

資 料

広島県における鉱泉水質について

日浦 盛夫 高田久美代 布施 淳一 信宗 正男

Water Qualities of Mineral Springs in Hiroshima Prefecture

MORIO HIURA, KUMIYO TAKATA, JUN-ICHI FUSE and MASAO NOBUSO

(Received Oct. 29, 1997)

緒 言

広島県の鉱泉水については、調枝[1]、中村[2,3]らが昭和31年度から61年度までの鉱泉水分析の結果をもとにその水質の特徴等について報告している。その後、温泉ブーム等により新たな源泉の開発が盛んに行われた。そこで今回は、従前の検討結果を踏まえ、平成元年度から平成7年度までに当センターで実施した分析結果をもとに鉱泉水の水質について検討したので報告する。

調査方法

平成元年度から平成7年度の間には鉱泉水分析法指針[4]に基づき、158ヶ所の源泉について温泉中分析を実施した。

結果及び考察

1 療養泉とその成分

広島県には、42℃を超える高温泉はほとんどないが、療養泉としての成分を含むいわゆる冷鉱泉(25℃未満)は県内に幅広く分布している。地質をもとにした地域別[1]の源泉数を図1に、全源泉における泉温、ラドン濃度、蒸発残留物の分析結果を表1に示す。調査した源泉のうち146ヶ所が温泉法に基づく療養泉の基準[5]を満たしていたが、そのうち94%が放射能泉で、ついで25℃以上の温泉が11%、塩類泉が8%であった(複数の成分が療養泉基準に該当している源泉は13%)。

(1) 泉温

全源泉の泉温の平均値は18.2℃で、20℃以下のものが全体の80%近くを占めていた。温泉法の基準である25℃以上の温泉を表2に示す。A地域の湯来町、吉和村、佐伯町の各温泉の井戸は特に深くはなく、断層に

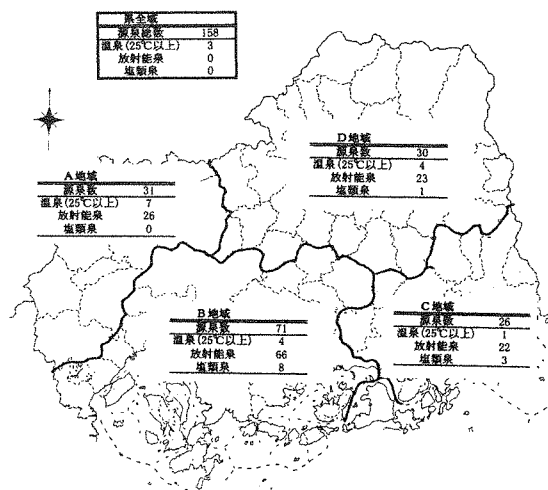


図1 地域ごとの源泉数(泉質の重複するものも再掲する。)

表1 地域別の療養泉の成分<sup>1)</sup>

地域 <sup>2)</sup>	泉温(℃)	ラドン(mッヘ/kg)	蒸発残留物(mg/kg)
A	19.2±5.4	31.0±37.6	110±69
B	17.3±2.2	24.5±19.3	2110±72
C	18.4±1.8	34.5±36.5	1380±120
D	18.9±5.5	14.4±13.2	240±118
県全域	18.2±4.0	26.1±26.8	1240±98

1) 平均値±標準偏差

2) A:北西部(n=31), B:南西部(n=71), C:南東部(n=26)  
D:北東部(n=30), 県全域(n=158)

伴う地下深部の割れ目を通して上昇、湧出してくるものと考えられている[1]。B及びC地域には、以前は25℃以上の温泉はみられなかった[3]が、今回の調査では、B地域に4ヶ所、また、C地域に1ヶ所あった。

表2 25℃以上の温泉

所在地	泉温 (°C)	ラドン (マツヘ/kg)	蒸発残留物 (mg/kg)	pH	深さ (m)
三原市須波西町	45.1	5.2	27600	6.8	2000
安芸郡倉橋町前宮ノ浦	40.5	29.6	9270	7.4	2000
庄原市新庄牛塚	39.4	14.5	470	8.1	1300
広島市東区牛田新町	34.5	34.1	9200	7.1	1880
山県郡戸内町宮ヶ原	28.2	8.6	314	9.3	1000
甲奴郡上下町矢野	28.2	9.2	155	8.9	120
山県郡筒賀村中筒賀	26.5	4.5	125	9.3	1500
比婆郡東城町栗田	26.4	7.4	510	9.1	1000
佐伯郡大野町尾立	26.0	28.3	238	7.7	1400
佐伯郡佐伯町飯山	26.0	64.1	133	8.2	136
佐伯郡吉和村熊崎	26.0	3.9	101	8.5	0
竹原市竹原町吉崎	25.8	6.6	27000	7.0	500
佐伯郡吉和村熊崎	25.8	5.3	115	8.7	300
佐伯郡湯来町湯来	25.6	26.0	102	9.1	165
比婆郡西城町油木	25.5	5.1	126	8.8	30
佐伯郡吉和村熊崎	25.4	4.8	114	8.6	500

表3 ラドン濃度が50マツヘ/kg以上の源泉

所在地	ラドン (マツヘ/kg)	泉温 (°C)	蒸発残留物 (mg/kg)	pH
尾道市才が久保	177.0	20.2	180	6.4
佐伯郡佐伯町栗栖北山	161.0	16.7	77	7.0
佐伯郡大柿町深江沖野島	143.0	17.8	108	6.2
御調郡向東町	125.0	16.4	2014	6.2
佐伯郡佐伯町栗栖北山	111.0	15.8	130	7.4
山県郡筒賀村中筒賀	99.1	13.5	80	7.4
佐伯郡吉和村	96.8	17.9	310	7.4
佐伯郡吉和村東沙原	93.2	12.7	71	6.5
尾道市才が久保	92.4	18.1	1390	5.8
尾道市東久保	74.2	15.0	221	6.2
佐伯郡佐伯町中道	72.1	12.0	40	6.2
佐伯郡佐伯町飯山黒打山	64.1	26.0	133	8.2
世羅郡世羅町京丸	62.4	10.8	130	7.2
山県郡大朝町田原	56.9	21.5	94	8.4
賀茂郡大和町椋梨	54.7	15.7	135	6.8
高田郡向原町長田	54.5	15.5	122	6.8
尾道市新高山三丁目	52.5	17.7	171	5.9

いずれの井戸も深く、特に30℃以上の泉温が得られた3ヶ所では2000mもの掘削が行われていた。地下温度については熱源に近い火山帯のような地域以外の一般的な場所では、深さ100m毎に2~3℃上昇することが知られている[6]。従って、県内の深層掘削によって得られた源泉の泉温は通常域の深層地下温度を示しているものと考えられる。

25℃以上の温泉で、塩類泉にも該当するものが4ヶ所あったが、いずれも沿岸部にみられた。また、塩類泉を除くと、総じてpHが高く(平均値:8.7, 範囲:7.7~9.3)又陽イオンでは、ナトリウムが多くカルシウム、マグネシウムが少ない傾向が見られた。

(2) ラドン (放射能泉)

全源泉のラドン濃度の平均値は26.1マツヘ/kgである。ラドンの療養泉としての基準は8.25マツヘ/kg (30×10<sup>-10</sup>キュリー/kg) 以上であり、県内の療養泉のほとんどが放射能泉に該当していた。しかし、その大部分は50マツヘ/kg未満の弱放射能泉で、50マツヘ/kg以上の源泉は表3に示すように17ヶ所であった。50マツヘ/kg以上の源泉の水質については、泉温、蒸発残留物、pH、その他の成分にも特に特徴的なことは見当たらなかった。地域別のラドン濃度をみると、昭和61年度までの鉱泉分析結果から中村ら[3]が指摘したように、A、B、C地域に比べD地域が低い傾向が見られた。これは、A、B、C地域は広島花崗岩が広く分布しているのに対して、D地域は広島花崗岩以外の地質(それ以前の深成岩活動により生じた古期又は新期花崗岩等)であることから、花崗岩生成時期の違いによるものと推測されている[3]。

(3) 塩類泉

塩類泉に該当する源泉は、表4に示すように12ヶ所あった。それらのほとんどは、沿岸部(海岸線から5km以内)に集中しており、海水の影響が考えられる。塩類泉中の塩素イオン、ナトリウム、カルシウムの各ミリグラム当量を総イオンのそれに対してプロットし、回帰直線を求めると図2のように塩素イオンに関

表4 塩類泉の成分

所在地	蒸発残留物 (mg/kg)	泉温 (°C)	ラドン (マツヘ/kg)	pH	Cl (mval/kg) <sup>1)</sup>	Na (mval/kg)	Ca (mval/kg)	総イオン <sup>1)</sup> (mval/kg)
佐伯郡大野町宮島口	27870	18.8	16.8	6.4	437	334	85	970
三原市須波西町	27600	45.1	5.2	6.8	440	237	214	951
竹原市竹原町吉崎	27000	25.8	6.6	7.0	443	278	145	925
豊田郡木江町沖浦	25800	22.5	31.1	6.9	429	178	222	897
安芸郡南刈町大浦	21100	17.0	21.3	6.7	327	254	76	722
広島市西区福島町	18200	19.0	20.9	6.9	278	210	61	624
安芸郡倉橋町前宮ノ浦	9270	40.5	39.6	7.4	145	118	23	326
広島市東区牛田新町	9200	34.5	34.1	7.1	145	102	36	320
広島市南区比治山町	3280	18.7	31.4	7.7	45	38	10	104
御調郡向東町	2014	16.4	125.0	6.2	27	26	2	64
比婆郡比和町	1440	15.8	0.8	8.4	17	28	1	55
尾道市才が久保	1390	18.1	92.4	5.8	20	5	15	47
海水	34370	-	-	-	536	457	20	1187

1) Na, K, Mg, Ca, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>の合計  
2) mval: ミリグラム当量

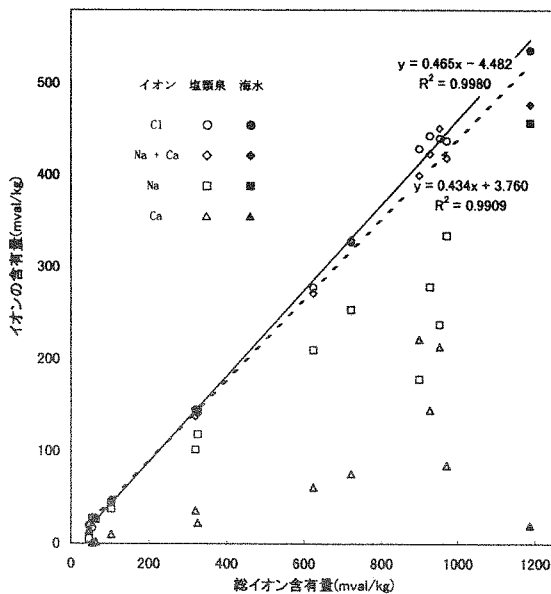


図2 塩類泉(注)と海水におけるCl, Na, Ca含有量と総イオンの関係  
注) 表4の12泉をプロットした

して直線的な関係が見られ、また標準的な海水の組成比率[7]とほぼ一致していることから、海水が地下水によって希釈されているものと考えられる。ナトリウムの場合も同様の傾向が見られるが、海水の組成比率

よりやや低く、一方、カルシウムについては海水よりはるかに高比率となった。これは海水が地下水化する過程で、地層の影響を受けにくい塩素イオンは海水の組成比率と変わらず、岩石や粘土鉱物等とのイオン交換により溶出する傾向があるカルシウムは増大するという伊豆半島の海岸温泉での調査報告[8]と一致する。また、ナトリウムとカルシウムを合わせると、ほぼ直線関係が得られることから、地下水化に伴うカルシウムの増加に対応してナトリウムが減少し、鉱泉水中のイオンバランスが保たれているものと推測される。また、D地域に1カ所塩類泉がみられるが、これは第三期堆積層(海成層)から湧出していることから、調枝[1]、布施ら[9]が指摘しているようにいわゆる化石水の可能性が考えられる。

## 2 その他の主要成分

### (1) 水質組成

県内の鉱泉水質を把握するために、大まかではあるが有効とされている主要イオンの組成による解析[9]を行った。陽イオンと陰イオンをそれぞれ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ )と( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ )、( $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ )と( $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ )の2グループに分け、それぞれの当量パーセントが50%以上となる組成で水質を区分けすると、次の4種類となる。

- I アルカリ土類炭酸塩(河川水, 浅い地下水)
- II アルカリ炭酸塩(停滞地下水)
- III アルカリ土類非炭酸塩(鉱山など)
- IV アルカリ非炭酸塩(海水, 化石海水)

この分類によると表5に示すように、県内全域ではII型がもっとも多く、I, IV, IIIの順に減少している。

I型は通常の地下水によく見られる $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型であり、B, C地域に多く見られる。この型では、25℃以上の温泉並びに塩類泉は見られなかった。これはこの型が比較的浅い地下水域に属し、雨水や河川水の影響が大きいと考えられる。

II型は $\text{NaHCO}_3$ 型で、一般に地下水が地層中に長く滞留すると塩基置換作用によって $\text{Na} > \text{Ca}$ になる傾向

表5 水質型ごとの源泉数

水質型 <sup>注)</sup>	全 域	A 地域	B 地域	C 地域	D 地域
I 型	52 (32.9%)	6 (19.4%)	27 (38.0%)	11 (42.3%)	8 (26.7%)
II 型	71 (44.9%)	25 (80.6%)	24 (53.8%)	4 (15.4%)	18 (60.0%)
III 型	12 (7.6%)	0 (0.0%)	7 (9.9%)	5 (19.2%)	0 (0.0%)
IV 型	23 (14.6%)	0 (0.0%)	13 (18.3%)	6 (23.1%)	4 (13.3%)
計	158 (100.0%)	31 (100.0%)	71 (100.0%)	26 (100.0%)	30 (100.0%)

注) I型:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , II型:  $\text{NaHCO}_3$ , III型:  $\text{CaCl}_2$ , IV型:  $\text{NaCl}$

があることが知られており[10] (これはI型からII型への変化に相当する)、停滞型地下水ともいわれている。県北部に多く、特にA地域では8割がこの型によって占められていた。これは調枝[1]が昭和31-48年度の鉱泉分析結果からA地域の水質型を $\text{NaHCO}_3$ 型としていることと一致している。

III型は $\text{CaCl}_2 \sim \text{CaSO}_4$ 型といえるが、県内には少なく、沿岸部(B, C地域)のみに僅かに見られる程度であった。

IV型は $\text{NaCl}$ 型、すなわち海水が主流を占めるタイプで、県内では沿岸部に集中しており、塩類泉12カ所中の10カ所がこの型であった。

### (2) フッ素

温泉法によるフッ素の基準は2mg/kg以上であるが、療養泉としての基準はない。158の源泉中30%近い44ヶ所で基準以上のフッ素が含まれていた。本県の鉱泉水中のフッ素濃度については、すでに中村[2]や布施ら[9]がpHとナトリウム濃度に対して正の相関を示すことを報告している。今回の調査結果から、フッ素濃度が2.0mg/kg以上の源泉の成分等を表6に示したが、ここでもpHが高く、またナトリウム及び炭酸イオンが多い傾向がみられた。また、これら44ヶ所の源泉中31ヶ所が停滞地下水型であるII型( $\text{NaHCO}_3$ 型)の水質組成であり、泉温も比較的高いことから、地下水中のフッ素は深部帯水層において長期停滞した深層水中に地質からの溶出によるという調枝ら[11]の推論を支持する結果であった。

表6 フッ素イオンが2.0mg/kg以上の源泉の水質

泉温 (℃)	pH	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	F (mg/kg)	Cl (mg/kg)	$\text{NO}_3^-$ (mg/kg)	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/kg)	$\text{HCO}_3^-$ (mg/kg)	$\text{CO}_3^{2-}$ (mg/kg)	
平均値	20.9	8.4	50.2	1.3	10.7	0.5	6.3	22.3	0.5	9.0	75.2	12.8
中央値	19.6	8.4	34.5	0.5	6.4	0.2	4.9	6.7	0.0	4.9	52.7	10.1
標準偏差	5.2	0.9	46.2	4.4	13.2	0.8	4.8	55.2	2.2	9.2	71.9	15.2

n = 44, 蒸発残留物が1000mg/kg以上の源泉は除いた。

## まとめ

平成元年度から平成7年度の間実施した温泉中分析の結果、療養泉は、25℃以上の温泉、ラドンを含む放射能泉及び塩類泉の3種類であった。従来、広島県には温度の高い源泉は少なく、25℃を僅かに超える低温泉が数ヶ所みられる程度であったが、深層ボーリングにより30℃~45℃の温泉が得られている。放射能泉は最も多く全療養泉の94%に達している。塩類泉はその多くが沿岸部にみられ、海水の影響を受けていると思われる。また、高濃度のフッ素を含む鉱泉の多くが $\text{NaHCO}_3$ 型の水質組成であった。

文 献

- [1] 調枝勝幸：広島県衛生研究所研究報告, 21, 1-9 (1974).
- [2] 中村寿夫：広島県衛生研究所研究報告, 26, 43-48 (1979).
- [3] 中村寿夫, 中富美津江：広島県衛生研究所研究報告, 35, 25-31 (1988).
- [4] 環境庁：鉱泉分析指針 (1978).
- [5] 環境庁自然保護局長：温泉法第13条の運用について, 環自施第227号 (1982).
- [6] 地学団体研究会編：新版地学辞典 (平凡社).
- [7] 東京化学同人：環境科学辞典 (1985).
- [8] 甘露寺康夫, 田中昭：温泉工学会誌, 11, 88-97 (1976).
- [9] 布施淳一, 坂本征則, 県立保健所試験検査室：広島県衛生研究所研究報告, 38, 23-26 (1991).
- [10] 地下水ハンドブック編集委員会編：地下水ハンドブック, 建設産業調査会, 365-368 (1980).
- [11] 調枝勝幸, 佐渡忠典：広島県衛生研究所研究報告, 22, 1-9 (1975).