

三朝温泉地における水質および水位に関する研究

岡山大学 温泉研究所

阪 上 正 信

緒 言

鳥取県三朝温泉全般について、その各種化学成分に関する調査研究は既に報告^{1) 2) 3)}もあるが、井戸水等の地下水、河川水を含めた三朝温泉地域附近全般にわたる水質および水位について広く総合的に調査研究を行ったことはない。また近時開発がすゝむとともに動力揚水を行う新源泉も多くなり、それによる現状を知ることが重要となった。更に各種化学成分の関係等を検討することによって、温泉水の由来等を推定することも可能と考えられ、その目的の一環として本研究を行った。尚本研究と並行して行われた地質学的研究⁴⁾および地球物理学的研究⁴⁾は別に報告される筈である。又温泉水の泉温および湧出量の消長についての研究も同時に行われた⁴⁾。

水位の測定とその結果

温泉地全般にわたる水位の測定には、先づその際に使用する測定基準個所の標高を、三朝橋北詰の海拔65.6mのベンチ・マークを出発点として、水準測量によって求めて行くとともに、その測定位置は写真撮影等によって記録した。次に水面の標高の測定は、なるべく安定した水位状態のときを選ぶため、少くとも前々日の午後より降雨をみなかった、昭和33年11月26日および12月3日の両日、全体を2地域にわけ一斉に行った。測定は、先に標高測定を行った基準個所から水面までの距離を物差しにてはかり、それと基準個所の標

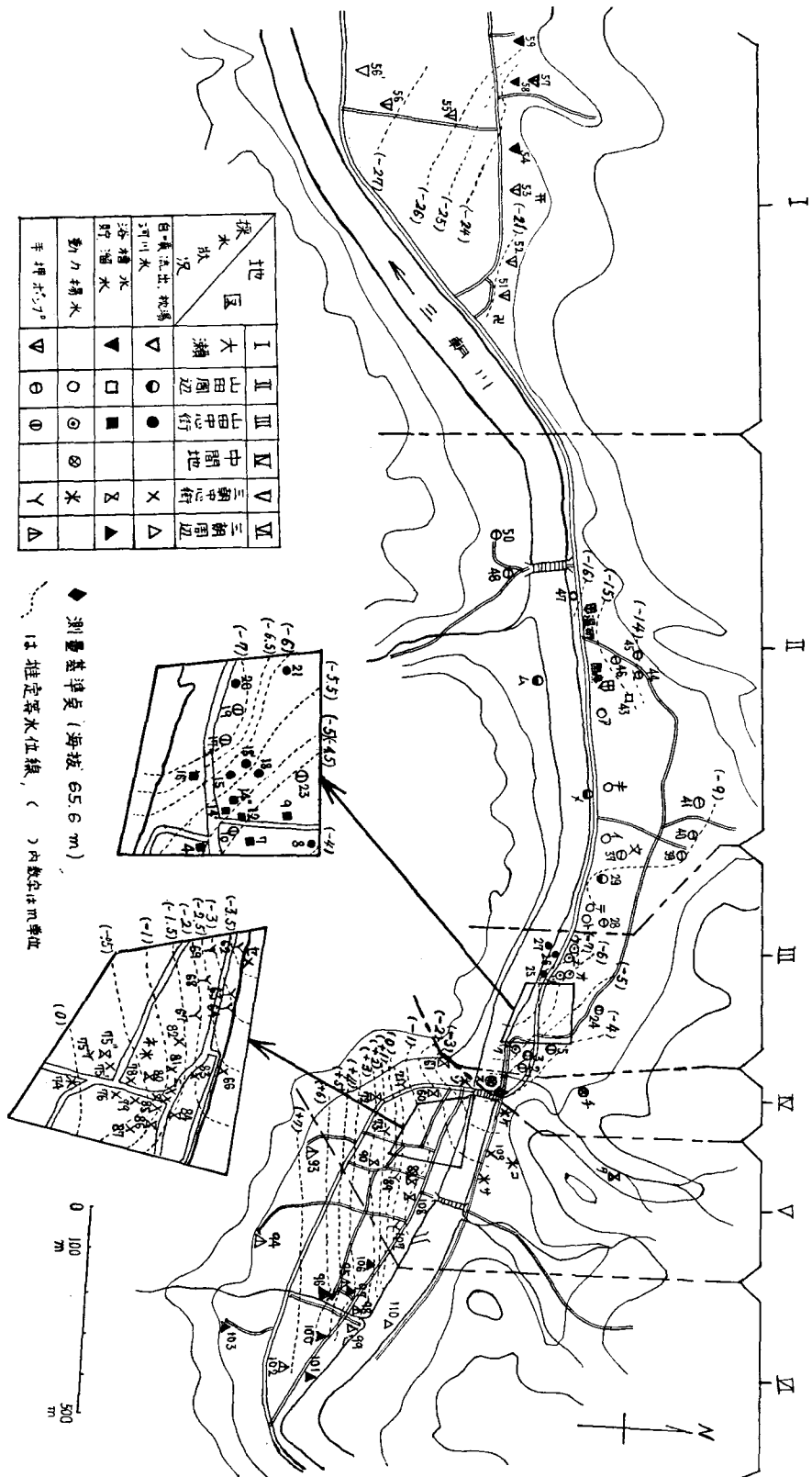
高から水面の標高を計算した。(汲上げポンプ附属の井戸はこれを取はずし測定を行った。) その結果は、三朝橋北詰 ベンチ・マークよりの高低として、mm 単位の桁は四捨五入して第1表に示した。

第1表に示した72個所の水位および、この表以外の地点で水位測定のみを行った12個所(ポンプ破損のため採水不可能)の水位を参照して、推定される等水位線を画いたのが第1図の点線である。この際特に周辺地区においては水位測定の可能な個所が少く、充分信頼し得る等水位線を推定することは困難であった。たゞ三朝中心街地区等の自噴する温泉湧出地において、上昇する温泉水圧の影響とみられる等水位線の彎曲等の状況がやゝうかがわれることは興味がある。

採水地点および採水状況

水質分析を行った試料水の採水地点の名称は第1表、第2表に記載し、その所在は各地点の番号又は符号とともに第1図に示してある。尚その際、各地点での採水状況を表わすため第1図左下にかかげた様な記号を用いた。また数個所の地点は、採水期日を異にするものの比較検討に資するため、数度にわたり採水した。それぞれの試料水は1ℓおよび0.5ℓの2本のポリエチレン瓶に採水し、1ℓの試料水は濃硝酸約3mℓを加えて酸性として、老化による沈澱物の生成を防いだ。なお各採水地点において100°Cの水銀留点温度計または

第 1 圖



100°Cの水銀温度計を用いて水温を測定したが、特に堀抜井戸の水については相当量の水を汲上げ、定常的な温度となつてのち測温を行うと共に、採水した。

水質の分析法

以下にのべる各化学成分の分析のうち、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} は酸性としない試料水を用いて採水後出来るだけ短時間に分析を行った。特に HCO_3^- の分析は、ポリエチレン瓶を一杯みだした試料水から先づ最初に行い、採水当日に分析を終る様に心掛けた。Fe、As、Pは酸性となして保存した試料水より分析を行ったものである。

分析方法としては Cl^- はMohr法による滴定、 HCO_3^- は塩酸滴定によるメチルオレンジアルカリ度より計算により、それぞれの定量値を求めた。また SO_4^{2-} は岩崎氏等の報告⁵⁾になる、クロム酸バリウム-酸懸濁法を用いる光度定量法によつた。この場合、 SO_4^{2-} の濃度範囲がかなり広いので、クロム酸バリウム-酸懸濁液には同氏等のA液、B液の両者を用いた。また16本掛けの1分間1万5千回転の超遠心沈殿器を用いたため、試料水および試薬の容量はすべて同氏の半量とすると共に、毎回、標準溶液を同時に行つて検量線に検討を加えた。

Ca^{+2} および Mg^{+2} の定量はEDTAによる滴定法を用いた⁶⁾。この際、KCNおよび $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 溶液数滴を加えて妨害イオンの影響を防ぐと共に、EBTおよびNNの変色点の判断は、 Ca^{+2} および Mg^{+2} の標準溶液により検討した場合を基準とする様に心掛けた。

鉄の分析は次の如して行った。即ち酸を加えた試料水40mlまたは数mlに20% $\text{NH}_2\text{OH} \cdot$

HCl溶液1mlを加えて Fe^{+3} を還元後、2Nアンモニウム溶液で中和し、それにpH4.6の緩衝液2mlを加え、更に0.5% o-フェナンスロリン0.7mlを加えて後全量を50mlとして30分放置し、その呈色を500m μ のフィルターを用い光電比色計により測定し、定量した。故に定量値は酸可溶性の鉄の総含有量に相当する⁷⁾。

以上の諸成分のほか、特に興味ある成分としてヒ素およびリンの含有量を定量した。そのうちリンについては従来、試水について直接モリブデン酸アンモニウム硫酸溶液と塩化第一錫を加えて、モリブデン青の呈色を得、それをすべてリン酸イオンによるものとしていたが、これはヒ素含有量の多い場合、重大な誤差を与えることが考えられるので⁸⁾、広範囲濃度にわたるヒ素、リンの逐次定量法⁹⁾を用い、両者を妨害なく定量した。またヒ素含有量のごく微量の場合は、試薬等よりくる空白値についての考慮を加えた。この様にして分析した結果、温泉水についてはヒ素含有量のかかなり多いことを知ると共に、一方、リン酸イオンの含有量は従来直接法により定量報告されていた値に反し、意外に少いことを知つた。この事実を更に裏付けして確認するため、合金分析について研究されていたリンモリブデン酸とヒ素モリブデン酸の分別抽出法¹⁰⁾を試料水に応用し、両者の定量を試みた。その詳細は別に報告の予定であるが、¹⁵⁾その結果、直接法にてかなり濃厚なモリブデン青の呈色をみる温泉水も、はじめクロロホルム・nブタノールの混合溶媒に抽出されるリンモリブデン酸の量は少く、むしろあとで酢酸エチル・nブタノールに抽出されるヒ素

モリブデン酸の量の多い事を確認し得た。

水質分析の結果と各成分相互間の関係

第1表、第2表に分析結果を示した。これ等の結果を総合的に考察するため、 Cl^- 含有量の値を横軸にとり、水温その他の化学成分の含有量をそれぞれ縦軸にとってグラフ上に各採水地点の結果を示したのが、第2図～第9図である。尚採水期日を異にするものも同一図上に示したが、これは同一採水個所につきその都度採水した試料水の成分濃度の変動の中およびその傾向より考えて、総合的に考察の対象として差支えないと考える。又第2図第3図等の結果より考えて、全地域を六つの地区にわけて考察することが適当と考えると共に、採水状況も水質を考察する際考慮せねばならぬので、第1図左下に示す記号を用いて、すべての図について各採水個所の分析結果を示した。

第2図の水温～ Cl^- の関係をみると全般的に正相関の関係がみられるが、そのなかで、三朝中心街地区は山田中心街地区とはそれぞれ異った傾向をみせ、一般に前者は後者に比し Cl^- 濃度の割に水温の高い源泉であることが特長である。又各地区についても詳細にこれをみると、動力揚水の温泉の水温は Cl^- 濃度の割に高く、一方開放された浴槽水の水温は低い傾向にあるのは冷却の多少による当然の現象であろう。

更に第3図の HCO_3^- ～ Cl^- の関係をみると、三朝中心街地区と山田中心街地区はこの両化学成分の間関係に、相当異った傾向をみせ、前者は後者に比し、 Cl^- 濃度の割に HCO_3^- 濃度がかなり大きい。又その中間地地区は両地区の中間の傾向をみせるととも

に、三朝周辺地区および山田周辺地区は、それぞれの中心街地区に比し、いずれも HCO_3^- の濃度が Cl^- 濃度の割に大きいことは注目せねばならない。即ちその一例として三朝周辺地区に最近堀さくれたNo99の源泉および山田周辺地区の国療所内源泉(ア)は HCO_3^- 濃度が Cl^- 濃度の割に相当大きい。一方、一般に Cl^- 濃度の数+mg/l程度の井戸水等には HCO_3^- 濃度の多いものがないことは注目する必要があると思う。これ等の事実についてはのちほど総合的考察を行う。

次に第4図の SO_4^{2-} ～ Cl^- の関係をみると、この場合は特に著しい地区別の特長はみられず、ほぼ同一傾向の、既に以前の研究²⁾³⁾にも指摘されていた様なかなり高度の正相関関係がみとめられる。たゞ今回新しく分析した大瀬地区の温泉No56'において Cl^- 濃度の割に SO_4^{2-} 濃度の大きい事は注意せねばならない。又50mg/l前後以下の Cl^- 濃度の井戸水等についても二三の例外をのぞき Cl^- ～ SO_4^{2-} の関係に同一傾向の正相関のみとめられることは、之等温泉地の井戸水等の Cl^- の由来を考える場合重要である。

第5図の Ca^{+2} ～ Cl^- の関係をみると、数ヶ所の例外をのぞき、この場合もほぼ地区別の特長のない正相関関係がみられる。一方第6図の Mg^{+2} ～ Cl^- の関係についてはその様な正相関関係は何等みとめられない。これは東郷松崎温泉についても同様であった¹¹⁾。なお、 Mg^{+2} 濃度のやゝ多いものが、三朝中心街地区のうち、三朝川北側の山際の源泉にあるが、これ等はまた Ca^{+2} の濃度が Cl^- の濃度の割に大きい。更に Ca^{+2} の濃度が Cl^- の濃度の割に著しく大きい横手に堀さく中の源泉(ム)は、

第 1 表

* (No. 2~No. 48 33.11.26測定)
 (No. 52~No. 110 33.12.3測定) (/ は測定せず)

番号	採水地点名	水位* (m)	採水日	温度 (°C)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Fe (mg/l)	As (mg/l)	P (mg/l)
2	荒川しゃう氏井戸	-4.70	33.12.16	16.8	34	37.8	8.0	6.8	2.3	0.79	0.004	0.029
3	竹内魚店井戸	-5.05	"	35.8	360	111.7	74.0	36.0	4.6	0.59	0.11	0.022
4	厚生寮外園の湯	-5.17	"	45.6	410	125.7	80.5	32.3	3.5	0.05	0.20	0.040
7	石湯浴槽	-4.40	33.12.15	39.0	524	153.7	104.0	41.9	3.9	0.05	0.18	0.045
8	ヒスイ湯湧出口	-4.17	"	54.8	570	189.1	121.0	41.4	3.9	1.76	0.21	0.027
9	元浩養園浴槽	-4.44	"	45.0	762	197.0	149.0	50.3	3.0	0.23	0.29	/
10	安井氏井戸	-4.73	"	49.0	596	148.9	109.0	50.7	4.6	0.34	0.14	0.036
12	山田共同湯	-5.09	"	39.9	516	156.2	102.0	39.4	3.6	0.12	0.21	0.034
14	煙草屋浴槽	-5.13	"	40.9	486	133.0	91.5	34.4	3.9	0.11	0.24	0.024
14'	煙草屋流し	-5.08	"	33.0	410	123.2	74.0	31.3	4.1	0.38	0.11	0.058
15	桶屋枕湯	-5.68	"	56.2	776	189.1	142.5	50.4	3.6	0.03	0.34	0.023
16	大橋下の湯	-6.53	"	49.0	656	176.9	132.0	46.9	2.6	0.05	0.27	0.028
17	藤井源一氏井戸	-7.25	"	46.5	420	111.0	78.0	30.7	3.7	1.11	0.26	0.063
18	神泉寮さきの湯	-5.42	"	40.2	532	140.3	103.0	35.7	3.2	0.015	0.25	0.026
18	神泉寮つるの湯	/	34. 1.27	57.5	674	160.5	118.0	44.3	4.3	0.095	0.35	0.051
19	沢タクシー井戸	-7.66	33.12.15	55.4	612	154.9	120.0	40.0	3.2	0.11	0.28	0.040
20	一陽荘枕湯	-7.69	"	39.7	304	110.0	60.0	26.0	3.4	0.02	0.12	0.026
21	月見の湯	-5.95	"	61.6	844	191.5	157.5	51.7	3.9	0.51	0.37	0.014
	全 上	/	34. 2.12	63.0	840	192.8	156.5	51.3	4.2	0.45	0.42	/
23	松原義正氏井戸	-4.31	33.12.15	24.0	134	73.2	34.7	33.3	6.7	1.13	0.034	0.034
24	営林署井戸	-4.45	"	18.2	35.2	40.3	8.1	6.9	2.2	0.27	0.003	0.021
25	大橋家族湯	-7.08	"	79.2	680	174.5	121.0	42.9	2.8	0.22	0.32	0.013
26	やなせの湯	-9.62	"	47.8	446	147.6	86.5	34.7	2.9	0.075	0.21	0.024
27	やなせの湯そば川三朝	-8.64	33.12.16	7.5	12.0	18.3	4.2	3.6	1.3	0.095	<0.001	0.020
28	三澗荘井戸	/	"	23.1	55.6	61.0	15.0	12.3	4.9	0.71	0.001	0.017
29	田中の湯	-8.60	"	39.8	320	199.5	61.0	27.4	3.3	3.28	0.25	0.021
37	三朝中学井戸	/	"	17.2	44	42.7	10.0	9.9	2.9	1.83	0.002	0.040
40	松原賢治氏井戸	-9.20	"	19.8	20.0	35.4	8.0	7.2	2.7	0.18	<0.001	0.089
	全 上	/	34. 1.27	19.0	20.8	31.6	7.0	7.1	2.7	0.11	<0.001	0.089
43	国立療養所給水井戸	-15.11	34. 1.28	17.5	63.6	50.0	16.4	11.7	3.5	0.033	0.006	0.026
44	温研東北官舎井戸	-14.03	"	14.0	29.6	28.1	9.3	6.3	2.2	0.17	0.004	0.034
47	名和氏井戸	-16.24	"	17.5	50.8	33.6	11.9	11.9	3.9	0.28	<0.001	0.024
	全 上	/	34. 2.12	17.5	34.4	36.6	10.4	8.9	2.9	0.073	<0.001	0.023
48	横手橋本氏井戸	-13.10	34. 1.28	13.2	8.4	22.0	4.0	3.4	4.4	10.2	0.005	0.26
52	松原晴夫氏井戸	-20.33	34. 2.12	10.3	68.8	20.8	17.2	9.3	4.8	0.26	<0.001	0.11
54	松井氏前溜井戸	-23.55	"	10.0	18.8	18.3	5.2	4.0	3.0	0.033	0.001	0.092
56	伊藤氏井戸	-27.38	"	13.2	18.0	25.0	8.0	7.7	2.5	0.19	<0.001	0.012
56'	大瀬温泉	/	"	37.1	285	164.5	105.0	11.8	1.6	0.065	0.30	0.021
58	岩本氏前溜井戸	-22.88	"	11.2	22.4	10.4	14.2	11.2	3.2	0.025	<0.001	0.18
59	福山氏前溜井戸	-26.30	"	13.5	13.6	12.2	8.5	5.4	2.5	0.035	0.001	0.14
60	役場前溜井戸	-1.76	33.12.24	10.0	43.2	52.9	22.8	29.7	7.4	0.87	<0.001	0.195
61	後楽溜井戸	-4.39	"	15.0	19.2	32.9	6.5	6.0	3.6	0.36	<0.001	0.022

番号	採水地点名	水位* (m)	採水日	温度 (°C)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Fe (mg/l)	As (mg/l)	P (mg/l)
62	梶川氏井戸	-3.63	33.12.24	17.8	82.4	92.1	18.3	23.9	8.7	0.72	0.010	0.080
63	山本氏井戸	-3.07	"	21.5	76.4	78.1	18.8	10.4	5.0	2.18	0.018	0.14
64	松原良明氏井戸	-2.98	"	29.8	189	60.4	38.0	21.3	4.4	0.033	0.055	0.27
66	齊木別館裏河の湯	-2.69	"	51.0	310	167.2	64.7	22.7	1.8	0.065	0.19	0.053
68	岡崎氏井戸	/	"	16.6	56.8	68.9	20.0	18.9	6.9	0.065	0.010	0.056
71	藤井佐太郎氏井戸	-0.19	"	14.0	12.0	38.4	4.0	7.0	3.3	0.48	<0.001	0.025
72	三朝劇場前井戸	*3.05	"	10.0	9.6	17.1	4.0	4.2	1.2	0.13	<0.001	0.027
73	前条氏井戸	*1.21	"	14.7	34.0	59.8	8.0	8.9	5.0	11.8	0.11	0.095
74	永楽扇の湯	*0.72	"	44.7	15.8	128.1	35.2	15.0	1.5	0.05	0.13	0.019
75'	油屋北湯枕湯	-0.42	"	40.8	170	138.5	36.5	16.4	2.0	0.04	0.12	0.025
75''	油屋三つ湯浴槽	-0.78	"	41.0	232	169.6	53.0	19.9	1.9	0.04	0.13	0.013
75'''	油屋庭井戸	/	"	17.2	15.6	58.0	5.5	7.7	1.4	0.038	0.065	0.018
	全 上	/	34. 1.28	16.7	16.8	53.7	5.8	7.7	1.6	0.027	0.062	0.040
76'	明治地下室源泉	-0.33	33.12.24	55.2	290	187.9	61.0	24.2	2.3	0.02	0.19	0.018
76''	明治西の湯枕湯	-0.18	"	32.5	162	144.6	40.5	23.8	3.1	0.015	0.10	0.069
78	岩湯枕湯	-0.32	"	34.0	128	91.5	25.0	18.1	1.8	0.46	0.12	0.033
79	花屋枕湯	-0.44	"	52.1	332	209.2	76.0	25.9	2.3	0.26	0.18	0.018
80	温研分室浴槽	-0.88	"	47.2	360	214.8	83.5	26.1	2.3	0.007	0.19	0.024
81	中国屋枕湯	-1.09	"	63.1	388	223.9	90.5	26.2	2.3	0.12	0.24	0.026
82	西藤館枕湯	-1.22	"	53.0	304	191.0	70.0	23.9	2.1	0.10	0.15	0.036
83	木屋楽泉の湯枕湯	-2.18	"	61.3	390	216.6	85.0	24.4	2.9	0.13	0.26	0.035
84	御船薬局浴槽	-1.74	"	54.8	350	205.0	79.0	25.6	2.1	0.14	0.15	0.033
85	中屋枕湯	-1.04	"	56.2	320	200.1	69.0	24.9	2.2	0.15	0.20	0.023
86	中湯汲み場	-1.32	"	49.8	366	235.5	76.0	26.8	2.4	1.24	0.18	0.095
87	御茶屋枕湯	-0.85	"	57.0	330	200.1	76.0	25.4	2.0	0.57	0.17	0.042
88	岡崎岩吉氏前井戸	-0.40	"	10.1	16.0	34.8	6.5	6.9	3.1	0.14	0.004	0.093
90	菅氏竹やぶ溜井戸	*2.10	"	9.8	13.6	13.4	12.0	4.4	2.4	1.28	0.005	0.050
93	西町菅住宅西側井戸	*6.50	"	10.7	16.0	41.5	5.0	12.3	3.4	1.25	<0.001	0.039
94	東町菅住宅中央井戸	*11.41	"	10.8	12.4	23.8	6.0	9.0	3.3	4.18	0.001	0.064
96	株湯	*6.23	"	28.0	196	230.6	68.0	17.6	2.1	0.66	0.17	0.020
97	黒住教の湯	*4.28	"	21.1	146	168.4	49.5	15.0	2.3	0.31	0.045	0.014
98	矢田氏井戸	*3.11	"	15.2	13.2	47.6	9.0	3.7	1.6	2.40	0.025	0.041
99	岸の湯	*3.47	"	45.0	248	278.2	79.5	31.4	3.2	0.68	0.19	0.016
101	前中氏前溜井戸	*5.25	"	13.2	12.0	35.4	6.0	7.8	3.7	0.022	<0.001	0.011
103	岸田氏山際溜井戸	*16.22	"	9.7	8.0	14.6	3.5	2.4	2.4	0.34	<0.001	0.036
106	歯科医東隣溜井戸	*3.56	"	7.5	8.8	17.1	4.5	3.6	1.4	0.29	<0.001	0.033
107	松之屋井戸	-0.43	"	16.0	21.2	59.2	14.0	7.9	3.3	2.35	0.033	0.034
108	米原写真店横井戸	-1.27	"	13.7	24.0	42.7	12.0	12.1	5.4	0.49	0.004	0.094
109	岩崎ホール下枕湯	-2.29	33.12.16	48.5	284	186.7	54.0	51.4	6.2	0.06	0.055	0.018
	全 上	/	33.12.24	46.1	242	160.0	50.0	45.7	5.2	/	/	/
	全 上	/	34. 1.27	47.5	286	187.9	63.5	53.9	5.4	0.19	0.060	0.013
110	荒屋墓地前三朝川	-0.09	33.12.24	8.6	7.2	17.1	4.0	3.2	1.4	0.02	<0.001	0.016

第 2 表

符号	採水地点	採水日	温度	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Fe (mg/l)	As (mg/l)	P (mg/l)
ア	国療所内源泉	34. 1.27	44.0	458	352.6	114	27.4	6.2	0.24	0.21	0.011
イ	国療学校前源泉	"	54.8	668	260.5	178	67.0	4.8	0.48	0.34	0.023
ウ	国療三朝館下源泉	"	58.5	686	220.5	132	47.4	4.7	3.03	0.48	0.076
エ	温研三朝館下源泉	"	50.8	610	188.3	117	37.9	3.9	6.31	0.90	0.036
オ	三朝館ホール下 旧源泉	"	52.6	596	158.6	113	36.6	3.8	0.16	0.28	0.016
キ	温研道路際源泉	"	57.8	654	291.9	131	57.4	6.8	0.12	0.39	0.058
ク	厚生寮湯源泉	"	70.5	652	181.2	126	46.7	4.2	0.085	0.33	0.024
ケ	万翠楼源泉	"	49.0	176	139.1	54	26.4	5.5	0.058	0.065	0.019
コ	岩崎山側源泉	"	52.0	182	155.5	52	35.6	7.1	0.073	0.056	0.012
サ	岩崎家族湯源泉	"	49.0	122	128.1	34	24.9	2.5	0.033	0.025	0.014
ス	橋下流後楽源泉	"	52.0	396	172.0	88	37.7	3.6	0.063	0.24	0.009
セ	河原湯後楽引湯	"	52.3	328	174.5	69	24.3	2.4	0.25	0.20	0.031
ソ	岩湯別館源泉	"	46.3	138	112.2	34.5	20.2	2.7	0.32	0.08	0.024
タ	湯谷の湯	"	34.0	126	123.2	42	21.4	5.3	0.005	0.05	0.025
チ	大本教の源泉	"	69.0	353	172.4	86.5	28.6	4.2	0.16	0.22	0.015
ツ	三朝館道際新源泉	"	79.2	662	190.3	118	43.0	4.5	0.29	0.40	0.032
テ	三潤荘西源泉	"	53.5	538	230.0	101	41.4	5.8	0.12	0.33	0.021
ト	三潤荘東源泉	"	38.0	702	250.1	126	57.2	7.2	1.09	0.55	0.017
ニ	斉木本館の湯	34. 1.28	65.3	402	226.6	89	26.6	2.5	0.013	0.28	0.038
ヌ	斉木別館の湯	"	64.8	406	221.4	88.5	26.2	2.8	0.075	0.25	0.035
ネ	岩湯動力源泉	"	51.8	336	174.5	76.5	25.0	2.9	0.050	0.20	0.031
ム	横手掘さく中の湯	"	29.8	105	*	71	64.6	5.0	0.76	0.055	0.022
メ	温研河床源泉	"	63.0	579	270.4	129	47.6	4.6	0.37	0.52	0.023

* pH=11のアルカリ性であつて、OH⁻=43.2mg/l、CO₃⁻²=212mg/lを含むことをメチルオレンジアルカリ度およびフェノールフタレインアルカリ度の測定よりたしかめた。これは掘さく中のためセメント注入等による影響と考える。

そのアルカリ度の異常より考えても（第二表の註参照）工事中の汚染とみられ、又役場前井戸 No60 もその状況より考えて地上よりの汚染を考えるのが妥当である。次に第7図に表わした酸可溶性の鉄の総含有量と Cl⁻ 濃度の関係には何等の相関もみとめられず、Fe 濃度の著しく大きいものが、Cl⁻ 濃度の小さい井戸水にもみられる。この原因としては地下水にもある地域には鉄含有量の多いものがあると共に、井戸水や温泉水の通路として用いてある鉄管からの腐蝕混入も考えられる。そのほか鉄質沈殿物の生成や混入の影響もからみあって、三朝温泉地にて採水される

水のなかの鉄分は、温泉の由来をなす熱水起源のものを主とするとは考えにくい。

第8図にヒ素～Cl⁻ の関係を、第9図に、リン～Cl⁻ の関係を示したが、ヒ素は Cl⁻ 濃度の大きい温泉にはかなり大きく、他方リンは、Cl⁻ 濃度との間には明らかな関係はなく、むしろ、Cl⁻ 濃度の小さい井戸水等に比較的濃度の大きいものがあり、これには灌漑水の影響等も考えられる。なおヒ素と Cl⁻ 濃度の正相関関係について相関係数を求めると、相関係数 $r_{76}=0.796$ となり $t=r\sqrt{n-2}/\sqrt{1-r^2}$ により検定を行うと、 $t=11.41 > t_{60} (0.1\%) = 3.46$ となり非常に有意である。これ等の事

実と、火成岩、堆積岩に関するヒ素の地球化学的な行動に関する研究¹²⁾と花崗岩を基盤とする三朝温泉地下の地質、更に Cl⁻ 濃度の大きい海水中のヒ素含有量の少い事実などを考慮すると、ヒ素を岩漿性起源と考えるのが妥当と思える。尚、三朝温泉地の水質のうち Cl⁻ 濃度 50mg/l 以下のものについてはヒ素含有量は二三の例外をのぞき、ほとんどが 1μg/l 以下であり、一方 50mg/l 以上の Cl⁻ 濃度となると、数 μg/l のヒ素の存在がみとめられる。これは三朝温泉地における井戸水等に Cl⁻ 濃度のやゝ大きいもののあること、およびその Cl⁻ の由来を岩漿性の熱水起源かどうかを判断する場合重要であると共に、ヒ素の如き微量成分による温泉の地化学探査の可能性を暗示している。又一方温泉水中の Cl⁻ の起源に関して、それが海中の混入によるかどうかを判断するとき、ヒ素含有量の測定も一つの手がかりになるのではないかと考えるが、その 1 例として、海岸に近い東郷松崎温泉の

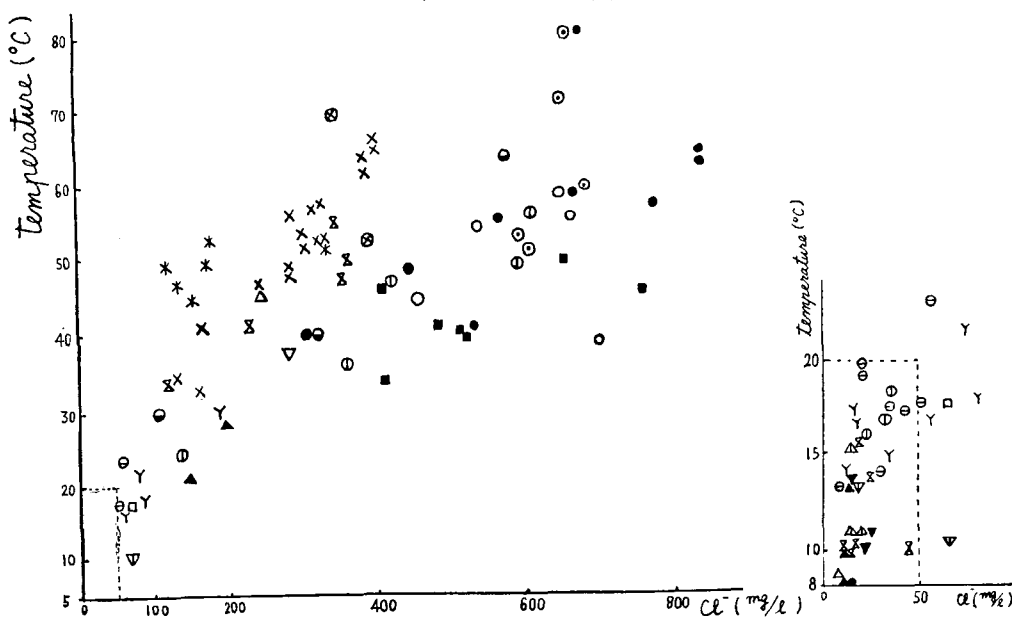
一部について、三朝温泉との比較のためヒ素含有量の定量を行ったが、その結果を Cl⁻、SO₄⁻² の定量値と共に第 3 表にかゝげる。

第 3 表

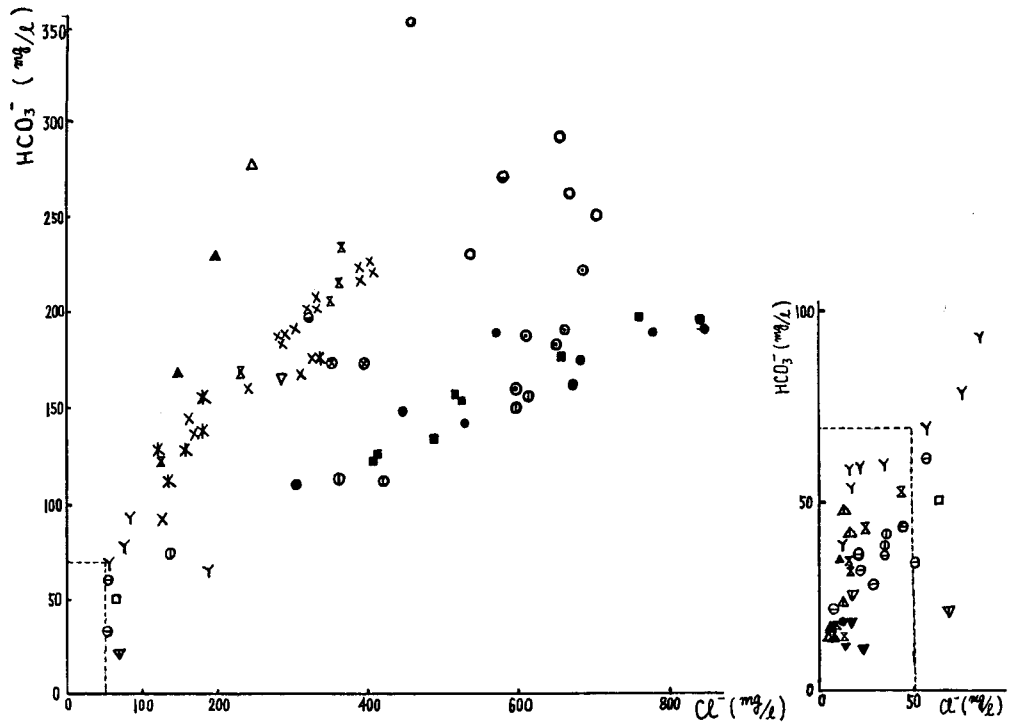
採水地点名	化学成分		
	As (μg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)
湖 中 泉	125	795	292
つ る の 湯	35	768	352
養 生 館	6	575	250
東 郷 湖 々 水	< 1	670	92

この結果を第 8 図の三朝温泉についての結果と比較すると、東郷松崎温泉のヒ素含有量はその Cl⁻ 濃度の割合には三朝温泉に比しはるかに少く、この場合の Cl⁻ は、海水または海水の混入をうけた湖水の影響をかなりうけたものと想像される。なお、大瀬地区の温泉 (△) のヒ素含有量が他地区の場合に比し Cl⁻ 濃度の割合に大きい事は、その SO₄⁻² 濃度についても同様の傾向のみとめられた事と共に注意したい。

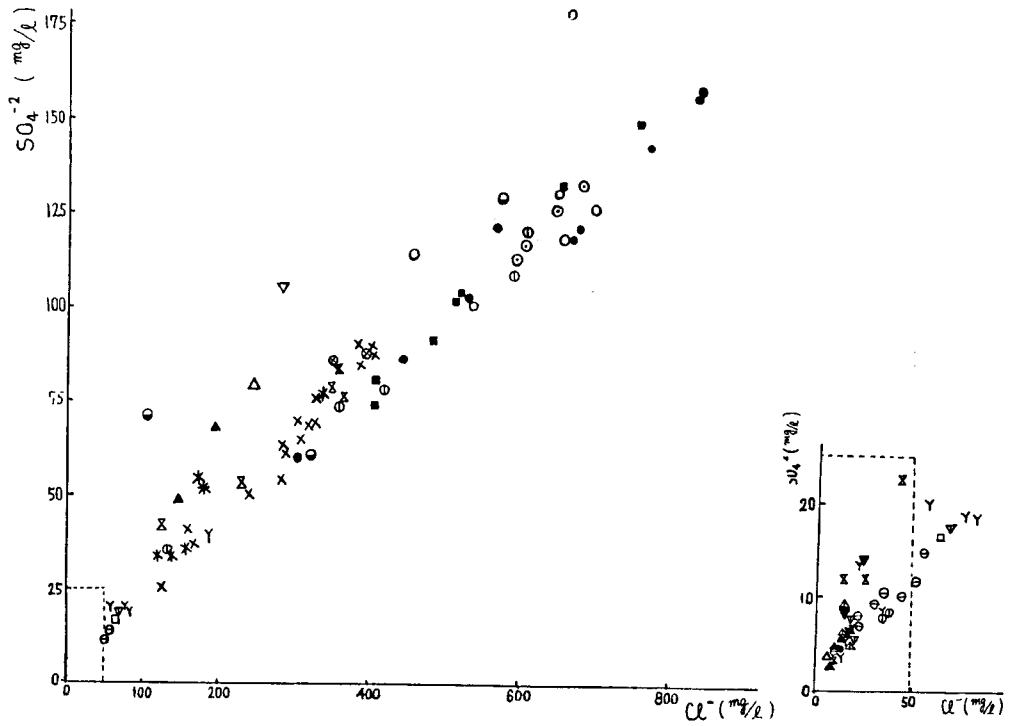
第 2 図



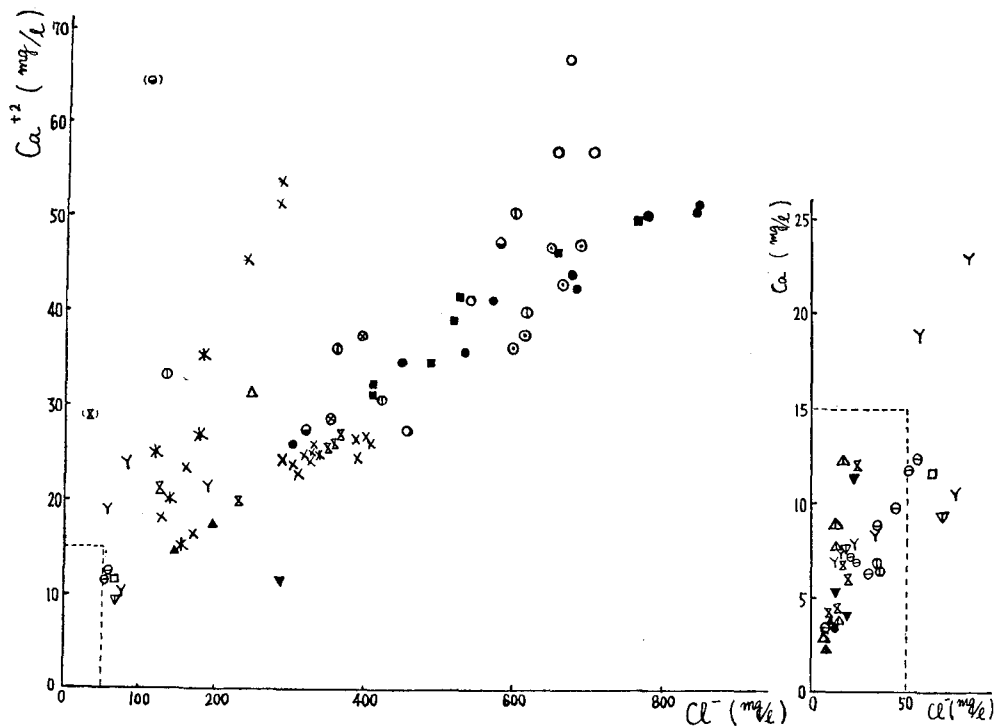
第 3 図



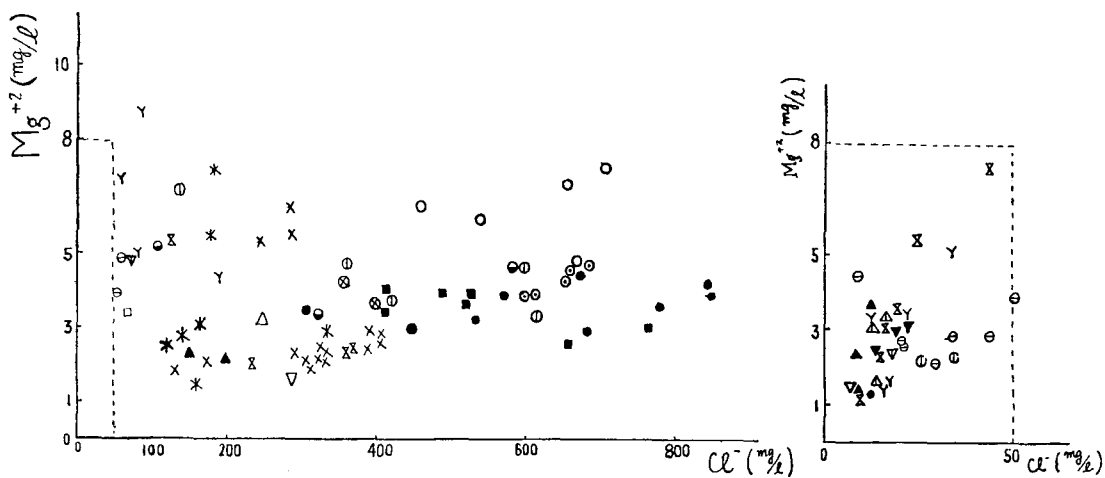
第 4 図



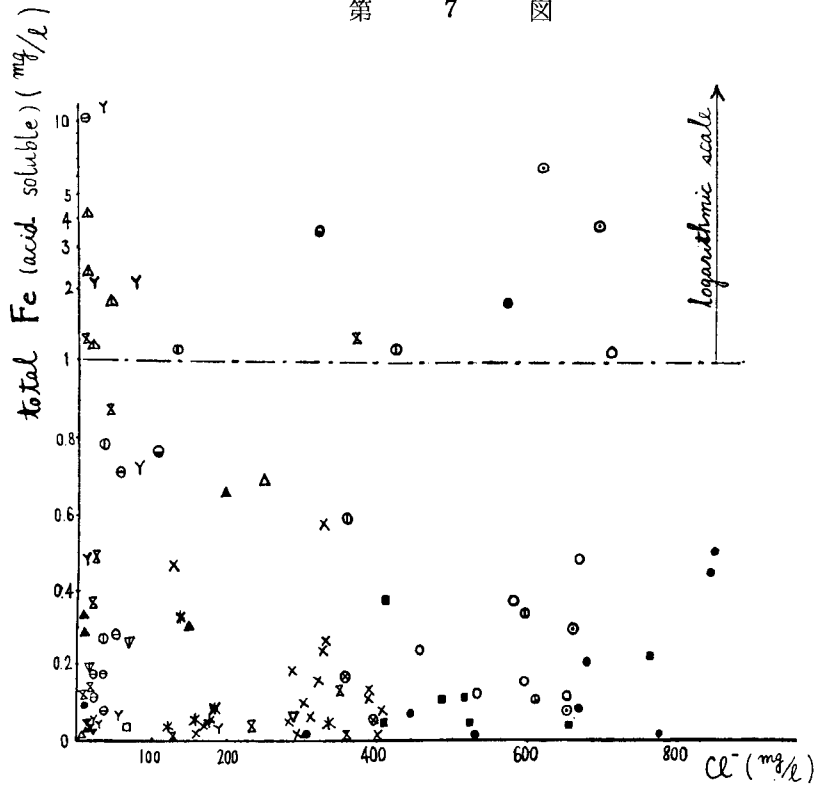
第 5 図



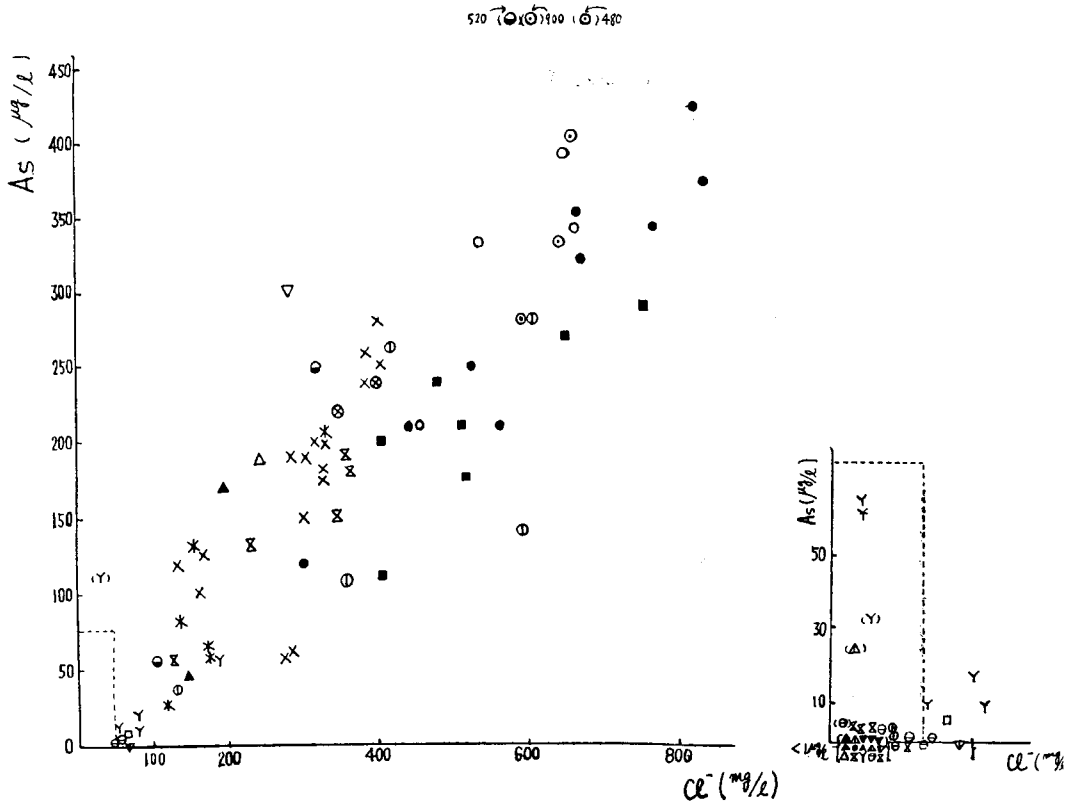
第 6 図



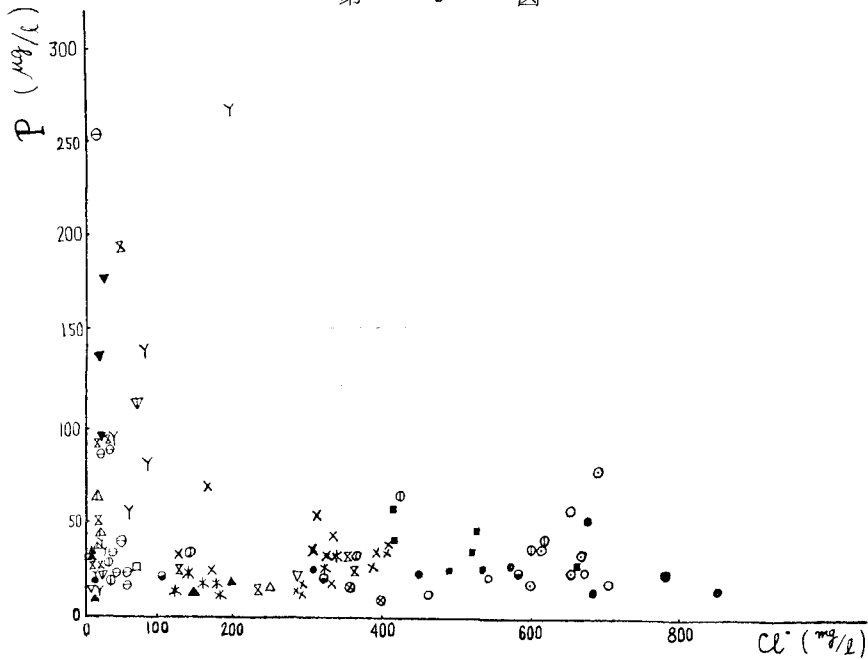
第 7 図



第 8 図



第 9 図



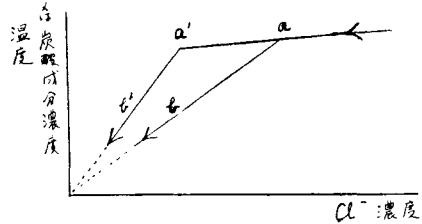
水質に関する総合的考察

以上の結果を総合的に考察すると、三朝温泉地の各採水地点の水質は、ほゞ次の様な原因によって決定されておると推定するのが、一つの考え方でないかと思う。

即ち、Cl⁻を多く含み、SO₄⁻²、炭酸成分、Ca⁺²、As等を随伴する、岩漿性の熱水を含んだ温泉源流が、まづ基盤花崗岩内の深所で高温にあたためられた地下水の混入によって、そのCl⁻濃度をうすめられる。この際、之等地下水は、温泉源流よりガス体として分離し広く拡散する炭酸ガスの影響をうけてそのHCO₃⁻等の炭酸成分の濃度がかなり大きくまた水温も高い。そのため、その混入をうけた温泉源流は、そのCl⁻の濃度の減少に比し、水温およびHCO₃⁻等の炭酸成分の濃度の変化は左程でないと考えられる。そしてこの場合の混入のちがいでによって種々の二次的な温

泉源流を生じ、それが三朝中心街地区と山田中心街地区の差異などを由来するのではなかろうか（第10図a, a'参照）

第 10 図



その後このうすめられた温泉源流が、地表近くに上昇すると、低温でHCO₃⁻をわずかしか含まない表層の地下水によって更に種々の割合で混入され、各採水地点にみられた様な温泉水等の水質になると考える。（第10図b, b'）

即ちSO₄⁻²~Cl⁻の関係などよりみて、大瀬地区など注意すべき点のあるものもあるが、

三朝温泉全体はもともとほぼ同一の岩漿性の熱水を含んだ温泉源流に由来し、それが深所における地下水の混入の差によって地区別の差を生じ、更に浅所における表層地下水の混入によって地区内の種々の水質の差を生じたものと考えられる*。なおこれ等の場合 Mg^{+2} , Fe, P の含有量は種々の物質との反応、又は他よりの混入その他の影響をうけて様々に変化しているため、 Cl^{-} 濃度との間には明らか

な関係がみられない。

以上の事実ならびに、 Cl^{-} 濃度のかなり大きい温泉の分布状態などを考慮すると、周辺部の開発においては、 Cl^{-} 等の成分においては必ずしも濃度の大きいものは望めないかもしれないが、水温および HCO_3^{-} 濃度のなおかなり大きい温泉水の湧出の可能性があるのではないかと推定される。

* SO_4^{-2} を由来すると考えられるものに H_2S , SO_2 等のガス成分がある一方、 $SO_4^{-2}-Cl$ 関係に著しい地域差のみとめられぬ事実の原因については、深所における SO_4^{-2} の存在の可能性¹³⁾¹⁴⁾、ガス成分中での H_2S , SO_2 の分圧や深所の熱水に対する之等の溶解度等を考慮せねばならない。更に SO_4^{-2} のこまかい地域差の有無についても検討を必要と考える。

本研究を行うに当たり、当研究所梅本春次教授の御指導を賜わるとともに、鳥取県衛生課、地元の温泉組合の御援助を頂き、また、実験を進めるにあたっては、倉吉農高土木科の諸氏に測量を御願ひし、当研究所の御船政明、池三津幸雄両氏の御助力を得たので、厚く感謝の意を表す。

(本研究の概要は昭和34年4月、日本化学会第12年会において発表した)。

文 献

- 1) 厚生省大臣官房国立公園部「日本鉱泉誌」553~558, (1954).
- 2) 梅本春次, 日化, **74**, 94, (1953).
- 3) 大島良雄, 御船政明, 山田尚春, 上山昭子, 岡大温研報, **16**, 1, (1956)
- 4) 原田光, 岡部茂, 宮腰潤一郎, 御船政明, 未発表 鳥取県厚生労働部衛生課報告として印刷の予定.
- 5) 岩崎岩次, 内海諭, 萩野堅, 樽谷俊和, 小沢竹二郎, 日化, **79**, 38, (1958).
- 6) 岩崎岩次, 外, 実験化学講座第14巻「地球化学」, p. 156, (1958) 丸善刊.
- 7) 半谷高久, 分析化学, **5**, 360, (1956).
- 8) H. Levine, J. J. Rowe, F. S. Grimaldi, Anal. Chem. **27**, 258 (1955).
- 9) 阪上正信, 分析化学, **8**, No10 (1959) に掲載予定.
- 10) 横須賀 繁, 分析化学, **5**, 395 (1956).
- 11) 梅本春次, 外, 岡大温研報, **23**, 1 (1959).
- 12) H. Onisi, E. B. Sandell, Geochim. et Cosmochim. Acta, **7**, 1 (1955).
- 13) D. E. White, Econ. Geol. "50th Ann. Vol." PartI, 107 (1955).
- 14) D. E. White, Bull. Geol. Soc. Am. **68**, 1649 (1957).
- 15) 阪上正信, 日本化学雑誌に投稿中.

Studies on the Chemical Composition and Levels of Ground Water at Misasa Hot Springs

by

Masanobu SAKANOUE

Division of Chemistry, Balneological Institute.
Okayama University

The water levels of the thermal springs and the ground water levels were measured and the contour of the water table was obtained. The contour was disturbed at two regions in which many springs issue.

The thermal and ground waters were sampled all over the springs district, and the water temperatures were measured when they were sampled. The chloride, bicarbonate, sulfate, calcium and magnesium content was also determined.

In addition, the analytical methods for the determination of arsenic, phosphorus and acid-soluble iron were improved. Also the concentration of these elements was determined.

Based on the results of the observations and chemical analysis, the relations between the water temperatures and content of chemical constituent and the chloride content were checked respectively. Positive correlations were found in the relations between water temperature~Cl⁻, HCO₃⁻~Cl⁻, SO₄²⁻~Cl⁻, Ca²⁺~Cl⁻, and As~Cl⁻. Furthermore, the regional differences were detectable in the ratios of water temperature to chloride content and of bicarbonate to chloride content, nevertheless the correlation as a whole were valid.

The diversity and regional differences of the chemical composition of the waters were explained as due to the differences in the mixing proportion of the magmatic thermal water and the varying kinds of ground water at the deep site in the ground and at the site near the ground surfaces.