

山梨県内のアルカリ性硫酸塩泉について

小林 浩 鷹野茂夫 深澤喜延

Alkaline Hot Springs Abundant with Sulfate
in Yamanashi Prefecture

Hiroshi KOBAYASHI, Shigeo TAKANO and Yoshinobu FUKASAWA

県内の温泉は、甲府湯村温泉や石和温泉といった甲府盆地内や、国民保養温泉地として指定されている¹⁾増富温泉や下部温泉などが知られている。90年代はじめのバブル景気やふるさと創生資金に支えられ、県内各地で盛んに温泉掘削が行なわれた²⁾。とりわけ、ふるさと創生資金などをもとに、各市町村が積極的に掘削を行なった温泉の中に、陽イオンでは Na^+ 、 Ca^{2+} が、また陰イオンでは SO_4^{2-} を多く含有する温泉がみられた。

一般に、 SO_4^{2-} は酸性火山ガスの酸化により生成し、酸性泉に含有量が多いことが知られている³⁾。

山梨県内において、全陰イオン中に SO_4^{2-} を約90 mval%以上含有する温泉は少なく、10年間に分析を実施した源泉でもわずかに4源泉にのみみられた。そこで温泉の分析結果や柱状図などを参考に温泉水の特徴について検討を行なった。

1. 県内の温泉水の特徴

県内の温泉の泉質・化学的特徴については、深澤ら^{4,5)}により報告がある。また、相川らのグループが精力的に調査し、多数の報告^{6~11)}を行なっている。近年の分析結果を含め、ここ10年間に分析された療養泉の特徴についてあらためて紹介する。

1984年から10年間に、再分析を含め136源泉が温泉法第2条の温泉に該当した。

泉質別療養泉について図1に示した。単純温泉とアルカリ性単純温泉が合せて53源泉(38.9%)あり、塩類泉は55源泉(40.4%)あった。この塩類泉のうち16源泉が SO_4^{2-} を20 mval%以上含んでいた。

この16源泉は、ほとんどが主要成分として Cl^- と SO_4^{2-}

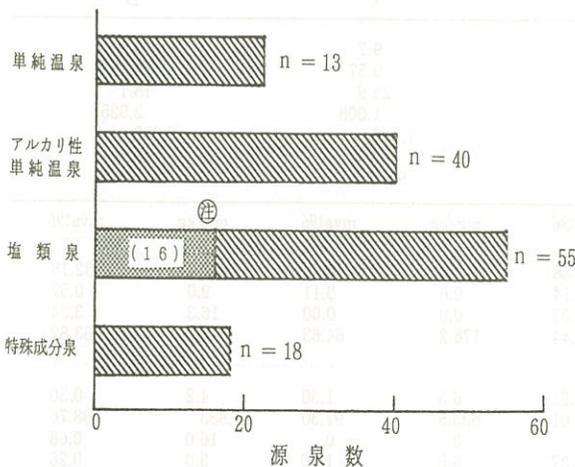


図1 泉質別療養泉の数

(注：塩類泉の内、16源泉は SO_4^{2-} を20%以上含む)

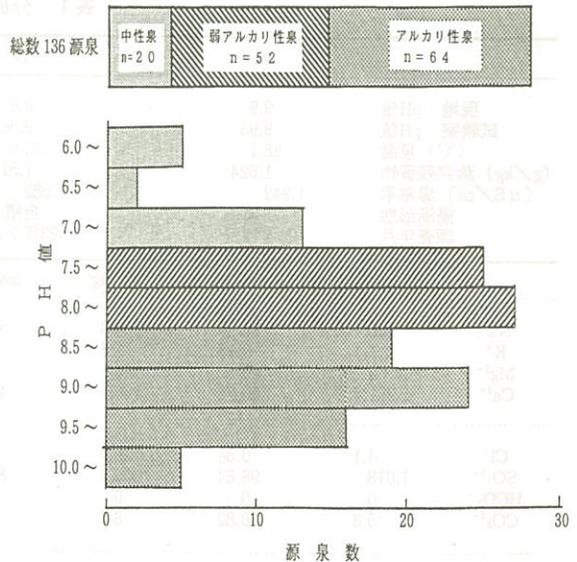


図2 pHごとの療養泉の数

を含んでいた。甲府湯村温泉も SO_4^{2-} を主陰イオンとする塩類泉であり、この生成機構については塚本ら²²⁾により、また主成分の濃度変化については深澤ら¹³⁾により報告されている。

pHごとの療養泉について図2に示した。pHが6.0より低いものはなく、弱アルカリ性泉（pH 7.5以上8.5未満）が52源泉（38.2%）、アルカリ性泉（pH 8.5以上）の源泉は64源泉（47.1%）あった。弱アルカリ性及びアルカリ性の源泉は116源泉（85.3%）にもなり、pHの高い温泉の多いことが特徴である。

2. 調査対象地点

対象としたAからDの4源泉の位置を図3に示した。

Aは甲府盆地より西側、南アルプスの東側に位置し、Bは甲府盆地の南端、笛吹川（富士川支流）の下流部左岸に掘削された温泉である。Cは芦川右岸に掘削され、甲府から精進湖方面へのほぼ中間点に位置し、Dは神奈川県との県境にほど近い道志川右岸に掘削され、丹沢山地北側に位置している。

これら源泉はいずれも各村が掘削を行ない、デイサービスセンターや公共の浴場として利用及び計画が行なわれている。

3. 分析方法

pH : ガラス電極法

導電率 : 電極法

$\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$: 直接原子吸光度法

$\text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$: LaCl_3 添加原子吸光度法



図3 調査対象地点

$\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$: イオンクロマトグラフ法
 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{CO}_3^{2-}$: 滴定法
 SiO_2 : モリブデン黄法
 分析結果の概要を表1に示した。

結果及び考察

1. pH及び泉温について

D源泉でのpHが8.5と、このなかではもっとも低く、A源泉ではpHが9.9の高いアルカリ性を示した。液性（湧出時のpH）からの分類ではいずれもアルカリ性泉に分類され、先にふれた県内の温泉と同じ傾向にあった。

次に泉温では、AおよびB源泉が25℃をわずかに超え、低温泉に属し、C、D源泉では25℃以下と低く、冷

表1 分析結果の概要

	A		B		C		D	
現地 pH値	9.9		9.6		9.7		8.5	
試験室 pH値	9.93		9.56		9.57		8.03	
(℃) 泉温	28.1		33.9		22.9		18.1	
(g/kg) 蒸発残留物	1.624		1.516		1.008		2.925	
($\mu\text{S}/\text{cm}$) 導電率	1,942		1,982		1,266		3,080	
湯形態	自噴		自噴		自噴		動力	
調査年月	90年12月		93年2月		95年6月		94年4月	
	mg/kg	mval%	mg/kg	mval%	mg/kg	mval%	mg/kg	mval%
Na^+	196.6	39.55	250.8	51.38	110.3	35.26	297.2	32.18
K^+	1.1	0.13	1.2	0.14	0.6	0.11	9.0	0.57
Mg^{2+}	0	0	0.1	0.03	0.0	0.00	16.3	3.34
Ca^{2+}	261.4	60.32	206.1	48.44	176.2	64.63	513.7	63.82
Cl^-	4.1	0.54	72.0	9.61	6.3	1.30	4.2	0.30
SO_4^{2-}	1,018	98.64	903.2	89.01	635.5	97.30	1,833	98.76
HCO_3^-	0	0	0	0	0	0	16.0	0.68
CO_3^{2-}	5.3	0.82	8.7	1.37	6.0	1.40	3.0	0.26
H_2SiO_3	41.3		48.5		16.2		10.8	

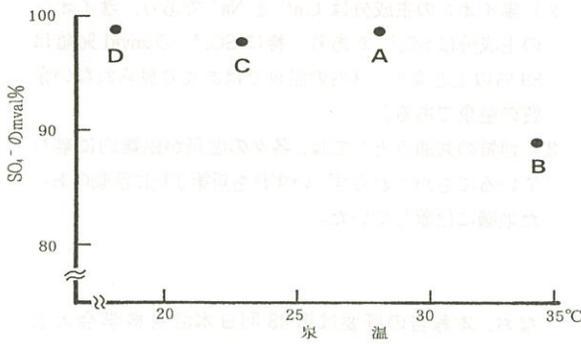


図4 泉温と mval %との関係

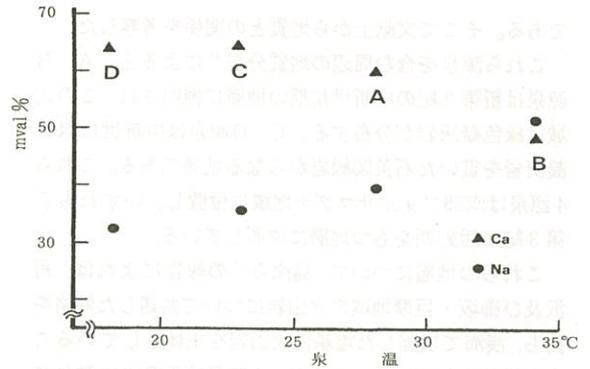


図5 泉温と mval %との関係

鉱泉に分類された。

2. 各成分の mval %値について

各イオンの測定値と mval %値についてみると、陽イオンではA～D源泉とも Ca^{2+} や Na^+ が主成分であった。 Ca^{2+} と Na^+ の mval %値の割合 (Ca^{2+}/Na^+) をみると、A, C, D源泉が1.5以上であったのに対し、B源泉のみが0.94と同レベルであった。

K^+ と Mg^{2+} の mval %値の和は、A, B, C源泉が0.2%未満であり、D源泉のみ3.9%あり、他の3源泉を上回っていた。

陰イオンではB源泉が Cl^- を9.6%含み、 SO_4^{2-} が89%にとどまっていた。A, C, D源泉の SO_4^{2-} は陰イオン全体の95%を超えていた。

$HCO_3^- + CO_3^{2-}$ は4源泉とも2%未満と微量であった。

メタケイ酸は鉱泉分析法指針に従えば、液性により H_2SiO_3 または $HSiO_3^-$ として算出される。これに従えばA, C源泉は $HSiO_3^-$ に、B, D源泉は H_2SiO_3 となる。ここでは4源泉を比較するためいずれも H_2SiO_3 として表したが、濃度は鉱泉法基準の50 mg/kgをいずれも下回っていた。

以上、これら温泉の主成分に係る結果からA, C源泉には著しい共通性がみられ、B源泉、D源泉は若干の相

違がみられた。

3. 柱状図からみた地質的特徴について

ストレーナー位置と地質名について表2に示した。

掘削深度は掘削時期が早いA, D源泉が1,000 m未満であったのに比較し、後発のB, C源泉は1,000 mを超えている。ストレーナーはA, B源泉が2箇所に、C, D源泉は坑底に近い部分に100 m以上にわたって設置されている。各源泉のストレーナーと地質については次のとおりである。

A源泉は掘削深度が800 mあり、ストレーナーは緑色凝灰岩いわゆるグリーンタフと言われる地層に位置している。

B源泉は1,300 m掘削され、A源泉と同様に上部と下部にストレーナーがあり、上部800 m前後の角礫凝灰岩中に、及び下部の1,100 m前後の石英安山岩、輝緑岩中にストレーナが位置している。

C源泉では、掘削深度が1,500 mと4源泉の中では最も深く、1,300 mから1,500 mにかけてストレーナが位置している。

D源泉は600 mの掘削が行なわれ、500 m前後の石英閃緑岩や閃緑岩中にストレーナがある。

しかしながら集水区域の深度が広いために、いずれの地層に由来する温泉水をくみあげているかの詳細は不明

表2 ストレーナー位置と地質名及び掘削深度

調査地点	地表面からのストレーナー位置 (m)		地質名	掘削深度 (m)
A	上部	430~502	緑色角礫凝灰岩 緑色凝灰岩	800
	下部	625~735		
B	上部	800±10	角礫凝灰岩 石英安山岩, 輝緑岩	1,300
	下部	1,060~1,170		
C	1,300~1,500		石英ひん岩, 花崗閃緑岩	1,500
D	435~590		石英閃緑岩, 閃緑岩	600

である。そこで文献上から地質との関係を考察した。

これら源泉を含む周辺の地質分布¹⁴⁾によると、A、B源泉は新第3紀の中新世初期の地層に掘削され、この地域は緑色凝灰岩が分布する。C、D源泉は中新世に緑色凝灰岩を貫いた石英閃緑岩からなる地層である。これら4源泉は南部フォッサマグナ地域に位置し、いずれも新第3紀に活動期をもつ地層に位置している。

これらの地層について、島津ら¹⁵⁾の報告によれば、丹沢及び御坂・巨摩地域の火山岩について共通した性格を持ち、浅海で噴出した塩基性火山岩を主体としていることが指摘されている。つまり、4源泉は距離的に離れているにもかかわらず、いずれも新第3紀に活動のあった地層に位置する温泉である。

4. SO_4^{2-} の成因について

液性や泉温がこれら4源泉と異なるが、南熱海の温泉の調査を行なった甘露寺ら¹⁶⁾の報告によれば、南熱海の温泉の一部に、新第3紀に火成活動のあった地層に掘削され、岩石中の CaSO_4 の関与が推定される温泉のあることが指摘されている。今回調査した4源泉のうち3源泉は陽・陰イオンの主成分が Ca^{2+} と SO_4^{2-} であり充分な解析結果を得ることはできないが何らかの共通性があるものと示唆された。

5. 泉温と主要成分との関係

4源泉の地質的共通性が得られたことから、泉温と主要成分の関係を考察した。

陰イオンの主成分である SO_4^{2-} のmval%値と泉温との間に、はっきりとした関係は見られなかった(図4)。しかし、 Ca^{2+} 、 Na^+ のmval%値と泉温の関係では、 Ca^{2+} のmval%値が低下し、相対的に Na^+ のmval%値が上昇すると泉温の上昇がみられた(図5)。特に、 Na^+ のmval%値と泉温との間には、相関係数0.96の関係がみられた。

このことから、これら源泉の熱源としては、 Na^+ を供給する地質が関与しているものと推定された。

ま と め

以上の結果からこれら4源泉の特徴についてまとめると、

- 1) いずれもpH値は8.5以上のアルカリ性であり、9.9にも達する高いpH値をもつ源泉もあった。

- 2) 陽イオンの主成分は Ca^{2+} と Na^+ であり、陰イオンの主成分は SO_4^{2-} であり、特に SO_4^{2-} のmval%値は89%以上と高く、県内の温泉ではあまり見られない泉質の温泉である。
- 3) 地質の共通点としては、各々の温泉が距離的に離れているにもかかわらず、いずれも新第3紀に活動のあった地層に位置していた。

なお、本報告の既要は第48回日本温泉科学会大会(甲府市1995, 8, 20)において発表した。

文 献

- 1) 環境庁自然保護局監修：温泉必携(改訂第7版)(1995)
- 2) 深澤喜延：温泉科学, 45, 177~187(1995)
- 3) 厚生省大臣官房国立公園部：日本鉱泉誌(1954)
- 4) 深澤喜延, 小林 浩：山梨衛公研年報, 35, 5~9(1991)
- 5) 深澤喜延：山梨衛公研年報, 36, 1~9(1992)
- 6) 加藤尚之, 相川嘉正, 塚本邦子：東邦大教養紀要 20, 19~26(1988)
- 7) 相川嘉正, 加藤尚之, 塚本邦子ら：東邦大教養紀要 21, 1~10(1989)
- 8) 相川嘉正, 加藤尚之, 塚本邦子ら：東邦大教養紀要 22, 13~21(1990)
- 9) 塚本邦子, 相川嘉正, 加藤尚之ら：東邦大教養紀要 23, 11~22(1991)
- 10) 塚本邦子, 相川嘉正, 加藤尚之ら：東邦大教養紀要 24, 11~23(1992)
- 11) 相川嘉正, 加藤尚之, 塚本邦子ら：東邦大教養紀要 25, 19~29(1993)
- 12) 塚本邦子ら：温泉科学, 44, 217~226(1994)
- 13) 深澤喜延, 小林浩：山梨衛公研年報, 35, 1~4(1991)
- 14) 見上敬三監修「地質のガイド」(改訂 神奈川県)：コロナ社, 246~250(1981)
- 15) 島津光夫ら：岩石鉱物鉱床学会誌, 82, 382~394(1987)
- 16) 甘露寺泰雄, 田中 昭：温泉工学会誌, 13(3)(1979) 160~168