mmである。

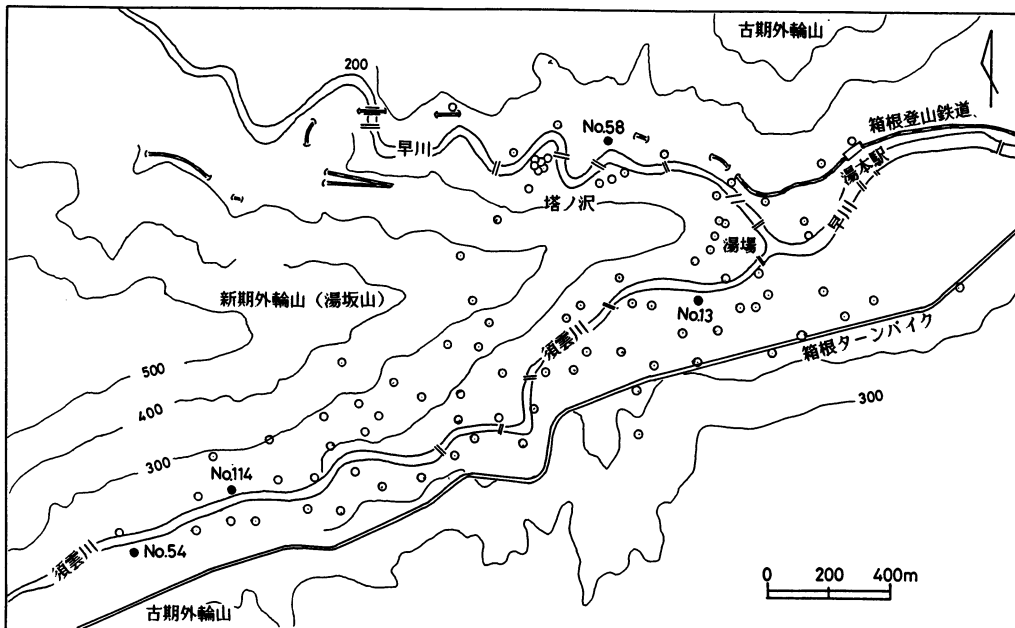


図1 箱根湯本・塔ノ澤温泉の源泉分布と観測井

表1 湯本の年間降水量 (mm)

年	湯本 ¹	須雲川 ²	芦ノ湯 ³	二の平 ¹
1980	2,452	3,160	3,657	2,548
1981	2,002	3,107	3,569	2,833
1982	2,533	3,410	4,139	3,206
1983	2,842	3,582	4,284	3,458
1984	1,544	1,652	2,102	1,427
1985	2,989	2,536	3,705	3,018
平均	2,393	2,485	3,576	2,748
標高	97 m	253 m	850 m	570 m

観測者: 1:箱根町消防署. 2:神奈川県治山事務所. 3:気象庁

3 水位の定期観測

観測井: 温泉の水位観測は須雲川沿いの温泉台帳番号旧湯本村第13号、第54号、第114号と早川沿いの第58号の温泉井を利用している(図1)。現在、第13号と第54号は休止井、第114号は年間2~3月間程度の利用井、第58号は小田原保健所が年1回の調査時に稼働するだけの未利用井である(表2)。温泉井は一般に井戸口径が125~200mmの中に揚湯管(内径100mm)とエア管(内径13mm)が挿入されている。水位測定はテフロンで被覆したステンレスワイヤの先端に電極棒を取り付けた水位検出器をもちいて

休止井では揚湯管を通して、利用と未利用井では

エア管を通して行っている。水位観測は月1~2回の定期観測である。各観測井の測定結果は図2に示す。

第13号観測井(図2-1): 本孔井は早川と須雲川の合流点から130m須雲川上流の右岸に位置している。温泉台帳によれば、昭和5年8月13日の調査時に49.8℃、72ℓ/minが自噴していた。自噴量は昭和30年以降急速に減少し、昭和40~41年には自噴を停止した(平野ら、1974)。それ以後は休止源泉となり昭和45年から水位観測井として利用している。本孔井は北150mに自然湧泉があり、しかも湯本温泉の中心に位置しているため、本孔井の経年的水位変化は湯本温泉源の状況を評価する重要な指標となっている。昭和60年の水位の最大変動幅は1.3mで、他井に比べて著しく小さい。

第54号観測井(図2-2): 本孔井は須雲川上流の右岸山腹に位置している。2~4月に多雨がもたらされたが、水位の上昇は5月に入ってからである。これは前年の渇水が影響していると思われる。水位は降雨量が720mm/月に達した6月に最も上昇している。水位の年間最大変動幅は2.0mである。

表2 温泉水位の観測井

源泉番号	所在地	標高 m	深度 m	深度標高 m	水止管 m	温度 ℃	揚湯量 ℓ/min	温度・揚湯量 調査年
13	湯本上町 52	113	215	-102		43.0	20	1958(自噴)
54	須雲川雑木 2	240	454	-214		43.0	58	1958
58	塔之澤 4-2	155	392	-239	61	47.0	27	1985
114	須雲川向山 236	195	503	-308	242	42.1	14	1985

第58号観測井: 本孔井は早川右岸沿いの山腹に掘削されており、塔之澤温泉の状況を把握する位置にある。孔内検層(1965)によれば、深度340~353m(59℃)と365~367m(60℃)に有力な温泉亀裂があ

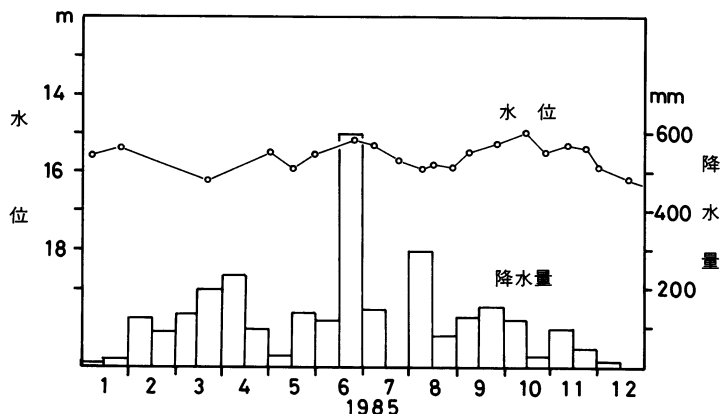


図2-1 第13号井の水位変化（水位は地表基準点からの水面深度）

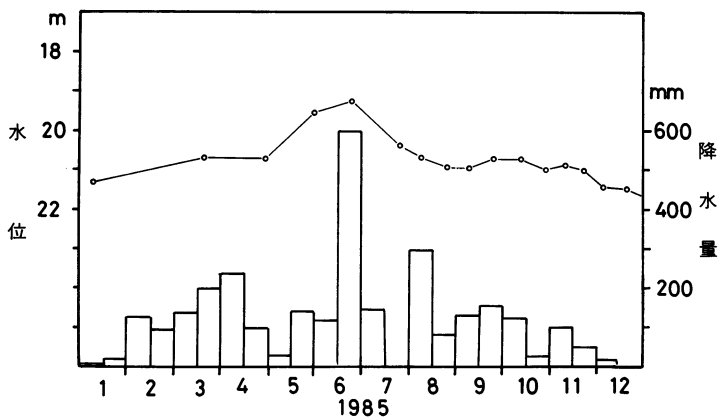


図2-2 第54号井の水位変化

る。水位は2～4月の観測値が欠測しているが6月に上昇し、7月末には低下している。水位の最大変動幅は2.6mである。

第114号観測井：本孔井は第54号井より200m下流の左岸の河原に位置している。孔内検層（1973）によれば、孔井は深度360～370mに50℃、490～496mに64℃の温泉亀裂層が確認されている。水位が上昇するのは6月からであり、上流の第54号井より1月遅い。水位が低下し始めるのは9月後半である。水位の上昇と下降は4観測井の中で最も遅く現れている。水位の年間最大変動幅は7.4mである。

以上をまとめると、1) 水位の上昇と低下の開始時期は各々4～6月、8～9月である。2) 水位の年間最大変動幅は各々の観測井によって異

なっており、1.3～7.4mである。3) 水位の上昇は6月の700mmを越す降水量が大きく作用している。2～3月に200～400mm/月の降水量をもたらしたが水位上昇は認められない。これは前年の濁水が影響していると思われる。

4 水位の経年変化

温泉の水位は地下の温泉の賦存量を示す重要な指標の一つである。したがって、温泉水位の把握はきわめて重要である。しかし、当地域には常設の観測井はなく、また、源泉所有者は温泉の量と温度に関心が集中し、水位の変化にほとんど関心が払われていない。このため水位の資料は著しく不足している。

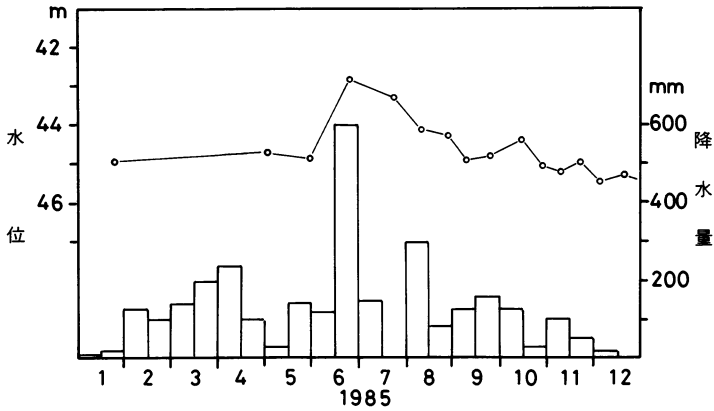


図 2-3 第58号井の水位変化

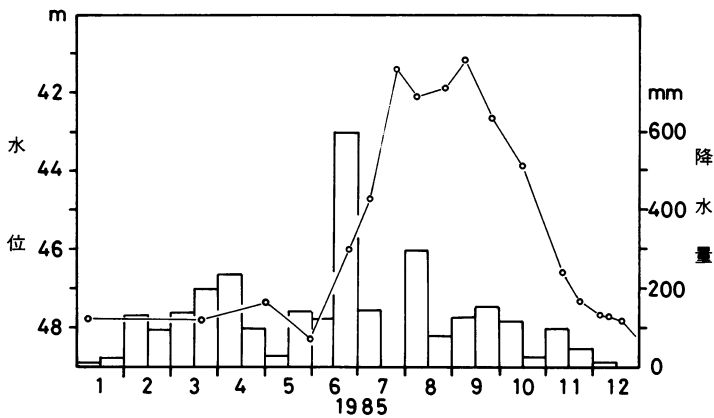


図 2-4 第114号井の水位変化

表 3 の水位は温泉地学研究所と小田原保健所温泉課による様々な調査、工事人による孔井掘削と数年から 10 数年毎の孔内修理時の測定値である。表中の平均は測定値を単純平均したものである。測定の年度、季節、区間は各々異なっており資料も少ないが、水位の経年変化に一定の傾向を見出すことができる(図 3)。

図 3 によれば、水位低下は全域で起きているが、低下の割合は地域差が認められる。それらは次の 3 地域に分類することができる。

1) 塔之澤から湯場までの早川沿いの地域は水位低下が最も小さく、 $0.1 \sim 0.3 \text{ m/年}$ である。

2) 須雲川沿いは上流左岸の湯坂山でスポット的に 3 m/年 の低下している場所があるが、概して $1.0 \sim 1.5 \text{ m/年}$

ある。

3) 須雲川右岸の自動車専用道路ターンパイク沿いの古期外輪山側は著しく 3 m/年 に達している。この地域の温泉開発は主に昭和 45 年(1970)頃から盛んに行われた。

全体的には須雲川を挟んで北北西(新期外輪山湯坂山)から南南東(古期外輪山)の方向に水位低下が大きくなっている。

5 水頭分布の経年変化

図 4 は水位の測定資料が比較的多い昭和 40 年(1965 年)、昭和 45 年(1970 年)、昭和 52 年(1977 年)

表3 湯本・塔ノ澤温泉水位の経年変化

(1956年-1982年)

源泉 番号	測 定 水 位			測 定 水 位			平 均 m/年	源泉 番号	測 定 水 位			測 定 水 位			平 均 m/年
	年	月	m	年	月	m			年	月	m	年	月	m	
1	1959	1	1	1979	5	22	1.05	81	1978	6	67	1977	7	72	0.56
2	1972		12	1976	2	16	1.00	83	1966	5	10.5	1979	8	25.3	1.14
6	1976	7	6.5	1979	5	7.25	0.25	84	1960	9	70.0	1977	12	98.8	1.69
12	1968	11	1.25	1977	1	3	0.22	88	1971	4	60.0	1976	9	73.0	2.60
16	1974	7	19.0	1980	4	21.5	0.42	90	1967	9	20.0	1980	12	29	0.69
19	1971	6	18.75	1973	3	24.5	2.85	93	1971	8	32	1981	2	43.5	1.15
41	1975	7	3	1979	9	8.2	1.30	94	1965	7	27.3	1977	7	57.6	2.53
44	1965	7	33	1977	7	36	0.25	95	1964	11	32.3	1977	3	46.0	1.05
45	1968	7	1.5	1981	3	12.8	0.87	97	1966	5	146	1978	6	150.8	0.40
48	1970	9	9.0	1981	4	18.9	0.90	98	1966	1	9.1	1977	9	21.0	1.08
49	1966	4	10.0	1976	4	11.2	0.12	101	1969	1	113.5	1979	5	130.2	3.34
50	1956		4.1	1982		8.7	0.17	102	1965	12	39	1979	2	82.7	3.36
55	1960	5	12	1980	12	36	1.20	105	1969	10	80.8	1975	12	94.6	2.30
58	1965	10	41	1978	11	44.3	0.28	106	1967	12	57	1981	9	74	1.21
60	1961	9	12.4	1975	6	22.0	0.69	109	1968	11	86	1979	6	121	3.18
67	1971	8	25.0	1978	9	35.0	1.43	110	1967	7	88	1976	10	90.3	0.26
68	1975	7	59.0	1978	10	63.7	1.57	111	1970	9	33.0	1978	6	46.1	1.64
74	1962	2	10.8	1979	10	36.95	1.54	112	1972	9	22	1977	12	48.2	5.24
76	1972	6	53	1977	4	59.8	1.36	114	1980	5	39.5	1982	6	42.95	1.73
77	1974	6	20.1	1977	5	24.5	1.40	115	1975	2	214	1978	1	216.5	0.83
78	1962	3	24.5	1981	8	26.3	0.10	117	1975	8	85	1979	4	102.7	4.43
79	1978	1	142.1	1981	4	147.1	1.70	118	1978	7	48.8	1981	2	60.0	3.73
80	1966	3	1.5	1975	3	15.3	1.53	119	1978	3	2	1980	4	32	15.0
								120	1978	12	54.8	1981	8	64	3.06

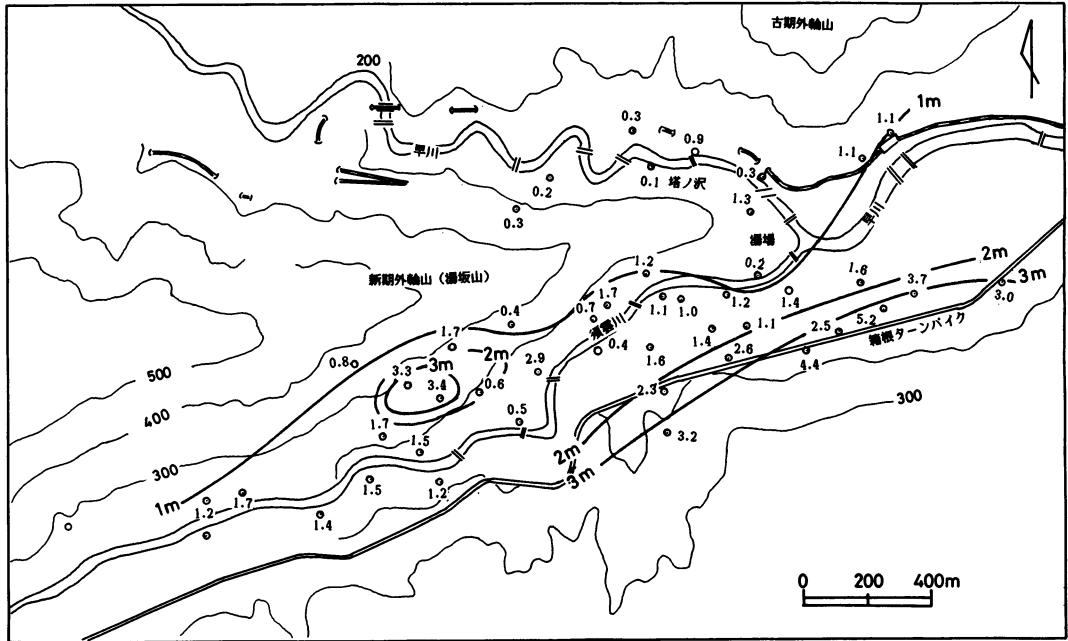


図3 水位の年間平均低下率 (単位 m/年)

を選び、水位を平均海水面を基準とした標高(水頭)で示した。等水頭線は20m等間隔である。なお、早川と須雲川の合流点の標高はほぼ100mである。

昭和40年(1965年)の温泉水頭分布(図4-1)は37孔井の水位をもとに作成したものである。水頭は地形面に沿い、早川と須雲川の上流および周囲の古期と新期外輪山に向かって高い。両河川の合流点付近(湯場)の水頭は100mである。須雲川沿いには動力装置を止めると自噴する孔井がまだ存在していた。

昭和45年(1970年)の水頭分布(図4-2)は昭和40年(1965年)のそれと同じ形態を示しているが、水位が全域で低下しているので各水頭線は両河川の上流に向かっている。水頭低下は塔之澤の早川沿いで0.5m/年である。須雲川沿いでは1m/年前後であるが、右岸の箱根バイパス沿いでは著しく4m/年に達している。

昭和52年(1977年)の水頭分布(図4-3)は早川と須雲川の合流点に留まっていた100mの等水頭線が両河川の上流に食い込んでいる。水位低下が地域によって著しく異なっているため、水頭分布の形態は昭和45年(1970年)から昭和52年(1977年)の間に大きく変わった。合流点から塔之澤地域では1970年の水頭分布とほぼ同じ形態を示しているが、須雲川沿いでは著しい。片倉橋から下流の等水頭線は、左岸では須雲川に沿っているが、右岸の外輪山側では河川に直角方向に延びる形に変わった。これらの水頭分布から、湯坂山の地下に胚胎する高温(60~74℃)のナトリウム-塩化物泉は比較的低温(40~60℃)のナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉を湧出する南南東の須雲川の対岸に

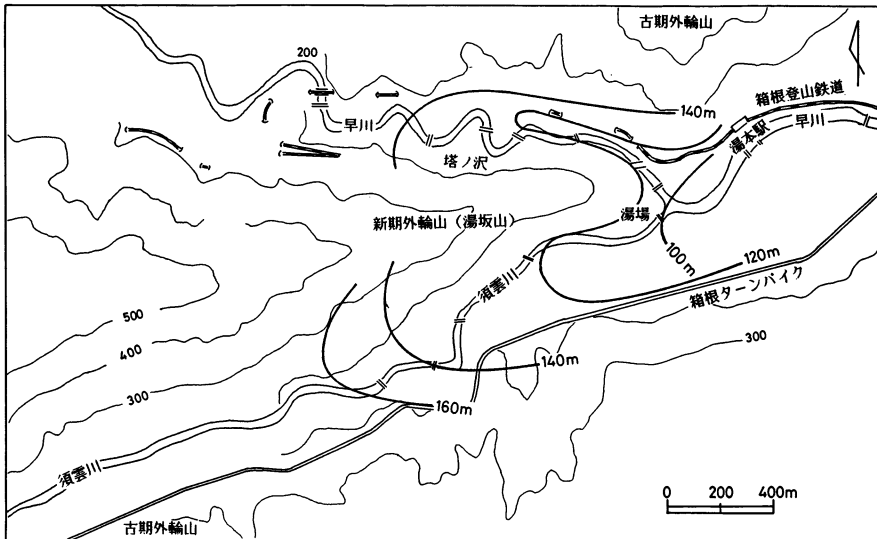


図 4-1 昭和40年（1965年）の水頭分布（水頭は平均海水面を基準とした水面の標高）

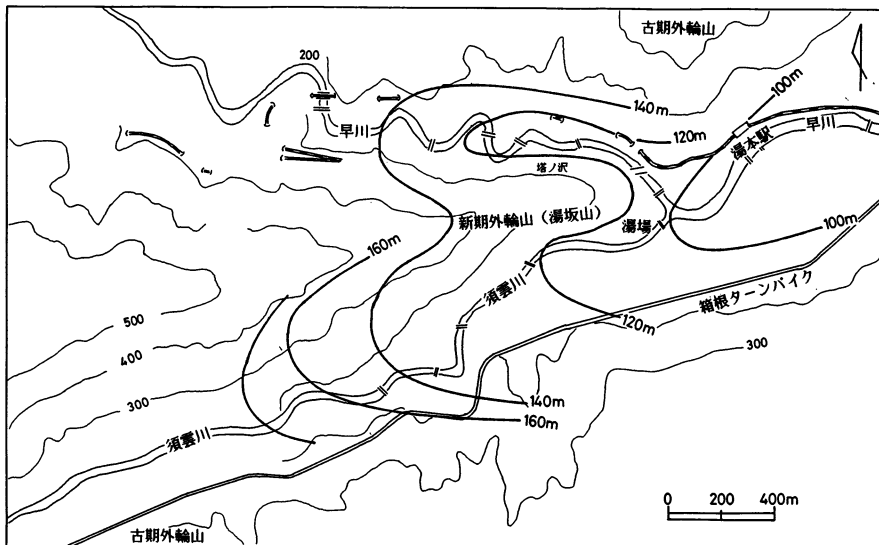


図 4-2 昭和45年（1970年）の水頭分布

向かって流動していることを示唆している。

6 最近の水位の経年変化

最近の水位の経年変化については定期観測を行っている湯本茶屋の第13号井と塔之澤の第58号にもとずいて記する。

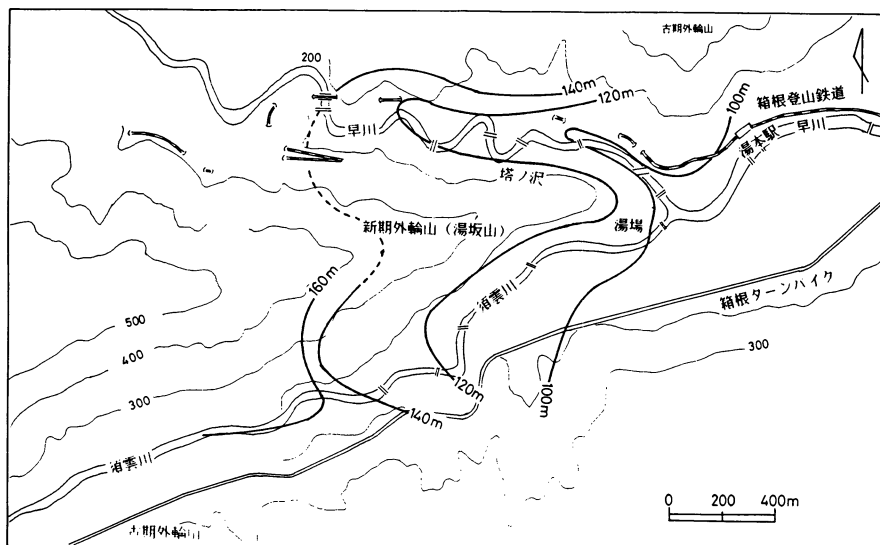


図4-3 昭和52年(1977年)の水頭分布

第13号井(図5-1)：水位低下は昭和45～47年(1970～1972)にかけて0.4m/年、昭和48～54年(1973～1979)には著しくなり1.1m/年に達したが、昭和55年(1980)以降では低下速度が弱まり、昭和55～57年(1980～1982)が0.8m/年、昭和58年(1983)以降が0.5m/年である。

第58号井(図5-2)：水位測定は昭和53年(1978)9月からである。水位の最も低下した値を基準にすると、昭和54年(1979)から昭和60年(1985)の間の水位は0.10m/年の低下率である。塔之澤温泉場の中心に位置する第50号井の水位は昭和31年(1956年)(4.1m)から昭和50年(1975年)(7.6m)が0.18m/年、昭和50年(1975年)から昭和57年(1982年)(8.7m)が0.16m/年である。したがって、塔之澤の最近の水位低下は0.10～0.16m/年程度である。

7 温度と揚湯量の経年変化

図6は小田原保健所が年1回行っている温泉利用状況調査の内、塔之澤と第13号泉の周辺に分布する湯場・下茶屋地域の孔井による総揚湯量と平均温度である。

塔之澤(図6-1)：揚湯量は昭和33～45年(1958～1970年)の間の約710ℓ/minから昭和47年(1972年)にかけて900ℓ/minに増加した。揚湯量はその後、900ℓ/minを前後している。温度は昭和33年(1958年)に56.7℃を示していたが経年的に低下傾向が続いている。低下率は0.2～0.3℃/年である。温度は昭和56年(1981年)に50.1℃まで下がったが、その後上昇し昭和60年(1985年)には51.5℃を示している。

湯場・下茶屋(図6-2)：揚湯量は須雲川右岸での温泉開発が進められた結果、昭和33年(1958年)の1,200ℓ/minから昭和58年(1983年)に1,990ℓ/minに増加した。この間の増加率は66%、

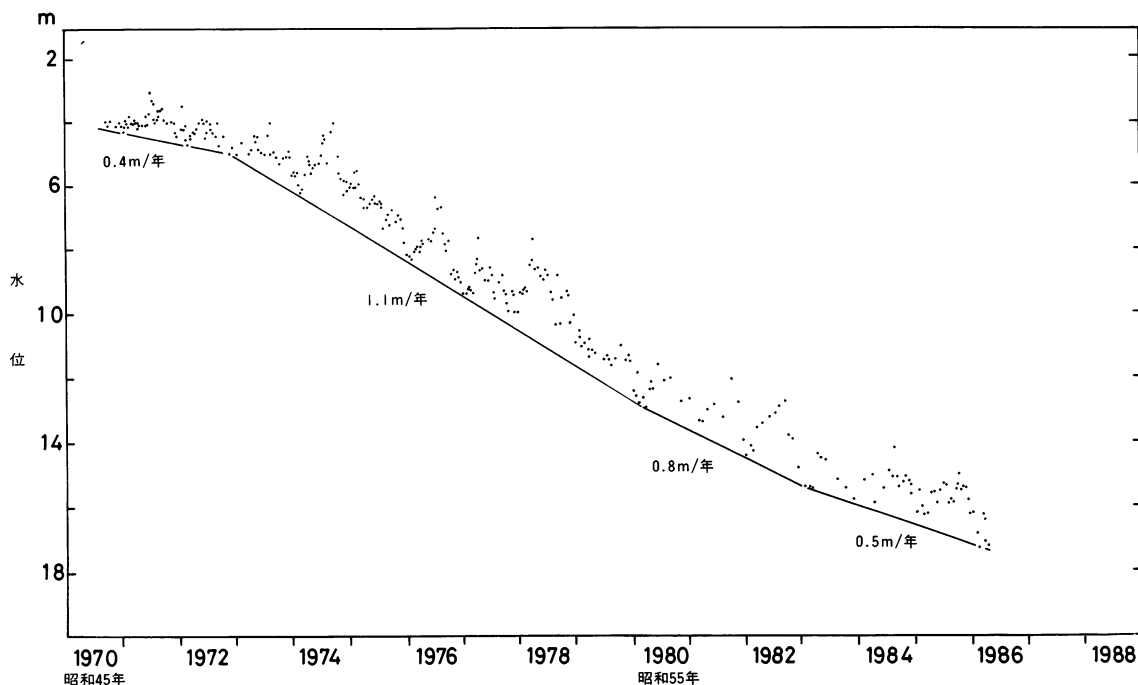


図5-1 第13号泉の水位の経年変化（水位は地表基準点からの水面深度）

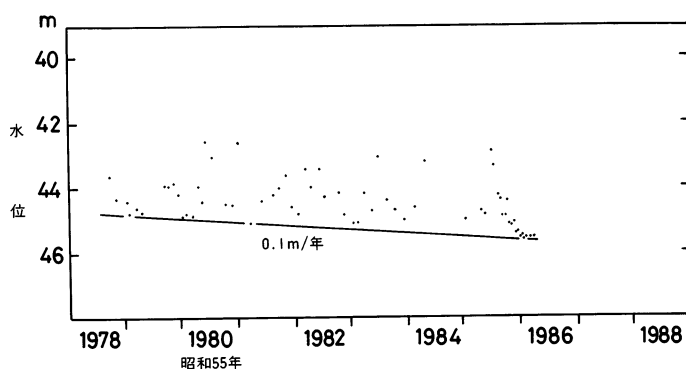


図5-2 第58号泉の水位の経年変化
（水位は地表基準点からの水面深度）

24 l / min / 年である。新規源泉は深層の温泉を揚湯することにより平均温度も0.2~0.3℃/年の率で上昇した。しかし、温度上昇は昭和55年（1980年）頃から停滞し、昭和57年（1982年）以降の温度は0.4℃/年の率で低下している。

8 まとめ

- 1) 湯本・塔之沢温泉の水位低下は全域で起きているが、その低下率に地域差がある。昭和35年（1960年）から昭和55年（1980年）の間における平均的水位低下率は次のようになる。1.塔之澤地域は0.1~0.5m/年である。2.須雲川沿いは上流左岸の新时期外輪山湯坂山側にスポット的に3m/年の地域が認められるが、概して1.0m/年である。3.須雲川右岸の古期外輪山側は3.0m/年である。
- 2) 以上の結果、水頭分布は過去20年間に著しく変化した。水頭は昭和45年（1970年）頃まで地形を反映し、須雲川を挟んで古期と新时期外輪山側で高かったが、昭和52年（1977年）には新时期外輪山湯坂

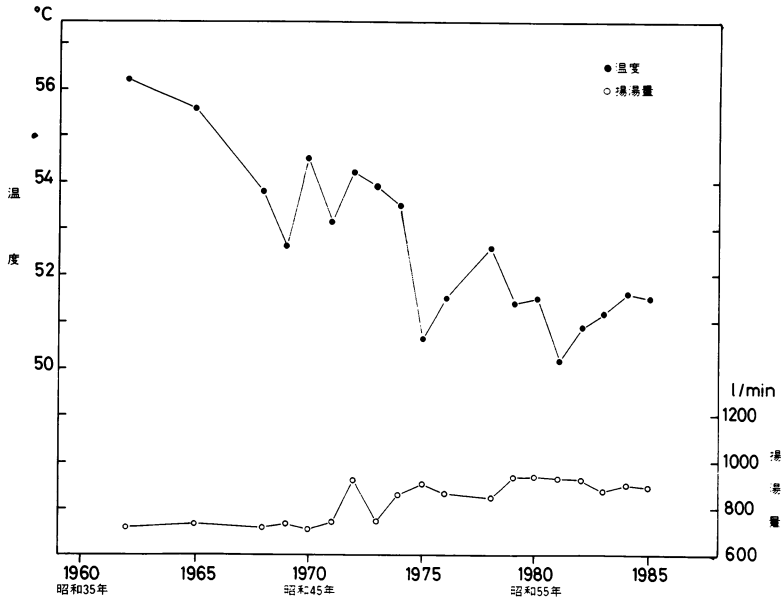


図 6-1 塔之澤地域の総揚湯量と平均温度の経年変化

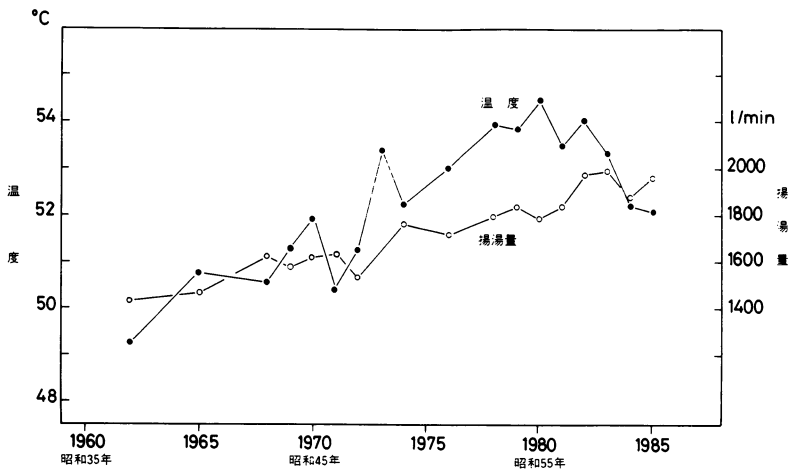


図 6-2 湯本の湯場・下茶屋地域の総揚湯量と平均温度の経年変化

山から須雲川右岸に向かって低くなっている。これらの水頭分布から、湯坂山の地下に胚胎する高温（60～74℃）のナトリウム－塩化物泉は比較的低温（40～60℃）のナトリウム・カルシウム－塩化物・硫酸塩泉を湧出する南南東の須雲川の対岸に向かって流動していると思われる。

3) 塔之澤の水位低下は他の地域に比べて著しく小さい。これは温度が経年的に0.2～0.3℃/年で低下していることから浅層冷地下水が流入して温泉水位の低下を見掛け上小さくしているにすぎない。下茶屋に位置する第13号井の水位低下は昭和47～54年（1972～1979年）の1.1m/年から昭和58年（1983年）以降0.5m/年に緩和している。これは周辺での

温泉開発が停滞したことにもよるが、温度が昭和57年（1982年）頃から急速に0.4℃/年の率で低下しているので塔之澤の場合と同様に浅層冷地下水の流入量の増加が考えられる。

謝辞

この調査を行うにあたり次の方々のお世話になった。

本調査に協力していただいた源泉所有者に厚くお礼申し上げます。小田原保健所温泉課川上伍良課長、滝本 浩主査、石井義明技師には日頃の調査に協力していただき、また同課の調査資料を活用させていただいた。温泉地学研究所の伊東 博主任研究員、杉山茂夫主任研究員には調査に協力していただいた。大木靖衛所長、平賀士郎研究部長、平野富雄専門研究員、横山尚秀主任研究員には有益な助言および討論をしていただいた。諸星忠義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していただいた。以上の方々に感謝いたします。なお、この調査は温泉湧出機構等の調査研究費、温泉保護対策調査費によった。

参考文献

- 平野富雄、大木靖衛、粟屋 徹（1972）箱根湯本・塔ノ沢温泉の泉質、神奈川温研報告、Vol.3,No3, 109-130.
- 平野富雄、広田 茂、大山正雄、大木靖衛（1974）箱根湯本温泉の自然湧出泉について（その2）、きよ水源泉の枯渇、神奈川温研報告、Vol.6No.1,1-10.
- 平野富雄、広田 茂、小鷹滋郎、粟屋 徹、大木靖衛（1976）箱根塔ノ沢温泉の温度と化学成分、神奈川温研報告、Vol.7,No2,85-91.
- 平野富雄、粟屋 徹、大木靖衛（1986）箱根湯本温泉の湧出状況について、神奈川温地研報告、Vol. 17,No5, 95-114.
- 広田 茂、粟屋 徹（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.1No.1,23-32.
- 広田 茂、小鷹滋郎（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.
- 大山正雄、久保寺公正、小鷹滋郎、伊東 博、迫 茂樹(1985)箱根火山中央火口丘東麓の温泉水位、Vol.16,No.4,53-62.
- 杉山茂夫、平野富雄（1984）箱根塔ノ沢温泉の冷地下水化－湯本第50号源泉の場合－神奈川温地研報告、Vol.15,No.5,55-64.