

## 関金温泉地の調査研究 水温および化学成分について

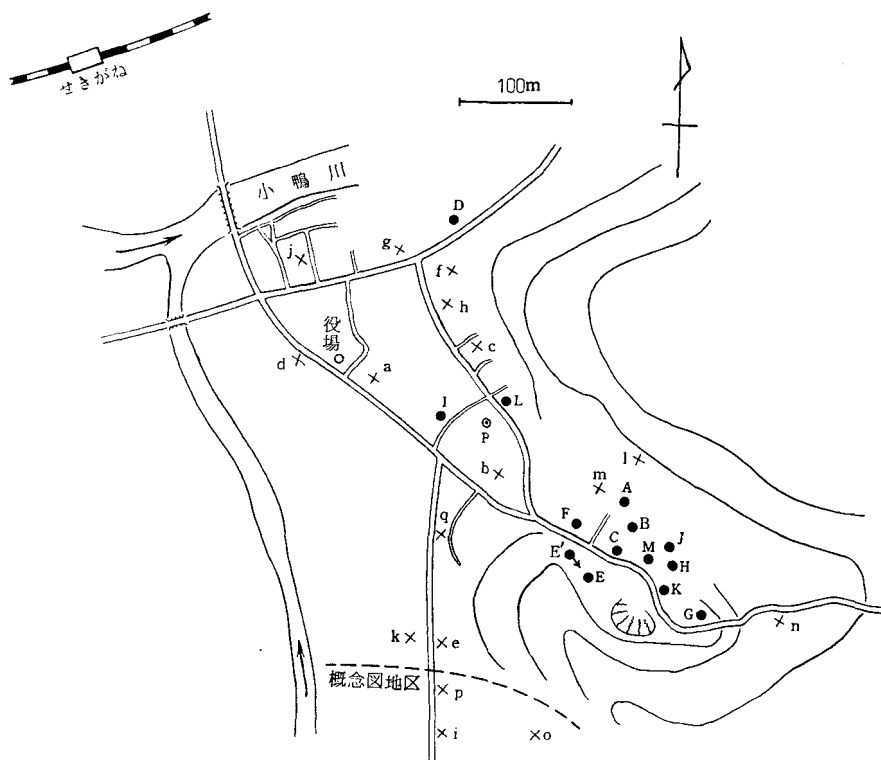
阪上正信\*, 御船政明\*

関金温泉地については、すでに温泉地の井戸水中ならびに土壤に附着している  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  についての研究<sup>1)</sup>, 泉質<sup>2)</sup> およびラドン含量<sup>3)</sup> についての調査報告がなされているが、今回、鳥取県内温泉の総合的研究の一つとして、当所地質部門の調査と並行して、地球化学的な調査を行った。とくに最近になって新掘、増掘された泉源も多いので、既存源泉をふくめ、それ等の掘さく深度と温度の変化、泉温の関係を知り、また  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,

$\text{Ca}^{2+}$  等の主成分とともに、ヒ素、フッ素、ウラン等の微量成分の定量を行って、温泉の特性と地域性についての検討を行った。さらに温泉地周辺の井戸水等についても採水して上記諸化学成分を分析し、温泉徴候の有無の判断をこゝろみた。

第1図に採水地点を示し、第1表にその測定分析結果の主なものを示したが、以下項目をわけて、それ等の測定分析方法、および結果についての考察をのべる。

第1図 採水地点



2・1 測定および分析方法

温度：採水地における水温の測定は100°Cの水銀温度計（留点および普通）またはアルコール温度計によった。また直接測定を行ったP点の岡氏ボーリング孔の深度による温度変化の測定には、宝工業製TM-3D型サーミスター温度計を用いた。なお場合により泉温測定にもこの

温度計を併用した。

塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>)： Mohr 法による滴定によった。

重炭酸イオン (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)： 塩酸滴定によるメチルオレンジアルカリ度より、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> のみによると仮定して計算により求めた。

硫酸イオン (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)： クロム酸バリウム

第1表 分析結果

採水日は1961年1月12日および13日

記号	泉名	温度 (°C)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	As (mg/l)	F (mg/l)
A	鳥飼ボーリング泉	44.5	120.4	117.4	85.8	15.22	0.1	9.85
B	鳥飼鶴の湯	40.1	85.3	89.4	78.0	10.61	0.06	7.80
C	鳥飼亀の湯	44.1	93.5	95.0	82.5	11.87	0.06	8.25
D	珠の湯	32.3	123.4	117.4	85.0	15.08	—	9.60
D'	街道わき元浴槽	—	119.8	—	86.0	15.36	0.08	9.40
E	葉師の湯	48.5	124.0	117.4	89.0	14.45	0.1	9.75
E'	長門	48.6	125.8	114.6	90.0	13.96	0.12	9.90
F	とえ	36.8	77.6	89.4	72.5	1.00	0.07	7.80
G	温清楼露天	53.0	104.4	109.0	76.5	13.96	0.06	9.30
H	温清楼内	39.0	87.8	90.5	76.5	11.17	0.072	8.10
I	建部	41.0	135.3	113.5	89.0	16.05	0.08	9.75
J	温清楼炊事場横ボーリング	49.0	99.6	97.8	85.5	12.56	0.12	8.90
K	関金宿関の湯	50.9	110.9	111.0	85.3	13.96	0.14	9.30
L	関金宿研修寮	45.2	124.4	106.8	88.0	14.87	0.09	9.50
M	温清楼家族湯	40.0	97.2	99.8	83.2	12.15	0.08	8.80
a	黒住教	17.4	10.4	18.2	3.4	4.19	<0.001	0.28
b	岩倉	20.8	38.9	19.5	—	10.75	0.006	0.23
c	湯里	19.0	36.9	33.6	21.0	10.89	0.002	1.25
d	椿	13.0	6.8	14.0	8.5	5.58	0.001	0.13
e	大屋敷八木氏	12.6	11.5	8.4	7.7	6.14	<0.001	0.13
f	榎正春	15.6	19.9	16.7	9.3	6.98	<0.001	0.53
g	山本節夫	16.4	25.8	53.0	22.5	6.28	0.001	3.10
h	森田	16.0	33.6	27.9	20.0	9.77	0.0045	1.15
i	牧田	14.9	10.4	19.6	3.1	3.49	<0.001	0.13
j	増田	13.7	34.8	15.4	5.6	10.33	<0.001	0.13
k	滝川大屋敷藤原	11.5	12.1	5.6	8.0	6.07	<0.001	—
l	鳥飼裏沢水	8.0	4.4	7.0	1.3	1.40	<0.001	0.13
m	鳥飼建家横	8.0	5.6	12.6	—	1.81	—	—
n	温清楼沢水	6.0	4.4	7.3	2.1	2.09	<0.001	<0.1
o	滝川小沢水	7.0	5.6	9.8	8.0	2.65	<0.001	<0.1
p	大屋敷沢水	—	4.4	8.4	8.0	2.79	0.02	0.13
q	関金宿藤原	15.0	5.6	12.6	—	3.49	0.001	0.15
r	元湯近山際湧水	11.0	8.0	10.6	3.7	2.09	<0.001	0.40

一酸懸濁法を用いる比色法によった<sup>4)</sup>。  
 カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) : EDTA による滴定。指示薬はNNを用いた。<sup>4)</sup>  
 ヒ素 : Gntzeit 改良法によった。<sup>5)</sup>  
 ウラン : 回転式溶融炉を用いる微量ウランの固体ケイ光法によった。<sup>6)</sup>  
 ラジウム : 硫酸バリウムとの共沈を利用し、放射能測定による方法を用いた。<sup>7)</sup>  
 フッ化物イオン ( $\text{F}^-$ ) : ネオトリンを使用する比色法によった。<sup>8)</sup>  
 電気伝導度 : 東亜電波製 CM-3M 型携帯用電導計により、電極に CG-201P 型を使用して測定した。

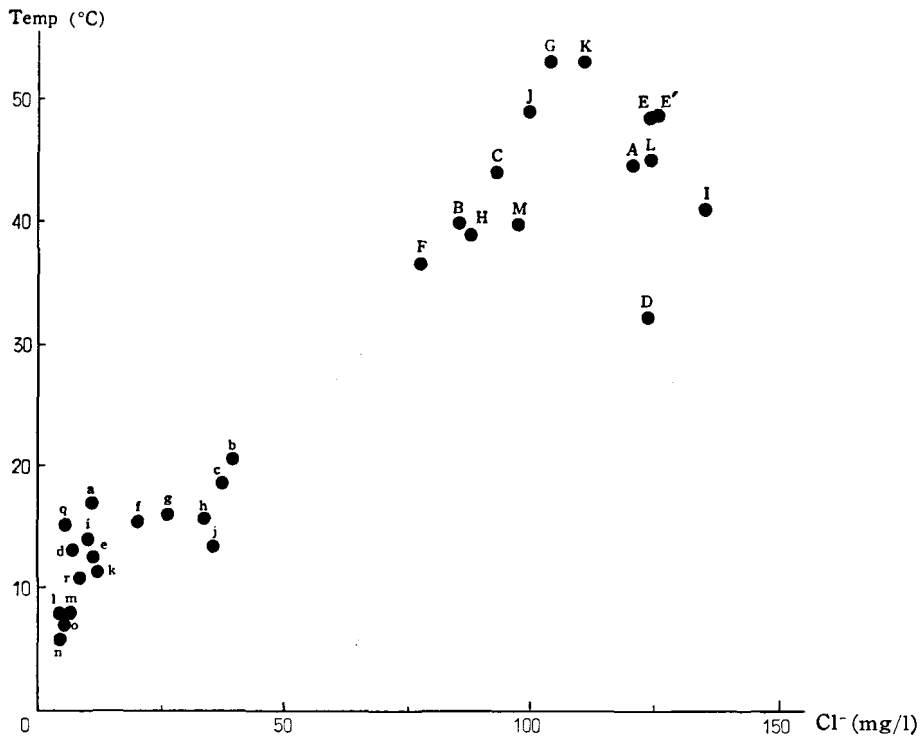
## 2・2 水温と $\text{Cl}^-$ 含有量および深度との関係

第2図に示すごとく水温 $\sim\text{Cl}^-$ は正相関々係にあり、 $\text{Cl}^-$ は温度の高い熱水により供給

されていることがわかる。たゞ温度は地表近くでの冷却の程度が採水地点の状況によって異なるため、後述するような他の化学成分と  $\text{Cl}^-$  との関係の場合に比して水温 $\sim\text{Cl}^-$  の関係にはひろがりが見られる。

つぎに、掘さく深度と温度との関係を、掘さくの際の資料、および掘さく後放置されていたボーリング孔 (P) についての直接測定等にもとずいて図示すると第3図をうる。なおこの図には⊗の記号によって今回の調査における湧出口における水温を示し、×の記号は掘さく後間もなく行われた揚水試験の際の水温を示し、またその際の湧出量も附記してある。この図より明らかなごとく、関金温泉地の東南部の温泉密集地では、深度が割合浅いところでも高温泉が湧出するに反し、I

第2図 水温 $\sim\text{Cl}^-$



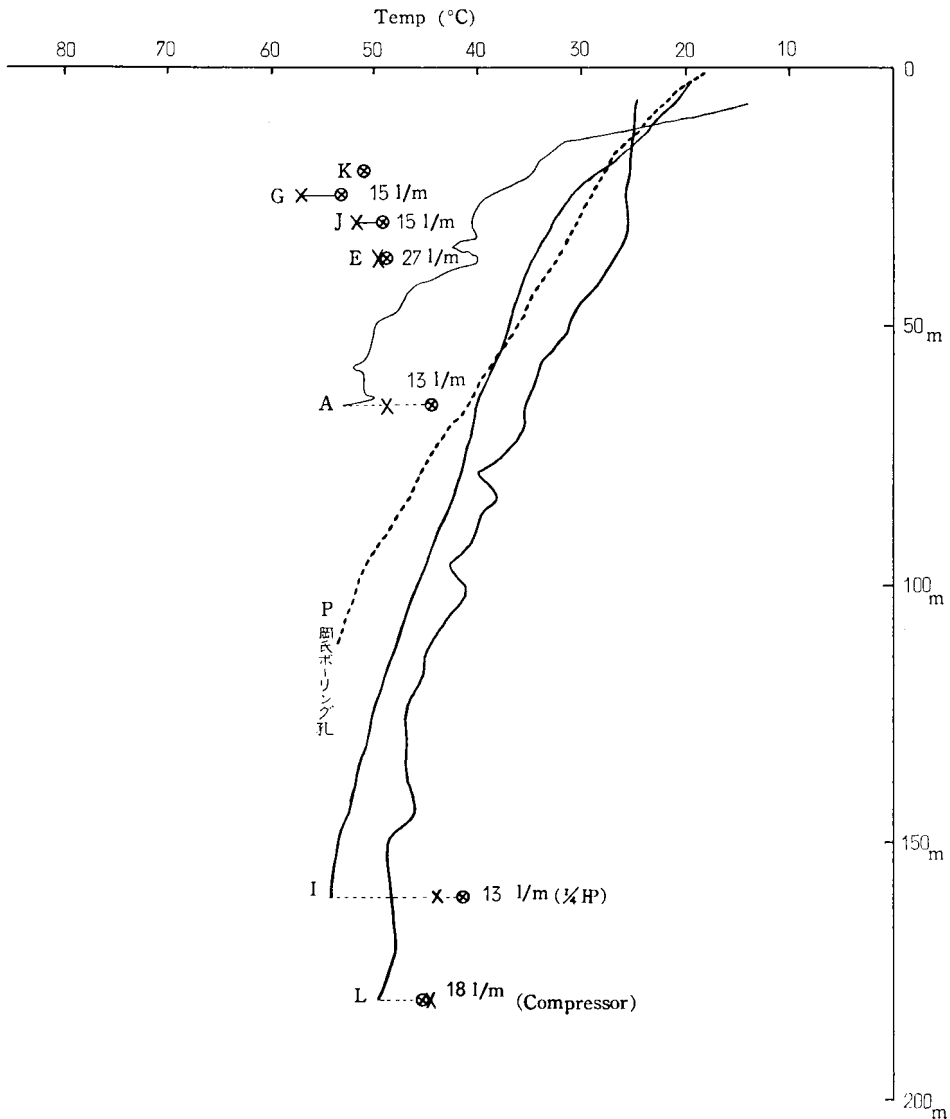
およびL, 等の地点では100m以上の掘さくによつてのみ温泉がえられることは、別に報告する地質学的な条件によるものと考えられる。また湧出量の点よりみてE' 地点の湧出量が多量であることは、温泉水をせきとめ、断層等の影響によるものとみられ興味深い。

**2・3  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  含有量および電**

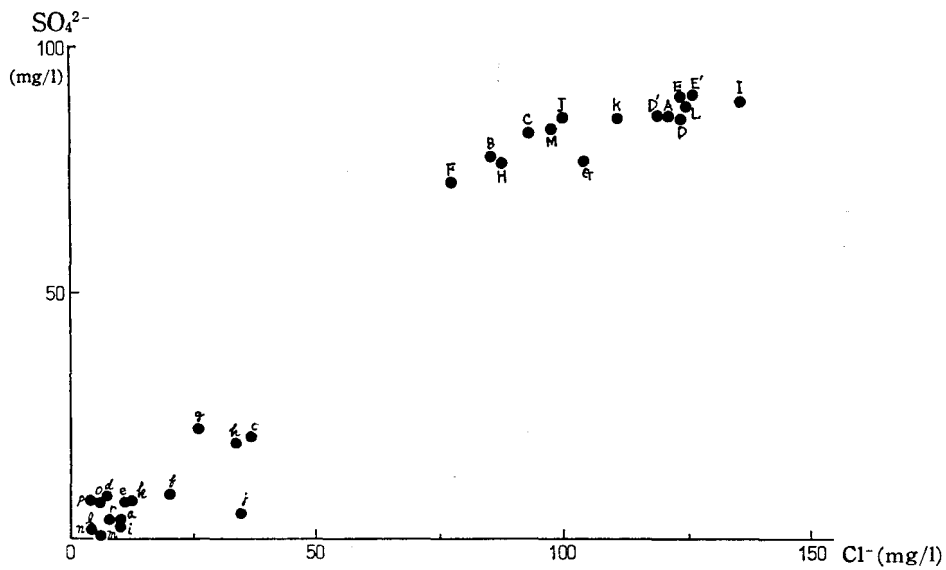
**気伝導度**

主要成分である  $\text{Cl}^-$  含有量と、他の主要成分と考えられる  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  それぞれの含有量との関係を図上に示すと第4図、第5図、第6図となる。これらの図よりあきらかなごとく、考慮した成分はいづれも  $\text{Cl}^-$  と正相関々係にあることにより、関金温泉の

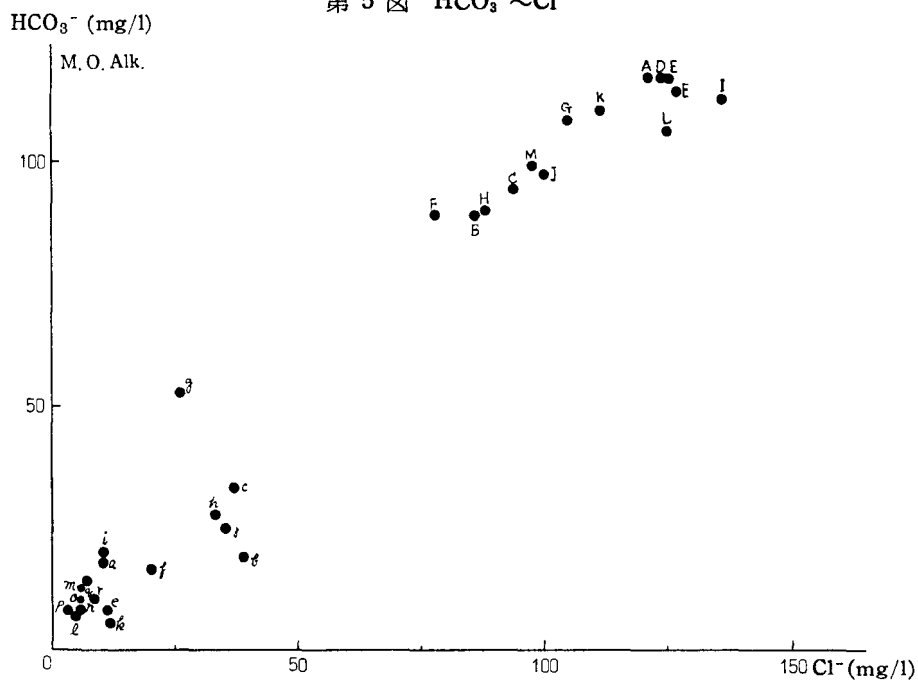
第3図 深度と温度



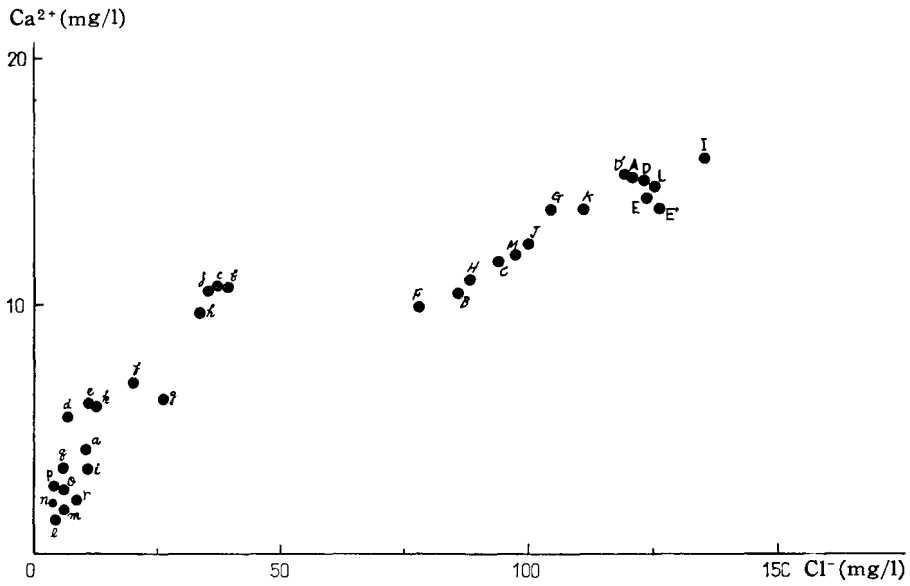
第4図  $\text{SO}_4^{2-} \sim \text{Cl}^-$



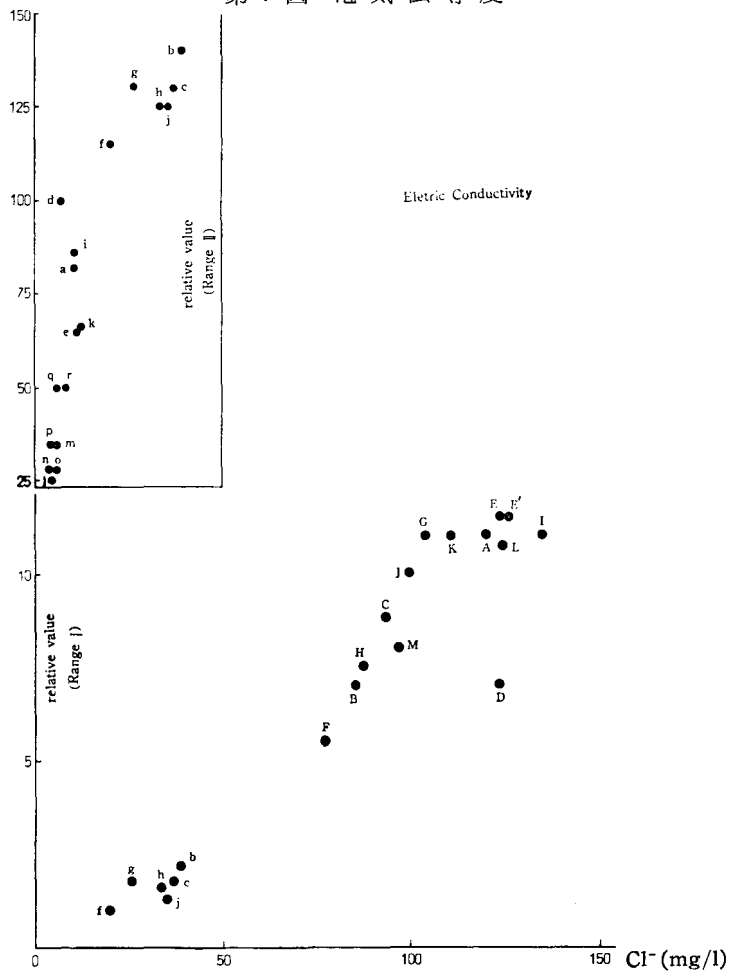
第5図  $\text{HCO}_3^- \sim \text{Cl}^-$



第 6 図  $Ca^{2+} \sim Cl^{-}$



第 7 図 電気伝導度



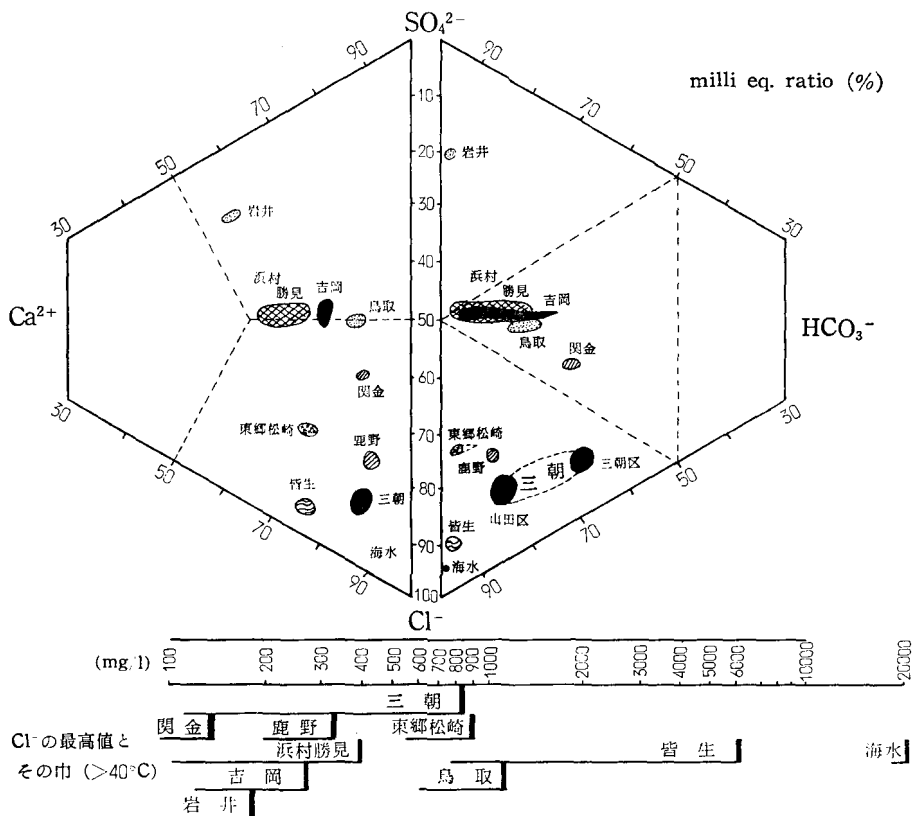
温泉源流をなす熱水はほぼ単一の組成であり、それが種々の割合の稀釈をうけて、現在地上に湧出する諸源泉となっておるものと判断される。なお溶存成分イオンの総量と密接に関係する試料水の電気伝導度を採水地点において測定したが、その結果を図示したものが第7図である。この際の数値は水温による補正を加えない。みかけ上の相対値であるが、これにおいても  $\text{Cl}^-$  との間にはほぼ正相関関係がみられ、(Dはとくに  $\text{Cl}^-$  の割合に温度も低いもの)、このことからしても  $\text{Cl}^-$  と他の溶存主成分がもともと単一組成のものであったと考えても差支えないであろう。(  $\text{Cl}^-$  とは別起源の多量の電気伝導性のイオンがな

いものと考えられるから)

なお、これら諸成分相互間の量的関係と、既に行った他の鳥取県内諸温泉についての結果との比較対照は、既発表の報告<sup>7)</sup>の諸図の上に、関金として点線で記入してある。なおこれを同報告に説明した三角図上により示すと、第8図をうる。この図上には、すでに総合研究を行った鳥取県中部地区の温泉地<sup>13) 4)</sup>のほかに、既存の資料<sup>9) 14) 15) 16)</sup>を参考として主な鳥取県内温泉地をすべて示した。また泉温 $40^\circ\text{C}$ 以上のものについて、 $\text{Cl}^-$ 含有量の範囲を各温泉地別に附記した。

これらからわかるごとく、関金温泉の泉質は、その  $\text{HCO}_3^- \sim \text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+} \sim \text{Cl}^-$  の関係に

第8図 鳥取県内温泉の比較



において、三朝温泉三朝中心街地区における関係に類似するが、一方 $\text{SO}_4^{2-} \sim \text{Cl}^-$ の関係において、 $\text{Cl}^-$ 含有量が少いにもかかわらず $\text{SO}_4^{2-}$ 含有量がかかなりあることが特長である。この点については両温泉がともに花崗岩地帯から湧出するという地質条件を考えると、さらに検討すべき興味ある問題である。

また、 $\text{Cl}^-$ 含有量の絶対量の点よりみて、三朝温泉においては800mg/l程度のものであるにもかかわらず、関金温泉では最高140mg/lに達せず、低濃度であることも注意したい。

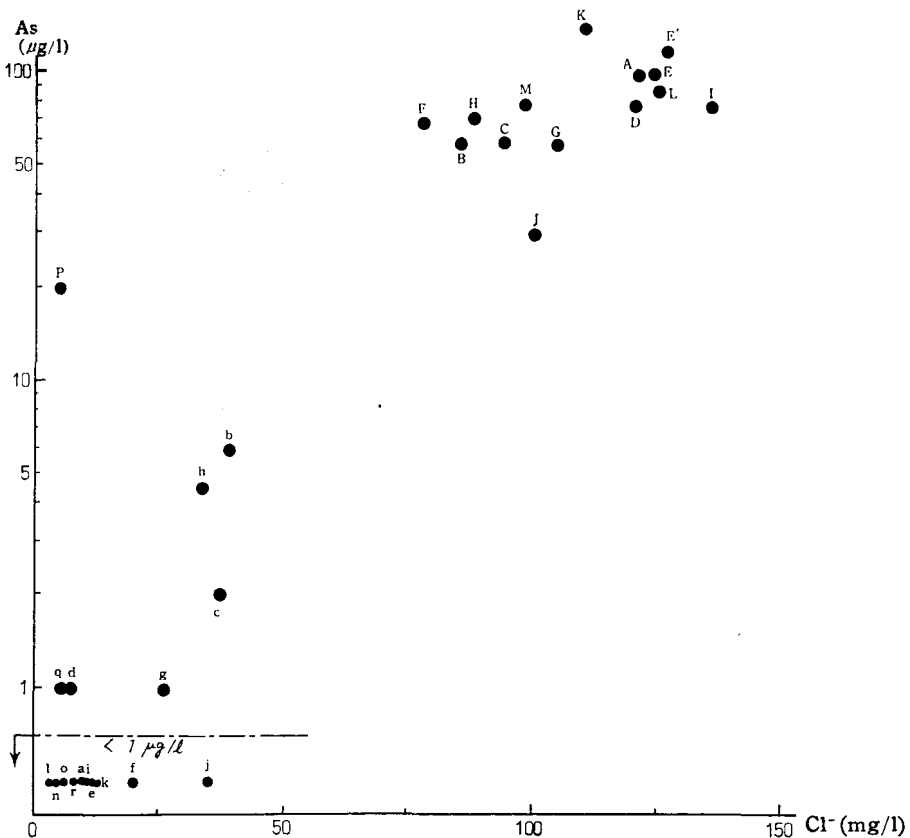
すなわち、以上の諸事実を、鹿野、吉岡、さらに岩井等の $\text{Cl}^-$ 含有量の比較的少ない温

泉における $\text{Cl}^- \sim \text{SO}_4^{2-}$ 比も参照して考えると、温泉の泉質には湧出地の地質が重要な関連をもつのみならず、温泉源流からのへだたり（深部加温地下水の混入量、ひいては $\text{Cl}^-$ 含有量の変化を左右する）等の地域性が、泉質を構成する成分元素の含有比に変化をあたえる点があるのではないかと思われる。（詳細は文献(4)参照）

#### 2・4 ヒ素およびフッ素含有量

これら両微量成分の含有量と $\text{Cl}^-$ 含有量の関係を図示すると第9図および第10図となる。ヒ素含有量はその対数値と $\text{Cl}^-$ 含有量との関係をとった第9図にみるごとく、両者は正相関々係にあり、しかも両者の割合は鹿野

第9図 As~Cl<sup>-</sup>





温泉<sup>7)</sup>における割合に近く、また三朝温泉<sup>4)</sup>における割合と比較すると、 $\text{Cl}^-$ が少量であるにもかかわらず、やゝヒ素が多い傾向がみられる。これらの事実は、三朝温泉に関する研究<sup>10) 4)</sup>においてのべた事項にてらして、関金温泉の $\text{Cl}^-$ の由来を岩漿性の熱水起源とする有力な裏付けとなると考える。

またヒ素含有量に特長的なことは、 $\text{Cl}^-$ 含有量 50mg/l 以下の試料水について、一般の地下水 ( $\text{Cl}^- < 20\text{mg/l}$ , ヒ素  $< 1\mu\text{g/l}$ ) に比して幾分  $\text{Cl}^-$  含有量の多いものにおいては、明瞭なヒ素含有量の増加がみられることで、この事実は後述する温泉徴候地の判断において、ヒ素含有量の検討が有益となる理由である。

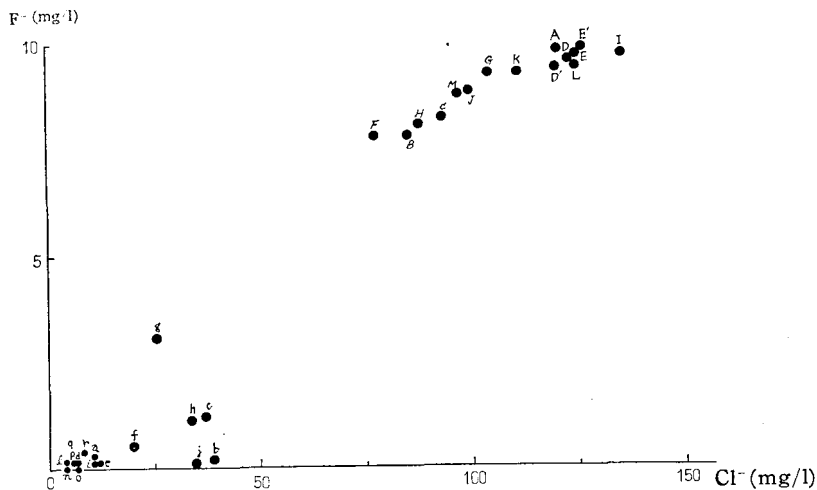
つぎにフッ素含有量と  $\text{Cl}^-$  含有量の関係を第10図においてみると、この両者についても正相関々係を考えてよい。この事実は三朝温泉の場合<sup>8)</sup>と同様であり、その起源についても岩漿性熱水と考えてよいが、関金温泉については  $\text{Cl}^-$  含有量が少いにもかかわらず、そのフッ素含有量は三朝温泉についての最高値

に近いものが多いことに注目しなければならない。つまり三朝温泉と関金温泉を比較した場合、後者においては  $\text{Cl}^-$  含有量の少いわりに  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , およびヒ素が多い傾向のあることが特徴的である。この事実は三朝温泉についての研究で例外的であった大瀬地区の温泉〔文献(4)における記号(Δ): 文献(8)における記号(89)〕についてもみられた事実であり、両者を対比考察する場合、興味ある問題である。

## 2.5 放射性元素の含有量

今回(1961年)の調査において測定したウラン含有量と  $\text{Cl}^-$  含有量の関係のみならず、1960年2月にとくにウラン、ラジウム含有量を同一試料水について測定した場合の測定値、さらに参考のため1951年の調査報告<sup>3)</sup>によるラドン測定値をまとめて、第11図に示した。ウラン含有量については、三朝温泉<sup>11)</sup>池田周辺の鉱泉<sup>12)</sup>についてみられたような高含有量のものはなく、また  $\text{Cl}^-$  含有量との間にも、さきののべてきた諸成分のように正

第10図  $\text{F}^- \sim \text{Cl}^-$

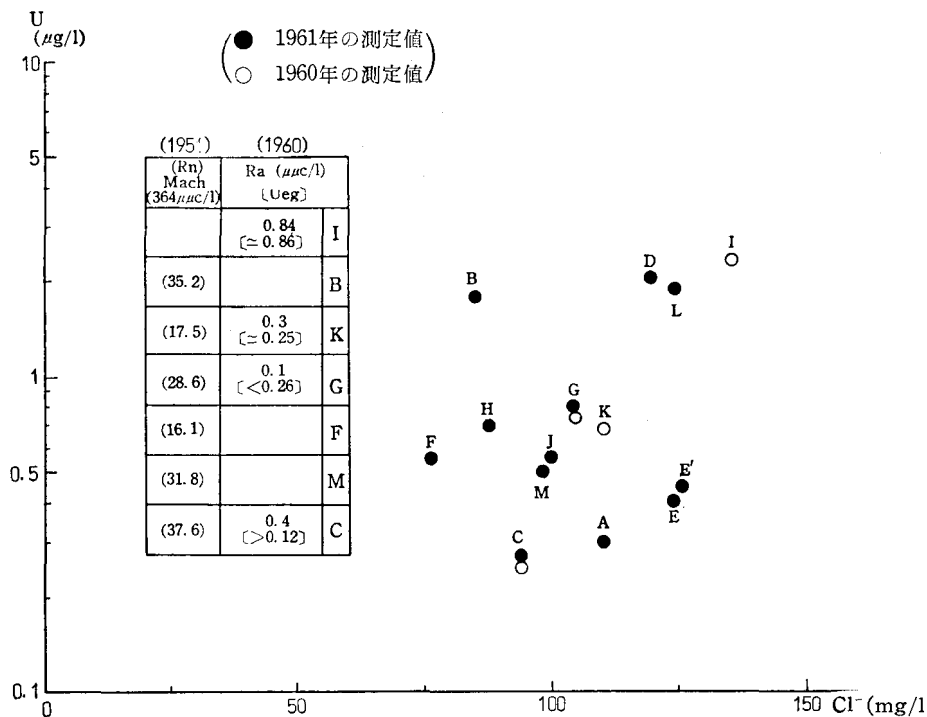


相関々係はみられない。また同一試料水におけるウラン含有量とラジウム含有量の間にも必ずしも放射平衡の関係はみられず、かえってラジウムが平衡量以上にあるものもある。またさらに測定時期を異にするため、厳密な比較は不適当であるが、第11図に示した各源泉のラドン含有量は、ラジウムとの平衡量よりはるかに多く、これらの諸事実は、他の放射能泉について知られた事実<sup>11) 12) 7)</sup>とも類似している、以上の諸点より考えて、これら放射性元素は直接に温泉源流の起源である岩漿性熱水よりもたらされるものでなく、湧出経路にある花崗岩よりの溶出、あるいはさらに2次的な温泉沈積物等よりの溶出、供給をうけたものとするのが妥当である。

2・6 化学成分よりみた温泉徴候地

関金温泉の各源泉(A~M)についての化学成分の検討より考えて、この地域周辺において採水した井戸水等(a~r)の分析結果より、温泉徴候の有無を判断することができる。この場合Cl<sup>-</sup>含有量およびそれと正相関関係にあるすべての化学成分の含有量の多少が判断の基準となり得るが、市街地における人為的汚染、セメント工事、肥料、食品加工業さらに海水等の影響を考慮すると、個々の成分の値のみで判断せず、それ等を総合的に考察することが望ましい、とくに人為的な汚染等によることの少いと考えられるヒ素およびフッ素の含有量は、微量成分であるとはいえ貴重な判定の資料であると考えられる。この点より考えても、Cl<sup>-</sup>含有量は幾分多いがヒ素およびフッ素含有量さらにSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>含有量にも徴

第 11 図 U~Cl<sup>-</sup> の 関 係 等



候のみとめられなかった試料水 (j) については温泉徴候を断定することは困難である。

一方, (c) (h) については上述の諸点より考えても温泉の徴候を明らかにみとめることができ, (b) についてもフッ素含有量の点で疑もんのあることをのぞけば, 温泉徴候を肯定して間違いないであろうし, また (g) についても幾分の徴候ありとしてよいであろう。

このように現在の温泉密集地以外に, その西北地区にも温泉徴候地をみとめたが, これが現在の東南地区からの泉源に由来するこぼれにすぎないものか, または D地点においてか

なりの成分量の温泉湧出の事実よりみて, 別な泉源がこの付近にあるための徴候とみてよいか, そのいずれかはなおボーリング等による調査研究にまたねばならない。なお南部地区については適当な井戸水等の採水地点が少く, 今回の調査に関する限りでは温泉徴候をみとめることができなかった。

本研究を行うにあたり, 種々御援助いただいた鳥取県厚生部, 関金町当局および地元の各位に御礼申し上げるとともに, 採水, 実験にあたっては麻田斉君, 伊藤聖文君および当研究所の数人の方々の御助力を得たので, 厚く感謝の意を表します。(本研究の概要は昭和36年8月, 日本温泉科学会第14回大会において発表した)

## 文 献

- 1) 梅本春次; 岡大温研報, 9, 6 (1953)
- 2) 御船政明; 岡大温研報, 10, 10 (1953)
- 3) 大島良雄, 御船政明, 山田尚春; 岡大温研報, 14, 1 (1954)
- 4) 阪上正信; 岡大温研報, 25, 13 (1959)
- 5) 阪上正信; 分析化学, 8, 675 (1959)
- 6) 阪上正信, 市川倫夫; 分析化学, 10, 645 (1961)
- 7) 阪上正信, 御船政明; 岡大温研報, 27, 25 (1961)
- 8) 御船政明, 大月富美雄; 岡大温研報, 29, 28 (1961)
- 9) 阪上正信, 杉原健; 岡大温研報, 29, 50 (1961)
- 10) 阪上正信; 日化 81, 242 (1960)
- 11) 阪上正信; 日本化学会第13年会講演, 6G 57 (1960)
- 12) 阪上正信; 日本化学会第14年会講演, 2C 48 (1961)
- 13) 梅本春次, 阪上正信, 御船政明, 外; 岡大温研報, 23, 1 (1958)
- 14) 岡部茂, 田中昌也, 宮腰潤一郎; 鳥取大学々芸学部研究報告, 9, 14 (1958)
- 15) 厚生省大臣官房国立公園部編; “日本鉱泉法” (1954) 青山書院
- 16) 地質調査所編; “日本鉱産誌BV[a], p164~169 (1957) 硯書房

## CHEMICAL STUDY ON SEKIGANE HOT SPRINGS, TOTTORI-KEN

Masanobu SAKANOUÉ and Masaaki MIFUNE

The chemical and physical characteristics of the thermal and ground waters in Sekigane Hot Springs were determined. The content of the following chemical constituents was determined:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , As, F, U and Ra.

The relationship between water temperature and depth of spring wells was found to be indicative of the presence of a fissure, in agreement with the conclusion reached geologically by Sugiyama.

The water temperature, the electricconductivity and the content of chemical constituents of the ground water were as expected markedly lower than those of the thermal water. As a whole, however, the water temperature, the electricconductivity and the content of  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , As and F are in positive and linear correlation with the  $\text{Cl}^-$  content. In other words, these characteristics of the waters, excluding the U and Ra content, correlate positively and linearly with each other. This was interpreted to mean that a thermal water of high salinity is simply diluted by a cold ground water of very low salinity, and that a ground water of relatively high salinity is contaminated by thermal water.

The content of U and Ra of these spring waters is lower than that of the spring waters in Ikeda, Shimane-ken, and Misasa, Tottori-ken, where radioactive springs also issue.

Finally, it is concluded that As and F will be as useful as  $\text{Cl}^-$  in chemically locating a new site for a spring well in Sekigane because of the low contamination due to human life of ground water by these elements.

---