

# 温 泉 科 学

## 第 13 卷 第 2 号

昭和 37 年 9 月

原 著

### 群馬県鉱泉の研究 第3報\*

#### 八塩、原市鉱泉群について

赤 岩 英 夫 ・ 田 島 栄 作

(群馬大学工学部工業分析化学教室)

(昭和36年11月26日受理)

#### 1. 緒 言

著者の一人はこれまで温泉水中の微量金属成分定量の目的で、主として北海道、東北地方の温泉を調査し、多くの型の泉源を取扱つたが、<sup>1)</sup> いわゆる化石水型温泉と明らかに認められるものは少なかった。

群馬県には八塩鉱泉、磯部鉱泉など食塩を多量に含有している冷鉱泉が多く存在し、その性質、環境から見て上記の化石水起源が予想されるのであるが、これら鉱泉群についての研究例は余り多いとはいえない。磯部、原市地区の鉱泉群については、例えば武藤<sup>2)</sup>、本島<sup>3)</sup>などの報告があるが、八塩鉱泉については日本鉱産誌に名称の記載があるのみである。<sup>4)</sup> そこで 1960 年 6 月、八塩鉱泉群、浄法寺鉱泉(1960 年 6 月現在、湧出していなかった)を調査する目的で現地におもむき、現地測定の後、試料を実験室に持帰り、主成分、微量成分の定量を行つた。その後 1961 年 6 月に原市地区鉱泉群を分析する機会をえたので、文献による磯部、原市鉱泉群の定量結果をも考え合わせて、これら冷鉱泉の包括的特徴および差異について考察を試みた。

#### 2. 泉 源

2.1 原市鉱泉群 群馬県碓氷郡原市町所在の上毛天然ガス K.K. のボーリング井より湧出する水分を析したもので、一連の井戸群を便宜上原市鉱泉群と呼ぶ。これらに隣接して磯部町の磯部鉱泉がある(図1参照)。地質は吉井層の泥岩を基盤としてその上に数枚の凝灰岩、段丘レキ層、ローム層を持つものであるが、これについては本島のくわしい記載がある。<sup>3)</sup> 分析した試料は TR-1、R1-甲、R-2、R-3、R-4 の 5 試料である。

\*前報(第2報):山県、武藤、山県、北爪、本誌6, [4], 67~70

图1

原市地区略图

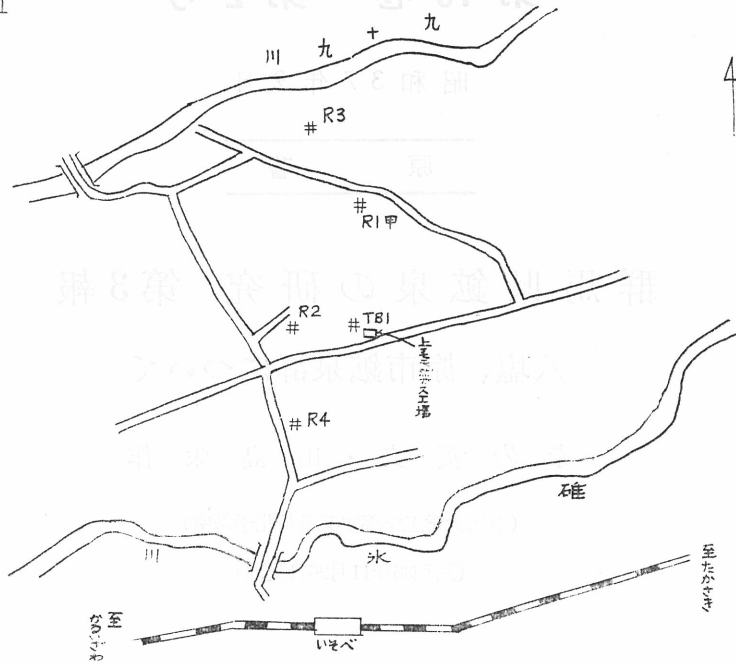
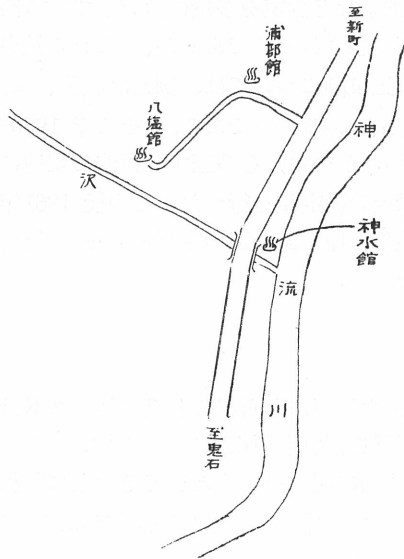


图2

八塩地区略图



2.2 八塩鈹泉群 群馬県多野郡鬼石村に所在し、神流川に流入する沢沿いに数ヶ所の泉源がある。地質的には長瀨系（主に御荷鉢系変成岩）の結晶片岩の中から湧出していることになる。分析した泉源は浦部館、八塩館、神水館の3泉源であり、比較の対象として、神流川の水をも採取、分析した（図2参照）。

### 3. 定 量 法

分析に用いた定量法は下記の通りである。

- 3.1 塩素イオン：Mohr 滴定法
- 3.2 硫酸イオン：重量法
- 3.3 重炭酸イオン：滴定法（M.O. アルカリ度より算出）
- 3.4 ナトリウムイオン：炎光法
- 3.5 カリウムイオン：炎光法
- 3.6 カルシウムイオン：均一沈殿法により $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ として秤量
- 3.7 マグネシウムイオン：オキシンをを用いる重量法
- 3.8 銅、鉛、亜鉛：ジチゾンによる比色法
- 3.9 臭素イオン、ヨウ素イオン：滴定法（太秦、西村、那須、分化8,231（1959））なお微量金属定量用には硝酸々性にした試料を用いた。

### 4. 分 析 結 果

八塩鈹泉群（表1）

原市鈹泉群（表2）

成 分 比（表3）

### 5. 考 察

原市地区鈹泉群は磯部鈹泉群に隣接しており、この鈹泉を調査した文献中の<sup>2)</sup>泉源と重複していると思われるものもあることから当然のことであろうが含有成分が当時の値とほとんど変化なく、磯部、市原地区を含めて、これら鈹泉群は同性質のものと考えられる。また今回分析した個々の泉源を比較したとき若干の相違（例えばR-2泉においてK含量の少いこと、I含有量の違いなど）が見られないでもないが、すべての成分について一致するような明瞭な差はなく同起源のものとして差支えなからう。おそらくボーリング深度、地表水流入の度合いの若干の差などから生じた相違と考えられる。

一方、八塩鈹泉に属する3つの泉源について考えて見ても成分含量に多少の差はあるが、根源が異なっていると思われる程のものはない。日本鈹産誌所載の浄法寺鈹泉にしても現在は湧出していないが、その含有成分、地理的環境から見て八塩鈹泉と同起源のものであつたと考えられる。このような理由で、原市鈹泉群、八塩鈹泉群はそれぞれ一まとめにして、以後論じて行くことにする。

八塩鈹泉群と原市鈹泉群を比較して見ると、主成分のうちで $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ についてはその含量において大差なく、成分比（ $\text{Na}/\text{Cl}$ ）についても同様である。ところが同じアルカリ元素のうちの $\text{K}^+$ については八塩鈹泉群の方が原市に比べてずっと含量が高い。 $\text{K}/\text{Na}$  については八塩で0.081~0.089、原市で0.011~0.028となつている。海水の $\text{K}/\text{Na}$ は0.036<sup>5)</sup>で一般に油田塩水ではもつと低い値をもつのが普通<sup>5)</sup>なので原市のそれは油田塩水型の水としてはごく当り前のものとして解釈される。

地表水や河川水での  $K/Na$  は  $0.3 \sim 0.6$  と油田塩水に比べて高いことが知られているので、八塩鉱泉は後述の微量元素成分についてもいえることであるが、原市地区の水に比べて地表水などの混入度合いが大きいものとして説明されよう。また油田塩水の  $K/Na$  平均値は  $0.02$  で塩分濃度とともに、この値が減少するという報告からも八塩地区における地表水混入の度合いが大きいことが立証されよう。八塩地区で  $K/Na$  の値が大きいといっても火山性温泉の平均値 ( $0.1$ ) には及ばない。

また、ハロゲン比のうちでも  $Br/Cl$  は両地区についてほとんど変わらず  $0.002$  内外を示しているが、これが  $I/Cl$  となると若干変った様相を呈してくる。すなわち原市鉱泉群の  $I/Cl$  は八塩のそれよりも例外なく高い値を持っている。油田塩水中の  $I$  は海水中の生物体からもたらされたと考えられるので原市鉱泉群の方が流入水の影響の受け方が少ないと解釈できよう。

$Ca+Mg/Na+K$  についていうと  $R-2$  を除いては両地区の泉源とも大差なく、White の引用した油田塩水の平均値にてらしても、これらの範ちゅうに入れて差支えない値と考えてよからう。微量元素成分については八塩鉱泉群の方が明らかに高含量であった。海水中のこれら元素の含量は非常に少なく ( $10^{-3}$  ppm 程度) 鉱泉、ことに化石水型のものでは、これら重金属含量のほとんどが壁岩からの溶出によるものと考えられ、一般に含量の少ないことが予想される。しかし八塩鉱泉は地質学的に見て長瀬系の結晶片岩中から湧出し、含銅硫化鉱床中を通ってくる可能性があるところから、またこの地質を流れる地表水の影響を考えると、微量元素成分を著量に含んでいることはうなずける。神流川の分析値も比較的高含量の微量元素成分を含んでいた (表 1)。これに関連して  $SO_4^{2-}$  含量について見ると、一般に油田塩水で  $SO_4^{2-}$  含量の少ないものが多く、原市鉱泉群での低含量は当然のことであろうが、八塩鉱泉群に比較的多く含有されているというのは鉱化鉱床と関連した地表水流入の影響と考えると説明できる。

最後に原市地区鉱泉において湧出に伴って著量の  $CO_2$  の噴出が見られることについてであるが、油田塩水のあるものが有機物の分解による  $CO_2$  の噴出を伴う場合があるといつても、現地測定を行っていないので、この場合の起源については言及できない。

以上の論議の結果、溶存化学成分から考えられることは、両泉群とも化石水起源のものであり、相互の含量の差は地質の違い、流入水の影響度合いの差によつて説明できるということである。

最後に、温泉の地球化学的研究について終始御指導を賜っている北大理学部、太秦康光教授、御助言いただいた群大工学部、松田俊治助教授、群大芸学部、木崎喜雄助教授に深謝する。

(昭和35年7月、日化地方大会、昭和36年8月、第14会温泉科学会においてそれぞれ一部講演)

表1 八塩鉱泉分析結果

	浦 部 館	八 塩 館	神 水 館	浄 法 寺*	神 流 川
泉 温 $^{\circ}\text{C}$	16.4	15.7	15.0	冷 泉	14.4
ER mg/l	29.266	23.354	21.932	21.720	212
PH	7.3	6.9	7.0	7.8	5.8
$\text{CO}_2$ mg/l	647	695	956	1,025	—
$\text{H}_2\text{S}$ $\mu\text{g/l}$	—	—	—	—	—
$\text{HCO}_3^-$ $\mu\text{g/l}$	5,580	4,590	4,445	5,110	61
$\text{SO}_4^{2-}$ $\mu\text{g/l}$	1,304	1,007	999	1,798	18
$\text{Cl}$ $\mu\text{g/l}$	13,430	9,850	9,830	9,334	42
$\text{Br}^-$ $\mu\text{g/l}$	37.7	28.0	27.7	—	2.6
$\text{I}^-$ $\mu\text{g/l}$	3.2	1.6	1.2	—	—
$\text{Na}^+$ $\mu\text{g/l}$	11,240	8,260	7,730	8,081	23
$\text{K}^+$ $\mu\text{g/l}$	910	707	686	154	2.5
$\text{Ca}^{2+}$ $\mu\text{g/l}$	144	132	123	298	3.1
$\text{Mg}^{2+}$ $\mu\text{g/l}$	87	56	45	—	0.3
$\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ $\mu\text{g/l}$	0.3	3.9	0.5	—	<0.1
$\text{Cu}^{2+}$ $\mu\text{g/l}$	0.27	0.52	0.36	—	0.35
$\text{Pb}^{2+}$ $\mu\text{g/l}$	0.14	0.13	0.13	—	0.20
$\text{Zn}^{2+}$ $\mu\text{g/l}$	0.33	0.70	0.55	—	1.15

\* 日本鉱産誌 Va p.90 所載の分析値

表2 原市 鉱 泉 分 析 結 果

	T B-1	R 1-甲	R-2	R-3	R-4	I 3*	I 5*	I 6*
P H	7.0	7.0	7.1	7.1	7.0	8.4	8.2	8.4
E. R. mg/l	30.560	29.260	28.630	27.830	30.420	30.244	35.947	27.615
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> //	8.030	8.090	9.650	8.420	7.930	7.145	8.201	7.000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> //	0.4	4.1	1.6	0.8	4.5	3.5	3.7	7.1
Cl <sup>-</sup> //	13.875	13.975	12.515	14.130	12.675	13.640	13.330	12.000
Br <sup>-</sup> //	30.8	23.9	34.6	37.2	32.8	14.1	20.0	11.3
I <sup>-</sup> //	4.4	3.3	5.2	5.4	7.0	7.8	7.5	5.0
Na <sup>+</sup> //	10.840	12.100	11.020	11.020	10.650	11.256	11.680	10.013
K <sup>+</sup> //	276	302	118	311	254	279	237	191
Ca <sup>2+</sup> //	221	274	80	228	199	219	200	200
Mg <sup>2+</sup> //	83	54	35	37	46	59	58	49
Fe <sup>2+</sup> +Fe <sup>3+</sup> //	8.6	10.1	7.3	7.2	6.8	16.0	12.0	6.7
Al <sup>3+</sup> //	6.7	14.6	6.3	13.8	5.7	0.0	0.5	0.0
Cu <sup>2+</sup>	0.15	0.14	0.15	0.16	0.18			
Pb <sup>2+</sup>	0.04	0.16	0.18	0.10	0.08			
Zn <sup>2+</sup>	0.10	0.25	0.10	0.15	0.25			

\* 武藤、日化 73, 108 (1952) 所載の分析値

表3 成 分 比

	浦部館	八塩館	神水館	TB-1	R1-甲	R-2	R-3	R-4
Cl/E.R.	0.46	0.41	0.45	0.45	0.48	0.44	0.51	0.42
SO <sub>4</sub> /E.R.	0.045	0.043	0.046					
HCO <sub>3</sub> /E.R.	0.19	0.20	0.20	0.26	0.28	0.33	0.30	0.26
Na/Cl	0.88	0.86	0.79	0.78	0.87	0.88	0.78	0.79
K/Cl	0.068	0.074	0.070	0.020	0.022	0.009	0.022	0.020
K/Na	0.081	0.086	0.089	0.025	0.025	0.011	0.028	0.024
Br/Cl	0.0028	0.0029	0.0028	0.0022	0.0017	0.0028	0.0026	0.0026
I/Cl	0.00024	0.00017	0.00012	0.00032	0.00024	0.00041	0.00049	0.00066
Ca+Mg Na+K	0.026	0.021	0.023	0.027	0.026	0.010	0.023	0.022
	海洋水 <sup>*1</sup>	油田塩水 <sup>*2</sup>	火山性温泉 <sup>*2</sup>					
HCO <sub>3</sub> /Cl	0.0074	0.0001~1	0.01~3	*1 RANKAMA, SAHAMA, 1950, p.290				
SO <sub>4</sub> /Cl	0.14	0.00000~1	0.01~0.5	*2 WHITE, B.G.S.A.68, 1666 (1957)				
Br/Cl	0.0034	0.0001~ 0.01	0.0001~ 0.001					
K/Na	0.036	0.001~ 0.03	0.03~0.3					
I/Cl	0.000003	0.00003~ 0.02	0.00001~ 0.0005					
Ca+Mg Na+K	0.153	0.01~5	0.001~0.2					

## 文 献

- 1) 太秦、赤岩、日化 79, 654 (1958) ; 79, 1021 (1958) ; 81, 597 (1960) ; 81, 912 (1960) ; 82, 834 (1961) ; 本誌10, 92 (1960)
- 2) 武藤、日化 73, 108 (1952)
- 3) 本島、地調月報8:1, 23 (1957)
- 4) 日本鉱産誌Ⅵ-a, p.92 (1957) 硃書房
- 5) Rankama, K. and Saham, T. G., "Geochemistry" p.290 (1950)
- 6) White, D. E., Bull. Geol. Soc. Amer. 68, 1666 (1957)
- 7) White, D., ibid., 68, 1668 (1957)
- 8) 三宅、地球化学、p.185 (1954) 朝倉書店
- 9) 太秦、赤岩、日化 82, 834 (1961)
- 10) 群大、学芸、木崎助教授の私信
- 11) White, D. E., Bull. Geol. Soc. Amer. 68, 1670 (1957)

## Chemical Investigation of Mineral Springs in Gunma Prefecture. III

Hideo AKAIWA and Eisaku TAJIMA

Kiri College of Technology, Gunma University

Kiri-shi, Japan

There are many mineral springs containing much sodium chloride in south-western part of Gunma Prefecture. Among these, springs of Yashio and Haraichi areas were taken to elucidate the origin of such chloriderich mineral springs.

Minor as well as major constituents were analysed and the ratios of related constituents such as Cl/Na, SO<sub>4</sub>/Cl, Br/Cl, I/Cl etc., were calculated.

It was concluded not only from the major constituents data but from the minor constituents (Cu, Pb, Zn, Br, I), that all these springs thought to be of connate origin. Because the ratios of each constituent differ largely from those of volcanic origin and have same order of magnitude of those of oil field brines. And the results of the determination of heavy metals show that surface water which seems to have some relations with ore deposits affects the spring waters of Yashio area.