

石和・春日居地区温泉水の現状

Present State of Hot Springs in Isawa-Kasugai Resort

小林 浩 深澤喜延

Hiroshi KOBAYASHI and Yoshinobu FUKASAWA

近年の温泉開発は民間企業ばかりでなく、市町村の「ふるさと創生」事業の1つとして盛んに行われるようになった。中分析依頼数の推移をみると、1988年度に13件、89年度には22件、90年度の依頼は26件あり年々増加している。

山梨県では温泉資源の保護と適正使用を図る目的で、甲府、日下部、石和保健所管内にある源泉24ヵ所を選び、年1回泉温、湧出量等の調査を行っている。我々はこの事業に協力し、温泉中の化学成分の調査を分担し、分析結果は環境衛生課にその都度報告してきた。

石和、春日居町を中心とする地域（以下「石和・春日居地区」と略す）の源泉は1961年に、泉温が45℃を越える高温泉が掘削されてから急速に開発が進んだ。それまでは北部山沿いとJ R石和駅周辺に泉温30℃前後の源泉が8ヶ所あったにすぎなかった。5年あまり後の1965年には40源泉を越え、また最高泉温は66℃に達した。

石和・春日居地区の温泉は、開発当初から県内外の注目を引き、秋山^{1, 2)}、杉原ら^{3, 4)}、市川^{5, 6)}、加藤ら⁷⁾、佐藤ら⁸⁾が精力的に調査を行い、詳細な報告を行っている。しかしながらこれらの報告は、開発から10数年の間に行われたものが多く、現在の同地区の温泉群の状態とは必ずしも一致していない。

掘削以降20数年が経過し、各源泉の状態が充分安定したと考えられることから、過去7回にわたって泉温、pH、蒸発残留物について、その推移をまとめることとした。あわせて91年に実施した主要成分（陽イオン：Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、陰イオン：SO₄²⁻、Cl⁻、HCO₃⁻）とヒ素（As）の結果についても報告し、この地区の温泉群の現状を明らかにする。

調査方法

1. 調査の方法

県環境衛生課と日下部・石和両保健所が毎年2月下旬から3月上旬にかけて実施している調査に、85年より当研究所も参加し、現地での試験（泉温、湧出量、pHの測定）を補助し、検水を5 lのポリエチレン容器に採取し研究所に搬入した。

2. 調査対象源泉

調査対象の源泉の位置を図1に示した。1990年に新たに追加された源泉はL、M、Pの3源泉である。

3. 試験室での分析

搬入された検水はすみやかにpH、導電率、HCO₃⁻等を測定した。陽イオンは原子吸光度法、陰イオン中のSO₄²⁻及びCl⁻は、イオンクロマトグラフ法（以下「IC法」）により測定を行った。また、HCO₃⁻は滴定法によった。

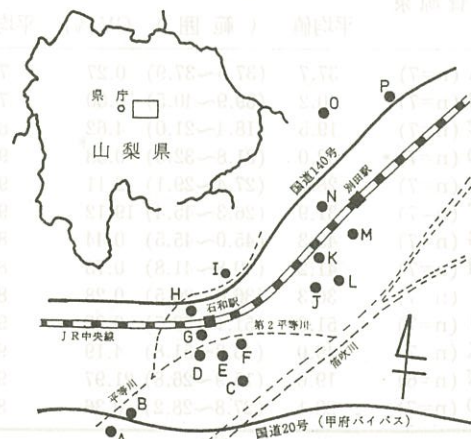


図1 調査対象源泉

なお、 SO_4^{2-} 、 Cl^- については、鉱泉分析法指針⁹⁾(以下「指針法」)とIC法との定量値がよく一致し、指針法に代りうる方法であることを確認し、昨年(90年)の年報で報告している¹⁰⁾。分析に使用した機器は次のとおりである。

- (1)pH計：ガラス電極 東亜電波工業(株) HM-30S
 - (2)導電率計：東亜電波工業(株) CM-40S
 - (3)原子吸光度計：(株)日立製作所 170-50A
 - (4)イオンクロマトグラフ：(株)島津製作所 HIC-6A
- また、91年はAsについても分析を行った。
As：DDTC-Ag法

結果と考察

結果と考察

1. 泉温, pH, 蒸発残留物の経年変化について

調査回数が5回以上の源泉について泉温, pH及び蒸発残留物の平均値, 範囲及び変動係数を表1に示した。

(1) 泉温 源泉の泉温の経年変化を1985年から91年までの泉温の変化を図2に示した。表1の結果と合せてみれば、大部分の源泉は変動が少なく安定していることが確認された。例外的に大きな変動を示したF, N源泉について詳しく述べる。F源泉は調査開始直後の85年から86年にかけて急激に泉温が低下したが、その後大きな変動はなく30℃前後を推移している。泉温低下の原因はいくつか考えられるが、泉質との関係を探るため、主要成分 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 HCO_3^- についてミリバル%値によるレーダーチャートを作成した(図3のF)。この図

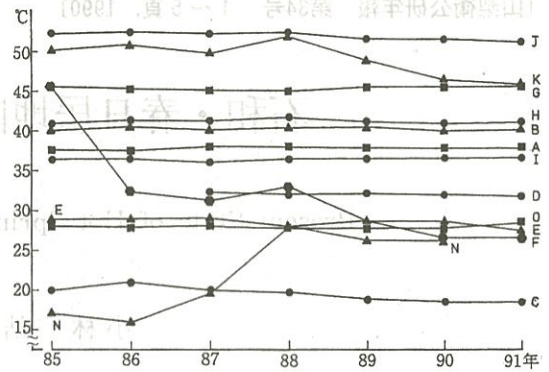


図2 泉温の変化

から陽イオンでは $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ の一価のイオンが減少し Ca^{2+} が増え、陰イオンでは Cl^- が減少し HCO_3^- が増加し、明らかな泉質変化が認められた。他の近隣の源泉では泉温の低下やミリバルパターンの変化がみられないことから、F源泉の泉温の低下は Ca^{2+} と HCO_3^- に富んだ地表に近い冷地下水が混入し、泉温低下をきたしたと考えられる。この地域の浅層地下水は、吉澤ら¹¹⁾が1988年から1989年に行った調査でも Ca^{2+} が Na^+ を上回り、 HCO_3^- が Cl^- より優位にあることから、この推定は妥当なものと考えられる。したがって、F源泉の泉温低下は揚湯管やストレートの老朽化により現れた現象と考えられる。

N源泉は85年当時、20℃弱の泉温が88年時には28℃に上昇するという特異的なパターンを示した。しかし91年調査時には湧出が停止していた。この源泉は元来湧出量が少なく(毎分10ℓ前後)、実際には利用されておらず管理面での問題が示唆される。

表1 源泉の調査回数と泉温, pH, 蒸発残留物の平均値, 範囲, 変動係数

調査源泉	泉温 (°C)			pH			蒸発残留物 (mg/ℓ)		
	平均値	(範囲)	CV(%)	平均値	(範囲)	CV(%)	平均値	(範囲)	CV(%)
A (n=7)	37.7	(37.5~37.9)	0.27	7.6	(7.6~7.7)	1.32	432.2	(382.4~456.3)	5.30
B (n=7)	40.2	(39.9~40.5)	0.50	7.9	(7.5~8.0)	2.53	360.0	(334.3~389.9)	5.11
C (n=7)	19.5	(18.4~21.0)	4.62	8.2	(7.5~8.3)	3.66	127.3	(108.3~134.0)	6.52
D (n=7)*	32.0	(31.8~32.3)	0.58	9.0	(8.9~9.2)	0.84	172.4	(153.7~188.6)	7.37
E (n=7)	28.5	(27.4~29.1)	2.11	9.1	(8.6~9.3)	2.20	225.5	(170.1~280.9)	15.74
F (n=7)	31.9	(26.3~45.4)	19.12	9.3	(9.1~9.6)	1.71	178.1	(143.8~332.8)	35.71
G (n=7)	45.3	(45.0~45.5)	0.44	8.6	(8.4~8.7)	1.15	395.7	(367.0~422.4)	5.10
H (n=7)	41.2	(40.8~41.8)	0.73	8.4	(8.3~8.4)	0.43	878.8	(836.4~891.2)	2.88
I (n=7)	36.3	(36.0~36.5)	0.28	8.3	(7.9~8.5)	0.43	561.3	(534.4~588.2)	3.14
J (n=7)	51.8	(51.1~52.5)	0.97	9.2	(9.1~9.2)	0.40	993.2	(956.9~1,015)	1.72
K (n=7)	49.0	(45.8~51.8)	4.19	9.4	(9.3~9.5)	1.06	357.4	(270.5~398.9)	11.67
N (n=6)	19.6	(15.9~26.8)	21.97	9.0	(8.9~9.1)	1.11	151.0	(138.2~172.3)	7.42
O (n=7)	28.1	(27.8~28.2)	0.36	8.7	(8.5~8.9)	1.15	159.5	(130.5~161.5)	6.02

*: 泉温は5回測定

(2) pHの変動

pHはそれ程大きな変動を示したものがなく、4%未満のものがほとんどであった。この地区の温泉はすべてpH7.5以上の弱アルカリ性温泉またはアルカリ性温泉に分類される。

7回の平均がpH9.0以上の源泉はD, E, F, J, K, Nの6源泉あり、今回調査地区の中心部にあたる。またpH8.5前後の源泉は先のpH9.0の源泉の周りに位置するC, G, H, I, Oの5源泉である。A, B源泉はpH8.0以下と低かった。

このことは、先に杉原ら³⁾が温泉地の中心部でアルカリ性が高く、周辺部に行くに従ってpHが低くなるという調査結果によく一致していた。

(3) 蒸発残留物

温泉中の溶存物質質量を容易に知る手がかりとなる蒸発残留物の変化は、泉温と同様な傾向がみられた。すなわちほとんどの源泉は変動係数5%かそれ以下で安定していた。泉温と同様にF源泉が35.71%と大きな変動を示し、EおよびK源泉では変動係数が約10%であった。これら3つの源泉はいずれも85年に比べ91年には蒸発残留物が減少していた。

(4) 総括

以上の結果に基づきこの地区の源泉の状態を総括的に考察すると、地域全体としては安定期に入ったと考えられる。しかしながら個々の源泉については、泉温の低下や蒸発残留物の減少などが観察され、源泉の保守管理の面で問題が残る。したがって温泉資源を有効に活用するために一層充分な処置が必要と考える。

2. 1991年の調査結果について

(1) 各成分間の相関関係

各成分間の相互関係、とりわけ泉温との関係を知る目的で、1991年に調査した15源泉の結果をもとに相関係数を求め表2に示した。また各源泉のミリバルパターンを図3に示した。

今回の報告では石和・春日居地区として一括したが地質的には必ずしも同一ではない。しかしながら、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} は、相互に高い相関が認められた。また、これら成分は導電率や蒸発残留物とも高い相関にあることから、この地域の温泉は Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} を主成分とする温泉と考えることができる。

杉原ら⁴⁾は79年に石和・春日居の35源泉について調査を行い、泉温と Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} について正の相関を指摘している。今回我々が行った調査では泉温と各成分(Na^+ と Cl^-)との間に0.75以上の相関が認められた。調査対象が15源泉とやや少ないが、この報告に一致する結果であった。

(2) 泉質

この地区の温泉はいずれもアルカリ性単純温泉または単純温泉であるが一部には塩類泉に近い溶存物質を含有しているものもある。主要成分によるミリバル%値から療養泉に準じて泉質分類を行うと、陽イオンの主成分は Na^+ であり、陰イオンでは Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- の単一または混合型である。

泉質的区分を明らかにする目的でミリバル比率によるキーダイヤグラム及び三角座標を図4に示した。

キーダイヤグラム上でⅢ型とは陽イオンでは1価のイオンを主成分とし、陰イオンでは $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ を多く含むという特徴がある。Ⅳ型は陽イオンではⅢ型と同

表2 1991年の調査結果を基にした各成分の相関係数

変数名	泉温	pH	導電率	蒸・残	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	SiO ₂	As
泉温	1.000		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
pH	0.014	1.000				*	*						
導電率	0.716	-0.194	1.000	*	*	*		*	*	*			
蒸発残留物	0.708	-0.269	0.990	1.000	*	*		*	*	*			
Na	0.753	-0.184	0.994	0.989	1.000	*		*	*	*			
K	0.416	-0.606	0.732	0.787	0.754	1.000			*	*		*	
Mg	-0.179	-0.722	-0.055	-0.021	-0.101	0.245	1.000						*
Ca	0.379	0.027	0.747	0.697	0.680	0.219	-0.037	1.000	*	*	*		
Cl	0.768	-0.187	0.986	0.973	0.976	0.655	-0.030	0.778	1.000	*			
SO ₄	0.605	-0.140	0.975	0.966	0.968	0.737	-0.148	0.741	0.932	1.000			
HCO ₃	-0.487	-0.174	-0.340	-0.280	-0.296	0.289	0.069	-0.683	-0.467	-0.235	1.000		
SiO ₂	0.566	-0.417	0.453	0.553	0.507	0.690	0.084	-0.027	0.450	0.391	0.146	1.000	
As	0.701	0.514	0.454	0.409	0.481	-0.066	-0.572	0.375	0.506	0.403	-0.599	0.082	1.000

* 印は1%の危険率で有意

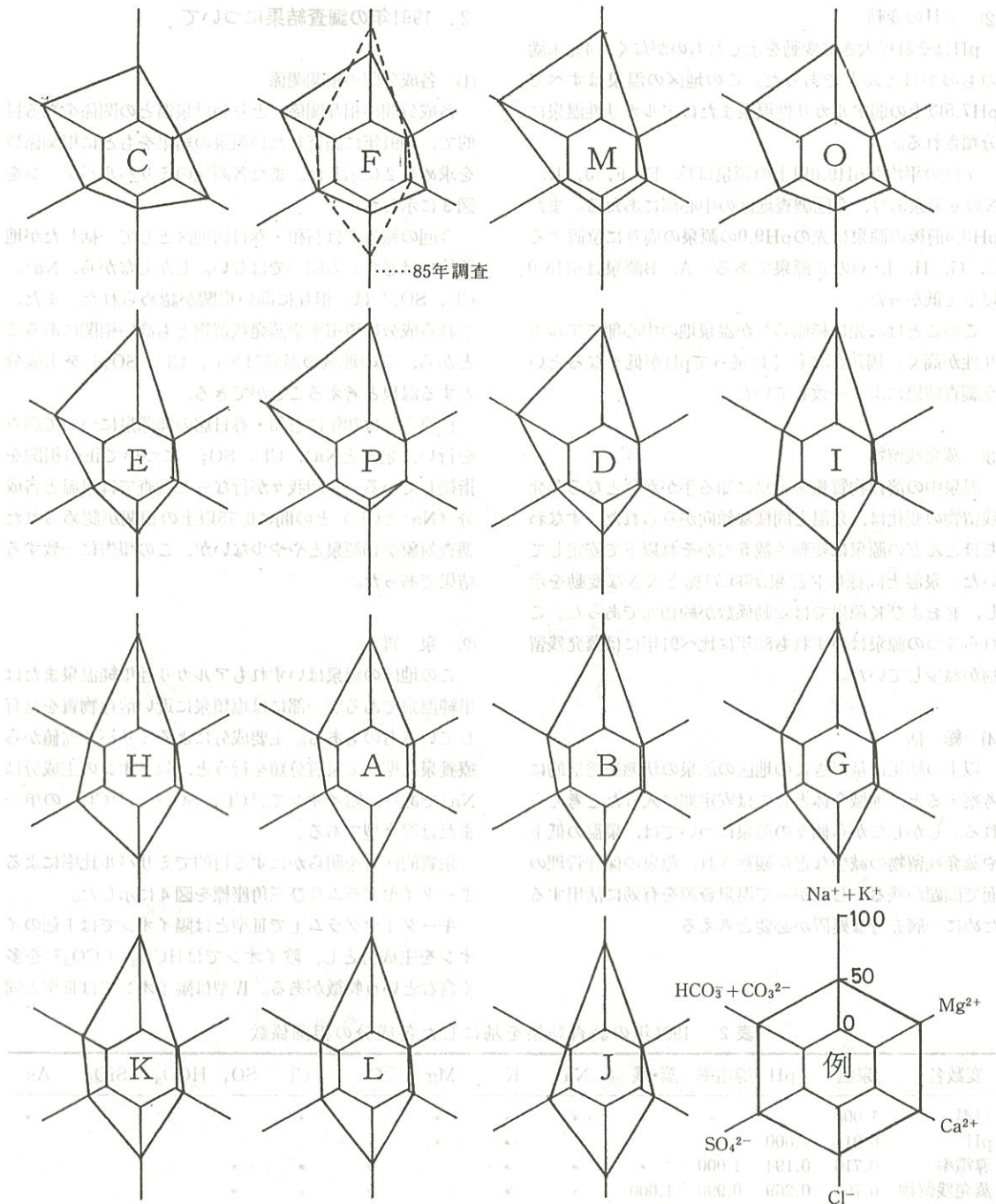


図3 1991年調査結果による各源泉のミリバルパターン

じであるが、陰イオンでは $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ を多く含む。

今回の調査では15源泉が大きく二つに分けることができた。IV型には8源泉(53.3%)が分類され、泉温の平均は 43.0°C と高温であった。III型及び中間部に属する源泉は7源泉(46.7%)であった。この型に属する泉温の平均は 27.1°C と低温であった。

これら源泉を陰イオンの三角座標で比較するとその差はさらに明確になる。 SO_4^{2-} は25%前後とばらつきは小さいが、 HCO_3^- と Cl^- の値は大きく2分された。つまり高温泉は Cl^- を多くふくみIV型に分類され、低温泉は $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ を多く含みIII型に分類された。

このことは経年変化でみたF源泉の陰イオン中の

HCO_3^- と Cl^- が大きく変化し、泉温が低下したことに一致する。地域的な特性について解析を試みたが、各源泉のストレーナ位置および地質的な側面も不明瞭な点も多く、明確な特徴をつかむまでには至らなかった。

(3) 温泉中のヒ素

この地区の温泉はヒ素を含有しているため、温泉水のヒ素による河川への影響が指摘されている。沼田ら¹²⁾は石和地区の中心部を流れる平等川および第二平等川のヒ素濃度を測定し温泉水が流入する前と後でその濃度を比較している。温泉水の流入前では平均0.003 mg/lであった河川水が、温泉廃水が集中する地点を過ぎこの2つの河川が合流した流末では平均0.015 mg/lになると報告している。今回の分析結果では、石和地区のA, B源泉を除きすべての源泉から0.01 mg/l以上のヒ素を検出している。最高値はL源泉の0.44 mg/lでありO, G, Kの順で少なくなり、平均値は0.14 mg/l (n=15)であった。

この結果より石和地域を流れる河川のヒ素は温泉水由来と考えられる。

ま と め

1985年から1991年度に実施した石和・春日居地区の温泉調査にもとづき、泉温、泉質の変化について検討を行った結果、次のことがわかった。

1. 全体としてこの地域の源泉はほぼ安定期にあり泉温、泉質ともに大きな変化は観察されなかった。
2. 一部に泉温と蒸発残留物量に低下傾向がみられた源泉があったが、揚湯管などの維持管理に問題があると考えられた。
3. 導電率、蒸発残留物、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} は高い相関関係にあった。
4. 対象とした温泉中のヒ素は平均で0.14 mg/lであった。

なお、採水に協力していただいた環境衛生課、各保健所の担当者に感謝します。

あわせて85, 86年の分析は田中久研究員が、87, 88年は山田一朗研究員が実施したことを付記し、感謝します。

- I アルカリ土類非炭酸塩
- II アルカリ土類炭酸塩
- III アルカリ炭酸塩
- IV アルカリ非炭酸塩

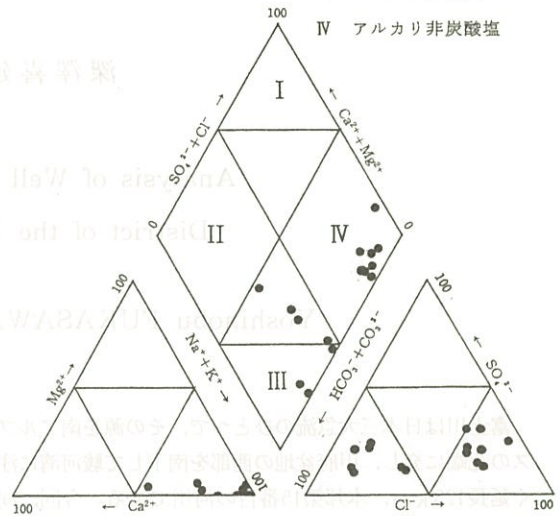


図4 各源泉のキーダイヤグラム及び三角座標

文 献

- 1) 秋山悌四郎：日本化学雑誌，85 (10)，4～10 (1964)
- 2) 秋山悌四郎：山梨県立女子短大紀要，6，13～24 (1973)
- 3) 杉原 健，杉原まゆみ：山梨大教育研究報告，22，218～230 (1971)
- 4) 杉原 健，島口たけみ：山梨大教育研究報告，31，27～32 (1980)
- 5) 市川重徳：山梨県立甲府南高校研究紀要，NO1，18～27 (1967)
- 6) 市川重徳：山梨県立甲府南高校研究紀要，NO2，53～64 (1968)
- 7) 加藤尚之，相川嘉正，塚本邦子：東邦大教養紀要，20，19～26 (1988)
- 8) 佐藤幸二，甘露寺泰雄：温泉科学，18，125～14 (1968)
- 9) 環境庁自然保護局：鉱泉分析法指針 (改定)，1978年5月
- 10) 小林 浩，深澤喜延：山梨衛公研年報，33，1～4 (1989)
- 11) 吉澤一家ら：山梨衛公研年報，33，59～62 (1989)
- 12) 沼田 一，河西正男：山梨衛公研年報，22，40～43 (1978)