

底倉温泉における仙石屋跡地湧泉の一斉調査結果（2023年）

難波あゆみ^{*1}・外山浩太郎^{*1}・菊川城司^{*1}

Simultaneous survey of hot spring water quality at Sengokuya site in Sokokura Onsen, Hakone, Japan

by

Ayumi NAMBA^{*1}, Kotaro TOYAMA^{*1} and George KIKUGAWA^{*1}

1. はじめに

底倉温泉は、江戸時代に箱根七湯の一つにも数えられた温泉場であり、その一部には蛇骨湧泉群がある。蛇骨湧泉群の源泉は、主に蛇骨川に架かる国道138号線の八千代橋付近から上流の溪谷沿いに分布している。源泉の大部分は自然湧泉であり、菊川（2014）によれば、2013（平成25）年3月末時点で、底倉温泉には35箇所の源泉があり、そのうちポンプによる揚湯は2箇所のみであった。

今回（2023年7月18日）、底倉温泉で江戸時代から続く温泉宿であった仙石屋旅館（箱根町底倉247、昭和50年代閉館、現在は建物撤去済み）の跡地に湧出する計11か所の自然湧泉をまとめて採水、分析する機会を得た。これらの湧泉はおおよそ幅50m範囲内の比較的狭い範囲に集中して分布している湧泉群であるほか、建物が撤去されているため、湧出箇所に近い場所で採水可能であった。このように近距離で多数湧出している湧泉の温度や成分の違いを調査する機会が貴重であり、泉質の多様性を把握する良い機会であったことから、結果を報告する。

2. 調査地点および調査方法

調査場所は、図1に示された底倉温泉の湧泉群（蛇骨湧泉群）で、対象とした源泉は、11本の自然湧泉であり、詳細な源泉位置を図2に示す。本調査は2023（令和5）年7月18日に小田原保健福祉事務所温泉課が行った現地調査に同行して実施した。

現地では源泉温度を測定し、250 mLのポリ瓶に温泉水を採水した。また、機器分析用に温泉水を孔径0.45 μmのセルロース膜でろ過し、イオンクロマトグラフィ用試料としてポリチューブに10 mL採取したほか、ICP-OES測定用試料としてろ過試料50 mLあたり

1 mL硝酸（濃度61%、有害金属測定用、富士フィルム和光純薬）を添加した。また、計量可能な一部の源泉について湧出量を測定した。なお、現地での温度および湧出量の測定は、小田原保健福祉事務所温泉課が行った。但し、採水地点No.5の温度は、著者らがデジタル温度計（横河電機、TX1002）により測定した。

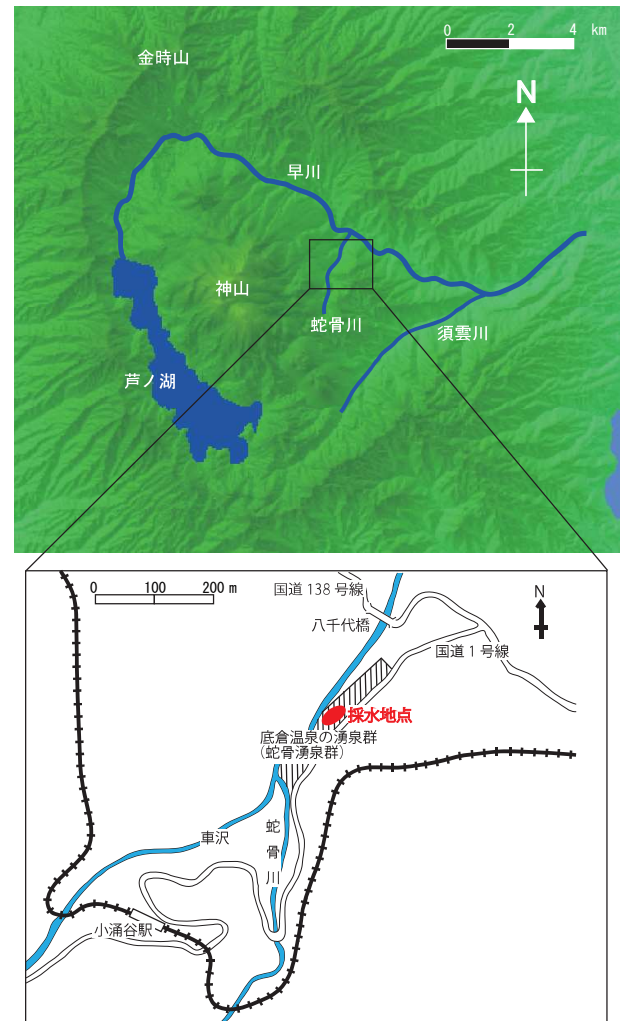


図1 底倉温泉にある蛇骨湧泉群の位置と採水地点。

*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

資料, 神奈川県温泉地学研究所報告, 第55巻, 69-72, 2023



図2 (A) 採水地点の外観。写真は太閤石風呂通りから撮影(2010年10月14日撮影)。(B) 採水地点 No.1。柵には温泉水が溜まっており、採水は柵側面の管から行った(2023年7月18日撮影)。(C) 採水地点 No.4。石垣に設置されたパイプから温泉水を採水した(2023年7月18日撮影)。(D) 採水地点 No.6。石垣下部の柵内で湧出する温泉水を採水した(2023年7月18日撮影)。(E) 採水地点 No.8。横穴から湧出する温泉水を採水した(2023年7月18日撮影)。

実験室に持ち帰った温泉水は、鉍泉分析法指針（環境省,2014）に準じてpH、電気伝導率（ともにHORIBA、WQ-320J、マルチデジタル水質計）および溶存成分濃度の測定を行った。主要溶存成分について、主要陽イオン（ Li^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} および Ca^{2+} ）及び陰イオン（ F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 NO_3^- および SO_4^{2-} ）濃度は、イオンクロマトグラフィー（Thermo Fisher Scientific、Integrion RFIC）にて測定し、金属類（Cu、Pb、Fe、Mn、Sr、Al、ZnおよびCd）およびケイ素、ホウ素はICP-OES（誘導結合プラズマ発光分光分析装置、Thermo Fisher Scientific、iCAP7400Duo）にて測定した。炭酸成分（ HCO_3^- 、 CO_3^{2-} および CO_2 ）の濃度については、0.05 mol/L塩酸を用いた滴定法により求めたアルカリ度と化学平衡式を用いて推定した。水の酸素・水素安定同位体比は、軽元素質量分析装置（Micromass、PRISM）にて分析した。その際、酸素については、自動平衡装置を用いた炭酸ガス平衡法、そして水素については、白金触媒を用いた水素ガス平衡法による前処理を実施した。測定された同位体比は、標準物質（V-SMOW）からの千分率偏差である δ 値（‰）として表す（板寺、2002）。また、分析精度は δD 値が ± 1.5 ‰で、 $\delta^{18}\text{O}$ 値が ± 0.1 ‰である。

3. 結果

調査結果を表1に示した。主な項目の範囲と平均値は、泉温 $43.1 \sim 67.2$ ℃（平均 61.7 ℃）、pH $7.12 \sim 7.78$ （平均 7.38 ）、電気伝導率 $1690 \sim 1920$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ （平均 1813 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）、ナトリウムイオン $308 \sim 338$ mg/L（平均 323 mg/L）、カルシウムイオン $39.7 \sim 43.7$ mg/L（平均 41.5 mg/L）、塩化物イオン $490 \sim 524$ mg/L（平均 506 mg/L）、硫酸イオン $59.7 \sim 64.6$ mg/L（平均 62.6 mg/L）、炭酸水素イオン $83.4 \sim 94.6$ mg/L（平均 88.1 mg/L）、メタケイ酸 $133 \sim 151$ mg/L（平均 141 mg/L）、メタホウ酸 $23.2 \sim 26.3$ mg/L（平均 24.5 mg/L）等であった。一方で、表1-2に記載の金属成分は全て 0.20 mg/L未満であった。成分総計は $1.195 \sim 1.278$ g/kg（平均 1.229 g/kg）であり、全て

の源泉が温泉法における療養泉の基準である成分総計 1000 mg/kg以上であった。泉質は、すべてナトリウム-塩化物温泉であった。また、これらの温泉の同位体比は、 $\delta^{18}\text{O}$ 値が $-7.6 \sim -6.6$ ‰（平均 -7.4 ‰）、 δD 値が $-51 \sim -47$ ‰（平均 -50 ‰）であった。

なお、採水地点No.1の泉温が 43.1 ℃と他地点と比較して低温であるが、この地点は柵に温泉水が溜まっており、溜まっている間に放熱された低温の温泉水が採水箇所である側面側の管から排水されたためだと考えられる。

4. まとめ

底倉温泉（元仙石屋旅館敷地内）で湧出する自然湧泉11源泉の調査を実施した。その結果、いずれの源泉も、泉質はすべてナトリウム-塩化物泉であり、成分濃度も比較的類似していた。比較的狭い範囲に集中して分布する自然湧泉を湧出箇所近くで一斉に調査できる機会は貴重であり、今回得られたデータは、今後の箱根温泉の調査研究に活用できると期待される。

謝辞

小田原保健福祉事務所温泉課には調査への同行を許可いただき、現地調査データを提供いただいた。また、源泉所有者には源泉地への立ち入りと採水を快く受け入れていただいた。温泉地学研究所の宮下専門研究員には温泉水の酸素・水素安定同位体比の測定を行っていただいた。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 板寺一洋（2002）箱根中央火口丘地域における降水の酸素・水素同位体比について、神奈川県温泉地学研究所報告，34, 9-12.
- 環境省自然環境局（2014）鉍泉分析法指針（平成26年改訂），1-163.
- 菊川城司（2014）ワクワクはこね温泉第7回「底倉温泉」，観測日より，64, 15-18.

表 1 - 1 調査結果一覧 (その 1)

No.	湧出箇所	湧出量 (L/min)	泉温 (°C)	pH	電気伝導率 (μ S/cm)	陽イオン(mg/L)						陰イオン(mg/L)						
						Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
1	地表設置の枡	2.7	43.1	7.58	1860	0.50	338	26.5	N.D.	5.37	43.2	0.15	524	1.88	N.D.	63.7	93.2	0.28
2	地表設置の枡	0.4	66.3	7.24	1790	0.48	324	25.5	N.D.	5.19	41.4	0.13	506	4.08	1.02	64.1	86.1	0.11
3	地中埋設の枡	-	65.7	7.12	1900	0.48	324	25.4	N.D.	5.21	41.5	0.13	509	3.99	1.04	63.2	83.8	0.08
4	石垣のパイプ	23	65.2	7.35	1810	0.48	323	25.3	N.D.	5.19	41.3	0.17	504	2.87	0.70	61.2	86.2	0.17
5	石垣のパイプ	-	53.1	7.45	1690	0.46	308	24.8	N.D.	5.83	43.7	0.16	490	2.23	0.76	59.7	90.2	0.22
6	石垣下の枡	-	66.2	7.42	1800	0.48	325	25.6	N.D.	5.28	41.4	0.13	506	4.54	1.09	64.6	89.9	0.17
7	地中埋設の枡	-	62.6	7.24	1770	0.47	321	25.6	N.D.	5.63	42.1	0.14	496	3.13	0.56	60.9	85.8	0.11
8	横穴	-	58.6	7.78	1790	0.47	320	25.5	N.D.	5.43	42.0	0.17	494	2.10	N.D.	62.2	94.6	0.46
9	地表	-	63.4	7.23	1770	0.48	323	25.1	N.D.	4.84	39.7	0.13	508	3.15	0.99	63.9	83.4	0.10
10	縦管	-	67.2	7.43	1840	0.48	327	25.4	N.D.	4.89	40.2	0.13	515	3.71	0.61	62.6	87.9	0.17
11	縦管	-	66.8	7.30	1920	0.48	322	25.1	N.D.	4.77	39.7	0.14	510	3.13	0.68	62.9	87.4	0.13
Max.		23	67.2	7.78	1920	0.50	338	26.49	-	5.83	43.7	0.17	524	4.54	1.09	64.6	94.6	0.46
Min.		0.4	43.1	7.12	1690	0.46	308	24.8	-	4.77	39.7	0.13	490	1.88	0.56	59.7	83.4	0.08
Ave.		-	61.7	7.38	1813	0.48	323	25.43	-	5.24	41.5	0.14	506	3.17	0.68	62.6	88.1	0.18

N.D.は検出限界以下を示す。

表 1 - 2 調査結果一覧 (その 2)

No.	金属成分(mg/L)								遊離成分(mg/L)			成分総計 (g/kg)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	泉質
	Cu	Pb	Fe	Mn	Sr	Al	Zn	Cd	H ₂ SiO ₃	HBO ₂	CO ₂				
1	N.D.	0.01	N.D.	0.12	0.18	N.D.	N.D.	N.D.	151	26.3	3.95	1,278	-6.6	-47	ナトリウム—塩化物温泉
2	N.D.	0.00	N.D.	0.06	0.17	N.D.	N.D.	N.D.	147	25.5	9.18	1,241	-7.5	-51	ナトリウム—塩化物温泉
3	N.D.	0.01	N.D.	0.09	0.17	N.D.	N.D.	N.D.	146	25.3	11.2	1,241	-7.5	-50	ナトリウム—塩化物温泉
4	N.D.	0.01	N.D.	0.08	0.17	N.D.	N.D.	N.D.	147	25.4	5.79	1,229	-7.4	-50	ナトリウム—塩化物温泉
5	N.D.	0.01	N.D.	0.00	0.18	N.D.	N.D.	N.D.	140	24.4	4.81	1,195	-7.4	-50	ナトリウム—塩化物温泉
6	N.D.	0.01	N.D.	0.06	0.16	N.D.	N.D.	N.D.	136	23.6	6.04	1,230	-7.4	-49	ナトリウム—塩化物温泉
7	N.D.	0.01	N.D.	0.05	0.17	N.D.	N.D.	N.D.	144	24.9	9.15	1,220	-7.5	-50	ナトリウム—塩化物温泉
8	N.D.	0.01	N.D.	0.05	0.16	N.D.	N.D.	N.D.	133	23.2	2.52	1,207	-7.3	-50	ナトリウム—塩化物温泉
9	N.D.	0.01	N.D.	0.06	0.16	N.D.	N.D.	N.D.	135	23.6	8.89	1,220	-7.6	-51	ナトリウム—塩化物温泉
10	N.D.	0.01	N.D.	0.07	0.16	N.D.	N.D.	N.D.	135	23.5	5.91	1,232	-7.5	-51	ナトリウム—塩化物温泉
11	N.D.	0.01	N.D.	0.05	0.16	N.D.	N.D.	N.D.	135	23.5	7.39	1,222	-7.5	-49	ナトリウム—塩化物温泉
Max.	-	0.01	-	0.12	0.18	-	-	-	151	26.3	11.2	1,278	-6.6	-47	-
Min.	-	0.00	-	0.00	0.16	-	-	-	133	23.2	2.52	1,195	-7.6	-51	-
Ave.	-	0.01	-	0.06	0.17	-	-	-	141	24.5	6.81	1,229	-7.4	-50	-

N.D.は検出限界以下を示す。