

## 香川県における大深度温泉について

## Deep Hot Springs in Kagawa Prefecture

牛野 照子

毛利 孝明\*

奥田 雅宏\*\*

Teruko USHINO

Takaaki MOURI

Masahiro OKUDA

## 要 旨

温泉の掘削技術の進歩により大深度掘削が県下でも行われるようになった。深層温泉水の特徴を解析したところ、今までの温泉泉質と異なった傾向を把握した。既存の温泉は25℃未満の冷鉱泉であったが、大深度掘削により25℃以上の温泉が湧出するようになった。この深層温泉は、塩類泉が約70%を占めており、その泉質は塩化物泉と炭酸水素塩泉であった。

キーワード: 大深度掘削, 塩類泉, 炭酸水素塩泉

## I 緒 言

香川県は、西日本内帯の領家帯と呼ばれる地質構造区に属しており、中生代白亜紀の領家帯花崗岩が基盤をなし、阿讃山地ではこの上を和泉層群が不整合に覆い、讃岐平野には第三紀の火山岩が点在している。既存の温泉は領家帯花崗岩の中から湧出する炭酸水素ナトリウム、硫黄、フッ素イオン、メタホウ酸を含む温泉が特徴で、25℃未満の冷鉱泉であった。最近、大深度掘削が増加する傾向により<sup>1)</sup>、1000mを超える源泉で泉温25℃以上の温泉が湧出している。これらの源泉の特徴について検討を行ったので報告する。

## II 調査方法

1975年11月から2003年3月まで当所において「鉱泉分析法指針」<sup>2)</sup>に基づいて分析した温泉のうち掘削深度1000m以上の16源泉(塩類泉11,放射能泉1,その他4)を試料とした。これらの源泉の主要項目について特徴を解析した。

## III 調査結果

## 1. 源泉の分布

図1に源泉の位置を示した。塩類泉は①, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑬, ⑭, ⑮, ⑯, 放射能泉は⑩, 単純低温泉②, ⑨, ⑪, ⑫である。



図1 温泉の分布

## 2. 深度と泉温

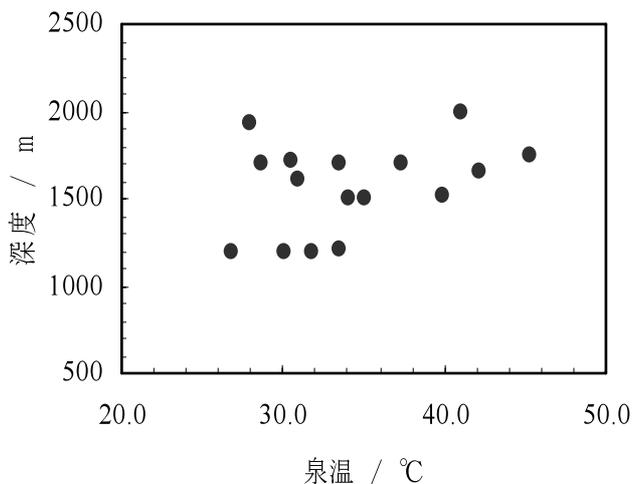
16源泉について、泉温を表1に深度と泉温を図2に示した。温度勾配は、香川県の平均2.24で全国平均2.9~3.3m<sup>3)</sup>を下回っているので他県に比べて深く掘削しないと25℃以上の泉温は望めない。今回の調査では、1200mで25℃以上の泉温を得ている。16源泉のうち塩類泉(11)については、深度と泉温との間に弱い相関(相関係数0.5082)が認められた<sup>4)</sup>。

\*県営水道事務所

\*\*香川県薬務感染症対策課

表1 泉温

源泉名	温度(°C)
1	45.3
2	30.5
3	30.1
4	41.0
5	28.7
6	31.0
7	39.9
8	33.5
9	28.0
10	37.3
11	34.1
12	26.8
13	33.5
14	42.2
15	35.0
16	31.8
低温泉(25°C以上34°C未満)	9ヶ所
温泉(34°C以上42°C未満)	5ヶ所
高温泉(42°C以上)	2ヶ所



$Y=0.011X + 18.7 \quad r=0.5082$

図2 深度・泉温

### 3. 泉質

深さ1000m以上の源泉から湧出する温泉の主要イオン(陽イオンは、 $Li^+ + Na^+ + K^+$ ,  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , 陰イオンは $Cl^- + F^-$ ,  $HCO_3^- + CO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ )の構成状態をミリアル%値を用いてキーダイアグラムを図3に示す。温泉の化学分析値を表2に示した。

図3にみられるように①, ⑧, ⑨, ⑩, ⑫, ⑭の6源泉は深層地下水型で②, ③, ④, ⑦, ⑪, ⑬, ⑮の7源泉は海水型で⑤, ⑥, ⑯の3源泉は火山性型に属している。

泉質は次のとおりである。

- ① Na-Cl,  $HCO_3$  泉
- ② 単純低温泉
- ③ Na, Ca-Cl泉
- ④ Na-Cl泉
- ⑤ Na, Ca-Cl泉
- ⑥ Ca, Na-Cl泉
- ⑦ Na-Cl泉
- ⑧ Na- $HCO_3$ , Cl泉
- ⑨ 単純低温泉
- ⑩ 単純放射能温泉
- ⑪ 単純低温泉
- ⑫ 単純低温泉
- ⑬ Na, Ca-Cl泉
- ⑭ Na, Fe(II)- $HCO_3$ , Cl泉
- ⑮ Na, Ca-Cl泉
- ⑯ Na, Ca-Cl泉

県内の深度泉1000m以下の温泉としては、領家帯花崗岩の中から湧出する放射能泉, 和泉層群から湧出する炭酸水素ナトリウム, 硫黄, フッ素イオン, メタホウ酸を含むアルカリ性の冷鉱泉が代表的なものである<sup>5)</sup>。今回、解析した深度1000m以上の温泉は、これらの既存の温泉とは少し異なり、溶存物質の多い塩類泉(塩化物泉, 重曹泉)が7割りを占めていた。塩素イオンの高い源泉としては①, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑬, ⑭, ⑮, ⑯があり、海岸部に位置し海水の影響を受けていると考えられるものが多い。①, ④, ⑦, ⑮のように内陸部に位置しかつて海底であった岩脈が二千五百万年前の火山活動で閉じ込められたものと考えられるものも存在する。

また、炭酸水素イオンの高い源泉としては①, ⑧, ⑭がある。特に、①は高松クレータの底からさらに250m深く掘削しており、炭酸水素イオン濃度が高いのが特徴である<sup>6)</sup>。高松クレータの成因については、隕石説, カルデラ説等論争が続いており、まだ結論が出ておらずクレータの成因とこの温泉については関連があるのかも知れない。

そのほか、溶存物質の少ない温泉として、単純温泉②, ⑨, ⑪, ⑫, 単純放射能泉⑩がある。これらは、pHが高い(pH8.8~9.5)のが特徴である。

表2 温泉分析表

源泉名	pH	Na <sup>+</sup> (mg/kg)	K <sup>+</sup> (mg/g)	Ca <sup>2+</sup> (mg/kg)	Mg <sup>2+</sup> (mg/kg)	Cl <sup>-</sup> (mg/kg)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)	HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup> (mg/kg)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)	湧出量 (L/min)	Mg/Ca
1.	7.7	3381	12.6	4.1	1.5	1935	0.4	5826	—	350	0.36
2.	9.2	126.1	1.2	4.9	1.0	75.0	3.4	117.1	30.5	286	0.20
3.	6.9	3000	14.2	1106	171.3	6965	35.1	37.2	3.3	40	0.15
4.	7.9	1066	7.4	214.4	4.4	1902	4.8	127.2	6.6	32	0.02
5.	7.8	1403	8.4	1223	95.9	4161	388	52.9	2.7	185	0.07
6.	8.5	1896	7.7	2393	195.3	7005	644	14.8	7.3	200	0.08
7.	7.3	729.0	7.2	197.1	113.6	1531	2.1	313.1	—	90	0.58
8.	7.8	374.6	4.5	10.8	3.3	196.1	1.1	715.3	—	168	0.31
9.	9.3	73.8	1.2	2.9	0.1	14.3	4.8	114.4	26.5	130	0.03
10.	8.8	48.5	1.2	8.4	1.1	12.1	12.5	96.9	9.9	66	0.13
11.	9.5	82.3	0.4	3.9	<0.1	42.9	4.7	33.7	36.4	180	—
12.	9.2	70.0	0.6	4.2	0.2	8.9	1.7	98.5	23.4	150	0.05
13.	8.6	696.0	3.4	320.0	0.2	1621	1.6	0.0	13.3	180	<0.01
14.	6.5	357.7	9.6	89.0	24.1	377	23.3	681.8	—	150	0.27
15.	7.1	1069	9.7	502.2	208.3	2973	0.1	118.9	—	270	0.41
16.	6.8	2150	20.0	2433	115.0	7440	660.0	12	—	110	0.05

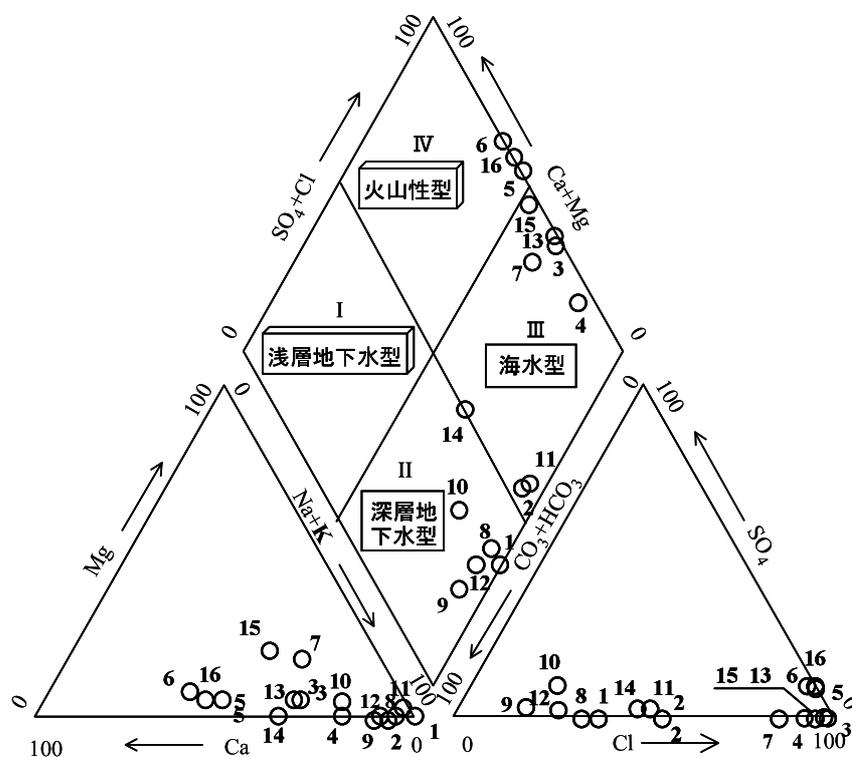


図3 キーダイアグラム

さて、療養泉の一般的適応症としては、神経痛、筋肉痛、関節痛、五十肩、運動麻痺、関節のこわばり、うちみ、くじき、慢性消化器病、痔疾、冷え性、病後回復期、疲労回復、健康増進がある。さらに、泉質によってそれぞれの適応症が追加される<sup>7)8)9)</sup>。香川県に存在する主要な温泉の適応症についてまとめたのが表3である。

表3 泉質別温泉の適応

泉質	浴用	飲用
塩化物泉	きりきず、やけど、慢性皮膚病、虚弱児童、慢性婦人病	慢性消化器病、慢性便秘
炭酸水素塩泉	きりきず、やけど、慢性皮膚病	慢性消化器病、糖尿病、痛風、肝臓病
硫黄泉	慢性皮膚病、慢性婦人病、きりきず、糖尿病(硫化水素型)高血圧症、動脈硬化症	糖尿病、痛風、便秘
放射能泉	痛風、動脈硬化症、高血圧症、慢性胆嚢炎、胆石症、慢性皮膚病、慢性婦人病	痛風、慢性消化器病、慢性胆嚢炎、胆石症、神経痛、筋肉痛、関節痛

この表を参考にして、健康増進のために有効に利用して頂きたい。

なお、本県においては細菌汚染の問題があり、温泉の飲用は認められていません。

#### IV 結論

深度1000m以上の16源泉について調査したところ次のことが明らかになった。

1. 1200m以上の掘削で25℃以上の温泉が湧出しているが、本県の平均温度勾配は2.24で全国平均(2.9~3.3)を下回っているため、他県より深く掘削しないと温泉が湧出しない。
2. 16源泉のうち、7割の11源泉が塩類泉であった。この塩類泉の7割が塩化物泉で、3割が炭酸水素塩泉であった。残りの5源泉は、単純温泉と単純放射能泉であった。
3. キーダイアグラムに各温泉をプロットした結果、深

層地下水型と海水型に分類されるものが多いことがわかった。

なお、源泉④と源泉⑯は現在廃止されています。

稿を終えるにあたり、キーダイアグラムの作成に久保正弘主席研究員の協力を得た事に感謝します。

#### 文献

- 1) 西村進他：温泉科学の最前線，ナカニシヤ出版(2004)
- 2) 環境省自然環境局：鉱泉分析法指針(改訂)，(2002)
- 3) 西村進：地下深部の温泉の問題点，温泉科学，103，(2004)
- 4) 望月美菜子他：平成11年度愛媛衛環年報，2，38(1999)
- 5) 毛利孝明，小島俊男，黒田弘之：香川の温泉(第3報)花崗岩地帯から湧出する温泉について，18，111~114，(1990)
- 6) 辻 治雄他：有馬温泉に湧出する有馬型温泉水の水質に関する研究，温泉科学，47(1997)
- 7) 大河原正一他：炭酸泉による末梢血流量増加の可視化について，温泉科学，51(2001)
- 8) 大塚吉則：温泉と健康，温泉科学，46(1996)
- 9) 矢永尚士：循環器疾患の温泉療法，温泉科学，38(1988)
- 10) 西村進：四国北部の地質構造と温泉，温泉科学，50，(2000)
- 11) 湯原浩三他：温泉学，地人書館(1972)