

箱根湯本温泉の湧出状況について

平野富雄、栗屋 徹、大木靖衛

神奈川県温泉地学研究所*

Geochemical Monitoring of Thermal Water
in Hakone—Yumoto, Hakone Volcano

by

Tomio HIRANO, Toru AWAYA and Yasue OKI

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture
Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Thermal water of the Hakone—Yumoto Spa issuing from the fracture of the basement rocks of Hakone volcano is going down in chemical components and temperature, due to the developement of many deep drilled wells. Appearance of new wells associated with increasing of the total thermal water discharge is a major factor for the lowering of the thermal water level. In 1958, the total thermal water discharging from 44 wells amounts to 4360l/min. The present discharge(1983) from 80 wells amounts to 6023l/min, which causes 0.8m/year decrease in the water level of the monitoring wells. The rate of percolation of cold groundwater into deep thermal water has been seriously increased by recent overdischarge. The difference of an average Cl^- in 32 thermal waters between 1970(266.5ppm) and 1980(207.7ppm) shows that percolation of groundwater(Cl^- :10ppm) to thermal water amounts to 23%.

* 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17巻、第5号、95-114、1986

はじめに

現在、箱根湯本ではホテル、旅館など温泉利用施設の増改築が急速に進んでいる。多くの施設がしだいに大型化している一方で、その使命を終えた古くからの施設が閉鎖されている。湯場の共同浴場として長いあいだ人々に親しまれていた「千人風呂」の営業停止もこの例の一つである。

温泉地学研究所の調査結果や小田原保健所温泉課の資料を用いて箱根湯本温泉の湧出状況についてまとめてみると、温泉の冷地下水化が著しく進行していることが明らかである。この地域では今以上に温泉量を増やすことは出来ない状況になっているので、今後は温泉の有効利用によって地域の発展がはからなければならないであろう。

源泉数、温度、湧出量

昭和33年（1958）から昭和58年（1983）にいたる25年間の箱根湯本温泉（塔之沢地区を含む）の源泉数、温度、湧出量の変化を小田原保健所温泉課（1981、1984）の調査資料にもとずいて表1に示した。

源泉数：初めて温泉実態調査が実施された昭和33年当時、この地域の温泉台帳には第79号泉まで登録されていた。欠番などのため実際の源泉数は64、休止源泉などを除き温度、湧出量が測定できた源泉は44で、その総湧出量は4360 l/minであった。自然湧出泉が当時は第3、7、9、13、22号泉の5源泉あり、湧出形態により横穴湧出泉（3,7,22）、縦穴湧出泉（9）、自噴泉（13）にわけられていた（平野ら、1974）。これらの湧出量は980 l/minで全体の22.5%をしめていた。

昭和58年の源泉数は106（温泉台帳第120号泉まで）である。休止源泉や工事中などの源泉をのぞき、計量した80源泉の総湧出量は6023 l/minであった。源泉数は昭和33-43年（1968）の10年間に23増加し、昭和43-58年の15年間に19増加した。

小田原保健所の資料は昭和55年（1980）から自然湧出泉が2に変更された。これは第9号泉が動力泉に組替えられたためである。第9号泉は湯場の総湯ともよばれ、箱根ではもっとも古くから湧出している温泉のひとつである。孔口3.1×2.3m、深さ約6mの大きな縦穴の中に湧き出す温泉をタービンポンプ（電動機2.2kw）で揚湯している。昭和5年（1930）頃の記録によると、この温泉は「自然湧出にして源泉地は一見池の如く拡大にしてその底部より不規則に湧出し居り。源泉地は湯の池にして三馬力電動力ポンプにて貯湯槽に揚湯……。大正13年頃電動力装置せし由なるも判然せず」と記されている。

第9号泉は湧出量が多く（400-600 l/min）、性状は第3号泉などの横穴湧出泉とほとんど同じである。温泉実態調査の当初から第9号泉は自然湧出泉に分類されていたので、この報告書でも自然湧出泉としてとりあつかう（平野ら、1974,1980）。ただし、表1では昭和55年以降第9号泉を動力泉として集計した数値も併記（括弧の数値）して示した。

平均温度：昭和33年に調査した44源泉の平均温度は54.4℃、昭和58年の80源泉の平均温度は52.4℃

表1 箱根湯本温泉（塔之沢を含む）の湧出状況の変遷

昭和 (年)	源 泉 数				湧 出 量 (ℓ/min)			平均湧出量 (ℓ/min)			平 均 温 度 (℃)			温 泉 利 用 施 設	
	総 源 泉 数	計 量 源泉数	自 然 湧出泉	動力泉	総 湧 出 量	内 訳		平 均 湧出量	内 訳		平 均 温 度	内 訳		収 容 定 員 (旅館・ホテル 保養所等)	1人当りの 温 泉 量
						自 然 湧出泉	動 力 泉		自 然 湧出泉	動 力 泉		自 然 湧出泉	動 力 泉		
33	64	44	5	39	4,360	980	3,380	99	195	87	54.4	51.3	55.4	(人)	(ℓ/min)
37	70	48	4	44	4,580	980	3,600	95	246	82	54.4	52.3	55.0		
40	77	54	4	50	5,060	900	4,160	93	225	83	53.6	44.5	55.6		
43	87	63	3	60	5,290	740	4,550	84	247	76	53.0	44.4	54.4	5,803	0.91
44	91	64	3	61	5,260	700	4,560	82	233	75	54.9	42.5	56.8	5,663	0.93
45	92	67	3	64	5,270	620	4,650	79	207	73	53.7	42.7	55.2	5,600	0.94
46	94	70	3	67	5,610	760	4,850	80	253	72	52.0	40.6	53.8	7,068	0.79
47	96	67	3	64	5,580	980	4,600	83	327	72	52.0	41.0	54.3	7,011	0.80
48	98	70	3	67	5,410	730	4,680	77	244	70	53.5	41.9	55.3	7,446	0.73
49	98	71	3	68	5,890	1,040	4,850	83	348	71	52.7	42.2	54.9	7,690	0.77
50	101	76	3	73	5,640	760	4,880	74	253	67	52.9	42.3	54.5	7,774	0.73
51	102	73	3	70	5,850	1,000	4,850	80	333	69	51.6	38.5	54.3	7,675	0.76
52	103	74	3	71	5,640	730	4,910	76	242	69	53.3	40.8	55.1	7,936	0.71
53	103	74	3	71	5,420	640	4,780	73	214	67	53.0	41.0	54.6	8,362	0.65
54	105	77	3	74	5,577	594	4,983	72	198	67	53.3	41.7	54.4	8,312	0.67
55	105	78	3	75	5,944	869	5,075	76	290	68	52.5	39.9	54.6	8,310	0.72
			(2)	(76)		(269)	(5,675)		(135)	(75)		(45.1)	(52.8)		
56	106	79	3	76	5,680	631	5,049	72	(210)	66	52.8	40.8	54.4	8,119	0.70
			(2)	(77)		(231)	(5,449)		(116)	(71)		(45.0)	(53.2)		
57	106	78	3	75	5,994	801	5,193	77	(267)	69	52.8	39.7	54.9	8,301	0.72
			(2)	(76)		(201)	(5,793)		(101)	(76)		45.4	(53.1)		
58	106	80	3	77	6,023	736	5,287	75	245	69	52.4	39.5	55.4		
			(2)	(78)		(222)	(5,801)		(111)	(74)		(43.9)	(53.8)		

昭和55年以降（ ）で示した数値は、自然湧出泉を2源泉にした場合を示す。

小田原保健所温泉課資料（1981, 1984）

収容定員は表6による。

で25年間に2.0℃低下し、温度は年平均0.08℃低下している。

動力泉の平均温度は昭和33年（39源泉）が55.4℃、昭和58年（77源泉）も55.4℃で25年間著しい変化を示さない。この25年間に開発された温泉の温度は比較的高かったため、古くからの源泉の温度が実際に低下していても動力泉の平均温度は下がらなかった。ちなみに昭和33年当時の動力泉33源泉（比較できたもの）の昭和58年の平均温度は50.3℃になっていて、25年間で5.1℃、年平均では0.20℃低下している。

自然湧出泉（第9号泉を含む）の温度低下が著しい。昭和33年の平均温度は51.3℃であったが、昭和58年は39.5℃となっている。25年間に11.8℃、年平均では0.47℃の温度低下で、この自然湧出泉の温度低下が全源泉の平均温度をひきさげる原因となっている。

源泉の温度別頻度分布：温泉の成分分析調査を実施した昭和55年の資料（表2）を基にして源泉の温度別ヒストグラムを描いた（図1）。温泉台帳番号で源泉の古さがおおよそ判るので、図1は昭和33年当時存在した第1～79号泉と、昭和34年以降開発された第80～118号泉に分けて示した。

第1～79号泉は第80号泉以降の源泉に比べ温度の低い源泉が多く、34℃以下のものが3源泉ある。35～45℃の範囲には12源泉あり、このうち8源泉が35～42℃で加温することなしに入浴に利用することはできなくなっている。

第80号泉以降の源泉は56～65℃の温度範囲のものが多く、掘さく深度がしだいに深くなり、新しい源泉ほど温度の高い温泉を湧出する傾向がある。昭和55年の全源泉（78源泉）の平均温度は52.5℃、動力泉（75源泉）は54.6℃、自然湧出泉（3源泉）は39.9℃である。

湧出量：昭和33年の総湧出量は4360 l/min、1源泉当りの平均湧出量は99 l/min、自然湧出泉を除いた動力泉の平均湧出量は87 l/minであった。昭和58年の総湧出量は6023 l/minである。1源泉当りの平均湧出量は76 l/min、動力泉の平均湧出量は69 l/minで昭和33年に比べ18 l/min減少している。

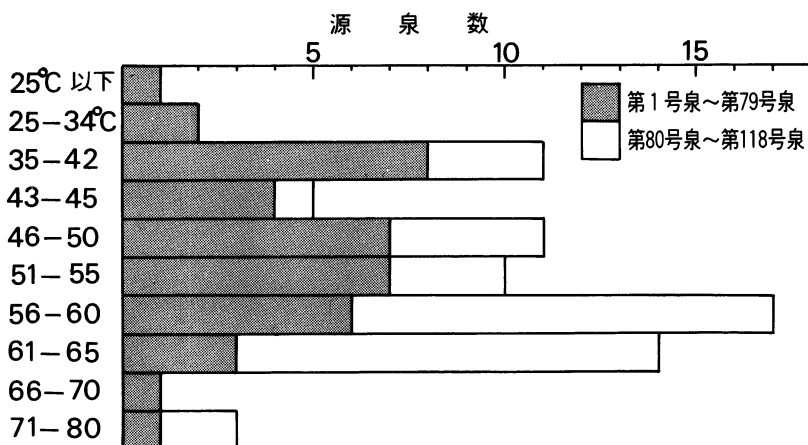


図1 源泉の温度別頻度分布図（昭和55年）

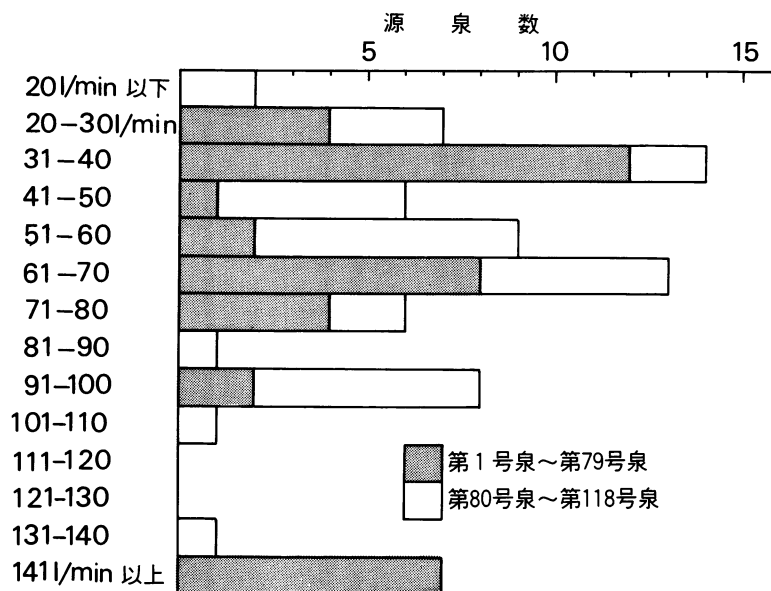


図2 源泉の湧出量別頻度分布図（昭和55年）

昭和58年は33年に比べ計量した動力泉は38増えた。しかし、湧出量の増加は1907 l/minにとどまり1源泉あたり50 l/minの湧出量に相当する。この量は全動力泉の平均湧出量より19 l/min少なく、不足分は昭和33年当時の動力泉の湧出量の減少によってまかなわれている。昭和33年当時の動力泉33源泉の昭和58年の湧出量は2821 l/min、平均湧出量は72 l/minで、昭和33年に比べ15 l/min減少している。

昭和38年(1963)以降、この地域では温泉源の保護対策がはかられてきた。しかし、古くから存在していた源泉は新たな源泉の影響を受けつづけていることがわかる。

源泉の湧出量別頻度分布：昭和55年の調査資料を基にして、湧出量のヒストグラムを描いた（図2）。第1-79号泉の湧出量は31-40 l/min、61-70 l/minのものと141 l/min以上のものが多い。湧出量が比較的少ない40 l/min以下の源泉は一般に温度も低いので、熱エネルギー的な面から見てそれらの経済性は著しく悪くなっている。この反面で、湧出量が141 l/min以上のものが7源泉あるのも第1-79号泉のグループの特徴で、この中には自然湧出泉が2源泉含まれている（第3,9号泉）。動力泉は第37号泉の257 l/min（62.7℃）が最高で、第46号泉の227 l/min(59.2℃)がこれに次ぎ以下第29号泉の200 l/min（62.1℃）、第45号泉の154 l/min（48.8℃）の順になっている。

第80号泉以降の源泉の湧出量は41-70 l/minと91-100 l/minの範囲に多く分布している。古くからの源泉（第1-79号泉）の湧出量に比べ、これら比較的新しい源泉の湧出量はバラツキが小さい。

第13号泉の水位観測結果

昭和40年（1965）に自噴を停止した第13号泉の水位調査が、昭和45年以降ひきつづきおこなわれて

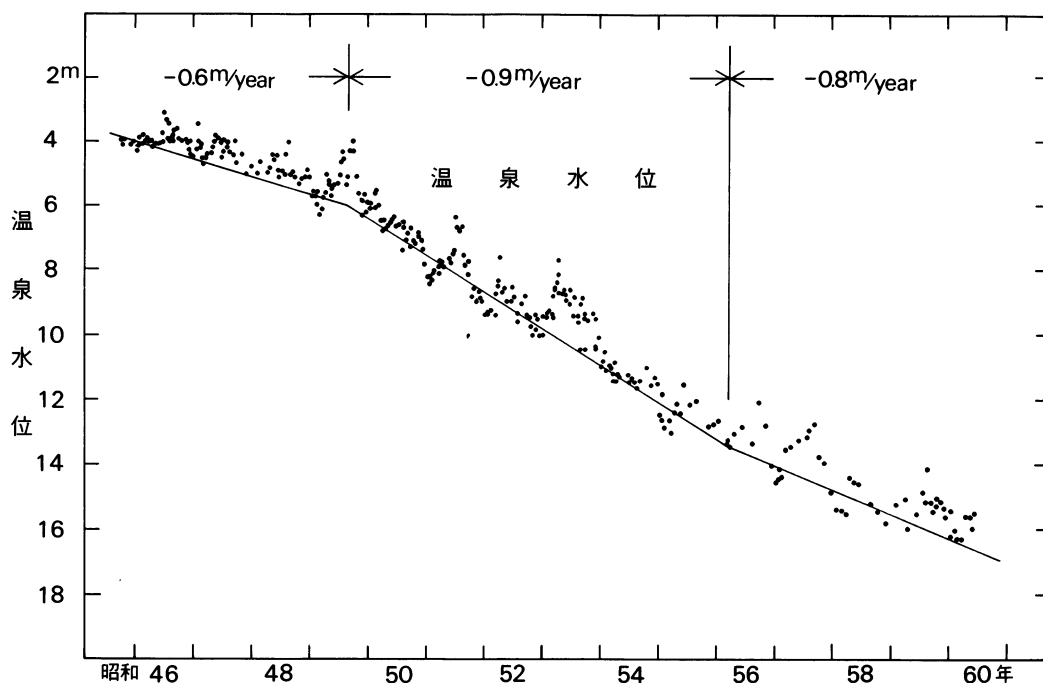


図3 第13号泉の水位観測記録（大山，1986）

いる（図3）。水位低下は昭和45－49年が年平均0.6m，昭和49－55年の間は年平均0.9mと大きくなったが，昭和56年以降年平均0.8mとなり幾分小さくなっている（平野ら，1974，大山ら，1986）。

溶存成分と泉質の変化

平野ら（1972）は昭和45年（1970）に、当時の箱根湯本温泉のほとんどすべての源泉で採水し、化学分析をおこなって泉質の特徴をあきらかにした。この地域の温泉は箱根火山の基盤岩類中にはい胎しているので、温泉の分帯では第Ⅳb帯（混合型）に区分されている（Oki and Hirano, 1970）。これらは湧出場所と溶存成分によって、さらに4群に細別できる。

湯坂山の地下深所から湧出し、温度が高くNaCl（食塩、塩化ナトリウム）成分に富む温泉は第Ⅳb－H群である。須雲川ぞいの温泉は温度が低く、溶存成分は少ない。これらは第Ⅳb－L群に分けられ、第Ⅳb－H群の温泉に地下水が混入した泉質となっている。早川と須雲川の合流点から下茶屋付近にかけて温度は第Ⅳb－H群ほど高くないがNaCl－CaSO₄（石膏、硫酸カルシウム）成分に富む高塩分濃度（5000ppm）の温泉が湧出している。これらが第Ⅳb－C群である。早川沿いの温泉は第Ⅳb－C群の温泉に地下水が混入した泉質で、第Ⅳb－D群に分けられている（平野ら、1972, 図7）。

昭和45年の調査から10年を経た昭和55年（1980）に、この間の温泉成分の変化を調べるためにふたび分析調査を試みた。試料は小田原保健所温泉課の調査のさいに採取した。78源泉の湧出量、温度が測定されたが、この内75源泉の試料が採取できた。

表 2-1 箱根湯本温泉の溶存成分の変化

温泉台 帳番号	昭和45年（1970）の分析値						昭和55年（1980）の分析値						備 考
	温 度 （℃）	温 泉 量 （ℓ/min）	pH	蒸発残留 物（ppm）	Cl ⁻ （ppm）	SO ₄ ²⁻ （ppm）	温 度 （℃）	温 泉 量 （ℓ/min）	pH	蒸発残留 物（ppm）	Cl ⁻ （ppm）	SO ₄ ²⁻ （ppm）	
1	52.4	13	8.4	1,029	399	198	55.6	34	8.3	796.5	292.7	156.8	自然湧出泉
2	59.6	79	8.3	1,453	595	246	56.9	65	8.4	1,134.5	472.8	192.1	
3	47.4	161	8.8	610	175	155	45.4	230	8.8	533.7	145.6	132.8	
6	44.6	43	9.0	398	123	73.8	45.6	40	8.9	462.0	159.3	87.9	自然湧出泉
7	44.6	45	8.9	490	139	120	43.1	39	8.9	474.3	126.7	114.6	
8													
9	37.3	509	8.4	415	116	93.6	37.6	600	8.7	426.6	112.0	97.6	自然湧出泉
10	55.7	n.d.	8.1	2,244	954	361	51.7	63	8.5	1,150.5	453.3	210.8	
11													
12	48.8	120	8.9	620	202	138							休止源泉
13													
14	39.1	36	8.4	1,746	712	315	39.6	39	8.3	1,805.5	727.2	337.8	
15	53.8	23	8.3	715	245	161	51.5	26	8.4	584.6	194.3	140.2	休止源泉
16	40.6	n.d.	8.9	306	84.7	40.7	41.8	40	8.7	277.9	79.4	43.6	
19	54.8	133	8.7	291	81.9	18.3	74.8	72	8.5	983.7	426.4	73.2	
25	45.4	69	8.6	288	85.2	20.2	41.1	72	9.0	215.9	34.4	20.4	休止源泉
27													
29	67.0	160	8.4	720	292	64.4	62.1	200	8.5	584.1	227.5	58.5	
37	64.6	248	9.0	825	248	221	62.7	257	9.0	786.0	230.2	216.7	休止源泉
40							33.6	28		113.5	4.3	6.25	
41	74.2	110	8.4	730	264	150	46.7	94		695.3	241.1	134.1	
42	43.7	n.d.	8.3	848	345	115	42.8	29		715.5	273.2	126.9	休止源泉
44	53.0	66	8.2	1,055	492	74.2	55.4	68	8.8	394.9	114.7	32.1	
45	48.7	157	8.7	565	193	141	48.8	154	8.7	501.6	144.1	121.8	
46	67.1	245	8.4	670	264	75.7	59.2	227	8.6	472.9	162.6	62.7	休止源泉
48	52.4	29	9.4	332	96.1	53.8	53.3	35	9.2	389.8	128.5	65.8	
49							51.6	40	9.1	533.2	139.9	124.2	
50	48.9	196	8.9	405	118	77.1	43.6	152	9.1	236.4	51.4	33.0	休止源泉
52	54.0	62	8.8	735	221	192	54.4	66	8.8	730.5	209.8	198.4	
53							30.4	28	8.3	1,024.2	407.8	177.7	
54													休止源泉
55	56.9	69	8.3	1,164	491	215	58.6	63	8.4	834.2	302.0	181.6	
56	41.9	39	8.6	394	137	26.7	40.3	52	8.8	282.9	77.5	16.8	
58	47.4	38	8.6	669	195	171	49.0	36	8.9	710.8	196.1	181.6	休止源泉
60	44.0	70	8.7	216	44.8	25.2	57.6	60	8.5	648.9	224.7	134.3	
62	37.3	32	8.4	1,708	685	333							
67	56.7	35	8.1	1,137	502	173	51.6	32	8.5	415.5	151.1	61.5	休止源泉
68	48.5	79	8.4	468	143	107	46.4	72	8.4	382.5	112.6	84.9	
71	58.1	n.d.	8.2	2,227	981	354	56.2	42	8.1	2,072.0	847.8	339.7	
72							46.6	40	9.0	159.0	20.2	11.4	休止源泉
73	61.7	52	8.4	786	339	50.2	60.7	40	8.5	661.0	269.5	42.3	
74	26.0	13	8.1	138	22.9	7.11	22.1	76	8.4	120.5	14.1	6.54	
75	46.8	59	8.9	347	98.5	67.6	39.4	64	9.0	236.0	47.1	38.1	休止源泉

表 2-2 箱根湯本温泉の溶存成分の変化

温泉台 帳番号	昭和45年（1970）の分析値						昭和55年（1980）の分析値						備 考
	温 度 （℃）	温 泉 量 （ℓ/min）	pH	蒸発残留 物（ppm）	Cl ⁻ （ppm）	SO ₄ ²⁻ （ppm）	温 度 （℃）	温 泉 量 （ℓ/min）	pH	蒸発残留 物（ppm）	Cl ⁻ （ppm）	SO ₄ ²⁻ （ppm）	
76	49.3	44	8.2	978	411	168	43.6	36	8.5	419.9	151.2	61.9	
77	48.3	93	9.2	151	15.1	11.0	41.9	100	9.2	144.2	8.1	9.71	
78							39.8	70	9.2	185.0	14.8	10.8	
79	72.1	57	8.4	1,125	506	85.5	68.0	65	8.6	947.2	406.1	67.3	
80	55.4	81	9.0	193	35.3	14.0	43.5	96	9.2	163.9	13.7	9.52	
81	67.8	140	8.4	768	330	57.5	63.2	107	8.6	654.0	266.1	52.0	
82													
83	50.5	50	8.9	1,057	338	268	52.4	51	8.9	1,161.4	378.5	288.9	
84	58.4	108	8.6	413	143	21.7	57.2	97	9.1	229.5	36.4	11.1	
85	57.8	49	8.4	445	136	39.0	61.0	50	8.9	356.5	85.4	31.1	
86	52.7	97	8.4	1,060	420	195	50.0	96	8.6	708.9	264.8	127.9	
87							38.0	70	9.3	135.2	6.0	3.51	
88	50.8	42	8.0	2,422	1,081	354	53.5	55	8.2	924.5	376.7	147.2	
89	70.5	58	8.7	498	190	44.6	73.1	79	9.1	320.5	89.6	21.7	
90	56.2	118	8.8	425	149	37.5							
91	41.0	81	8.8	220	58.3	16.5							
92							62.7	68	8.4	1,194.0	536.0	75.2	
93	63.5	49	9.0	379	121	31.9	64.0	52	9.3	270.0	49.0	19.0	
94	62.2	79	8.0	4,116	1,845	616	61.7	93	8.1	2,836.3	1,206.0	452.2	
95	55.4	63	8.1	3,197	1,458	467	56.0	50	8.2	1,655.7	704.4	237.8	
96							41.5	19	8.7	573.5	146.3	131.2	
97	58.2	73	8.6	534	186	67.8	55.5	68	8.7	357.0	110.8	48.5	
98							57.8	64	8.6	1,145.5	400.3	272.1	
99	50.9	64	8.1	1,429	685	104	60.3	60	8.4	1,038.1	472.1	71.7	
100	53.3* ¹	105	8.2	1,512.5	665.3	72.3	57.7	47	8.5	1,099.2	483.0	60.4	* ¹ 昭和41年分析
101	67.1	65	8.3	1,472	694	101	64.0	29	8.3	1,549.0	731.0	94.7	
102	52.0	61	8.5	555	230	40.3	62.3	43	8.6	807.0	343.6	52.6	
103							63.3	19	8.5	973.2	432.7	90.8	
104	54.4	46	8.3	1,112	462	170							
105	55.5	79	8.1	2,171	887	408	55.7	97	8.2	1,863.0	757.9	310.8	
106	54.2	48	8.7	547	235	52.5	58.4	55	9.1	264.0	71.9	21.2	
107	47.4	75	8.9	655	177	163	46.1	67	8.9	654.0	179.3	168.3	
108	34.1* ²	8	8.5	398.6	42	51.5	35.4	22	8.6	359.0	31.1	39.7	* ² 昭和46年分析
109	48.4	70	8.2	1,592	724	255	45.9	40	8.3	1,390.0	542.6	271.0	
110	63.5* ³	96	8.8	892	275.5	237.9	56.3	56	8.8	889.5	266.3	235.1	* ³ 昭和43年分析
111	55.6* ⁴	63	8.2	3,773	1,441	816	57.4	43	8.1	2,960.0	1,244	486.5	* ⁴ 昭和47年分析
112	74.2* ⁵	150	8.0	4,806	2,318	679	77.1	138	7.9	4,550.5	1,961	698.0	* ⁵ 昭和48年分析
113	48.0* ⁶	81	8.4	732	297	95.5	53.2	81	8.6	754.9	302.6	95.7	* ⁶ 昭和49年分析
114	53.4* ⁷	40	9.1	227.5	34.5	15.1	46.3	24	9.2	198.8	25.2	13.1	* ⁷ 昭和49年分析
115	53.4* ⁸	72	8.2	1,311	604	75.4	63.4	60	8.7	932.7	404.6	56.1	* ⁸ 昭和48年分析
116	62.4* ⁹	43	8.5	800.2	328	75.1	62.5	33	8.9	401.2	142.7	38.3	* ⁹ 昭和46年分析
117	56.6* ¹⁰	86	8.2	1,960	817	298	57.6	79	8.3	1,315.4	551.6	213.6	* ¹⁰ 昭和51年分析
118	54.2* ¹¹	79	8.0	3,671	1,410	796	58.1	92	8.0	3,784.0	1,399	829.7	* ¹¹ 昭和53年分析

昭和45年の採取時に温泉台帳に登録されていた源泉は第107号泉までである。これらの源泉で昭和55年の分析結果と比較できたのは54源泉（自然湧出泉を除くと51源泉）であった。第108号泉から第118号泉までは昭和45年以降温泉台帳に登録された源泉である。これら11源泉の分析値も比較対象にしたので、比較した源泉は全部で65源泉である。

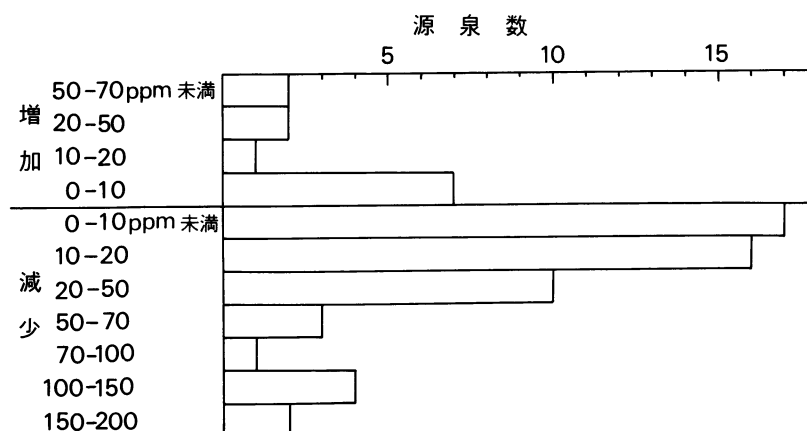


図4 蒸発残留物の増減（昭和45年と55年の比較）

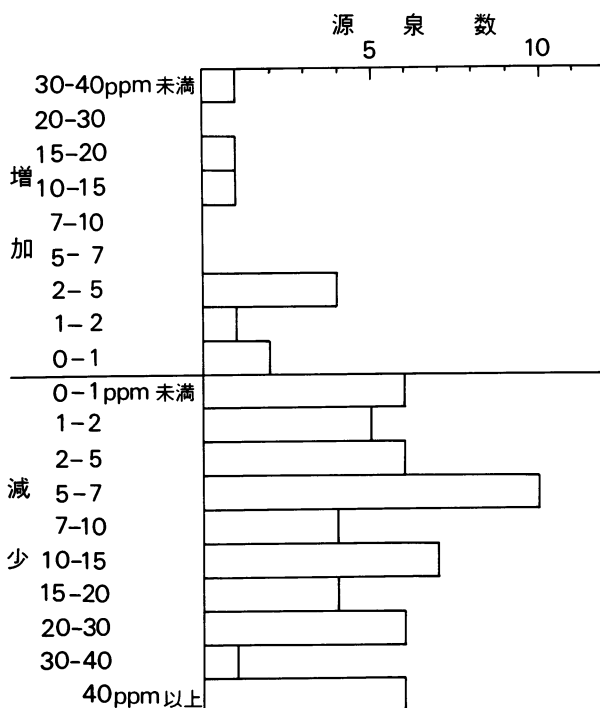


図5 Cl⁻（塩素イオン）の増減（昭和45年と55年の比較）

表2に各源泉の昭和45年および昭和55年の温度、湧出量、pH、蒸発残留物、 Cl^- （塩素イオン）、 SO_4^{2-} （硫酸イオン）の値をしめした。なお、昭和45年の採水調査は温泉地学研究所が独自に実施したので、各源泉の温度、湧出量は小田原保健所温泉課の資料とは異なっている。

蒸発残留物と Cl^- （塩素イオン）の増減：分析値が比較できた65源泉の蒸発残留物の増減を調べた（図4）。蒸発残留物が増加したのは12源泉（18.5%）、減少したのは53源泉（81.5%）である。蒸発残留物の増減を年平均の変化量にして比較すると、年平均減少量0-10ppm未満の源泉が17で最も多く、次いで10-20ppm未満が16源泉、20-50ppm未満が10源泉の順になっている。年平均100ppm以上も蒸発残留物が減少したのも6源泉あった。これらは比較的新しい源泉で、下茶屋付近に湧出する第IVb-C群の温泉である。蒸発残留物が増加した12源泉のうち7源泉は比較的增加量が少なく年平均0-10ppm未満であった。その他は10-20ppm未満の増加が1源泉、20-50ppm未満および50-70ppm未満の増加がそれぞれ2源泉であった。温泉の溶存成分の増加は井孔の増掘、あるいは揚湯装置の変更によってもたらされている。

Cl^- では増加したものが10源泉、減少したものが55源泉である（図5）。年平均では5-7ppm未満の減少が10源泉で最も多く、10-15ppm未満の減少が7源泉でこれにつぎ、0-1ppm未満、2-5ppm未満、20-30ppm未満それに40ppm以上の減少がいずれも6源泉となっている。

療養泉の泉質変化：箱根湯本温泉では多数の源泉の溶存成分が大変激しく減少していることが明かになった。温泉を公共の利用に供するために、各源泉は井孔の完成時に法律に基づいた分析調査（揭示用分析）がなされ、療養泉の泉質名がきめられている。これら各源泉の泉質名が決められた際の溶存成分量と、昭和55年の分析結果を比較するために図6を描いた。温泉の溶存成分量は蒸発残留物で代表させた。図6では溶存成分量の多い源泉ほど、その減少量が多いことがわかる。

かつては溶存成分量が1000-4000ppmもあり、泉質もNa-Cl泉（ナトリウム-塩化物泉）、Na・Ca-Cl・ SO_4 泉（ナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉）、Na-Cl・ SO_4 （ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉）などと呼ばれていた源泉も、今では成分量が1000ppm以下に減少して単純温泉になっているものがある。それらは第1,15,46,55,67,76,79,115号泉の8源泉である。第92,98号泉は、かつて単純温泉であったが、溶存成分量が若干1000ppmを越したので泉質はNa-Cl泉あるいはNa-Cl・ SO_4 泉になった。

箱根湯本温泉の泉質分布の変化を図7,8に示した。源泉の泉質名の変更は湯坂山周辺の第IVb-H群と下茶屋付近の第IVb-C群の温泉でおきている。

温泉が放出する化学成分量の減少と地下水の混入

昭和45年および55年の化学分析結果（表2）をもとにして、この地域の温泉が放出する化学成分量を求めた（表3）。

昭和45年に第1-107号泉までの59源泉が放出した化学成分量は毎分4.05kg(4987l)であった。当時

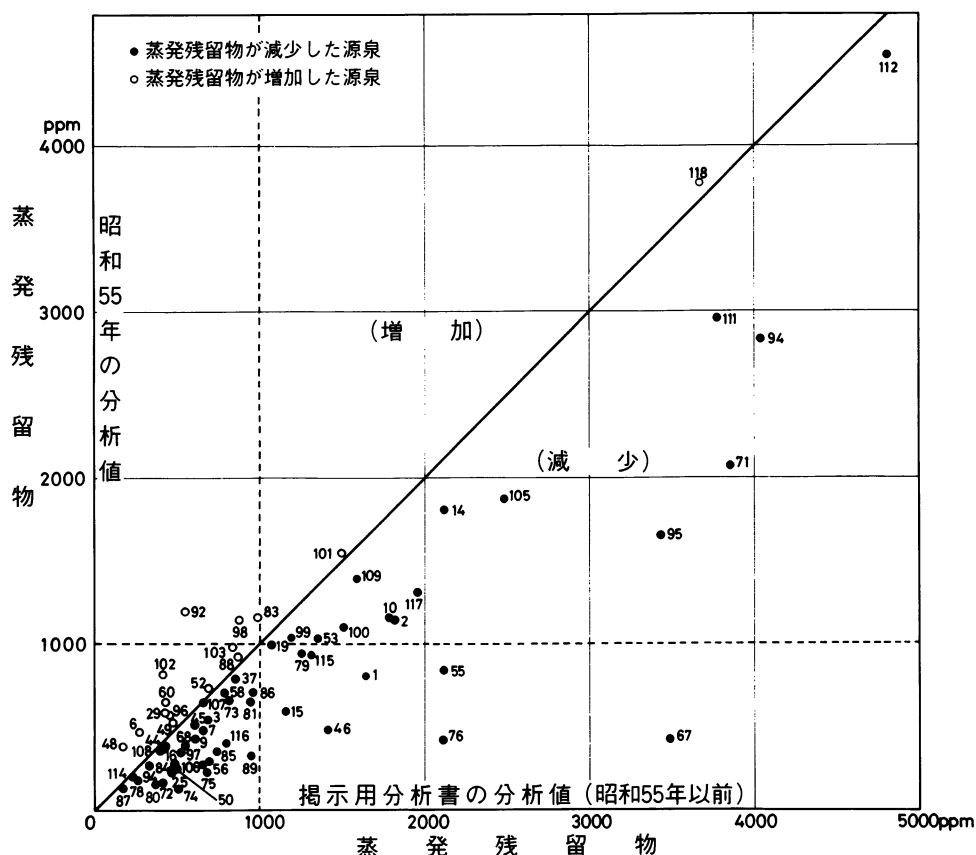


図6 箱根湯本温泉の容存成分量（蒸発残留物）の変化

の温泉の平均溶存成分量は811.7ppm、 Cl^- は312.1ppmである。昭和45～55年の間にあらたに11源泉（第108～118号泉）増加し、湧出量は788l/min増加した。これら11源泉の平均溶存成分量は2302.8ppm、 Cl^- は990.6ppmである（表4）。

昭和55年の調査によると75源泉（第1～118号泉）が放出する化学成分量は毎分4.76kg(5746l)である。温泉の平均溶存成分量は827.7ppm、 Cl^- が303.4ppmで、ほぼ昭和45年当時と同じ値を示している。第108～118号泉が新たに加わり、それらが放出する化学成分量は毎分1.81kgに達するが、昭和55年の温泉の平均溶存成分量や Cl^- の増加にほとんど寄与していない。これは溶存成分の大変少ない浅層の地下水が混入しているためである。第1～118号泉（表2）を次の通り区分し、平均湧出量、平均温度、平均溶存成分量、平均 Cl^- などを求めて表4にまとめた。

第1～79号泉：昭和33年当時存在した源泉

第80～107号泉：昭和34年以降開発され昭和45年当時利用されていた源泉

第108～118号泉：昭和45年以降利用された源泉

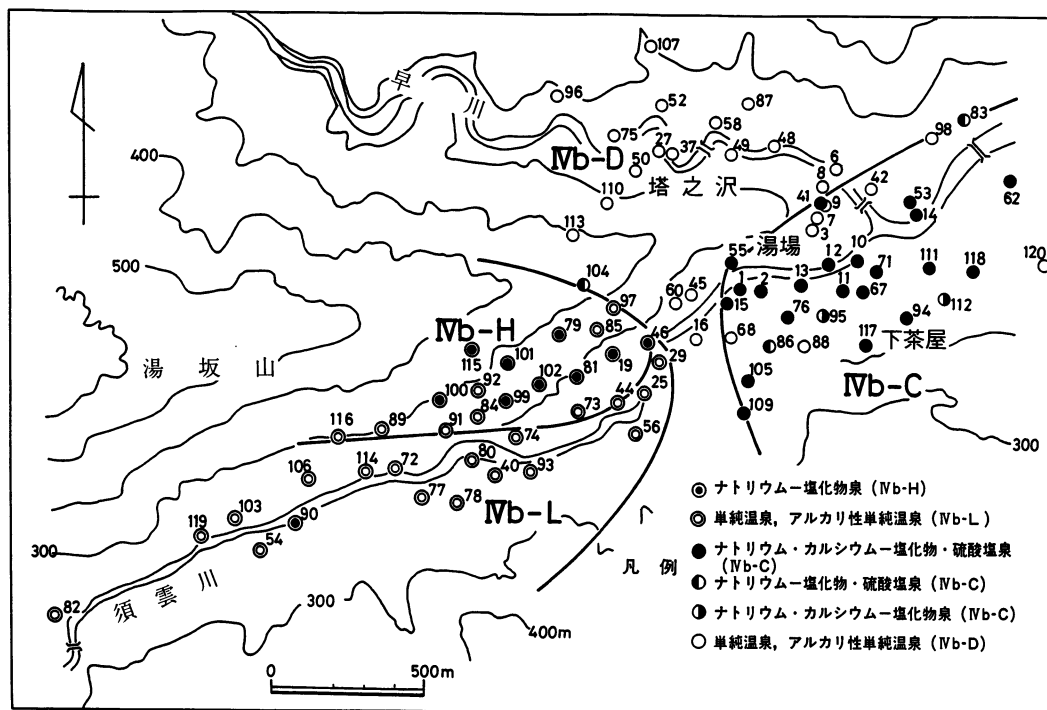


図7 箱根湯本温泉の泉質分布 (昭和55年以前の揭示用分析結果による)。第119, 120号泉の泉質も示した

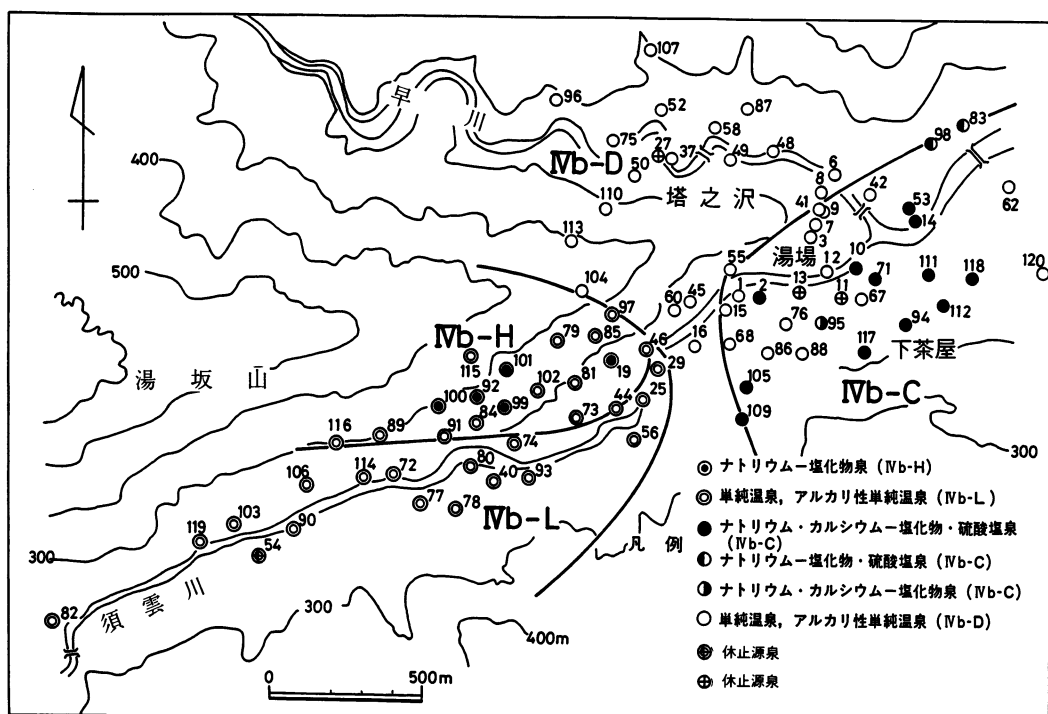


図8 箱根湯本温泉の泉質分布 (昭和55年)。第119, 120号泉の泉質も示した

表3 箱根湯本温泉の湧出状況(その1) ——昭和45年と55年の比較——

項 目	昭和45年(第1～107号泉)			昭和55年(第1～118号泉)		
	全調査源泉	動力泉 (自然湧出 泉を除く)	昭和55年の 調査と比較 できる動力泉	全調査源泉	動力泉 (自然湧出 泉を除く)	昭和45年の 調査と比較 できる動力泉
源 泉 数	59	56	51	75	72	51
湧出量合計 (ℓ/min)	4,987	4,272	3,875	5,746	4,877	3,763
平均湧出量 (ℓ/min)	84.5	76.3	76.0	76.6	67.7	73.8
総放出熱量 (Kcal/min)	264,049	235,425	215,920	299,504	264,821	203,643
平均温度 (℃)	52.9	55.1	55.7	52.1	54.3	54.1
溶存成分総量 (g/min)	4,048.02	3,716.52	3,468.35	4,756.04	4,358.83	2,637.26
平均溶存成分量 (ppm)	811.7	870.0	895.1	827.7	893.8	700.8
塩素イオン総量 (g/min)	1,556.38	1,462.91	1,373.19	1,743.30	1,637.67	957.40
平均塩素イオン量 (ppm)	312.1	342.4	354.4	303.4	355.8	254.4

第1ー79号泉：これらの中には自然湧出泉(表5)が3源泉含まれているので、動力泉の比較が出来るように表4を作成した。昭和45と55年の分析調査を行い、溶存成分の比較ができた動力泉は32源泉である。10年間にこれらの平均湧出量はほとんど変わらず77.2ー77.8ℓ/minであったが、平均温度は54.7℃から52.5℃に下がり、年平均では0.22℃の低下となる。平均溶存成分は715.8ppmから603.2ppmに減少し、Cl⁻は266.5ppmから207.7ppmになっている。溶存成分量の減少は浅層地下水の混入によっている。この地域の浅層地下水はCl⁻を10ppmと見積もることができるので(神奈川県衛生部、1985)、昭和55年の温泉量2471ℓは、昭和45年の温泉1905ℓに浅層地下水566ℓが混合したもので、地下水混入率は23%になる。

第80ー107号泉：昭和45と55年の分析調査がいずれも実施してある動力泉は19源泉である。平均湧出量、平均温度の変化は第1ー79号泉の場合とは逆で、平均湧出量は減少して72.9ℓ/minから68.0ℓ/minになったが、平均温度は57.2ー57.5℃で大きな変化はなかった。平均溶存成分量の減少が著しく、1216.9ppmから887.6ppmとなり、Cl⁻は512.1ppmから343.7ppmとなっている。昭和45年のCl⁻512.1ppmの温泉859ℓとCl⁻10ppmの浅層地下水433ℓが混合すると、昭和55年の温泉量になるが、地下水混入率は34%にも達する計算になる。このグループの温泉は溶存成分量が減少する割りに温度低下が少ないので、もうすこし複雑な地下水混入モデルで検討する必要があるとおもわれる。ただ、大切なことはこれだけ地下水が混入してもなお平均湧出量が減少していることである。

第108ー118号泉：昭和45年の欄に示した数値は、昭和55年以前の資料をまとめたものである。昭和55年の平均湧出量は60.7ℓ/minである。それ以前の平均湧出量が71.6ℓ/minであるから、湧出量の減少はかなり急激に進んでいる。昭和55年の平均温度は60.0℃で、それ以前に比べむしろ上昇している。

箱根湯本温泉は温泉源の保護対策がはかられてきたが、溶存成分を指標にして検討すると、温泉の冷地下水化が明瞭である。今後、温泉源の保護対策は溶存成分の変化を考慮に入れて検討することが必要と思われる。

表 4 箱根湯本温泉の湧出状況(その2) ——昭和45年と55年の比較——

	項 目	昭 和 45 年			昭 和 55 年		
		調 査 し た 自然湧出泉 と 動 力 泉	動 力 泉 (自然湧出 泉を除く)	昭和55年の 調査と比較 できる動力泉	調 査 し た 自然湧出泉 と 動 力 泉	動 力 泉 (自然湧出 泉を除く)	昭和45年の 調査と比較 できる動力泉
第1号泉 第79号泉	源 泉 数	37	34	32	40	37	32
	湧出量合計 (ℓ/min)	3,356	2,641	2,489	3,546	2,677	2,471
	平均湧出量 (ℓ/min)	90.7	77.7	77.8	88.7	72.4	77.2
	総放出熱量 (Kcal/min)	171,923	143,299	136,249	172,896	138,214	129,708
	平均温度 (℃)	51.2	54.3	54.7	48.8	51.6	52.5
	溶成分総量 (g/min)	2,242.24	1,910.74	1,781.68	1,960.21	1,563.00	1,490.51
	平均溶成分量 (ppm)	668.1	723.5	715.8	552.8	583.9	603.2
	塩素イオン総量(g/min)	803.02	709.54	663.38	637.96	532.33	513.35
	平均塩素イオン量(ppm)	239.3	268.7	266.5	179.9	198.9	207.7
第80号泉 第107号泉	源 泉 数		22	19		24	19
	湧出量合計 (ℓ/min)		1,631	1,386		1,532	1,292
	平均湧出量 (ℓ/min)		71.4	72.9		63.8	68.0
	総放出熱量 (Kcal/min)		92,126	79,671		86,549	73,935
	平均温度 (℃)		56.5	57.5		56.5	57.2
	溶成分総量 (g/min)		1,805.80	1,686.67		1,340.10	1,146.75
	平均溶成分量 (ppm)		1,107.2	1,216.9		874.7	887.6
	塩素イオン総量(g/min)		753.37	709.81		517.54	444.06
	平均塩素イオン量(ppm)		461.9	512.1		337.8	343.7
第108号泉 第118号泉	源 泉 数			11			11
	湧出量合計 (ℓ/min)			788			668
	平均湧出量 (ℓ/min)			71.6			60.8
	総放出熱量 (Kcal/min)			46,091			40,058
	平均温度 (℃)			58.5			60.0
	溶成分総量 (g/min)			1,814.62			1,455.72
	平均溶成分量 (ppm)			2,302.8			2,179.2
	塩素イオン総量(g/min)			780.63			587.80
	平均塩素イオン量(ppm)			990.6			879.9

表5 箱根湯本温泉の自然湧出泉 (昭和45年と55年の比較)

	項 目	昭 和 45 年	昭 和 55 年
自 然 湧 出 泉 (第3・7・9号泉)	調 査 源 泉 数	3	3
	湧 出 量 合 計 (ℓ/min)	715	869
	平 均 湧 出 量 (ℓ/min)	238.3	289.7
	総 放 出 熱 量 (Kcal/min)	28,624.1	34,682.9
	平 均 温 度 (℃)	40.0	39.9
	溶 存 成 分 総 量 (g/min)	331.50	397.21
	平均溶存成分量 (ppm)	463.6	450.1
	塩素イオン総量 (g/min)	93.47	105.63
	平均塩素イオン量 (ppm)	130.7	121.6

宿泊施設、収容定員、宿泊利用者数

箱根湯本温泉は浅層地下水の補給によって湧出量が維持されている。今後は温泉の冷地下水化がますます促進されるに違いない。一方、この地域では宿泊施設の大型化、高級化が進められているが、この地域の発展に温泉源がどのように寄与できるかが問われてくるとと思われる。それらの参考とするために箱根町統計書(昭和43年度版－59年度版)をもちいて、箱根湯本温泉の宿泊施設数、収容定員、宿泊利用者数を表6にまとめた。表6は本温泉地を湯本地区と塔之沢地区に分け、宿泊施設はホテル・旅館と寮・保養所に分けて整理した。

ホテル・旅館の施設数：湯本地区の宿泊施設数は昭和42年(1967)が57で、昭和49年(1974)に61に増加したが、その後しだいに減少し昭和58年は56施設になっている。塔之沢地区は昭和42年が12、昭和58年は11で、この間の昭和47年(1972)－48年(1973)に10施設に減少したが大きな変化はない。

寮・保養所の施設数：湯本地区の寮等の施設数は昭和42年が14、昭和58年は12である。この間、昭和44年－45年に施設数は16に増加したが、昭和46年－56年は14－15施設であった。

塔之沢地区には寮・保養所施設はない。

収容定員：湯本地区のホテル等の収容定員は昭和42年が4210人、昭和58年が7002人で昭和42年の1.66倍に増加した。この地区のホテル等の収容定員が飛躍的に増加したのは昭和46年で、前年の4155人から5508人となり約1300人増えている。昭和53年の増加も顕著で、前年に比べて約450人増えて収容定員は6816人となった。

塔之沢地区の旅館等の収容定員は昭和42年が735人、昭和58年は909人である。この地区でも、昭和46年の収容定員の増加が顕著で、前年より約150人増えて860人となっている。その後は、小幅に定員の増減をくり返し、昭和52年に915人まで増加したが昭和58年は909人となっている。

湯本地区の寮・保養所施設の収容定員は減少傾向を示している。昭和42年の定員は717人であった。

表 6 箱根湯本温泉の宿泊施設とその利用率

昭和	宿泊施設数			収容定員 (A)			宿泊利用者数 (B)			宿泊施設利用率(B/A×365)・100				国民所得*2	
	湯 本		塔之沢	湯 本		塔之沢	湯 本		塔之沢	湯 本		塔之沢	全国*1	国民 1 人 当 た り の 所 得	増加率
	ホテル 旅 館	寮 保養所	ホテル 旅 館	ホテル 旅 館	寮 保養所	ホテル 旅 館	ホ テ ル 旅 館	寮 保養 所	ホ テ ル 旅 館	ホテル 旅 館	寮 保養所	ホテル 旅 館			
年				人	人	人	人	人	人	%	%	%	%	円	%
42	57	14	12	4,210	717	735	774,858	98,854	69,157	50.4	37.8	25.8	35.0		
43	56	14	12	4,372	739	692	756,977	98,642	71,712	47.4	36.6	28.4	35.6		
44	57	16	12	4,226	727	710	838,620	107,029	76,635	54.4	40.3	29.6	34.5		
45	60	16	12	4,155	730	715	847,933	102,257	77,276	55.9	38.4	29.6	34.5	581,620	—
46	58	15	11	5,508	700	860	860,040	102,813	78,505	42.8	40.2	25.0	35.1	620,598	6.7
47	59	15	10	5,471	700	840	954,037	104,739	84,378	47.8	41.0	27.5	36.9	721,241	16.2
48	60	15	10	5,955	679	812	928,237	98,100	85,475	42.7	39.6	28.8	35.4	875,553	21.4
49	61	14	11	6,193	621	876	943,665	101,042	81,412	41.7	44.6	25.5	32.6	1,013,646	15.8
50	60	14	11	6,273	620	881	791,015	102,613	78,699	34.5	45.3	24.5	30.4	1,100,453	8.6
51	58	15	11	6,214	645	906	886,428	107,776	76,659	39.1	45.8	23.2	29.8	1,225,095	11.2
52	58	15	11	6,365	656	915	926,534	125,069	81,722	39.9	52.2	24.5	29.7	1,338,331	9.2
53	58	15	11	6,816	659	887	959,317	94,842	83,080	38.6	39.4	25.7	28.7	1,449,425	8.3
54	58	14	11	6,810	642	880	987,501	94,743	83,429	39.7	40.4	26.0	28.9	1,539,470	6.2
55	57	14	11	6,770	626	914	1,063,702	92,170	84,724	43.0	40.3	25.4	27.6	1,658,642	7.7
56	56	14	11	6,722	493	904	1,025,518	70,404	80,306	41.8	39.1	24.3	27.6	1,723,751	3.9
57	57	12	11	6,863	544	894	958,160	62,340	78,369	38.2	31.3	24.0	27.9	1,785,697	3.6
58	56	12	11	7,002	597	909	1,038,395	84,961	74,345	40.6	39.0	22.4			

はこね統計書（昭和43年版～59年版）

* 1 環境庁自然保護局施設整備課（1984）

* 2 神奈川県統計協会（1983, 1984）

昭和56年に定員は493人に減少したが、昭和58年は597人となっている。

ホテル・旅館の宿泊利用者数：湯本地区のホテル等の宿泊利用者数は昭和42年が77.5万人、昭和58年は103.8万人で昭和42年の1.34倍となっている。昭和58年の収容定員は昭和42年の1.66倍に増加しているので、宿泊利用者数の増加率は定員増加率より幾分下まわっている。昭和47年に利用者数は初めて90万人を越し95万人に達した。これは昭和46年の収容定員の増加が寄与している。昭和50年に利用者数は著しく減少し79万人になったが、昭和52年以降の利用者数は92－106万人の範囲にある。

塔之沢地区における旅館等の宿泊利用者数は、昭和42年が6.9万人、昭和58年は7.4万人である。昭和47－49年と昭和52－56年に利用者数は8万人以上に増加した。その後、昭和57年に7.8万人に減少している。

宿泊施設利用率：表6の収容定員と宿泊利用者数から、次式により宿泊施設利用率を求めた。

$$\text{宿泊施設利用率（\%）} = (\text{宿泊利用者数} \times 100) / (\text{収容定員} \times 365 \text{日})$$

湯本地区のホテル等の利用率は昭和58年が40.6％で、昭和42年の50.4％に比べ10％低くなっている。昭和42－45年の利用率は47－56％でかなり高い水準にあった。この地区のホテル等の収容定員がふえた昭和46年に利用率は42.8％に低下した。40％台の利用率は引続き昭和49年まで維持された。昭和50年の利用率は34.5％にさがり、いままでの最低値となっている。30％台の利用率は昭和54年まで続き、昭和55年にふたたび40％に回復した。

全国の温泉統計によると昭和42年の利用率は35.0％であったが、しだいに低下し昭和57年は27.9％になっている（環境庁、1984）。湯本地区のホテル等の利用率は全国統計の約1.5倍となっている。

塔之沢地区の旅館等の利用率は22.4－29.6％の範囲にある。利用率のきわだった変動はないが、昭和53年以降わずかず減少している傾向が現われている。

まとめ

温泉地における新たな源泉の開発は、「既存源泉」に影響をあたえないということを前提にしてなされてきた。箱根湯本温泉の湧出状況を詳しく検討してみると、新しく出現した源泉によって既存源泉の湧出状況は悪化することはあっても、好転することは決してなかったことがわかる。

箱根湯本において、温泉の湧出量の増加がホテル・旅館等の収容定員の増加に寄与したことは明かである。今後、この地域で温泉の湧出量を飛躍的に増加させることは出来ないので、温泉利用施設の充実や拡張は温泉源の有効利用によってなされなければならない。

温泉源の保護とあわせて、温泉地の活性化も今後の課題の一つである。全国的な傾向として温泉施設の利用率が低下しつづけている。国民所得の増加率が昭和56年（1981）に4％以下に落ちこんだ（神奈川県統計協会、1983,1984）。今後、国民所得の増加は比較的低い水準で推移していくと予想され

家 庭



お湯だけでなく「湯」にも入る。サウナバスも著書たちの人気のひとつ

湯治、旅館組合、本格的な温泉地としての温泉の確保を訴えてきた著者。日本温泉利用の多様化、各種スポーツ等との組合わせなどがもたらされている。温泉利用による健康づくりも今後の課題の一つであると考えられている。

湯治、旅館組合、本格的な温泉地としての温泉の確保を訴えてきた著者。日本温泉利用の多様化、各種スポーツ等との組合わせなどがもたらされている。温泉利用による健康づくりも今後の課題の一つであると考えられている。

温泉へ行って

体を鍛えよう

湯治、旅館組合、本格的な温泉地としての温泉の確保を訴えてきた著者。日本温泉利用の多様化、各種スポーツ等との組合わせなどがもたらされている。温泉利用による健康づくりも今後の課題の一つであると考えられている。

湯治、旅館組合、本格的な温泉地としての温泉の確保を訴えてきた著者。日本温泉利用の多様化、各種スポーツ等との組合わせなどがもたらされている。温泉利用による健康づくりも今後の課題の一つであると考えられている。



入浴と運動をセット

昔、ご隠居さん向け

いま、ヤング・ギャルに狙い

湯治、旅館組合、本格的な温泉地としての温泉の確保を訴えてきた著者。日本温泉利用の多様化、各種スポーツ等との組合わせなどがもたらされている。温泉利用による健康づくりも今後の課題の一つであると考えられている。

図9 温泉へ行って体を鍛えよう（朝日新聞、昭和59年6月7日）

ている。魅力ある温泉地を創造して活性化し、施設の利用率を向上させるための努力が増々必要になっている。

最近、温泉に対する人々のニーズが確実に変わりつつあるように感じられる。図9は昭和59年6月7日の朝日新聞に載った記事である。温泉利用の多様化、各種スポーツ等との組合わせなどがもたらされている。温泉利用による健康づくりも今後の課題の一つであると考えられている。

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。

小田原保健所温泉課川上伍良課長をはじめ同課の方々には日頃の調査に協力していただき、また同課に蓄積された長期間の湧出量調査資料を活用させていただいた。温泉地学研究所の平賀士郎研究部長には終始励ましていただいた。多くの方々に引き継がれ、現在、大山正雄主任研究員が調査を続けている第13号泉の水位観測結果を利用させていただいた。天利俊照氏には写真を作成していただいた。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る。

参考文献

- 朝日新聞（1984）温泉へ行って体を鍛えよう（昭和59年6月7日）.
- 箱根町（1968－1984）はこね統計書、昭和43年版－昭和59年版.
- 平野富雄、大木靖衛、栗屋 徹（1972）箱根湯本、塔之沢温泉の泉質、神奈川温研報告、Vol.3,No.3,109－130.
- 平野富雄、大木靖衛、広田 茂、小沢 清、荻野喜作（1974）箱根湯本温泉の自然湧出泉について（その 1）、湯本総湯の経年変化、神奈川温研報告、Vol.5,No.2,31－44.
- 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.6,No.1,1－10.
- 平野富雄、大山正雄（1980）箱根湯本温泉の自然湧出泉について（その3）、第3号泉（福住湧泉）の経年変化、神奈川温研報告、Vol.12,No.2,55－66.
- 神奈川県衛生部（1985）箱根の地下水とその利用状況.
- 神奈川県統計協会（1983,1984）県勢ダイジェスト、統計で知るかながわ（昭和58年版、昭和59年版）.
- 環境庁自然保護局施設整備課（1984）温泉利用宿泊施設とその利用者の推移（全国計）、温泉、Vol.52,No.10,11合併号、19.
- 小田原保健所温泉課（1981,1984）温泉実態調査結果（昭和55年度、昭和58年度）.
- Oki,Y. and Hirano,T.(1970) The geothermal system of the Hakone volcano,Geothermics,Special issue 2, U.N.Symposium on the development and utilization of geothermal resources,Pisa 1970,Vol.2,Part 2,1157－1166.
- 大山正雄（1986）箱根、湯河原の温泉水位観測（昭和61年1月21日温泉事務打合せ資料）.



写真1 総湯（第9号泉）入口に建てられた箱根温泉発祥之地の碑。（昭和60年1月撮影）

写真2 人々に親しまれた湯場の「千人風呂」は取り壊されて、今はない。（昭和55年11月撮影）

