

箱根湯本地区に湧出する温泉の現況と経年変化 ～ 2015（平成 27）年の一斉調査結果から～

菊川城司^{*1}

Present states and long-term assessment of hot springs in the Hakone Yumoto area -From the results of the 2015 survey-

by

George KIKUGAWA^{*1}

1. はじめに

箱根温泉では枯渇化が問題となった 1960 年代から源泉に関わる様々な調査が行われてきた（例えば大木ほか（1968）、大木ほか（1969）など）。中でも箱根湯本温泉、塔之沢温泉（以下、併せて箱根湯本地区とする）では、1970（昭和 45）年（平野ほか（1972））、1980（昭和 55）年（平野ほか（1986））、1990（平成 2）年（温泉地学研究所（1992））、2006（平成 18）年（菊川・板寺（2008））に源泉の一斉調査が行われており、最もまとまった温泉成分のモニタリングデータが蓄積された地域となっている。

これら 2006（平成 18）年までの一斉調査結果による経年変化は、菊川・板寺（2008）が取りまとめており、1990（平成 2）年以降は溶存成分の減少が穏やかになっている傾向があるものの、箱根湯本温泉の中心部では溶存成分の減少が進んでおり、塩類泉が減少して単純温泉の増加が認められたとしている。

本稿では、箱根湯本地区に湧出する温泉の最新の実態を把握するため 2015（平成 27）年に実施した一斉調査の結果を記載するとともに、これまでに実施された一斉調査データとの比較により経年変化を考察し、同地域における今後の温泉保護のあり方を考える。

なお本調査は、生活衛生課依頼による平成 27 年度温泉保護対策調査の結果に基づくものである。また、本報告は、同調査の報告書に加筆修正して作成した。

2. 調査方法

温泉の採水は、小田原保健福祉事務所温泉課（以下、温泉課と略）が箱根湯本地区で 3 年に 2 回の頻度で実施している調査（温泉保護対策調査及び温泉実態調査）にあわせて行った。採水作業は温泉課に依頼し、現地調

査による温度、pH、揚湯量の結果を後日聴取した。採取した温泉水は、pH、電気伝導率および各種イオン濃度などの溶存成分濃度について、鉱泉分析法指針（平成 26 年改訂）に準じて分析した。

採水は 2015（平成 27）年 5 月 13 日から 12 月 10 日の間に実施し、77 源泉の試料が得られた。なお、採水はできなかったものの現地調査により温度、揚湯量のデータが得られた源泉が 5 か所あり、これらを合わせて調査対象源泉は 82 源泉である。調査対象源泉の概略（海拔標高、深度及び湧出形態）を表 1 に示した。また、源泉の海拔標高、深度、水止め位置及び許可揚湯量について、最小値、最大値及び平均値を表 2 に示した。なお、調査対象とした源泉を湧出形態別にみると、水中ポンプによって揚湯されている源泉が 51 か所と最も多く、次いでエアリフトポンプによるものが 27 源泉、タービンポンプによるものが 2 源泉、横穴湧泉が 2 源泉となっている。

3. 調査結果

調査結果の一覧を付表に、おもな項目の平均値、最小値、最大値を表 3 に示した。

泉温は、平均値 52.0℃、最小値 18.5℃、最大値 82.7℃であった。泉温の最小値を示した源泉は、現在未利用の源泉で、メンテナンス等も実施されていないため、水止め不良により地下水が混入して温度が低下している可能性が高いと考えられる。それ以外の調査源泉の泉温は、すべて温泉法の定める温度の基準である 25℃以上であり、療養泉の基準を満たしていた。

揚湯量は平均値で 64L/min であり、今回調査対象とした源泉の許可揚湯量の平均値 78L/min の約 82%であった。揚湯量の最小値は 1L/min、最大値は 338L/min

*1 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586

報告, 神奈川県温泉地学研究所報告, 第 52 巻, 23-34, 2020

表1 調査対象源泉の海拔標高、深度及び湧出形態。湧出形態の「Air」はエアリフトポンプ、「Sub」は水中ポンプ、「Hor」は横穴湧泉、「Tur」はタービンポンプを表す。使用したデータは小田原保健福祉事務所資料（未公開）による。

台帳番号	海拔標高 (m)	深度 (GL-m)	湧出形態	台帳番号	海拔標高 (m)	深度 (GL-m)	湧出形態	台帳番号	海拔標高 (m)	深度 (GL-m)	湧出形態
湯本第1号	122	332	Air	湯本第67号	134	598	Sub	湯本第100号	301	735	Air
湯本第2号	120	266.6	Sub	湯本第68号	171	408	Air	湯本第101号	264	696.4	Sub
湯本第3号	119	0	Hor	湯本第71号	126	442.6	Sub	湯本第102号	214	800	Sub
湯本第6号	108	311.5	Sub	湯本第72号	190	407.1	Sub	湯本第103号	222	600	Air
湯本第7号	110	0	Hor	湯本第73号	162	442.4	Sub	湯本第104号	326	700	Sub
湯本第9号	105	5.8	Tur	湯本第74号	168	429.3	Sub	湯本第105号	191	548	Air
湯本第10号	106	247	Sub	湯本第75号	156	303	Sub	湯本第106号	238	560	Sub
湯本第12号	108	110.6	Sub	湯本第76号	159	380	Sub	湯本第107号	204	383	Sub
湯本第14号	98	182	Air	湯本第77号	188	385	Air	湯本第108号	420	900	Air
湯本第15号	128	334	Sub	湯本第78号	194	540	Air	湯本第109号	214	750	Air
湯本第19号	146	242	Air	湯本第79号	274	673	Sub	湯本第110号	220	631	Sub
湯本第25号	147	258.9	Sub	湯本第81号	192	598	Sub	湯本第111号	124	580	Sub
湯本第29号	136	272	Air	湯本第83号	100	588	Sub	湯本第112号	130	800	Sub
湯本第37号	124	106	Tur	湯本第84号	234	500	sub	湯本第113号	315	800	Sub
湯本第40号	187	304	Air	湯本第85号	228	300	sub	湯本第114号	195	503	Sub
湯本第41号	110	547	Sub	湯本第86号	183	497	sub	湯本第115号	360	698	Sub
湯本第42号	116	298	Air	湯本第87号	162	666	Air	湯本第116号	290	650	Air
湯本第44号	164	432	Air	湯本第88号	176	475	Sub	湯本第117号	176	600	Sub
湯本第45号	133	227	Sub	湯本第89号	295	650	Sub	湯本第118号	122	784	Sub
湯本第46号	140	300	Air	湯本第90号	214	493	Sub	湯本第119号	237	900	Air
湯本第48号	113	380	Sub	湯本第92号	284	673.5	Sub	湯本第120号	126	800	Sub
湯本第49号	118	360.2	Air	湯本第93号	190	671	Sub	湯本第121号	258	682	Air
湯本第50号	132	300	Air	湯本第94号	153	550	Sub	湯本第122号	247	1100	Air
湯本第52号	148	314	Air	湯本第95号	157	545	Air	湯本第123号	223	1000	Sub
湯本第55号	128	455	Sub	湯本第97号	273	600	Sub	湯本第124号	347	1500	Sub
湯本第56号	160	261	Sub	湯本第98号	126	650	Air	湯本第125号	360	1360	Sub
湯本第58号	160	394	Air	湯本第99号	237	648.4	Sub	湯本第126号	318	1000	Sub
湯本第60号	142	462	Sub								

表2 海拔標高、深度、水止め位置及び許可揚湯量の最小値、最大値及び平均値。使用したデータは小田原保健福祉事務所資料（未公開）による。

	海拔標高 (m)	深度 (GL-m)	水止め (GL-m)	許可揚湯量 (L/min)
最小値	98	0	66	15
最大値	420	1500	641	514
平均値	188	523	257	78

表3 おもな調査項目の平均値、最小値、最大値。温度及び揚湯量は82源泉、その他の項目は77源泉の値。調査項目の源泉毎のデータは付表を参照。

	温度 (℃)	揚湯量 (L/min)	pH	電気伝導率 (μ S/cm)	ナトリウムイオン (mg/L)	カルシウムイオン (mg/L)
平均値	52.0	64	8.8	1208	207	39.9
最小値	18.5	1	7.7	150	17.0	0.98
最大値	82.7	338	9.8	5750	934	388

	塩化物イオン (mg/L)	硫酸イオン (mg/L)	炭酸水素イオン (mg/L)	マタケイ酸 (mg/L)	マホウ酸 (mg/L)
平均値	279	127	55.2	74.5	15.7
最小値	9.11	5.54	22.6	33.1	0.23
最大値	1801	752	231	154	77.0

であり、揚湯量が100L/min以上の源泉は9源泉であった。揚湯量が最小値を示した源泉は温度も最低値の源泉であり、その原因は先に述べたとおり井戸の整備不良によるものと思われる。

pHは、平均値8.8、最小値7.7、最大値9.8であり、8.5以上のアルカリ性（鉱泉分析法指針で定める）を示すものは63源泉と全体の75%以上を占めていた。

トリリニアダイアグラムを図1に示した。なお、図中には参考として菊川・板寺（2008）による2006（平成18）年の調査データも併せて表示した。主要成分の構成比は、2006（平成18）年とほぼ変わりはなく、陽イオンについてはナトリウムイオンが100%近くを占めるものからナトリウムイオン60%、カルシウムイオン40%程度の間に分布し、マグネシウムイオンの比率が非常に少ないことが特徴的である。また、陰イオンについてみると、箱根湯本地区の温泉で硫酸イオンの比が50%を超えるものはなく、塩化物イオンと硫酸イオンの混合が主体で塩化物イオンが50%以上を占めるものから、炭酸水素イオンを主体とするものへ向かって分布していることが特徴的である。

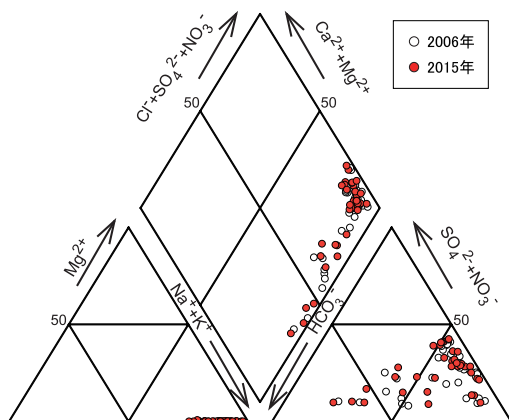


図1 2015（平成27）年の調査による箱根湯本地区源泉のトリリニアダイアグラム。菊川・板寺（2008）による2006（平成18）年に同地区で実施された調査結果も合わせて表示した。

今回の現地調査及び成分分析の結果から調査対象源泉の泉質を決定し、箱根湯本地区の泉質分布を図に示した（図2）。菊川・板寺（2008）によれば、箱根湯本地区の泉質の分布は特徴的であり、大きく4つのグループに分類できる。図中には、このグループ分類も併せて表示してある。今回の調査による泉質分布も2006（平成18）年の調査と大きな変化はなく、その概略は次のとおりである。湯坂山南側に沿って須雲川中流域に分布する源泉（湯坂山グループ）は、食塩（塩化ナトリウム）を多く含む。須雲川下流から早川との合流地点付近に分布する源泉（古期外輪山グループ）は、食塩のほかに石膏成分（硫酸カルシウム）も比較的多く含むのが特徴である。塔之沢や箱根湯本温泉発祥の地である湯場エリアに分布する源泉（塔之沢・湯場グループ）は、古期外輪山グループ同様、食塩と石膏を主成分とするが、成分総量は少なめで、泉質名はすべて単純温泉もしくはアルカリ性単純温泉となっている。また、須雲川上流部の源泉（畑宿・須雲川グループ）は、陰イオンに占める炭酸水素イオンの割合が高いのが特徴であるが、成分量は比較的少なく、主な泉質は単純温泉である。

4. 経年変化

温泉地学研究所では、過去に1970（昭和45）年、1980（昭和55）年、1990（平成2）年及び2006（平成18）年の計4回、箱根湯本地区全体についての調査を行っており、菊川・板寺（2008）によって経年変化の考察が行われた。ここでは、これら4回に2015（平

表4 1970（昭和45）年、1980（昭和55）年、1990（平成2）年、2006（平成18）年及び2015（平成27）年の調査全てで対象となっている共通源泉のリスト。

台帳番号		
湯本第2号	湯本第42号	湯本第71号
湯本第3号	湯本第44号	湯本第73号
湯本第6号	湯本第45号	湯本第74号
湯本第7号	湯本第46号	湯本第75号
湯本第9号	湯本第48号	湯本第76号
湯本第10号	湯本第50号	湯本第77号
湯本第15号	湯本第52号	湯本第79号
湯本第19号	湯本第56号	湯本第83号
湯本第25号	湯本第58号	湯本第85号
湯本第29号	湯本第60号	湯本第93号
湯本第37号	湯本第67号	湯本第94号
湯本第41号	湯本第68号	湯本第105号

成27）年の調査結果を加えた計5回のデータにより、経年変化の考察を行った。

対象とする5回の期間全てで調査対象となっている源泉は36源泉ある（表4）。この36源泉について、主な項目の平均値の経年変化を図3に示した。最初の調査である1970（昭和45）年と今回の調査である2015（平成27）年の平均値を比較すると、泉温は2.9℃低下し、揚湯量は19L/min減少している。また、箱根湯本地区温泉の主要成分であるナトリウムイオンでは74mg/L、塩化物イオンでは135mg/Lの減少が認められ、さらにはカルシウムイオン、硫酸イオンにも減少傾向が認められた。これに対して炭酸水素イオンは僅かではあるが増加しており、温泉水の冷水化や浅層地下水の混入が懸念される。しかし、長期的なトレンドに注目すると、1970（昭和45）年から1990（平成2）年までの間と比較して、1990（平成2）年以降は各データの減少傾向が緩やかになっていた。

次に、1974年（昭和40年代）までに掘削、利用が開始されている源泉について、調査時の温度や成分濃度などから決定した泉質の占有率を計算して、その経時変化を積み上げ面グラフで示した（図4）。1970（昭和45）年から1980（昭和55）年にかけて、単純温泉及びアルカリ性単純温泉の占める割合が60%から74%へと急激に増加しており、この間に箱根湯本地区全体としての温泉の溶存成分量が大きく減少したことが判る。この傾向は、先に図3で示した温度や成分などの長期的なトレンドとも調和的であった。また、菊川・板寺（2008）

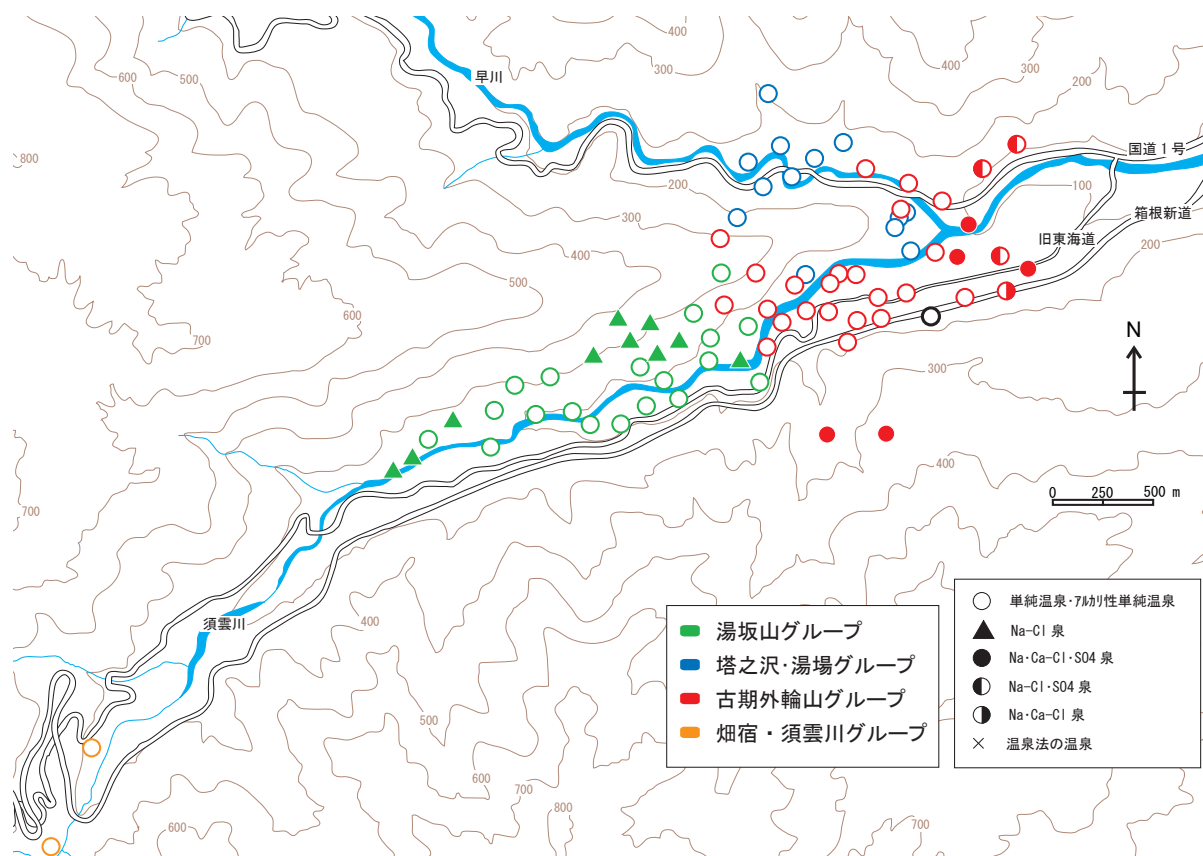


図2 2015（平成27）年の調査による箱根湯本地区の泉質分布図。グループの分類は菊川・板寺（2008）によるが、これに該当しない（当時未調査だった）ものは、分布図中では黒色で示している。

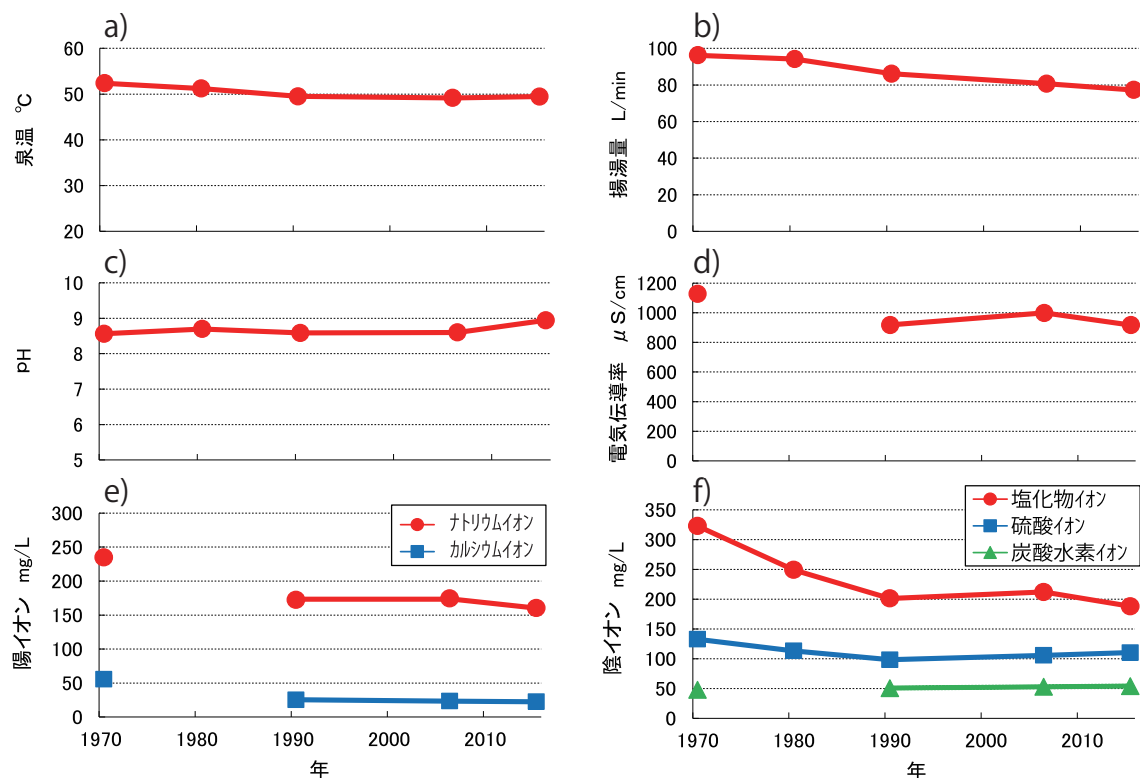


図3 主要項目平均値の経年変化。a) は温度、b) は揚湯量、c) はpH、d) は電気伝導率、e) は主な陽イオン、f) は主な陰イオンのデータ。1970（昭和45）、1980（昭和55）、1990（平成2）、2006（平成18）、2015（平成27）年の5回とも調査を行った36源泉（表4参照）の値による。

表5 箱根湯本地区の台帳番号および湧出形態の年度別件数。データは小田原保健福祉事務所資料（未公開）による。

1977 年の「－」は不明。欠番及び休止源泉があるため台帳番号数と揚湯方法別の源泉合計数は一致しない。

西暦	1958	1962	1965	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
台帳番号数	78	84	91	101	106	106	109	111	112	112	115	116	—	117	119	119
横穴湧泉			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
縦穴湧泉			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
エアリフトポンプ			47	57	58	61	64	63	64	65	70	67	—	72	73	73
タービンポンプ			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	3	3	3
水中ポンプ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
自噴井	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

西暦	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997
台帳番号数	120	120	120	121	121	121	122	122	122	123	123	123	123	124	125	125
横穴湧泉	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
縦穴湧泉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エアリフトポンプ	74	74	76	76	75	75	75	72	75	71	66	66	66	64	64	62
タービンポンプ	5	4	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
水中ポンプ	0	0	1	1	1	1	3	5	5	10	11	13	13	16	16	22
自噴井	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

西暦	1998	2000	2001	2003	2004	2006	2007	2009	2010	2012	2013	2015	2016	2018	2019
台帳番号数	125	125	125	126	126	126	126	126	126	126	127	127	127	127	127
横穴湧泉	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
縦穴湧泉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エアリフトポンプ	55	51	48	51	50	44	46	38	35	31	30	28	28	28	28
タービンポンプ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
水中ポンプ	25	30	31	33	33	34	39	45	48	51	53	54	54	54	54
自噴井	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

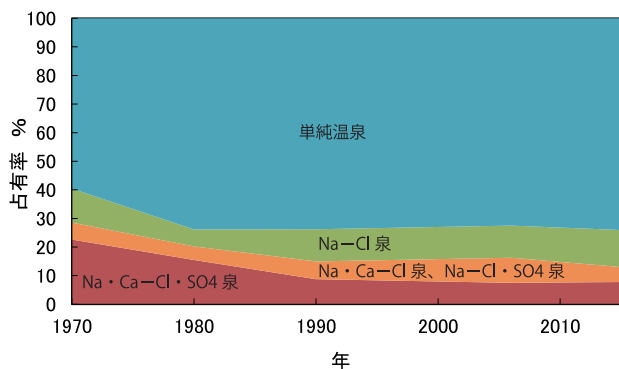


図4 昭和40年代までに掘削、利用が開始されている源泉の泉質占有率の経年変化。使用した過去のデータは、1970（昭和45）年が平野ほか（1972）、1980（昭和55）年が平野ほか（1986）、1990（平成2）年が温泉地学研究所（1992）、2006（平成18）年が菊川・板寺（2008）による。図中、「Na・Ca-Cl・SO4 泉」はナトリウム・カルシウム・塩化物・硫酸塩泉、「Na-Cl 泉」はナトリウム・塩化物泉、「Na-Cl・SO4 泉」はナトリウム・塩化物・硫酸塩泉、「Na・Ca-Cl 泉」はナトリウム・カルシウム・塩化物泉を表す。

による古期外輪山グループの特徴的な泉質であるナトリウム・カルシウム・塩化物・硫酸塩泉の占める割合は、1970（昭和45）年から2006（平成18）年まで減少傾向が認められた。湯坂山グループの特徴的な泉質であるナトリウム・塩化物泉の割合は、昭和45年から昭和

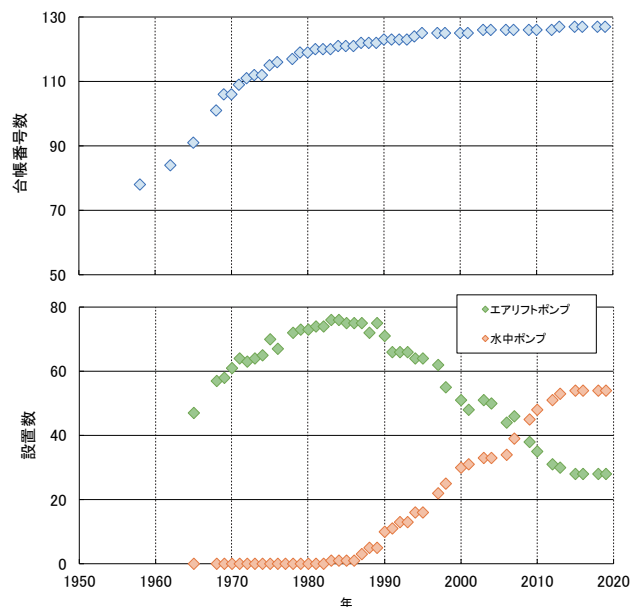


図5 箱根湯本地区の台帳番号と湧出形態（エアリフトポンプと水中ポンプの設置数）の経年推移。データは表5 参照。

55 年にかけて一旦減少したものの、その後は回復していた。このことから、湯坂山グループの源泉よりも、古期外輪山グループの源泉のほうが、より枯渇化が進行した状況にあるということがうかがえる。

成分等の経年変化検討の参考とするため、温泉課に登

録されている各源泉の管理情報（未公開）から、箱根湯本地区の台帳番号および湧出形態の推移を整理した（表5）。そのデータから、台帳番号と湧出形態（エアリフトポンプと水中ポンプの設置数）の経年推移を図5に示した。

現在、湯本台帳には第127号源泉まで登録されているが、台帳番号の増加傾向を見ると、1980（昭和55）年ころまでの傾きが大きく、以降は緩やかになっており、1960年代から1980年代にかけて新規登録数が多く、それ以降は新規掘削源泉数が少ないことがわかる。

また、湧出形態をみると、エアリフトポンプは1980年代までは増加傾向にあり、台帳番号の増加と調和的であるが、以降は減少へと転じている。逆に、水中ポンプは1982（昭和57）年までは1基も設置されていなかったが、以降急激に普及し、2009年にはエアリフトポンプと設置数が逆転している。このことは、1980年初頭までは新規掘削された源泉はすべてエアリフトポンプを利用していたため台帳番号と連動して数が増加したが、以降は、新規源泉の掘削件数は減少したものの、既存源泉において、メンテナンスが容易でランニングコストが低い水中ポンプへの動力装置の変更が数多く行われたことを表している。

以上の結果から、1970から1980年台にかけては、新規源泉の増加による既存源泉の枯渇化が大きく進行したものと考えられる。以降の枯渇化の鈍化については、県の実施してきた温泉保護対策の効果や新規源泉がそれほど増えないことによって、ある程度の歯止めがかかっている可能性が考えられる。しかし、菊川・板寺（2008）でも述べられているように、浅層の地下水との混合が進行し温泉水中の化学成分比が地下水のそれに近づいてきたため、見かけ上変化が穏やかになっている可能性もあり、今後も継続的なモニタリングの実施により、推移を注目しておくべきである。

続いて、近年の地域的な変化の特徴を検討するため、温度、揚湯量、塩化物イオン、硫酸イオン、炭酸水素イオンについて、2006（平成18）年データに対する2015（平成27）年データの変動量を源泉毎に表したものを図6～図10に示した。

個々の源泉の温度や量、溶存成分は、井戸の浚渫、ポンプの変更、エア管や揚湯管の入れ替えなどのメンテナンスによって大きく影響を受ける。そのため、源泉枯渇化の状況を確認するためには、井戸管理の経歴を考慮する必要がある、ここでは個別の源泉に対する議論はできない。しかしながら、箱根湯本地区全体を俯瞰してデー

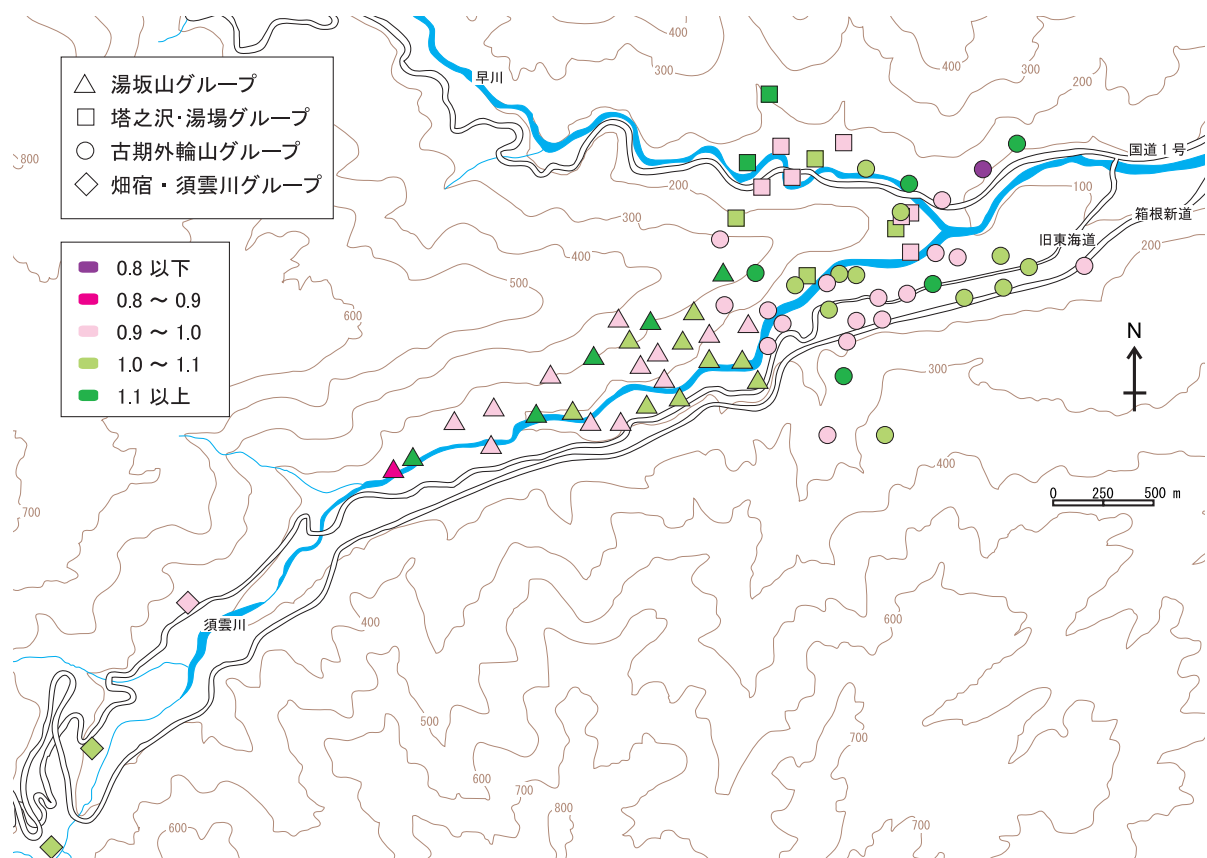


図6 泉温の2006（平成18）年に対する2015（平成27）年の変化量。源泉毎に2006（平成18）年の値を1としたときの2015（平成27）年の比率で示した。グループの分類は菊川・板寺（2008）による。

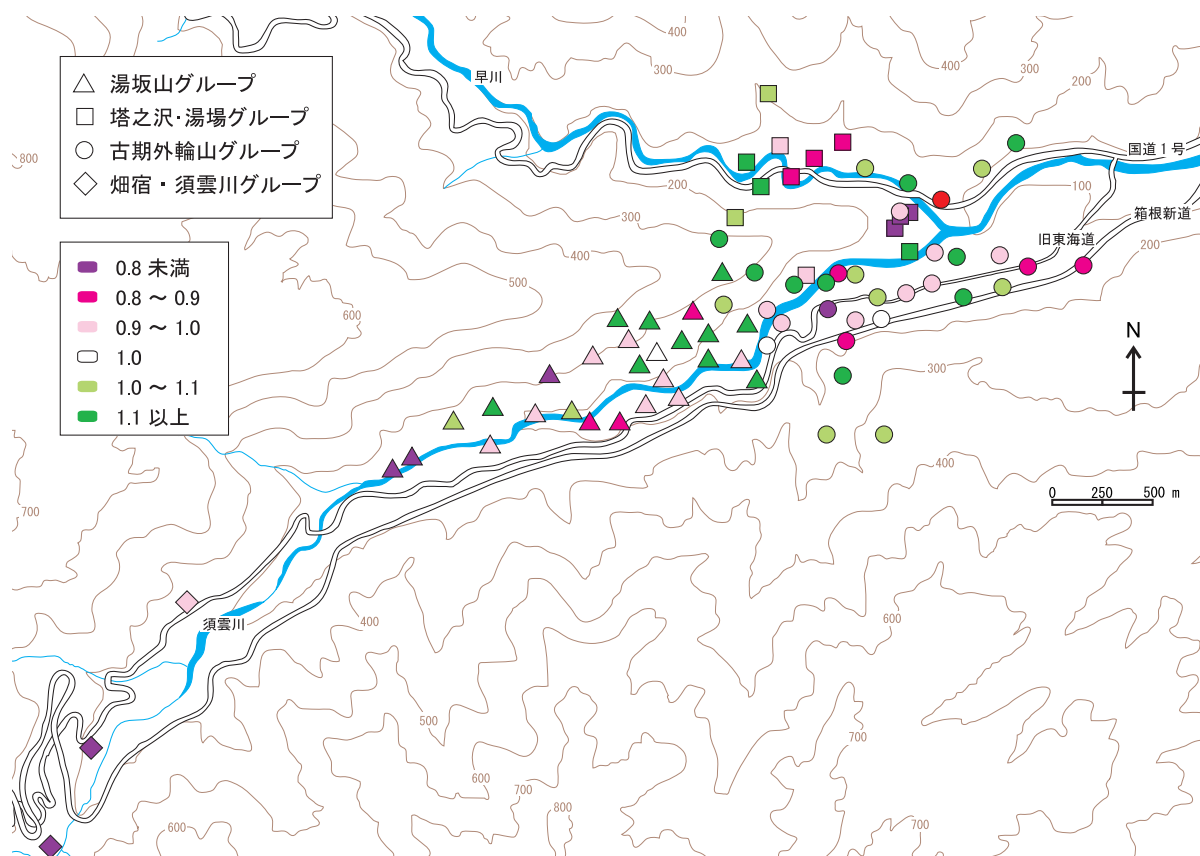


図7 揚湯量の2006（平成18）年に対する2015（平成27）年の変化量。源泉毎に2006（平成18）年の値を1としたときの2015（平成27）年の比率で示した。グループの分類は菊川・板寺（2008）による。

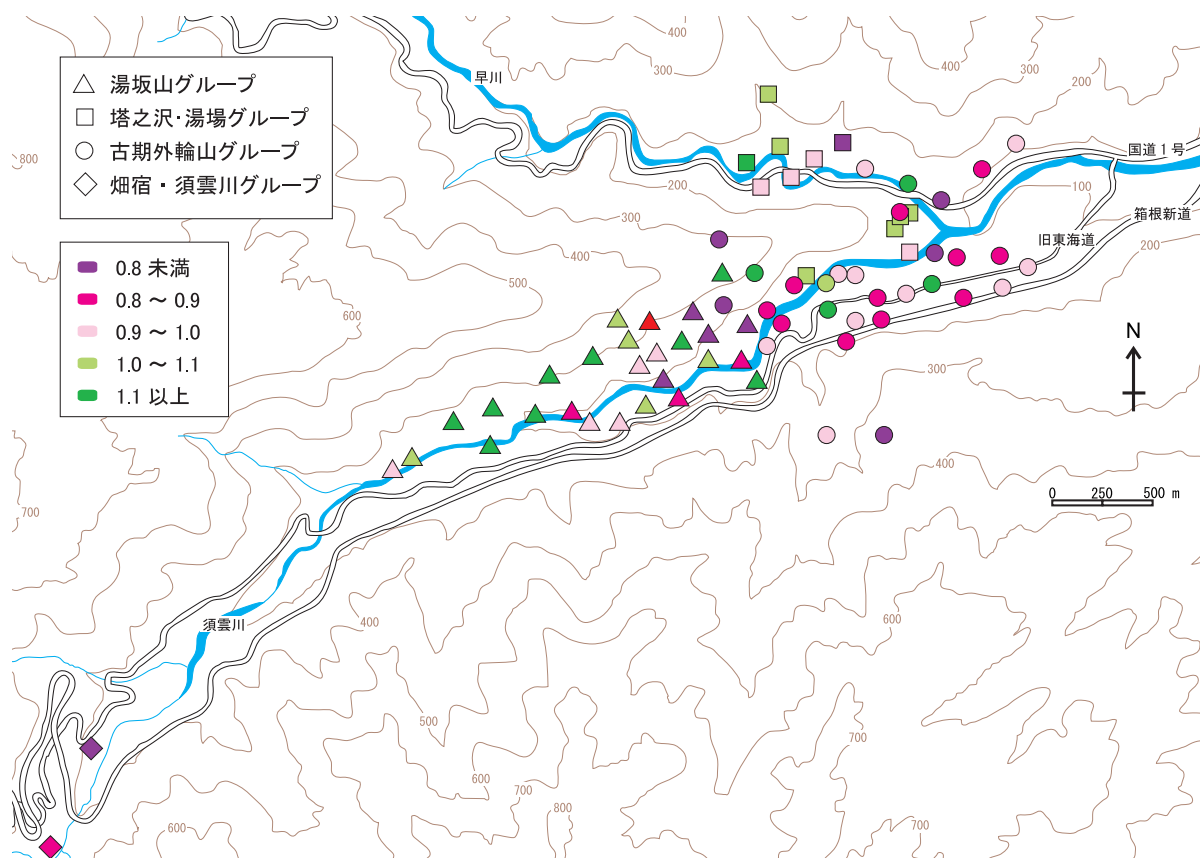


図8 塩化物イオン濃度の2006（平成18）年に対する2015（平成27）年の変化量。源泉毎に2006（平成18）年の値を1としたときの2015（平成27）年の比率で示した。グループの分類は菊川・板寺（2008）による。

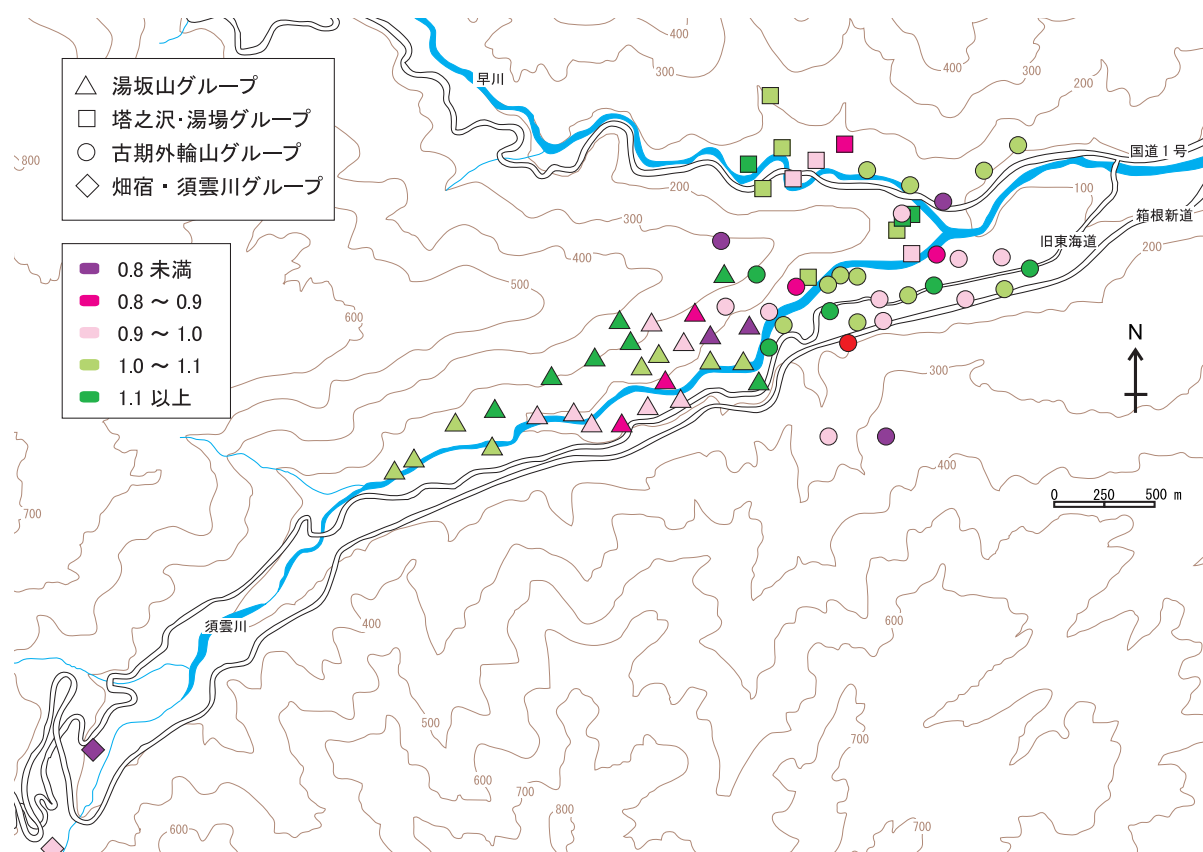


図9 硫酸イオン濃度の2006（平成18）年に対する2015（平成27）年の変化量。源泉毎に2006（平成18）年の値を1としたときの2015（平成27）年の比率で示した。グループの分類は菊川・板寺（2008）による。

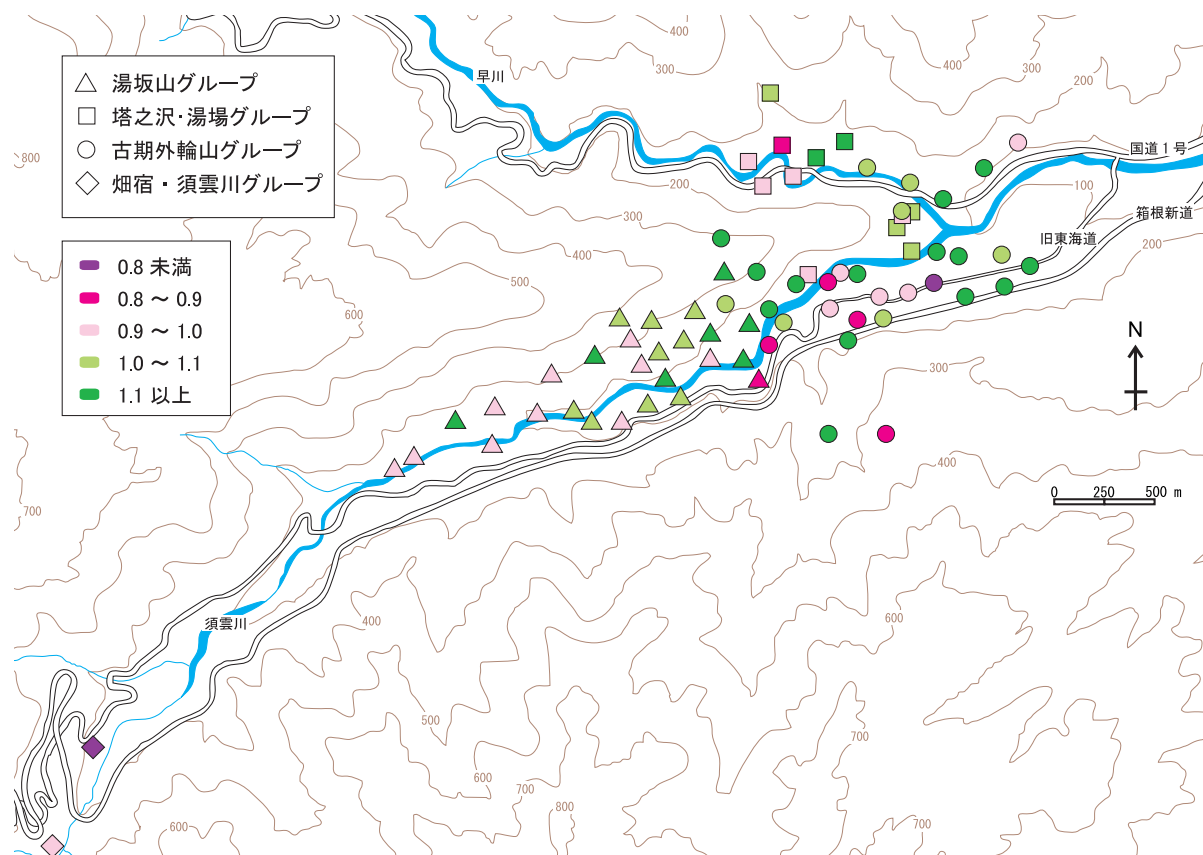


図10 炭酸水素イオン濃度の2006（平成18）年に対する2015（平成27）年の変化量。源泉毎に2006（平成18）年の値を1としたときの2015（平成27）年の比率で示した。グループの分類は菊川・板寺（2008）による。

タを眺めるとある程度地域的な特徴が把握できたと思われる。

温度（図 6）については、エリアやグループ毎の特徴ははっきりとは見いだせない。揚湯量（図 7）については、畑宿・須雲川グループで対象とした 3 源泉とも減少傾向にあるが、他のグループではばらついている。塩化物イオン濃度（図 8）については、早川須雲川の合流地点から須雲川沿いにかけて減少率が高い傾向が認められ、特に古期外輪山グループと、畑宿・須雲川グループで顕著である。硫酸イオン濃度（図 9）についても、同様に須雲川沿いで減少率が高いが、塩化物イオンよりもその源泉数は少ない。また、炭酸水素イオン濃度（図 10）は、塩化物イオンや硫酸イオンで減少傾向が認められる源泉では逆に増加している傾向がある。以上のことから、古期外輪山グループや湯坂山グループに属する源泉で枯渇化が引き続き進行している可能性が考えられる。なお、畑宿・須雲川グループの源泉については、大部分の項目で減少傾向が認められるが、対象となっている源泉数が少ないことから、地域としての枯渇化の判断は保留する。

5. 温泉保護の考え方

以上の結果から、今後箱根湯本地区の温泉について保護対策を進める上で考慮すべき点として次のようなことが考えられる。

古期外輪山グループや湯坂山グループに属する源泉の枯渇化傾向が継続しているため、同グループの源泉については継続的なモニタリングなどを実施し、今後の推移を把握しておくべきである。

箱根湯本地区全体に関しては、現在掘削されている地域の規制を強化しても、利用場所まで長距離を引湯するつもりであれば、県が定める温泉保護地域の外側へと開発を進めることが可能である。実際に神奈川県温泉台帳に登録される台帳番号の新しい源泉は、従来の温泉地の外側で掘削され、箱根湯本地区の温泉地と呼べる地域はどんどんと広範囲になっている。これは、古来から温泉の湧出する源泉密集エリアの過剰揚湯対策として有用であるようにも考えられるが、一方で周辺地域での過度な開発は、保護すべきエリアの温泉源への涵養を阻害し枯渇化をさらに進行させる可能性もあることに注意が必要である。

今後の温泉保護のあり方として、古くからのエリアについては、現在の状況を維持すればよいのか、それとも自然湧泉が数多くあった昭和 30 年代以前の状態に回復させることを目指すのかという判断も必要である。現状維持でよいとすれば、枯渇化にある程度歯止めがかかっ

ている徴候が認められる地域では、現在の保護対策を継続していけばよい。しかしながら、数十年前のレベルまでの回復を目指すのであれば、現在よりもさらに厳しい痛みを伴うような何らかの規制（例えば源泉の統廃合や揚湯制限）をかけていく必要もあると考えられる。

一方、外側へと広がっている新規源泉の開発に対しては、地域のニーズとして要望があれば、現在の保護対策を継続して外周部の開発を認めていくのも一つの選択肢となる。ただし、無制限に無秩序な開発を認めるのではなく、科学的な根拠に基づいて温泉の適正利用を行い、周辺への影響を最低限に留める必要がある。

今後は、箱根湯本地区という括りの中での全体としての保護対策と、さらにローカル（たとえば菊川・板寺（2008）によるグループごと）な保護対策を組み合わせで考えていくことがさらに重要になってくるであろう。

6. おわりに

2015（平成 27）年に実施した箱根湯本地区温泉の一斉調査結果についてとりまとめるとともに、経年変化について考察した。菊川・板寺（2008）による 2006（平成 18）年の調査結果と傾向に大きな相違はなく、枯渇化の進行は鈍化しているものと考えられた。しかし、昭和 40 年代と比較すると地域全体としては枯渇化している状況に変わりはなく、今後も本地域における温泉保護のあり方について検討していく必要があると思われる。

謝辞

本稿で取りまとめた調査については、小田原保健福祉事務所温泉課のみなさまにご協力いただき現地調査を実施した。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 平野富雄・大木靖衛・栗屋徹（1972）箱根湯本・塔之沢の泉質，温地研報告，3(3)，109-130.
- 平野富雄・栗屋徹・大木靖衛（1986）箱根湯本温泉の湧出状況について，温地研報告，17(5)，95-114.
- 環境省自然環境局（2014）鉱泉分析法指針（平成 26 年改訂），1-163.
- 菊川城司・板寺一洋（2008）箱根湯本地区温泉の泉質経年変化の評価—成因の解明に向けて，神奈川県立博物館調査研究報告，13，195-210.
- 温泉地学研究所（1992）平成 3 年度温泉保護対策調査報告書
- 大木靖衛・平野富雄・田島綾子（1968）箱根温泉の成因，神奈川県温泉地学研究所報告，1(6)，35-50.

大木靖衛・荻野喜作・広田茂・小鷹滋郎・小沢清・平賀
士郎・河西正男・平野富雄・田嶋撻子・岩田義徳
(1969),箱根姥子温泉調査報告,神奈川温研報告,
1(8),1-12.

付表 調査結果の一覧。表中の泉質名で「Na・Ca-Cl・SO₄ 泉」はナトリウム・カルシウム－塩化物・硫酸塩泉、「Na-Cl 泉」はナトリウム－塩化物泉、「Na-Cl・SO₄ 泉」はナトリウム－塩化物・硫酸塩泉、「Na・Ca-Cl 泉」はナトリウム・カルシウム－塩化物泉を表す。

台帳番号	調査年月日	温度 (℃)	湧湯量 (L/min)	現地pH	実験室pH	電気伝導度 (μS/cm)	成分総計 (mg/L)	Li ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Br ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	H ₂ SiO ₃ (mg/L)	HBO ₂ (mg/L)	泉質名	
湯本第1号	2015/6/15	52.9	42	8.7	8.47	923	545	0.03	141	2.17	0.00	21.5	0.41	159	0.49	0.03	139	30.9	0.73	39.7	10.6	単純温泉	
湯本第2号	2015/6/15	55.9	71	9.0	8.88	1211	752	0.04	205	2.86	0.01	35.9	0.62	265	0.79	0.00	153	33.4	2.03	39.0	14.8	アルカリ性単純温泉	
湯本第3号	2015/6/30	42.0	81	9.0	8.88	819	577	0.01	132	1.65	0.24	30.4	0.23	134	0.35	1.10	145	32.2	1.96	86.2	11.3	アルカリ性単純温泉	
湯本第6号	2015/6/30	48.0	41	9.2	9.08	927	612	0.01	170	1.53	0.01	17.0	0.21	190	0.55	0.16	115	37.9	3.62	64.8	11.9	アルカリ性単純温泉	
湯本第7号	2015/6/30	37.5	14	9.0	8.83	739	534	0.00	119	1.33	0.12	26.9	0.21	122	0.31	1.21	133	33.8	1.63	85.3	10.2	アルカリ性単純温泉	
湯本第9号	2015/6/30	36.2	338	8.9	8.82	652	481	0.01	104	1.52	0.52	24.2	0.18	108	0.27	2.00	114	34.9	1.69	81.7	8.50	アルカリ性単純温泉	
湯本第10号	2015/6/26	40.6	24	9.1	8.97	823	508	0.02	138	1.91	0.01	17.6	0.53	150	0.41	0.00	105	36.3	2.78	40.8	14.8	アルカリ性単純温泉	
湯本第12号	2015/6/23	37.6	81	9.2	9.00	622	433	0.02	109	1.28	0.01	13.3	0.24	106	0.27	0.73	90.0	43.1	3.31	56.7	9.20	アルカリ性単純温泉	
湯本第14号	2015/6/29	24.6	5	9.1	8.91	2560	1583	0.04	419	4.87	0.11	123	1.09	624	2.05	0.00	297	38.0	2.30	33.2	39.2	Na・Ca-Cl・SO4泉	
湯本第15号	2015/6/15	50.5	30	9.0	9.00	848	560	0.02	155	1.73	0.0	19.8	0.37	163	0.37	0.00	139	28.4	2.17	40.4	9.81	アルカリ性単純温泉	
湯本第19号	2015/8/3	61.7	61	8.7	8.56	652	473	0.02	124	2.22	0.05	9.57	0.21	124	0.32	0.57	44.4	98.1	2.95	60.1	6.16	アルカリ性単純温泉	
湯本第25号	2015/6/4	35.3	67	9.1	8.90	356	274	0.01	66.0	0.54	0.02	4.52	0.11	52.4	0.17	1.46	22.4	67.9	4.12	51.8	2.03	アルカリ性単純温泉	
湯本第29号	2015/6/4	47.8	169	8.7	8.66	594	446	0.01	114	1.82	0.05	7.45	0.24	114	0.27	1.53	60.6	68.1	2.63	69.8	5.58	アルカリ性単純温泉	
湯本第37号	2015/6/24	60.2	193	9.1	9.06	1129	754	0.01	184	2.11	0.11	35.5	0.33	197	0.47	0.16	213	30.1	2.88	74.0	13.2	アルカリ性単純温泉	
湯本第40号	2015/6/10	27.8	29	8.8	8.42	165	152	0.00	29.9	0.24	0.00	5.02	0.04	12.7	0.00	0.00	5.5	63.1	1.23	33.1	0.23	単純温泉	
湯本第41号	2015/6/30	53.4	56	9.2	9.09	1158	759	0.02	204	2.04	0.01	30.0	0.70	247	0.75	0.17	155	35.6	3.41	55.1	25.6	アルカリ性単純温泉	
湯本第42号	2015/6/30	40.7	27	9.4	9.24	718	478	0.01	128	1.34	0.01	13.9	0.40	142	0.42	0.80	89.3	38.1	4.63	46.5	12.9	アルカリ性単純温泉	
湯本第44号	2015/8/3	69.0	72	8.4	8.40	1790	1175	0.07	341	5.51	0.11	31.4	0.48	464	1.16	0.00	108	87.2	1.70	110	22.3	Na-Cl泉	
湯本第45号	2015/6/15	46.8	164	9.1	8.90	702	481	0.01	113	1.34	0.05	22.3	0.23	115	0.30	1.59	126	33.4	2.03	58.5	6.89	アルカリ性単純温泉	
湯本第46号	2015/6/4	43.2	166	8.8	8.61	519	398	0.01	93.4	1.45	0.04	8.00	0.26	86.4	0.20	1.63	54.5	81.6	2.45	63.0	4.49	アルカリ性単純温泉	
湯本第48号	2015/6/29	54.5	32	9.1	9.15	1079	681	0.01	195	1.63	0.00	17.2	0.20	217	0.63	0.00	132	34.9	4.23	68.3	9.57	アルカリ性単純温泉	
湯本第49号	2015/12/8	18.5	1	9.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
湯本第50号	2015/6/24	30.8	171	9.0	8.67	285	236	0.00	47.5	0.84	0.02	5.78	0.10	34.7	0.08	2.79	26.8	52.8	2.04	60.1	2.61	アルカリ性単純温泉	
湯本第52号	2015/7/2	52.8	48	8.8	8.73	1068	772	0.01	186	2.56	0.01	35.7	0.34	193	0.45	0.16	210	29.3	1.13	99.1	13.4	アルカリ性単純温泉	
湯本第55号	2015/5/13	47.5	71	8.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
湯本第56号	2015/6/4	36.4	47	9.2	9.09	444	333	0.01	83.1	0.70	0.01	3.94	0.21	85.0	0.18	1.39	16.8	65.7	6.29	65.2	4.17	アルカリ性単純温泉	
湯本第58号	2015/7/21	53.5	35	8.9	8.68	975	698	0.01	176	4.11	0.01	21.6	0.30	158	0.39	0.17	174	70.4	2.72	80.2	9.83	アルカリ性単純温泉	
湯本第60号	2015/6/15	55.6	64	9.0	8.98	829	561	0.01	154	1.91	0.01	17.6	0.38	166	0.41	0.00	119	34.0	2.61	56.8	9.17	アルカリ性単純温泉	
湯本第67号	2015/6/23	51.9	35	8.6	8.41	1863	1158	0.00	290	3.77	0.03	75.2	0.65	487	1.39	0.00	194	34.5	0.68	45.6	25.3	Na・Ca-Cl・SO4泉	
湯本第68号	2015/7/6	40.3	54	8.7	8.45	630	402	0.01	103	1.74	0.01	13.8	0.26	109	0.29	0.19	87.0	38.0	0.90	42.4	5.57	単純温泉	
湯本第71号	2015/6/26	50.2	31	8.8	8.61	2390	1495	0.08	375	5.83	0.03	108	1.23	539	1.64	0.00	300	37.8	1.14	80.6	44.1	Na・Ca-Cl・SO4泉	
湯本第72号	2015/6/8	49.1	30	9.4	9.43	222	194	0.00	42.4	0.26	0.00	1.87	0.14	17	0.04	0.24	11.1	68.6	13.1	37.8	1.15	アルカリ性単純温泉	
湯本第73号	2015/6/4	58.0	44	8.3	8.23	1402	925	0.05	255	3.15	0.13	25.5	0.37	399	0.88	0.00	63.2	64.4	0.79	96.7	15.5	単純温泉	
湯本第74号	2015/6/8	52.5	76	9.2	9.22	253	224	0.00	49.2	0.96	0.04	2.21	0.26	27.2	0.06	2.29	10.6	69.7	8.47	50.2	2.24	アルカリ性単純温泉	
湯本第75号	2015/6/24	32.6	69	9.2	8.95	339	275	0.00	55.7	0.94	0.02	8.54	0.12	41.5	0.09	2.36	40.2	56.7	4.35	61.4	2.92	アルカリ性単純温泉	
湯本第76号	2015/7/6	49.1	47	9.1	8.98	869	554	0.03	154	2.28	0.00	17.6	0.68	177	0.51	0.04	116	35.2	2.70	34.7	12.5	アルカリ性単純温泉	
湯本第77号	2015/6/10	28.1	66	9.4	9.08	206	189	0.00	41.5	0.63	0.01	1.80	0.09	14.7	0.06	0.23	9.3	76.9	7.36	35.3	0.59	アルカリ性単純温泉	
湯本第78号	2015/6/10	42.0	43	9.4	9.23	236	227	0.00	48.1	0.85	0.01	1.32	0.27	16.8	0.00	0.00	10.1	81.7	9.92	55.6	1.82	アルカリ性単純温泉	
湯本第79号	2015/6/15	73.5	70	8.3	8.33	1351	876	0.05	246	4.01	0.08	20.1	0.52	326	0.82	0.05	77.7	69.2	1.07	113	16.7	単純温泉	
湯本第81号	2015/6/11	54.6	123	8.5	8.52	742	502	0.02	131	2.61	0.11	12.0	0.25	157	0.41	0.43	37.9	80.7	1.92	69.1	7.37	アルカリ性単純温泉	
湯本第83号	2015/7/2	58.4	46	9.1	9.11	1619	1059	0.01	316	3.03	0.01	19.2	1.04	325	0.91	0.00	265	36.8	3.52	65.2	24.1	Na-Cl・SO4泉	

付表 (続き)

台帳番号	調査年月日	温度 (℃)	湯量 (L/min)	現地pH	実験室pH	電気伝導度 (μS/cm)	成分総計 (mg/L)	Li ⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Br ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	H ₂ SiO ₃ (mg/L)	HBO ₂ (mg/L)	泉質名	
湯本第84号	2015/6/11	44.8	88	9.1	9.00	440	314	0.01	79.5	1.16	0.02	5.05	0.17	78.2	0.19	2.57	15.9	73.7	5.65	48.5	3.23	アルカリ性単純温泉	
湯本第85号	2015/8/3	50.4	45	9.1	9.04	341	315	0.01	72.7	1.03	0.01	1.87	0.21	37.4	0.10	0.00	27.3	100	7.67	63.9	2.63	アルカリ性単純温泉	
湯本第86号	2015/7/6	44.7	82	9.1	9.03	628	406	0.02	93.9	1.56	0.01	10.2	0.44	117	0.30	0.00	97.5	35.2	2.70	38.2	8.56	アルカリ性単純温泉	
湯本第87号	2015/7/21	36.9	50	9.3	8.83	192	221	0.00	39.5	0.61	0.02	1.64	0.07	13.4	0.05	1.69	7.6	102	4.96	48.1	0.67	アルカリ性単純温泉	
湯本第88号	2015/7/6	51.7	45	9.3	8.66	1186	687	0.04	202	2.88	0.03	37.21	0.61	277	0.85	0.20	137	28.2	1.09	—	—	アルカリ性単純温泉	
湯本第89号	2015/6/11	68.6	51	8.6	8.67	679	516	0.03	140	2.50	0.11	7.79	0.37	174	0.37	0.16	27.5	75.1	2.90	77.5	7.79	アルカリ性単純温泉	
湯本第90号	2015/6/5	54.3	106	9.4	9.26	432	332	0.01	81.2	1.22	0.00	3.57	0.45	75.6	0.18	0.00	20.9	67.8	10.4	65.7	4.65	アルカリ性単純温泉	
湯本第92号	2015/6/8	66.5	68	8.1	8.12	1656	1017	0.06	299	4.72	0.16	34.5	0.51	412	1.05	0.40	73.1	78.6	0.73	94.4	17.4	Na-Cl泉	
湯本第93号	2015/6/10	67.6	52	9.4	9.58	281	281	0.00	51.3	0.47	0.00	0.98	0.54	26.6	0.06	0.00	13.0	75.8	23.0	85.2	3.94	アルカリ性単純温泉	
湯本第94号	2015/6/26	62.4	96	8.8	8.72	1495	937	0.06	259	4.66	0.02	29.7	1.14	343	1.01	0.00	165	32.9	1.27	71.3	29.4	アルカリ性単純温泉	
湯本第95号	2015/7/6	46.1	39	8.6	8.23	1159	707	0.04	190	3.10	0.02	37.2	0.54	267	0.84	0.08	133	29.8	0.37	32.3	13.3	単純温泉	
湯本第97号	2015/8/10	54.0	67	9.1	8.91	578	478	0.01	131	1.62	0.02	8.57	0.26	124	0.25	1.54	61.9	74.8	4.54	63.5	6.08	アルカリ性単純温泉	
湯本第98号	2015/7/2	35.7	50	8.9	7.93	1473	1039	0.02	264	3.18	0.37	31.3	1.47	274	0.77	0.26	255	39.1	0.24	151	18.5	Na-Cl・SO4泉	
湯本第99号	2015/6/11	72.7	56	8.0	7.92	2020	1230	0.06	353	4.61	0.13	45.8	0.59	550	1.33	0.00	92.8	58.0	0.36	99.5	22.6	Na-Cl泉	
湯本第100号	2015/6/11	54.1	42	8.3	8.26	2400	1536	0.14	434	8.66	0.76	59.8	0.69	662	1.63	0.60	86.9	106	1.64	144	27.7	Na-Cl泉	
湯本第101号	2015/6/8	82.7	56	7.7	7.50	2580	1520	0.12	448	8.50	0.35	53.3	0.69	664	1.74	0.00	107	77.4	0.17	126	28.0	Na-Cl泉	
湯本第102号	2015/6/8	72.3	52	8.0	7.94	1904	1357	0.08	407	5.93	0.23	37.1	0.72	626	1.24	0.00	79.9	72.2	0.45	105	20.8	Na-Cl泉	
湯本第103号	2015/6/5	49.2	10	8.7	8.63	1123	757	0.00	226	2.56	0.02	6.25	2.65	270	0.61	0.00	62.9	72.1	2.17	96.8	14.6	アルカリ性単純温泉	
湯本第104号	2015/8/3	49.2	51	8.8	8.74	571	435	0.01	106	2.27	0.10	8.7	0.38	107	0.26	0.91	49.3	81.0	3.13	69.9	6.0	アルカリ性単純温泉	
湯本第105号	2015/6/19	53.2	78	8.4	8.27	1655	957	0.06	272	3.97	0.03	47.5	0.73	391	1.11	0.00	150	22.7	0.35	50.7	16.4	単純温泉	
湯本第106号	2015/6/5	55.9	50	9.4	9.33	348	285	0.00	65.9	1.36	0.01	2.41	0.36	53.4	0.11	0.00	15.6	70.0	10.7	62.4	3.09	アルカリ性単純温泉	
湯本第107号	2015/7/2	51.3	70	9.1	9.01	937	673	0.01	163	1.90	0.01	26.7	0.27	159	0.39	0.00	186	30.6	2.35	92.2	10.1	アルカリ性単純温泉	
湯本第108号	2015/7/8	41.3	15	9.0	8.77	473	494	0.00	112	1.90	0.02	1.09	0.83	16.6	0.05	0.00	18.1	231	11.2	97.0	3.98	アルカリ性単純温泉	
湯本第109号	2015/9/25	39.8	32	8.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
湯本第110号	2015/6/24	58.8	56	9.1	9.04	1194	829	0.01	205	2.86	0.01	38.8	0.45	224	0.49	0.16	230	30.6	2.35	79.9	15.2	アルカリ性単純温泉	
湯本第111号	2015/6/26	60.4	39	8.7	8.65	2260	1512	0.06	410	5.79	0.25	69.8	1.36	570	1.66	0.00	271	30.5	1.18	107	42.9	Na-Cl・SO4泉	
湯本第112号	2015/6/23	79.3	152	7.8	7.63	5750	3915	0.14	934	20.3	0.62	388	1.06	1801	7.06	0.00	540	34.6	0.11	109	77.0	Na・Ca-Cl泉	
湯本第113号	2015/6/26	47.1	80	9.3	9.14	613	462	0.00	108	1.41	0.01	7.31	0.32	118	0.27	1.99	43.1	60.1	5.76	106	9.61	アルカリ性単純温泉	
湯本第114号	2015/6/8	52.2	29	9.5	9.52	255	231	0.00	49.5	0.48	0.00	1.21	0.29	20.4	0.00	0.00	12.6	74.7	18.1	51.1	2.38	アルカリ性単純温泉	
湯本第115号	2015/6/8	69.1	54	8.0	7.96	1837	1137	0.08	332	5.14	0.19	39.2	0.52	484	1.23	0.00	78.5	76.1	0.55	99.5	19.7	Na-Cl泉	
湯本第116号	2015/6/11	60.3	26	8.8	8.96	364	315	0.00	70.7	0.80	0.01	2.68	0.98	56.0	0.13	0.00	20.7	76.0	5.83	73.4	7.76	アルカリ性単純温泉	
湯本第117号	2015/6/23	60.1	79	8.8	8.75	1370	847	0.06	226	4.03	0.03	42.2	0.68	322	0.97	0.00	157	30.3	1.47	44.9	17.5	アルカリ性単純温泉	
湯本第118号	2015/6/26	65.0	56	8.4	8.38	4390	3124	0.08	721	10.4	0.21	300	1.79	1156	4.97	0.07	752	26.2	0.51	81.3	68.3	Na・Ca-Cl・SO4泉	
湯本第119号	2015/6/5	66.4	22	8.3	8.38	2340	1443	0.09	397	9.58	0.01	70.3	0.97	658	1.71	0.00	141	28.6	0.56	114	21.3	Na-Cl泉	
湯本第120号	2015/11/16	63.7	70	8.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
湯本第121号	2015/6/5	74.7	57	8.3	8.43	2060	1294	0.06	372	7.12	0.02	44.4	1.04	597	1.32	0.00	105	34.5	0.68	111	19.4	Na-Cl泉	
湯本第122号	2015/6/5	73.9	32	8.3	8.53	2050	1328	0.11	364	11.3	0.01	45.7	1.01	571	1.46	0.00	130	30.9	0.73	154	19.2	Na-Cl泉	
湯本第123号	2015/6/19	72.5	70	7.8	7.80	5080	3385	0.19	777	15.5	0.56	366	0.67	1459	6.14	0.00	630	25.9	0.13	73.9	29.8	Na・Ca-Cl・SO4泉	
湯本第124号	2015/12/10	47.8	68	9.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
湯本第125号	2015/7/8	40.0	29	8.9	8.54	150	135	0.00	17.0	1.10	0.72	5.15	0.15	9.11	0.00	1.36	9.10	45.1	1.07	44.7	0.43	アルカリ性単純温泉	
湯本第126号	2015/6/19	63.1	67	8.0	7.96	4050	2080	0.19	415.7	10.37	0.32	246.1	1.23	684.2	3.39	0.00	592.2	23	0.16	72.5	30.9	Na・Ca-Cl・SO4泉	