

群馬県下の温泉水中のヒ素含量

群馬県衛生研究所* 酒井幸子・滝島常雄

(昭和50年4月15日受理)

Arsenic Content in the Hot Spring Waters in Gunma Prefecture

Yukiko SAKAI and Tsuneo TAKISHIMA

Gunma Institute of Public Health, Gunma Prefecture

ABSTRACT

Arsenic content in the hot spring waters in Gunma Prefecture was determined by silver diethyldithiocarbamate method. Total number of hot springs thus examined were 98. The hot springs which contain more than 0.3 mg/l As were Shima, Takaragawa, Kusatsu and Sarugakyo. Among them the highest concentration of arsenic, 2.04 mg/l As, was detected in the Shima Hot Spring water. In the thermal water, there is a considerable high correlation between the content of chloride and that of arsenic. In the Isobe Mineral Spring, which is cold and shows a high content of dissolved salts, arsenic was not detected in spite of the fact that the chloride ion was of high concentration. In general, arsenic was detected in the hot spring waters from the western to the northern part of Gunma Prefecture.

1. 緒 言

天然水中のヒ素濃度の平均値は、温泉水中では 0.3 mg/l, 雨水では 1.6 mg/l, 河川水では 1.3 μg/l, 海水では 2~3 μg/l と報告されている。¹⁾

温泉水中のヒ素についての報告は少なくないが、群馬県下の温泉については白根火山周辺の温泉を分析した報告があり、²⁾⁻⁶⁾ 又、日本の温泉水中のヒ素については綿抜が報告している。⁷⁾ 著者らは、群馬県下の温泉水中のヒ素含量を測定し、いくつかの知見を得たので報告する。

2. 分析対象温泉

群馬県内では、温泉は西北部に比較的にかたよって分布しており、南部に冷鉱泉が散在している。ヒ素の分布状況をより正確に把握するために県下一円の温泉を対象とし、温泉数 30, 総源泉数 98 を分析した。その対象温泉位置を図 1 に、泉源の地質⁸⁾ を表 1 に示した。

3. 分析 方 法

ヒ素は、ジエチルジチオカルバミン酸銀法、塩素イオンは硝酸第二水銀法、硫酸イオンは塩化バリウムによる比濁法を用いて分析した。水温は現地での pH, 蒸発残渣, ヒ素, 塩素イオン, 硫酸イオンは試験室で測定した。

* 群馬県前橋市岩神町 3 丁目 21-19

表 1. 温泉の地質⁸⁾

No.	温泉名	所在地	泉源の地質
1	土出温泉	利根郡片品村土出	流紋岩
2	小川温泉	" " 東小川	——
3	宝川温泉	" 水上町藤原	流紋岩
4	川場温泉	" 川場村湯原	変輝緑岩
5	老神温泉	" 利根村老神	流紋岩～石英斑岩
6	谷川温泉	" 水上町谷川	流紋岩
7	水上温泉	" "	流紋岩・同質凝灰岩
8	上牧温泉	" 月夜野町石倉	流紋岩
9	川古温泉	" 新治村川古	流紋岩・同質凝灰角礫岩
10	猿ヶ京温泉	" " 猿ヶ京	変質安山岩・流紋岩
11	湯宿温泉	" " 湯宿	流紋岩
12	法師温泉	" " 法師	流紋岩
13	塩平温泉	吾妻郡中之条町巖川	——
14	塩川温泉	北群馬郡小野上村村上	——
15	伊香保温泉	" 伊香保町	榛名火山輝石安山岩, 同質凝灰角礫岩
16	日向見温泉	吾妻郡中之条町日向見	——
17	四万温泉	" " 四万	玢岩, 石英閃緑岩
18	沢渡温泉	" " 上沢渡	流紋岩, 玢岩
19	尻焼温泉	" 六合村入山	複輝石安山岩 (暮坂熔岩)
20	草津温泉	" 草津町	白根火山浮石流, 安山岩熔岩
21	川原湯温泉	" 長野原町川原湯	変質安山岩
22	万座温泉	" 嬬恋村万座	白根火山安山岩熔岩 (高井熔岩)
23	奥軽井沢湯元温泉	" " 鎌原	——
24	つまごい温泉	" " 大前	——
25	鹿沢温泉	" " 田代	輝石安山岩
26	猿川温泉	勢多郡黒保根村内野	——
27	薬師山温泉	伊勢崎市太田町	第四紀砂礫層
28	磯部温泉	安中市磯部	新第三紀砂岩・泥岩 (吉井層)
29	八塩温泉	多野郡鬼石町浄法寺	結晶片岩 (石墨片岩)
30	宝蔵温泉	" 上野村野栗沢	——

表 2. 温泉水中の化学成分 (1)

温泉名	採水日	水温 (°C)	pH	蒸発残渣 (mg/l)	As (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
土出温泉	1973. 4. 24	34.6	9.15	300	0.04	67.3	17.0
小川温泉	1972. 9. 28	28.2	8.50	161	0.00	3.5	4.0
宝川温泉	1974. 11. 20	73.0	7.10	1006	0.66	30.5	200
川場温泉							
弘法の湯	1972. 5. 24	39.0	9.25	272	0.02	42.2	50.0
共同浴場の湯	"	36.5	9.20	254	0.02	40.4	47.6
薬師の湯	"	42.0	9.25	244	0.02	41.8	45.6

表 2. (つづき)

温 泉 名	採 水 日	水 温 (°C)	pH	蒸発残渣 (mg/l)	As (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
老 神 温 泉							
1 号 泉	1972. 3. 22	50.0	6.70	603	0.01	142	158
2 "	"	51.8	8.70	580	0.01	142	159
3 "	"	46.0	8.25	580	0.02	142	160
4 "	"	50.0	8.80	656	0.00	172	173
6 "	1972. 3. 23	43.0	8.18	353	0.01	95.3	106
7 "	"	57.0	8.50	515	0.01	142	151
8 "	"	22.0	6.20	320	0.01	74.9	112
9 "	"	36.0	7.20	353	0.01	75.8	118
10 "	"	53.0	7.60	539	0.02	134	155
谷 川 温 泉							
3 号 井	1971. 5. 12	53.5	8.38	594	0.08	136	210
河 鹿 の 湯	1973. 2. 20	50.0	6.40	1136	0.08	121	284
谷 の 湯	"	43.0	7.42	298	0.05	46.4	110
水 上 温 泉							
横 吹 の 湯	1972. 4. 26	28.5	8.59	567	0.19	34.6	293
旧 湯	"	44.0	7.61	1282	0.20	119	630
新 湯	"	42.0	7.99	1156	0.18	106	593
不 動 の 湯	"	52.0	8.00	1287	0.18	120	643
稻 荷 湯	"	26.5	7.89	242	0.04	8.9	94.0
塩 屋 源 泉	"	31.3	7.96	1123	0.08	90.6	593
荒 木 源 泉	1972. 4. 27	27.0	9.00	192	0.03	10.2	57.5
諏 訪 の 湯	"	25.5	7.86	1055	0.01	53.4	593

表 3. 温泉水中の化学成分 (2)

温 泉 名	採 水 日	水 温 (°C)	pH	蒸発残渣 (mg/l)	As (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
上 牧 温 泉							
大 峯 の 湯	1973. 3. 27	28.9	7.40	364	0.09	46.7	95.0
川 古 温 泉							
広 河 原 の 湯	1971. 4. 21	25.5	7.90	1413	0.15	58.8	730
川 古 の 湯	"	34.0	7.80	1723	0.25	121	820
猿ヶ京温泉							
共 同 泉	1972. 6. 13	60.0	7.15	1690	0.34	158	840
県 有 泉	"	44.6	7.75	1039	0.28	139	415
村 有 1 号 泉	"	56.5	7.50	1167	0.54	208	370
安 部 1 号 泉	"	59.0	7.70	1696	0.82	396	475
安 部 2 号 泉	"	53.0	7.90	1267	0.64	282	315
湖 城 閣 泉	"	57.2	7.80	1199	0.72	224	335
湯 宿 温 泉							
洗 湯	1972. 5. 17	64.0	7.75	1446	0.02	190	790

表 3. (つづき)

温 泉 名	採 水 日	水 温 (°C)	pH	蒸発残渣 (mg/l)	As (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
窪 湯	"	61.5	7.00	1397	0.02	125	774
小 滝 の 湯	"	43.0	7.60	1364	0.01	112	754
大 滝 の 湯	"	45.7	7.30	1142	0.02	86.7	600
法 師 温 泉	1973. 10. 13	40.5	7.70	1329	0.11	115	720
塩 平 温 泉	1971. 5. 6	31.2	8.70	230	0.02	59.4	55.7
塩 川 温 泉	1973. 3. 1	29.3	9.45	1401	0.00	663	30.5
伊 香 保 温 泉							
1 号 泉	1974. 5. 16	48.5	6.12	1134	0.01	186	295
2 "	"	48.0	6.30	1047	0.02	139	290
4 "	"	52.2	6.59	1262	0.03	184	362
5 "	"	50.0	6.41	1791	0.01	174	575
6 "	"	65.5	7.11	1688	0.06	247	455
日 向 見 温 泉							
御 夢 想 の 湯	1972. 4. 19	55.5	9.49	1118	0.06	37.0	522
中 生 館 の 湯	"	54.8	9.55	1166	0.06	40.2	605
愛 楓 荘 の 湯	"	46.5	9.10	992	0.06	31.7	522
摩 耶 の 湯	1972. 4. 20	44.8	9.43	854	0.06	29.2	435

表 4. 温泉水中の化学成分 (3)

温 泉 名	採 水 日	水 温 (°C)	pH	蒸発残渣 (mg/l)	As (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
沢 渡 温 泉	1972. 3. 3	54.0	8.38	1169	0.19	205	540
尻 焼 温 泉	1972. 9. 6	54.5	7.60	1506	0.24	225	733
草 津 温 泉							
泉水館君子の湯	1972. 2. 23	46.5	1.80	1872	0.59	437	1200
あづまや源泉	"	46.0	2.00	1250	0.32	306	800
だいや旅館宝泉の湯	"	44.0	1.95	1436	0.25	315	960
野口ホテル滝の湯	"	48.0	1.98	1314	0.32	310	850
ての字屋旅館の湯	"	52.0	1.85	1696	0.42	396	1265
地 蔵 の 湯	"	60.0	1.80	1815	0.73	454	1365
白 旗 の 湯	1962. 2. 24	65.0	1.65	1921	0.29	472	1215
西の河原(鬼の茶釜)	1972. 2. 22	54.3	1.72	1764	1.26	445	1140
千 代 の 湯	1972. 3. 16	55.0	2.00	2268	0.82	467	1275
七 星 館 の 湯	"	59.0	2.00	2053	0.66	423	1065
湯 畑	"	66.0	1.90	1997	0.63	472	1300
草津館観音の湯	"	56.0	1.90	2070	0.76	470	1300
川原湯温泉							
県 有 泉	1972. 2. 18	71.2	6.50	1565	0.05	326	630
と ら 湯	"	60.0	6.65	1584	0.05	326	685
万 座 温 泉							
日 進 館 苦 湯*	1972. 2. 3	77.0	2.20	1470	0.15	134	985

表 4. (つづき)

温泉名	採水日	水温 (°C)	pH	蒸発残渣 (mg/l)	As (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
ラジウム北光線*	"	57.3	2.30	1322	0.08	113	1025
豊国館苦湯*	1972. 2. 4	60.2	2.00	1246	0.01	130	915
姥湯	1972. 10. 26	72.0	1.90	1376	0.10	140	825
奥軽井沢湯元温泉	1972. 8. 22	25.0	8.20	402	0.00	21.1	35.5
つまごい温泉	1972. 8. 9	38.0	6.90	1332	0.00	83.1	33.0
鹿沢温泉	1971. 10. 25	45.0	6.70	859	0.00	33.7	2.5
猿川温泉	1973. 12. 13	19.5	6.25	3212	0.00	1140	1.0
葉師山温泉	1973. 10. 3	17.0	6.80	360	0.00	30.2	103
磯部温泉	1972. 6. 20	19.0	8.02	26064	0.00	11616	4.5
八塩温泉	1973. 9. 19	20.5	7.05	22113	0.00	9738	1088
宝蔵温泉	1971. 8. 18	14.1	5.97	7531	0.00	3534	1.0

表 5. 四万温泉の化学成分

源泉名	採水日	水温 (°C)	pH	蒸発残渣 (mg/l)	As (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
龍宮の湯	1972. 4. 19	71.5	6.80	2384	1.73	977	330
岩根の湯	"	76.0	7.05	2372	1.89	943	362
滝の湯	"	61.5	7.41	2240	1.82	918	310
田村館別館の湯	"	65.0	7.83	2342	1.72	965	320
"塩の湯	"	57.0	8.50	3036	2.04	1265	447
積善館の湯	"	73.0	6.87	2120	1.40	748	415
川原の湯	"	63.5	6.95	2004	1.55	719	390
泉屋旅館の湯	1972. 4. 20	49.0	7.50	1509	0.90	479	310
緑の湯	"	57.0	7.58	1558	1.21	511	325
君の湯	"	59.0	7.59	1543	0.96	494	330
三木屋第2の湯	"	54.0	7.79	1510	0.87	477	300
鑄寿館塩の湯	"	60.0	7.62	1542	0.92	496	277
ときわの湯	"	55.5	7.85	1483	1.04	477	295
つばめの湯	"	58.0	7.79	1547	1.22	508	310
神告の湯	"	51.5	7.62	1598	1.16	530	310
長静館の湯	"	50.5	7.58	1229	0.86	394	247
四万館の湯	"	55.0	7.70	1537	0.91	506	310
新四万温泉とびの湯	"	36.5	7.70	1366	1.00	435	275
森戸旅館飲用専用水	"	30.8	7.62	1169	1.10	364	246

新湯地区、山口地区、新四万地区と下流に行くにつれて、蒸発残渣・塩素イオン・硫酸イオンが低濃度となって、ヒ素も同じ傾向にある。水温も又低くなり、地下水の希釈をうけていることが推定される。四万温泉の As/Cl⁻ は 0.0016~0.0030 である。

草津温泉は、草津白根火山の東南にあり、強酸性の県下最大の温泉である。実測湧出量 14,802 l/min で、そのうち温泉として利用されているのは 8,893 l/min で、利用されている温泉水量

表 6. ヒ素の最小値・最大値・平均値と泉質

No.	温 泉 名	対 象 源泉数	As (mg/l)			泉 質
			最小値	最大値	平均値	
1	土 出 温 泉	1			0.04	単純温泉
2	小 川 温 泉	1			0.00	"
3	宝 川 温 泉	1			0.66	弱食塩泉
4	川 場 温 泉	3	0.02	0.02	0.02	単純温泉
5	老 神 温 泉	9	0.00	0.02	0.01	"
6	谷 川 温 泉	3	0.05	0.08	0.07	単純温泉
7	水 上 温 泉	8	0.01	0.20	0.11	石膏泉・単純温泉
8	上 牧 温 泉	1			0.09	単純温泉
9	川 古 温 泉	2	0.15	0.25	0.20	石膏泉
10	猿ヶ京温 泉	6	0.28	0.82	0.56	弱食塩泉・石膏泉
11	湯 宿 温 泉	4	0.01	0.02	0.02	芒硝泉
12	法 師 温 泉	1			0.11	石膏泉
13	塩 平 温 泉	1			0.02	単純温泉
14	塩 川 温 泉	1			0.00	純弱食塩泉
15	伊 香 保 温 泉	5	0.01	0.06	0.03	含食塩重碳酸土類石膏泉
16	日 向 見 温 泉	4	0.06	0.06	0.06	石膏泉・単純温泉
17	四 万 温 泉	19	0.86	2.04	1.28	弱食塩泉
18	沢 渡 温 泉	1			0.19	含食塩石膏泉
19	尻 焼 温 泉	1			0.24	含食塩一石膏泉
20	草 津 温 泉	12	0.25	1.26	0.59	酸性泉
21	川 原 湯 温 泉	2	0.05	0.05	0.05	含食塩一石膏硫化水素泉
22	万 座 温 泉	4	0.01	0.15	0.09	含食塩一石膏硫化水素泉
23	奥軽井沢湯元温泉	1			0.00	単純温泉
24	つまごい温泉	1			0.00	含土類重曹泉
25	鹿 沢 温 泉	1			0.00	単純温泉
26	猿 川 温 泉	1			0.00	含土類一弱食塩泉
27	栗 師 山 温 泉	1			0.00	判定不能
28	磯 部 温 泉	1			0.00	含硼酸・炭酸・重曹・強食塩泉
29	八 塩 温 泉	1			0.00	純強食塩泉
30	宝 蔵 温 泉	1			0.00	純食塩泉

を源泉別にみると、湯畑 5,208 l/min, 西の河原 2,107 l/min, 白旗 1,200 l/min である。源泉の概略図を図7に示した。

草津温泉のヒ素について、綿抜らは 0.04~0.55 mg/l,⁵⁾ 野口らは 0.35~1.23 mg/l⁶⁾ と報告しているが、分析対象源泉は必ずしも一致していない。今回著者らが分析した源泉は、現在温泉として利用されているものである。

猿ヶ京温泉は、県北西部を流れる赤谷川(利根郡月夜野町で利根川本流に合流する利根川支流河川)上流にあり、その地域は、上越グリンタフと呼ばれる第三紀の緑白凝灰岩を主とする地層からなっているといわれている。⁸⁾ その源泉の概略図を図8に、附近の地質図を図9に示した。ほとんどの源泉(No. 1~No. 8)は赤谷川に沿って温泉ボーリングを行なったものであ

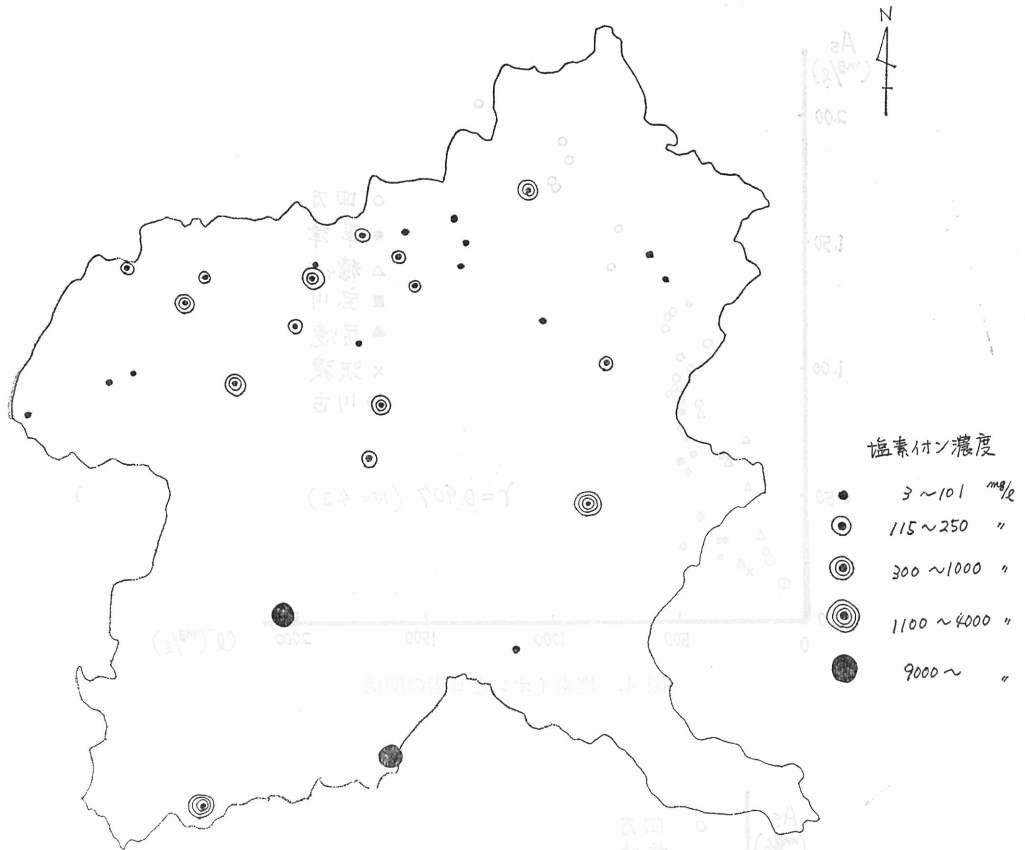


図 3. 塩素イオン濃度分布図

5. ま と め

群馬県下の温泉水中のヒ素含量を測定し、次の知見を得た。

- 1) 草津白根火山のある西部から、新第三紀に活動した酸性～中性火成岩類を泉源とするものが多い北部にかけてヒ素が検出された。
- 2) 磯部・八塩温泉のある南部の冷鉱泉には、塩素イオン濃度が高くてもヒ素は検出されなかった。
- 3) 四万・宝川・草津・猿ヶ京温泉において、ヒ素が 0.3 mg/l 以上検出され、特に四万温泉において高含量であり、最高 2.04 mg/l であった。
- 4) Thermal water において Cl^- と As が高い相関関係にあった。(Thermal water において Cl^- が多いとき、As が高濃度に検出される可能性が高いことは、綿坂の報告⁷⁾ に一致している)。

なお本報文の概要は、第 27 回日本温泉科学会大会 (1974 年 7 月 10 日、鬼怒川) で発表した。

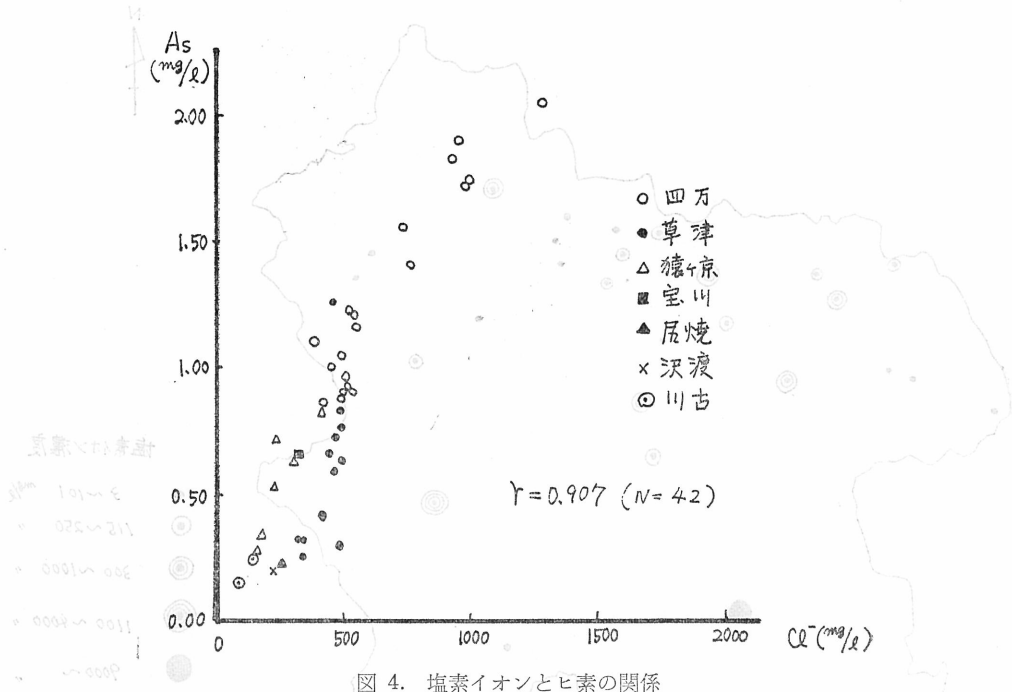


図 4. 塩素イオンとヒ素の関係

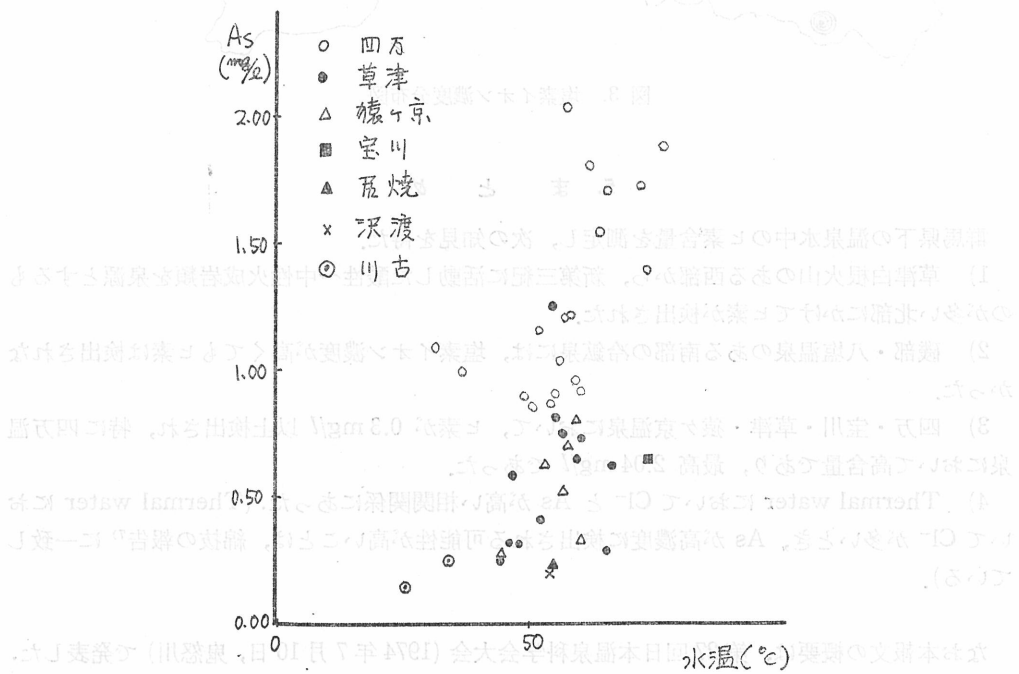


図 5. 水温とヒ素濃度の関係

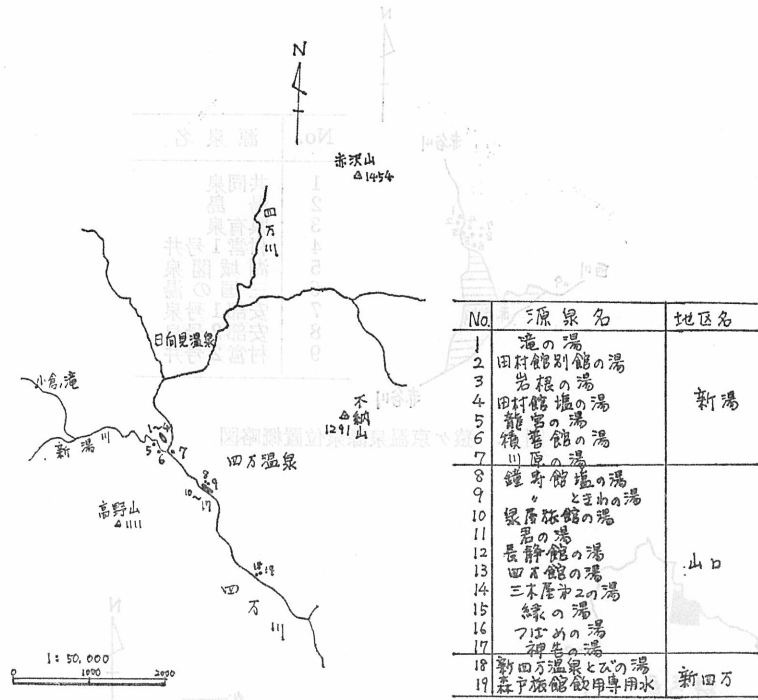


図 6. 四万温泉源泉位置概略図

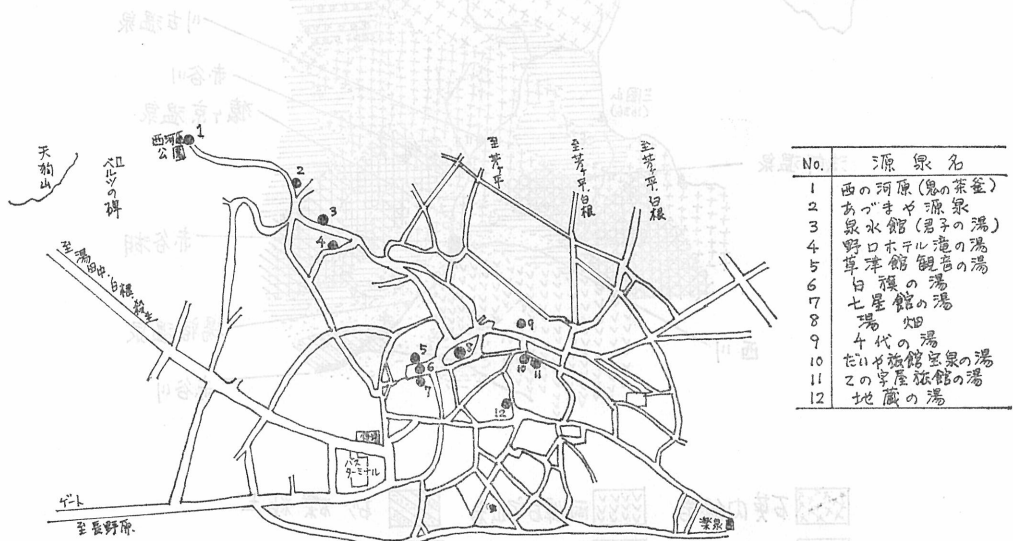


図 7. 草津温泉源泉位置概略図

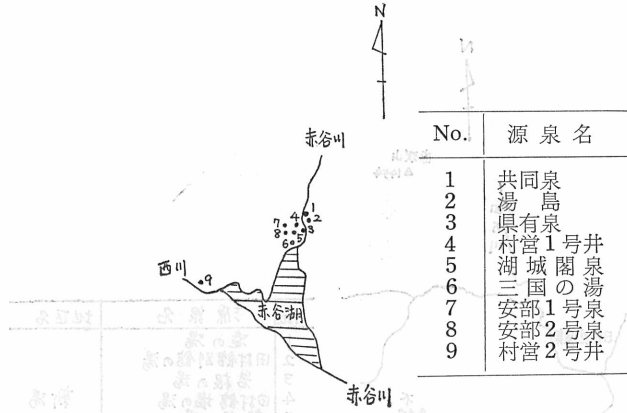


図 8. 猿ヶ京温泉源泉位置概略図

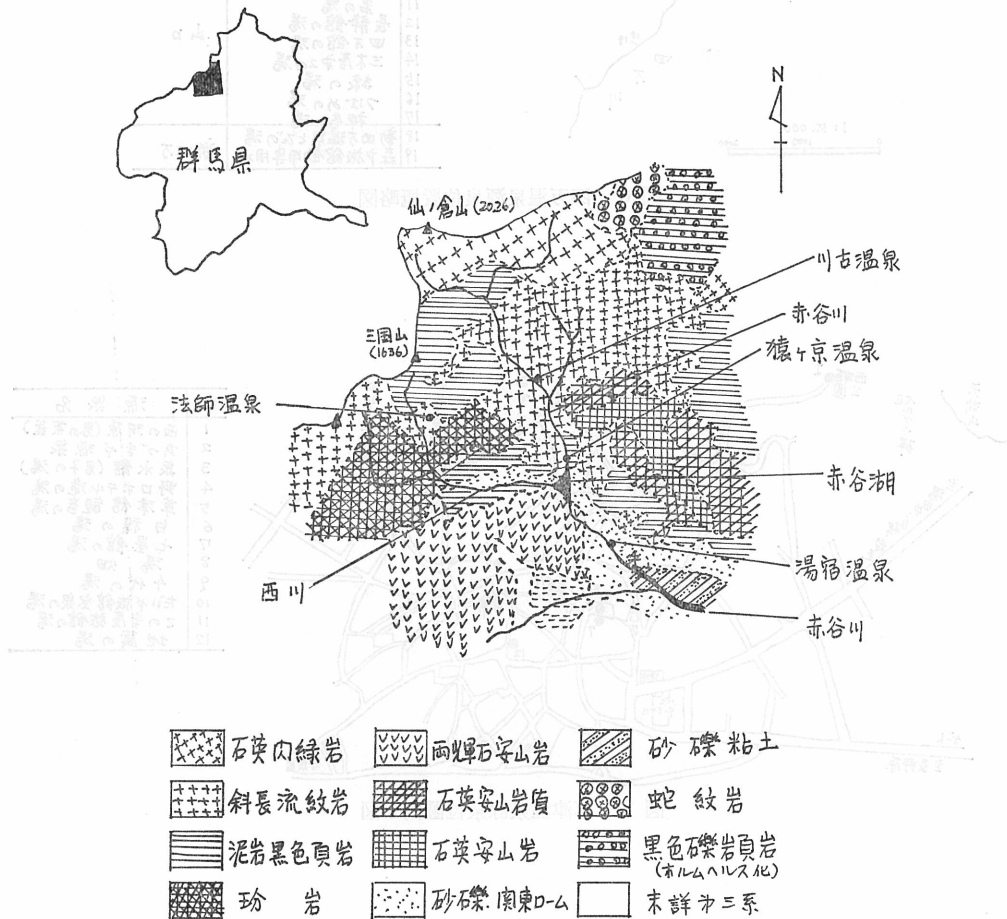


図 9. 猿ヶ京温泉附近の地質図

表 7. 猿ヶ京温泉の源泉別化学当量比

No.	源 泉 名	当 量 比	
		SO ₄ ²⁻ /Cl ⁻	Ca ²⁺ /Na ⁺
1	共 同 泉	3.9	2.2
2	湯 島 泉	4.3	2.2
3	県 有 泉	2.2	1.4
4	村 営 1 号 井	1.3	0.9
5	湖 城 閣 泉	1.1	0.7
6	三 国 の 湯	0.9	1.4
7	安 部 1 号 泉	0.9	0.9
8	安 部 2 号 泉	0.8	0.7
9	村 営 2 号 井	3.9	2.1

謝 辞

現地調査にあたり、多大な御協力をいただいた群馬県業務課、中之条保健所、沼田保健所の担当職員に、又、猿ヶ京温泉についての資料を提出していただいた利根郡新治村役場河合進氏に心から感謝するとともに、御校閲いただいた群馬県衛生研究所長福島一郎博士に深謝いたします。

文 献

- 1) Sugawara, K. and S. Kanamori, Report of 15th Annual Meeting of Chemical Society of Japan (1962).
- 2) 野口喜三雄, 一國雅巳, 荒木 匡, 西井戸敏夫, 野口 眺, 中川良三; 温泉科学, **17**, 1 (1966).
- 3) 野口喜三雄, 伊沢雅夫; 日本化学雑誌, **88**, 2 (1967).
- 4) 野口喜三雄, 中川良三; 温泉科学, **20**, 1 (1969).
- 5) 綿拔邦彦, 高野穆一郎; 温泉工学会誌, **8**, 1 (1971).
- 6) 野口喜三雄, 相川嘉正, 今橋正征, 国友香子, 米田礼子, 荒木 匡; 温泉科学, **24**, 4 (1974).
- 7) Kunihiko Watanuki; Scientific Papers of the College of General Education, University of Tokyo, **13**, 2 (1963).
- 8) 新井房夫; “群馬県の地質と地下資源” 内外地図株式会社 (1964).
- 9) 湯原浩三, 瀬野錦蔵; “温泉学”, 地人書館 (1969).