

中川温泉の泉質

田島縫子, 平野富雄, 大木靖衛

神奈川県温泉研究所*

(昭和42年1月15日受理)

Chemical Composition of Thermal Waters from the Nakagawa Hot Springs

Y. TAJIMA, T. HIRANO and Y. ŌKI

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

(Abstract)

Thermal waters discharged from newly opened drill holes in the Nakagawa Hot Springs have been analysed with result in Table I. These waters are characterized by high pH value at about 10 as well as mineral waters from other localities (Hōki-sawa and Asase) in the Tanzawa mountains. There is considerable correlation between temperature and the contents of SO_4^{--} and SiO_2 in the waters. Origin of high pH and SO_4^{--} is also briefly discussed.

まえがき

中川温泉は丹沢山塊のほぼ中央にあって丹沢では水温約 40°C をもつ唯一の温泉であり、アルカリ性が強く pH が10に達するものが多い。中川温泉調査の第一回目は昭和38年9月に行なわれ、その結果については温泉研究所報告第2号に詳細に記されている。その後、神奈川県温泉研究所はこの附近の地熱探査を目的とした深さ50mのテスト・ボーリングを昭和39年9月に行なった。昭和40年より中川温泉では温泉掘さくラッシュとなり、これまでに深さ200~500mの3本の

* 神奈川県小田原市南町2-4-45

掘さくがなされ、まだ掘さく中のものが3件もある。これより少し前に世附川の浅瀬附近にも約400mの井戸が掘さくされた。これらの新らしく掘さくされた6本の孔井の温泉水の化学分析結果を整理し、中川地区に以前からあった温泉の水と比較してみることにした。

化学成分

中川温泉の化学分析の結果を表1に示す。中川温泉の陰イオンの主成分は SO_4^{--} 、 $\Sigma\text{CO}_2(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--})$ 、 Cl^- であり、この三成分のモル百分率を算出して三角図(図1)に投影してみると深い源泉の温泉水と浅い孔井の水に大別される*。深い源泉の水は SO_4^{--} の比率が高いが、浅い孔

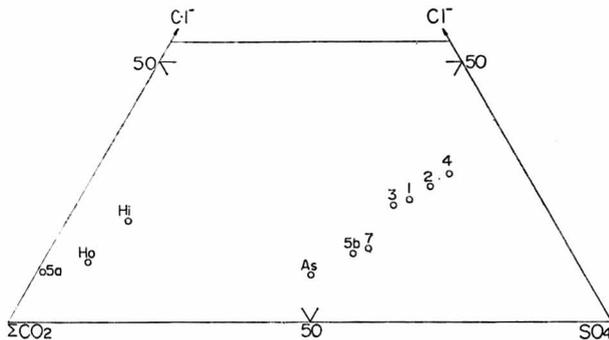


図1 中川温泉の陰イオン比(モル百分率)

図中の1~5, Hi, Ho, Asなどの記号は表1のNo.と対照させてある

井の水は ΣCO_2 の比率が高く地表水との関係の深い事を現わしている。図3に SiO_2 と温度、 SO_4^{--} と温度との関係を示す。中川温泉の水の SiO_2 と温度の間には正の相関関係があり、中川温泉は温泉水が次第に稀しくされながら地下より上昇している事を示している。深い源泉の水の SO_4^{--} は温度が上昇するにつれて増大していくが、浅い孔井の水では温度に関係なくその含有量は小さい。

陽イオンの主成分は Na^+ 、 Ca^{++} で、 Mg^{++} は殆んど存在しない。図2に Na^+ 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} の三成分のモル百分率を示す。浅い孔井の水は Ca^{++} の比率が高く、深い源泉の温泉水とは異なっている。図4にはpHと $\text{Ca}^{++}/\text{Ca}^{++} + \text{Na}^+$ のモル比を示した。温泉水の中の Na^+ が増加すると $\text{Ca}^{++}/\text{Ca}^{++} + \text{Na}^+$ の比は小さくなるが、 $\text{Ca}^{++}/\text{Ca}^{++} + \text{Na}^+$ の比が低下するとpHは大きくなる傾向が見られる。

* 本文の深い源泉とは表1のNo. 1, 2, 3, 4, 5b, 7a, Asであり
浅い孔井とはHo, Hi, 5aである。

表1, 中川温泉の分析表

No	1		2		3		4	
名称	中川町営温泉		信玄館		丹沢観光ホテル		北沢義興源泉	
採水年月日	38・9・27		38・9・27		38・9・27		40・2・23	
泉温(°C)	32.3		32.9		26.6		39.6	
深さ(m)	115.7		68.9		98.3		295	
湧出量(l/min)	—		—		—		270	
pH	10.00		9.93		8.95		10.31	
RpH	—		7.8		—		8.1	
蒸発残留物(p.p.m)	483.2		528.6		300.9		730.8	
	p.p.m	m.Mol	p.p.m	m.Mol	p.p.m	m.Mol	p.p.m	m.Mol
Li ⁺	0.066	0.0094	0.088	0.0126	0.055	0.0079	0.032	0.0047
K ⁺	1.32	0.0337	1.72	0.0489	1.63	0.0416	0.840	0.0215
Na ⁺	133	5.78	153	6.65	77.5	3.37	198	8.61
Ca ⁺⁺	17.5	0.437	19.9	0.497	18.1	0.452	33.64	0.8345
Mg ⁺⁺	0.242	0.0099	0.482	0.0200	0.242	0.0099	0.0	—
Fe ⁺⁺	n.d.	—	0.150	0.0027	n.d.	—	0.047	0.0008
Al ⁺⁺⁺	—	—	0.068	0.0023	—	—	0.033	0.0012
計	152	—	175	—	97.5	—	233	—
Cl ⁻	34.84	0.983	44.57	1.257	23.10	0.651	61.73	1.741
SO ₄ ⁻⁻	227	2.37	260	2.71	142	1.51	340.6	3.546
HCO ₃ ⁻	34.7	0.568	32.6	0.535	41.5	0.680	30.1	0.494
CO ₃ ⁻	20.5	0.341	16.4	0.274	2.18	0.0362	17.8	0.297
OH ⁻	1.70	0.100	1.45	0.0851	0.151	0.0089	3.40	0.200
HSiO ₃ ⁻	—	—	30.87	0.4003	—	—	45.97	0.5965
SiO ₃ ⁻	—	—	0.052	0.0069	—	—	0.905	0.0119
計	—	—	386	—	—	—	500.9	—
H ₂ SiO ₃	n.d.	—	18.29	—	n.d.	—	11.64	—
HBO ₂	1.31	—	1.319	—	1.353	—	—	—
総計	—	—	581	—	—	—	749	—
泉質	単純温泉		単純温泉		単純温泉		単純温泉	

表 1, 中 川 温 泉 の 分 析 表

No. 名 称	Ho 筈沢テスト・ ボーリング		Hi 東沢テスト・ ボーリング		5 a 中川テスト・ ボーリング		5 b 湯 川 館	
	p.p.m	m.Mol	p.p.m	m.Mol	p.p.m	m.Mol	p.p.m	m.Mol
採水年月日	39・6・20		39・6・23		38・9・27		41・12・12	
泉 温 (°C)	14.1		14.7		19.0		30.7	
深 さ (m)	52.7		50.5		50.3		290	
湧 出 量 (l/min)	—		—		—		240	
pH	9.58		7.83		8.46		9.70	
RpH	7.5		7.4		—		7.6	
蒸発残留物 (p.p.m)	91.80		66.55		125.1		253.3	
Li ⁺	0.017	0.0025	0.0	—	0.0	—	0.0	—
K ⁺	0.150	0.0038	0.980	0.025	0.0	—	0.800	0.0205
Na ⁺	22.5	0.978	7.13	0.310	25.0	1.09	64.8	2.82
Ca ⁺⁺	4.605	0.1149	11.75	0.2932	9.63	0.481	9.619	0.2400
Mg ⁺⁺	0.171	0.0070	0.934	0.0384	0.0	—	0.0	—
Fe ⁺⁺	0.668	0.0119	0.245	0.0044	—	—	0.705	0.0126
Al ⁺⁺⁺	0.610	0.0226	0.245	0.0091	—	—	0.730	0.0270
計	28.7	—	21.28	—	34.6	—	76.7	—
Cl ⁻	4.487	0.1265	6.761	0.1907	4.99	0.141	10.78	0.3040
SO ₄ ⁻⁻	7.57	0.0787	9.49	0.0988	8.07	0.088	110.9	1.155
HCO ₃ ⁻	48.4	0.793	42.5	0.696	79.0	1.29	39.5	0.647
CO ₃ ⁻⁻	5.806	0.0967	—	—	—	—	11.6	0.194
OH ⁻	0.680	0.040	—	—	—	—	0.850	0.0500
HSiO ₃ ⁻	11.34	0.1472	—	—	—	—	18.21	0.2363
SiO ₃ ⁻⁻	0.087	0.0012	—	—	—	—	0.183	0.0024
計	78.4	—	58.8	—	92.1	—	191.2	—
H ₂ SiO ₃	14.94	—	19.78	—	n.d.	—	18.45	—
HBO ₂	0.330	—	0.754	—	0.673	—	—	—
総 計	122.0	—	99.9	—	—	—	286.4	—
泉 質							単 純 温 泉	

No.	7 a		7 b		A s	
名 称	県中川 1 号泉		県中川 1 号泉脇水		世附川浅瀬附近	
採水年月日	41・12・12		41・12・12		41・12・12	
泉温(°C)	25.3		22.2		15.1	
深 さ (m)	501		—		400	
湧出量 (l/min)	—		—		—	
pH	9.68		8.70		10.30	
RpH	7.5		7.7		n.d.	
蒸発残留物 (p.p.m)	243.9		116.5		184.8	
	p.p.m	m.Mol	p.p.m	m.Mol	p.p.m	m.Mol
Li ⁺	0.0	—	0.0	—	0.0	—
K ⁺	1.00	0.0256	0.400	0.0102	0.400	0.0102
Na ⁺	68.0	2.96	12.9	0.561	41.0	1.78
Ca ⁺⁺	6.733	0.168	22.04	0.550	10.18	0.2540
Mg ⁺⁺	0.0	—	0.0	—	0.0	—
Fe ⁺⁺	0.030	0.0006	0.0	—	—	—
Al ⁺⁺⁺	0.250	0.0091	0.070	0.0078	—	—
計	76.0	—	35.4	—	51.6	—
Cl ⁻	11.76	0.3317	4.901	0.1382	4.607	0.1299
SO ₄ ⁻⁻	119.3	1.242	14.4	0.150	63.56	0.6615
HCO ₃ ⁻	37.5	0.615	66.5	1.09	25.3	0.414
CO ₃ ⁻⁻	10.6	0.176	1.96	0.0327	14.9	0.248
OH ⁻	0.810	0.0476	—	—	3.40	0.200
HSiO ₃ ⁻	15.90	0.2063	1.772	0.0227	35.78	0.4643
SiO ₃ ⁻⁻	0.152	0.0020	—	—	0.700	0.0093
計	195.2	—	89.5	—	148.2	—
H ₂ SiO ₃	16.92	—	17.72	—	9.06	—
HBO ₂	—	—	—	—	—	—
総 計	288.1	—	142.6	—	199.8	—
泉 質	単 純 温 泉					

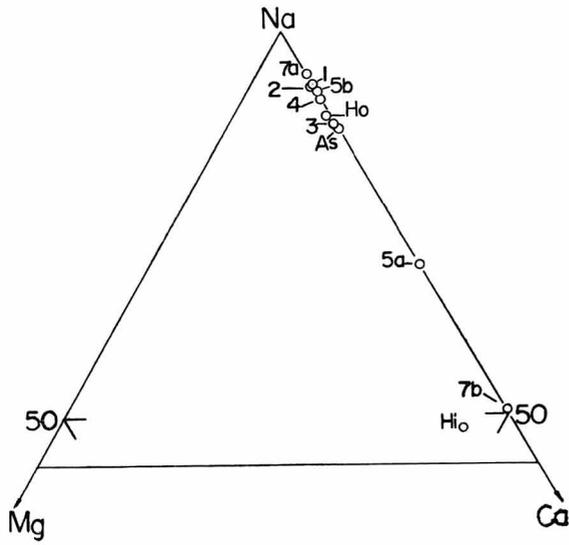


図2 中川温泉の陽イオン比 (モル百分率)

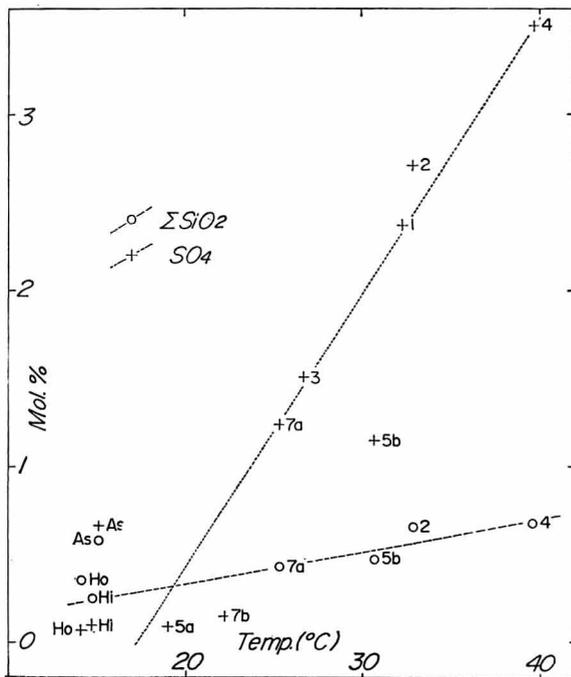


図3 中川温泉の温度と ΣSiO_2 及び SO_4^{--} (モル濃度)

考 察

中川温泉の SO_4^{--} の含有量が丹沢山塊の他の温泉・鉱泉水に比べて大きい理由として、硫化鉱物特に黄鉄鉱の酸化による硫酸塩鉱物の形成が考えられる。酸素を十分に含む地下水が地下を流動している間に黄鉄鉱を酸化して硫酸塩鉱物を形成し、それが地下水に溶解して SO_4^{--} は増大するのであろう。中川温泉の SO_4^{--} の成因として黄鉄鉱の酸化を考えるならば、 SO_4^{--} と水温の間に何等かの関係があると推定して温度と SO_4^{--} をプロットしてみた。温度と SO_4^{--} の間には正の相関関係があり、黄鉄鉱の酸化反応を促進する一つの因子として温度を考えてよいであろう。

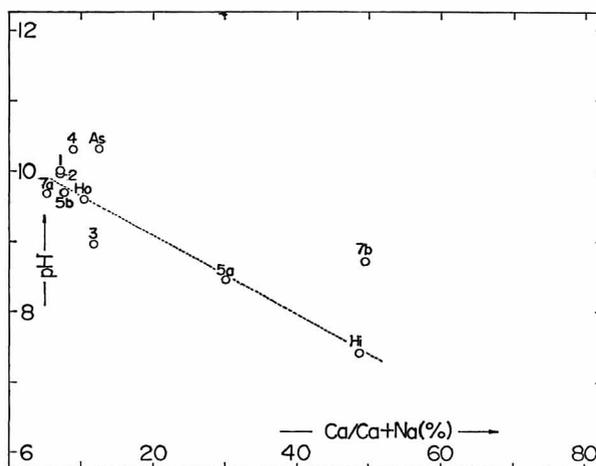


図4 中川温泉のpHと $\text{Ca}^{++}/\text{Ca}^{++}+\text{Na}^{+}$ (モル比)

丹沢山塊の温泉・鉱泉水の pH の高い原因として大木等 (1964) が温泉水と Ca -沸石との関係を記載している。温泉水の pH を支配するものとして $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^{-}$ の比を考え、 $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^{-}$ の比を左右する因子を解析した。沸石は HCO_3^{-} の H^{+} を交換吸着して Na^{+} や Ca^{++} を溶脱する。中川温泉の Ca^{++} の濃度は $8\sim 10\times 10^{-4}\text{mol/l}$ であって、pH が 10 附近の水は CaCO_3 を 10^{-4} 以上溶解すると温泉水は CaCO_3 を沈澱する傾向にある。 Ca^{++} が溶離してくると CaCO_3 は沈澱して CO_3^{--} は減少するため $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^{-}$ の比はあまり変化しないので pH は上昇しない。逆に Na^{+} が溶離してくると Na_2CO_3 は溶解度の大きいため温泉水の中の CO_3^{--} は増大して $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^{-}$ の比は大きくなり、pH は上昇する。温泉水の中の Na^{+} や Ca^{++} は本質的には pH の上昇に関係しないが、 Na_2CO_3 と CaCO_3 の溶解度の差が pH に影響することになる。

これらの事を考慮して温泉水の中の $\text{Ca}^{++}/\text{Ca}^{++}+\text{Na}^{+}$ の比と pH の関係を検討してみると、温泉水の中の Na^{+} が増加すると pH が上昇する傾向が中川温泉の以前から湧出していた温泉水

と同じく新しい源泉の水にも見られ、中川温泉の新しい源泉の水と、世附川の浅瀬附近の水の pH の高い原因は沸石との交換反応で同様に説明される。

ま と め

中川温泉の以前から湧出していた温泉と、新しい源泉の水の化学成分を比較してみると両者の間には著しい相違はなく、新しい源泉の水の pH は高く陰イオン中の SO_4^{--} の比率は大きく Mg^{++} は殆んど含まれていない。浅い孔井の水でも中川温泉活動の中心（北沢義興源泉附近）に近いもの pH の高い。

謝 辞

神奈川県温泉研究所所長代理高橋惣一氏，轟秀雄温泉研究所所長，林秀前所長からは終始激励をいただき，神奈川県温泉研究所職員荻野喜作，大口健志，広田茂，守夫正則，小椋藤幸氏には日頃いろいろとお世話になった。

県環境衛生課，松田保健所の係の方々には野外調査で協力していただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

大木靖衛他 8 名 (1964)，丹沢山地の温泉・鉱泉，神奈川県温泉研究所報告，No. 2，9-37.

坂本峻雄他 3 名 (1964)，丹沢山塊の地質，丹沢大山学術調査報告書，1~53，神奈川県.

GARRELS, R. M. (1960), Mineral equilibria, Harper & Brothers, New York.

大木靖衛他 5 名 (1967)，中川温泉の地下温度構造，神奈川県温泉研究所報告，No. 5，23~33.