

## 温泉における化学成分の経時変化について— II

### — 1 持世寺：杉野泉 —

山口県衛生公害研究センター (所長：宮村恵宣)

歳 弘 克 史・藤 原 美智子・河 村 憲 治

岡 田 雅 裕・珠 山 光 顕\*

## Seasonal Variation of Chemical Compositions of Hot Springs in Yamaguchi Prefecture— II

### Part 1 : Investigation of JISEIJI : SUGINOSEN Hot Spring from 1987 to 1991

Katsushi TOSHIHIRO, Michiko FUJIWARA, Kenji KAWAMURA

Masahiro OKADA, Mitsuaki TAMAYAMA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health (Director : Dr. Shigenori MIYAMURA)

#### はじめに

近年、国民の余暇利用、ヘルシー志向等により、温泉ブームとなっているが、温泉は古くから開発されたものが多く、その後数年あるいは数十年間、成分分析の行われていないのが現状である。温泉の利用は一般の地下水と異なり浴場等に多量に使用され、このため、長年の揚泉による泉質等の経時変化がおきている可能性もある。

温泉の経時変化についての調査研究は他県でもあまり行われておらず、参考にする資料も少ないので、温泉の比較的多い山口県として、これらを調査して現状を把握し、温泉利用者の保健衛生の確保及び温泉の保護の対策を実施する必要があるものと思われる。

そこで、これまでに三隅町の「湯免温泉<sup>1)</sup>」、防府市の「あかり園泉<sup>2)</sup>」について、化学成分の経時変化について調査し、概要を報告した。

引き続き本報では、宇部市の北方「霜降岳」の山麓の狭い場所に古くから利用されている温泉地

である持世寺温泉の3泉源について調査を実施したので、各泉源別にその概要を報告する。

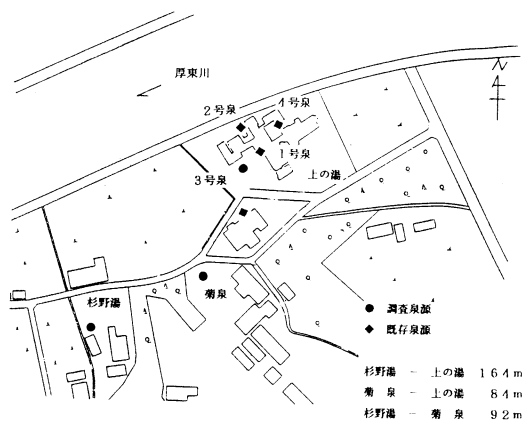


図1 持世寺温泉の泉源

#### 調査方法

##### 1 期 間

昭和62年5月～平成3年3月 (隔月4年間 計24回)

\* 山口環境保健所：山口市葵町2丁目5-69

## 2 対象

杉野泉(施設名:杉野湯)

泉質:単純弱放射能温泉

泉源:ボーリング深度 3.6m(自噴)

特徴:古くから利用されている宿泊施設のない公衆浴場の温泉

調査泉源及び他の泉源については図1に示したが、地質は花崗岩よりなっている。

## 3 項目

泉温,湧出量, pH値, 蒸発残留物(ER), ラドン量(Rn), ナトリウムイオン(Na), カリウムイオン(K), カルシウムイオン(Ca), マグネシウムイオン(Mg), フッ素イオン(F), 塩素イオン(Cl), 硫酸イオン(SO<sub>4</sub>), 炭酸水素イオン(HCO<sub>3</sub>), 炭酸イオン(CO<sub>3</sub>), メタケイ酸(H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), 総イオウ(T-S), 総鉄(T-Fe) マンガン(Mn), リチウム(Li) 及び気温。

## 4 分析方法

化学成分の分析は鉱泉試験法指針<sup>3)</sup>に従い、Rnの測定はIM泉効計を使用した。

## 調査結果

### 1 各項目別調査結果

4年間の結果を各項目別に表1に示した。

(1) Rnは、68.5~112.8×10<sup>-10</sup>Ci, 平均値91.5×10<sup>-10</sup>Ciであった。また、変動係数は13.7%で月別の変動があったが、周期的変動は認められなかった。

各年度の平均では、昭和62年度から平成元年度までの2年間で106.8×10<sup>-10</sup>Ciから84.0×10<sup>-10</sup>Ciに減少したが、平成元年度からの2年間はほとんど変動が認められなかった。

(2) 泉温は、25.6~26.9℃, 平均値 26.2℃であった。変動係数は1.1%で月別の変動が少なかったが、年度平均では昭和63年度からは若干低下している。

(3) 湧出量は、32.5~79.5ℓ/分, 平均値56.7ℓ/分であった。変動係数は25.5%で月別の変動が大きく、年度平均の増減では昭和63年度から70.5, 51.8, 44.9ℓ/分と減少しており、減少

率はそれぞれ26.5%, 13.3%であった。また、最低値を示したのは4年間とも1月であった。

(4) ERは、187~237mg/kg, 平均値212mg/kgであった。変動係数は5.5%で月別の変動が少なく、年度平均でも含有量はほぼ一定しており、変動は少なかった。

(5) pHは、7.78~8.30, 平均値は8.10であった。変動係数は1.6%と月別の変動が少なく、年度平均でもほぼ一定していた。

(6) Naは、年度平均でみると昭和63年度からわずかに増加の傾向がみられ、Caについては、昭和62年9月から昭和63年9月の間に著しく減少し、それ以後もわずかであるが減少している。

(7) Fは、年度平均でみると年毎に増減を繰り返している。

(8) Clは、25.56~53.25mg/kg, 平均値36.64mg/kgであった。変動係数は12.6%で月別の変動が若干あり、年度平均では、昭和63年度から減少している。

(9) SO<sub>4</sub>は、6.21~12.50mg/kg, 平均値9.73mg/kgであった。変動係数は16.0%で1~4か月毎に増減を繰り返しており、年度平均では昭和63年度から若干ではあるが増加している。

(10) HCO<sub>3</sub>とH<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>の変動係数は、それぞれ4.0%, 8.9%で、月別の変動が少なかった。しかしながら、H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>は、年度平均でみると、昭和63年度から若干減少している。

### 2 各成分等の相関

(1) 各調査項目の相関等について検討し、表2及び表3に示した。これらの相関係数は全て有意であった。(P<0.05)

#### (2) 各成分の月別相関

調査前半2年間と後半2年間の各成分の相関を月別にみると、Caと泉温にそれぞれ正の相関(r=0.812, r=0.598)が認められた。

#### (3) 湧出量と降雨量の相関

調査1年前から調査月までの降雨量と湧出量の相関をみたが、認められなかった。

### 3 主要成分の構成比

(1) 主要陽イオンの構成比(ミリバル%)

表1 杉野泉における化学成分の測定値

測定年月	Rn	泉温	湧出量	pH	ER	Na	K	Ca	Mg	F	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	気温
S62. 5	92.0	26.5	58.7	8.02	216	44.0	1.00	18.72	0.45	5.76	30.25	9.03	93.47	3.23	37.10	25.5
" . 7	112.8	26.5	61.6	8.10	187	40.0	1.10	22.26	0.46	6.00	36.08	11.17	91.83	4.80	38.45	29.1
" . 9	107.9	26.1	54.5	7.80	198	39.0	1.15	23.78	0.05	5.60	37.80	10.29	93.47	3.23	36.24	22.5
" .11	107.1	26.1	測定不能	8.00	225	41.0	0.85	21.80	0.15	5.64	32.30	8.80	93.48	3.23	34.07	11.1
S63. 1	111.1	26.0	46.2	8.20	237	41.0	0.85	20.40	0.45	6.29	36.43	7.83	91.53	3.00	34.50	19.0
" . 3	109.6	26.1	79.5	8.20	203	39.0	0.85	17.80	0.40	6.00	37.11	9.15	94.58	3.00	38.60	11.1
" . 5	97.9	26.5	79.5	8.00	217	36.0	0.85	18.20	0.40	5.57	40.12	7.55	93.06	3.00	40.41	26.1
" . 7	89.2	26.9	76.3	8.20	207	40.0	0.95	13.15	0.45	5.59	37.63	11.07	94.58	3.00	48.05	29.8
" . 9	84.8	26.7	73.4	8.20	210	38.0	1.08	12.48	0.44	6.14	36.21	8.18	97.63	0.00	44.72	26.4
" .11	85.2	26.1	76.3	8.21	219	41.0	0.90	14.60	0.45	5.29	53.25	8.03	96.50	3.00	46.23	9.9
H 1. 1	86.9	26.0	44.0	8.11	195	38.0	0.90	15.15	0.42	8.05	37.60	6.21	94.58	1.50	40.95	14.1
" . 3	101.0	26.2	73.4	8.28	197	51.0	0.94	14.95	0.42	5.82	38.00	9.70	96.50	1.50	43.94	19.7
" . 5	80.3	26.4	59.6	8.12	208	45.0	1.02	14.60	0.46	5.77	37.20	10.03	94.65	0.00	39.66	25.2
" . 7	68.5	26.5	63.6	8.21	212	44.0	1.02	14.80	0.46	5.09	37.28	10.58	98.16	0.00	41.44	33.0
" . 9	87.8	26.2	68.1	8.10	215	45.0	1.02	14.80	0.50	5.49	36.21	9.66	91.15	1.72	40.33	26.6
" .11	97.2	26.0	41.5	8.30	215	43.0	0.98	14.55	0.44	5.42	36.92	9.80	89.02	1.56	42.60	8.5
H 2. 1	89.7	25.9	38.2	8.10	216	42.0	0.96	13.65	0.40	5.66	35.50	12.21	95.40	0.00	43.06	11.0
" . 3	80.2	26.2	40.0	8.08	220	37.0	0.96	13.65	0.42	4.68	34.69	8.00	97.63	0.00	35.88	17.8
" . 5	83.0	26.1	50.3	8.14	214	49.5	0.90	13.25	0.38	6.45	25.56	12.50	82.38	4.50	40.40	23.0
" . 7	101.8	26.3	52.7	7.78	220	34.0	1.30	13.25	0.40	6.30	34.82	12.03	100.70	0.00	44.10	34.8
" . 9	69.2	26.1	43.7	8.08	228	47.0	1.00	13.55	0.38	4.83	35.50	9.58	94.58	0.00	39.27	23.1
" .11	83.2	26.0	41.1	8.07	218	47.5	0.92	13.00	0.42	5.02	34.08	10.56	99.16	1.50	39.92	17.3
H 3. 1	75.6	25.6	32.5	8.10	190	49.0	0.88	13.30	0.36	6.01	39.76	10.96	99.16	1.50	36.52	7.5
" . 3	92.9	25.8	49.3	7.93	210	49.0	0.92	12.95	0.36	6.06	39.05	10.63	97.63	0.00	37.27	11.8
最低値	68.5	25.6	32.5	7.78	187	34.0	0.85	12.48	0.05	4.68	25.56	6.21	82.38	0.00	34.07	7.5
最高値	112.8	26.9	79.5	8.30	237	51.0	1.30	23.78	0.50	8.05	53.25	12.50	100.70	4.80	48.05	34.8
平均値	91.5	26.2	56.7	8.10	212	42.5	0.97	15.78	0.40	5.77	36.64	9.73	94.62	1.80	40.15	20.2
変動係数%	13.7	1.1	25.5	1.6	5.5	10.7	10.9	20.7	24.4	11.3	12.6	16.0	4.0	84.7	8.9	39.4

注：単位は Rn,  $\times 10^{-10}$  Ci/kg. 泉温と気温, °C. 湧出量, L/分. その他 mg/kg.

各年度平均では4年間とも $Na+K > Ca > Mg$ であったが、年毎に $Na+K$ が増加し、 $Ca$ は減少傾向にあった。

(2) 主要陰イオンの構成比 (ミリバル%)

各年度平均では4年間とも $HCO_3 + CO_3 > Cl > SO_4$ であり、構成比の変動も少なかった。

表2 正の相関

X	Rn	Rn	泉	温泉	温泉	湧出量
Y	Ca	CO <sub>3</sub>	湧出量	H <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	気温	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
r	0.716	0.548	0.667	0.436	0.773	0.462

X	pH	K	Ca	Mg	Cl
Y	Mg	気温	CO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>
r	0.577	0.628	0.641	0.443	0.407

r : 相関係数

表3 負の相関

X	pH	Ca	Ca	HCO <sub>3</sub>
Y	K	Mg	H <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>
r	0.471	0.522	0.553	0.624

r : 相関係数

考 察

1 泉温は変動係数1.1%でほぼ一定しているが、気温との間に正の相関が認められた。これは掘さく深度が3.6mと浅く、気温の影響を受けたためと考えられる。また、湧出量との間にも正の相関が認められたが、これは一般的に「泉温変化の多くは湧出量変化に伴って起こる」と言われている温泉の特質<sup>4)</sup>によるものと思われる。

2 Rnは昭和62年から昭和63年の2年間で、21.3%に減少しているが、平成元年度からは減少の傾向がみられず、現時点においては、一応安定したものと思われる。Rnについて岩崎<sup>5)</sup>は「Rnを放出する全エネルギーは、温泉に影響することのできる範囲にあるラジウムの全量によって決まる」としている。従って、泉源に関する地下構

造、放出母岩、地下水系などに変化がないかぎり、湧出Rn量は経時的に減少していくものと考えられる。

次にRnと諸成分の相関について岩崎<sup>5)</sup>、武藤<sup>6)</sup>らは、Rnが温泉中に入る機構は他の含有成分とは一般に密接な関係はないと述べているが、本調査ではCa、CO<sub>3</sub>にそれぞれ相関が認められたが、これらの因果関係については不明である。

3 温泉の衰退現象は、一般的に①温度低下、②揚泉量(湧出量)の減少、③溶存成分の減少等が言われており<sup>7)</sup>、本調査結果からは、その内の「湧出量の減少」が認められたので、本泉源の衰退現象の有無について検討する必要がある。また、「湧出量の減少」は、他泉源からの影響による現象の一つとも考えられるので、これらについても併せて検討し、対策を講ずる必要がある。

なお、湧出量と降雨量の相関については、調査した範囲では認められなかった。

4 温泉の溶存物質質量に最も関係するER、pH等は月別の変動も少なく、ほぼ一定しており、安定した泉質を保っていた。

5 杉野泉を総合的に判断すると、衰退傾向にあるものと思われるので、将来的には何らかの対策が必要と判断される。特に、当温泉は放射能泉であり、Rnの特質として、減少していくことが考えられ、何らかの延命対策を講ずる必要がある。例えば、現在昼夜を問わず、余分の湯は利用されずに放流されており、温泉保護のうえからも、有効に利用することを検討する必要がある。

要 約

杉野泉の化学成分の経時変化について4年間調査し、次の結果が得られた。

- 1 温度低下の傾向は、ほとんどみられなかった。
- 2 Rnは最近の2年間ではほとんど減少傾向がみられないので、泉質等の変化は少ないものと思われる。
- 3 湧出量については、減少傾向がみられた。
- 4 杉野泉を総合的に判断すると、衰退傾向にあるので、将来的には何らかの保護対策が必要と判

断される。

文 献

- 1) 歳弘克史ら：山口衛研業報. (8), 14~17 (1986)
- 2) 歳弘克史ら：山口衛研業報. (9), 51~55 (1988)
- 3) 環境庁自然保護局編：鉱泉分析法指針 (改訂) (1978)
- 4) 湯原浩三：温泉科学. 18, 148~156 (1968)
- 5) 岩崎岩次：温泉工学会誌. 7, 109~114 (1969)
- 6) 武藤倫子ら：温泉科学. 35, 106 (1985)
- 7) 甘露寺泰雄：温泉科学. 37, 112~127 (1987)