

山形県村山・置賜盆地の温泉に関する化学的研究

山形大学教育学部化学教室 加藤 武雄

(昭和 38 年 11 月 22 日受理)

Chemical Investigation of Hot-springs in Murayama and Okitama Basins, Yamagata Prefecture

Takeo KATŌ

(Chemical Laboratory, Faculty of Education, Yamagata University)

In Murayama and Okitama Basins, occupying southern half of Yamagata Prefecture, several hot-springs are distributed. Nineteen samples were collected and analyzed. The chemical features of the hot-spring waters are summarized in the following table :

Type of hot-spring	Spa
SO ₄ ²⁻ type	Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ Higashine, Tendō, Saginomori (Nos. 1 and 2), Narisawa.
	HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ Nakayama.
Cl ⁻ type	SO ₄ ²⁻ > HCO ₃ ⁻ Kaminoyama (Nos. 1, 2, 3, 4, 6, 8 and 9), Akayu.
	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ Onogawa.
HCO ₃ ⁻ type	Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ Sagaé, Kaminoyama (No. 7).
	SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ Ryūōbashi, Kaminoyama (No. 5).

As for the cation constituents, the relation (Na⁺ > Ca²⁺ > K⁺) is found to exist in almost all hot-springs with exceptions of Kaminoyama (No. 1, 4) and Nakayama.

1. 緒 言

山形県の内陸平野部すなわち^{おきたま}村山・置賜盆地には東根, 天童, ^{かみのやま}上山, 赤湯, 小野川などの知名の温泉が湧出する。これらについては山形県衛生部により化学分析がなされたが未だ詳細は公刊されず総括的な解説¹⁾が刊行されたにすぎない。しかし個別的には, 小野川温泉については杉山ら²⁾による医学的な研究および筆者ら³⁾による放射化学的な研究が報告され, また寒河江温泉については東海林・桜井⁴⁾による化学的な研究が公表されている。その他温泉水中の希アルカリ元素については山県⁵⁾が赤湯, 上山両温泉について研究を行い, 上山温泉群と地下水との水質については筆者⁶⁾が検討を行った。しかしこの地域全体にわたつたまとまつた報告はまだ公表されていない。このような事情から, 筆者は 1959 年対象地域の 17 源泉について現地調査ならびに化学分析を実施した。ここでは 1953 年調査した他の 2 源泉も加えて全体的に泉質の比較検討を行いたいと思う。

2. 湧出状況

各温泉の湧出状況を山形県¹⁾ および筆者の現地調査にもとづいて略記する。

2・1 東根温泉：村山盆地の北東隅に当る泉川扇状地上に湧出し、かつては多くの源泉より自噴していたが、現在は3源泉より動力揚湯を行っている。

2・2 天童温泉：沖積層で被われた平野部に湧出し、源泉数は16で、そのうちの有力な源泉5本から動力揚湯を行っている。源泉の深度は80~150mである。

2・3 寒河江温泉：最上川とその支流寒河江川とに挟まれた地域の洪積層中から湧出し、深度100~250mの源泉が9井あり、そのうちの2井が自噴し、残り7井は動力揚湯を行っている。1951年開湯。

2・4 鷲の森鉱泉：山形市の市街地北東部に位置し、石英粗面岩から成る小丘鷲の森の南側と西側とに自然湧出する。

2・5 成沢温泉：須川（最上川支流）による第四紀河成堆積層と竜山火山の新第三系上の崖錐および火山岩屑層の合する所に湧出する。1952年に掘さくされ、深度は320mである。源泉は一つで動力揚湯を行っている。

2・6 竜王橋温泉：上山市金瓶^{かながめ}の竜王橋脇に自然湧出する温泉で深度250mの第三系と考えられる流紋岩質の凝灰岩層より出湯する⁷⁾。1958年掘さく。

2・7 上山温泉群：上山温泉とその近隣の河崎、高松、葉山の温泉を総称して述べる。この地域の地質は、花崗岩が基盤でその浸蝕面を第三系が広く被つて堆積する。この第三系中に石英粗面岩が岩脈として貫入するか岩層として挟まれている。上山市を中心にして国道に沿うて断層破碎帯が発達する。この地域に深度180~270mの源泉が9本掘さくされ、うち1源泉を除きいずれも動力揚湯を行う。

2・8 中山鉱泉：上山市南端の高岡山中腹にボーリングしたもので深度430m、現在湧出口を23m掘り下げたので自然湧出している。

2・9 赤湯温泉：吉野川扇状地と泥炭層の発達する低湿地帯との境界附近にあり、温泉は第三紀の角礫質凝灰岩の亀裂を通じて湧出する。現在源泉は一つである。温泉水位の低下を防ぐため、源泉より西154mの位置にある旧源泉に地表水を5m³/hr.の割合で注入し、現源泉からは30m³/hr.だけ動力揚湯している。

2・10 小野川温泉：大樽川の河谷が東西に走る断層破碎帯と交る所に湧出する。この地域は石英粗面岩に貫かれた第三紀の頁岩層から成り、第三系中の多くの割目や断層面を通つて温泉が上昇し、これが大樽川の谷底に堆積した砂礫層中に透過して自然湧出するものと考えられている。源泉数は19である。

3. 温泉分析の結果および考察

温泉水の採取および化学分析の要領は前報⁸⁾ とほぼ同じである。得られた結果は表1に示されるとおりで、温泉の分布図は図1としてかかげてある。

はじめにこの地域の鉱泉を地理的に3群に分けて説明する。すなわち、東根、天童、寒河江、鷲の森、成沢の1群、竜王橋、上山、中山の1群および赤湯、小野川の1群に分けてそれぞれを村山、上山、置賜温泉群と称することにする。考察する上の便宜から Cl⁻、HCO₃⁻、SO₄²⁻ の3成分について当量百分率を三角座標に表しておく(図2)。なお、以下の記述にお

表1 村山・置賜盆地

温泉名	採水月日	気温 °C	温泉温 °C	pH	全蒸発 残留物 mg/l	K ⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l
1 東根温泉	VI. 7	22.3	61.5	8.1	880	41.3	173	4.0	42.3
2 天童温泉	"	22.0	53.6	7.7	1932	24.1	278	0.4	223.2
3 寒河江温泉	VIII. 2	30.3	42.2	7.1	378	13.8	96.2	0.02	11.0
4 鷲の森鉱泉 No. 1	*VI. 6	21.0	15.5	6.8	466	10.7	55.0	0	27.5
5 " No. 2	*X. 30	21.0	15.0	6.6	1511	23.7	156	0	122.4
6 成沢温泉	VIII. 29	32.6	42.7	7.8	2670	19.4	805	0.06	55.0
7 竜王橋温泉	IX. 9	26.5	39.2	7.8	—	5.95	11.1	0.2	5.8
8 上山温泉 No. 1	VII. 16	23.7	59.8	7.5	2427	16.6	356	0.2	366.7
9 " No. 2	"	24.7	64.8	7.7	2693	22.3	474	0.02	315.3
10 " No. 3	"	24.5	68.3	7.7	2650	22.0	415	0.04	384.8
11 " No. 4	"	26.0	62.1	7.7	2772	22.6	413	0.06	383.4
12 " No. 5	"	26.5	32.7	8.7	244	4.2	18.1	0.1	10.3
13 " No. 6	"	24.9	65.2	8.0	2611	21.6	482	0.2	302.5
14 " No. 7	"	25.9	34.2	8.1	301	5.2	31.4	0.4	19.2
15 " No. 8	"	28.3	42.7	7.7	2682	12.8	605	0.4	333.5
16 " No. 9	"	28.4	61.5	8.1	2571	17.6	418	0.02	307.8
17 中山鉱泉	"	26.0	16.5	7.8	238	5.4	19.7	0	20.5
18 赤湯温泉	VIII. 3	30.2	66.2	7.7	3062	6.0	795	0.02	273.1
19 小野川温泉	VII. 21	26.8	51.2	7.0	5732	122.7	1159	0.2	423.8

(注) * 印のみ 1953 年調査

いて含有量の比較はすべて当量濃度を用いて行うが、一々ことわらないことにする。

3.1 村山温泉群：寒河江以外の温泉はすべて SO_4^{2-} 型で、主要アニオンの含有量を比較すると $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ の順になる。寒河江だけは HCO_3^- 型で、 $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ の傾向を示し他の者とは順序が逆になっている。カチオンの場合はいずれも $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$ の順である。表 2 からわかるように、寒河江は NaHCO_3 、その他はすべて Na_2SO_4 を主成分とする温泉であることが明らかである。とくに寒河江では $\text{Na}^+ \doteq \text{HCO}_3^-$ ；鷲の森 2 号泉、成沢では $\text{Na}^+ \doteq \text{SO}_4^{2-}$ が成立する。また天童、鷲の森 1 号泉では、 $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} \doteq \text{SO}_4^{2-}$ 、東根では $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} \doteq \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ が成り立つ。さらに三角座標を参照して全体的に考察すると、この地区では寒河江だけが異質で、他はたがいに類似した泉質を有することがわかる。しかし東根はむしろつぎに述べる上山温泉 A 群に泉質に近い。いま泉質を厚生省⁹⁾にしたがつて分類するとつぎのようになる。

表 2 村山温泉群

温泉名	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ (meq./l)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1. 東根	7.49	1.06	2.12	4.13	5.55	1.69
2. 天童	12.08	0.62	11.14	3.94	21.11	0.43
3. 寒河江	4.18	0.35	0.55	1.59	0.084	4.21
4. 鷲の森 No. 1	2.39	0.27	1.37	1.41	3.43	0.48
5. " No. 2	11.14	0.61	6.11	5.23	12.96	3.07
6. 成沢	35.00	0.20	2.69	4.26	33.66	0.81

の温泉分析表 (1959)

Mg ²⁺ mg/l	Fe ²⁺ mg/l	Mn ²⁺ mg/l	Al ³⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	HBO ₂ mg/l	H ₂ SiO ₃ mg/l	H ₂ S mg/l	備 考
5.0	0.27	0.25	0.36	146.2	267	103.2	0	48.2	77.2	5.3	2号源泉 まつの 湯
6.9	0.16	0	0.36	139.8	1014	26.4	0	8.99	72.6	4.7	
9.2	2.7	0	0.62	56.5	4.1	256.5	10.0	15.9	15.6	2.6	
7.8	1.1	1.7	4.9	50.1	165	29.4	0	—	16.6	0	
32.2	1.1	0.74	6.2	185.5	622.4	187.5	0	—	28.2	12.6	
8.0	4.9	0	0.45	149.5	1620	49.3	0	23.7	39.0	3.0	
18.4	1.3	0	0	11.4	46.1	80.0	0.03	—	43.7	—	
10.4	0.67	0.41	3.96	670.4	777.3	32.0	0	13.5	33.8	3.0	
2.7	0.49	0.14	4.10	732.8	792.3	27.1	0.02	9.72	19.0	4.9	
0.7	0.89	0.33	4.58	705.0	813.0	27.0	0.08	8.69	52.0	6.8	
5.5	1.4	0	4.7	784.3	769.4	34.0	0.02	13.2	46.8	7.1	
2.7	0.43	0	4.58	10.7	39.5	77.2	0	5.3	54.6	2.3	
10.2	1.2	0.08	3.1	838.7	680.6	20.9	0.08	10.5	28.6	5.6	
2.3	0.48	0	4.45	36.3	42.0	75.8	trace	7.1	85.8	1.9	
4.0	1.1	0.24	6.1	856.5	932.8	26.2	0	14.8	33.8	3.0	
30.4	1.1	0	6.6	821.5	660.9	23.6	0.08	10.2	80.2	5.7	
12.1	1.3	0	0	14.5	73.2	67.8	0	7.5	23.4	1.3	二階堂源泉
4.3	3.3	0	1.0	1565	220	6.4	0.10	10.3	15.9	4.4	
14.6	1.1	0.30	1.1	2656	77.8	90.4	0.20	26.4	57.2	5.7	

{ 芒硝泉……………天童, 鷺の森2号, 成沢.
 { 単純硫化水素泉…東根, 寒河江.
 { 単純温泉……………鷺の森1号

3-2 上山温泉群：この温泉群は地理的分布ならびに泉質から見てさらに2群に分けられる。すなわち上山1, 2, 3, 4, 6, 8, 9号泉の1群と竜王橋, 上山5, 7号泉, 中山の1群とから成る。いまそれらを順にA群, B群と呼ぶことにする。中山鉱泉を除けば各群ともそれぞれNE—SW方向の直線上に配列するが, B群は東側, A群はその西側に並ぶ(図3)。はじめにこれら両温泉群の主要成分について当量濃度を計算し, さらにそれら成分の当量比をもとめておく, その結果は表3および表4に示されるとおりである。

3-2-1 A群：これに属する源泉はすべてCl⁻型の温泉で, しかも含有量はCl⁻>SO₄²⁻>HCO₃⁻の順になつている。また大部分の源泉についておもなカチオンの含有量間にはNa⁺>Ca²⁺>K⁺の傾向がみられる。ただ上山1号泉と4号泉の場合だけはCa²⁺>Na⁺>K⁺の順である。すべての源泉を通じてNa⁺+Ca²⁺≒Cl⁻+SO₄²⁻が成り立ち, さらに大半のものにNa⁺≒Cl⁻, Ca²⁺≒SO₄²⁻の関係が見られる。このようにしてA群はNaClやCaSO₄を主成分とする温泉から成ることがわかる。泉質は弱食塩泉に属する。泉温は8号泉だけが42.7°Cで低いが他は60°C台である。全蒸発残留物は2427~2772 mg/lで村山温泉群と置賜温泉群との中間にある。主要化学成分の濃度は各源泉ともたがいに類似し, したがってCl⁻—HCO₃⁻—SO₄²⁻の三角座標(図2)上では1領域にまとまる。

3-2-2 B群：いずれもA群とはちがつて泉温が低く26°C前後の鉱泉で, 全蒸発残留物も少なく500 mg/l以下である。中山だけがSO₄²⁻型で, 竜王橋, 上山5号泉ならびに7号泉

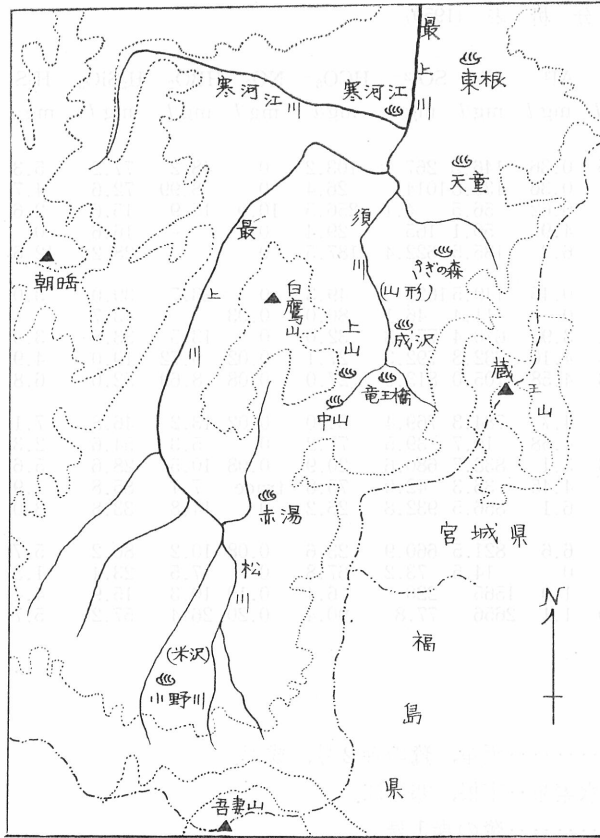


図1 村山・置賜盆地の温泉分布図

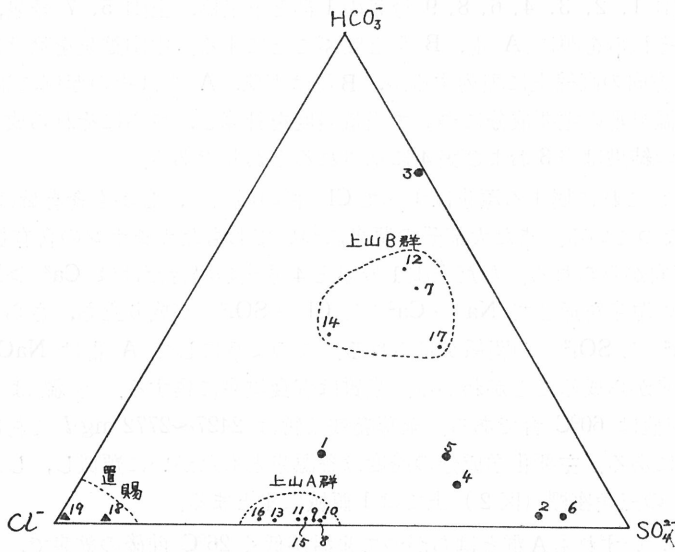


図2 Cl⁻-HCO₃⁻-SO₄²⁻ の三角座標

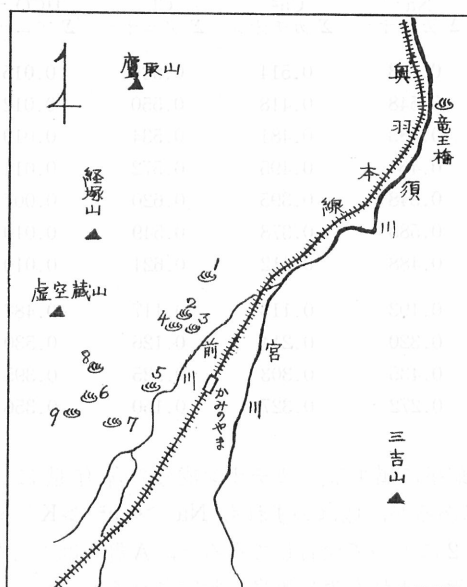


図3 上山温泉群分布図

表3 上山温泉群 —主要成分の当量濃度—

温泉名	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ (meq./l)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
8. 上山 No. 1	15.42	0.43	18.29	18.91	16.18	0.52
9. " No. 2						
10. " No. 3						
11. " No. 4						
13. " No. 6						
15. " No. 8						
16. " No. 9	20.60	0.57	15.73	20.66	16.49	0.45
7. 竜王橋	17.99	0.56	17.92	19.88	16.92	0.44
12. 上山 No. 5	17.94	0.58	19.13	22.12	16.01	0.52
14. " No. 7	20.92	0.55	15.09	23.65	14.17	0.34
17. 中山	25.67	0.32	16.64	24.16	19.42	0.43
	18.20	0.45	15.35	23.16	13.76	0.39
	0.48	0.15	0.29	0.32	0.96	1.21
	0.79	0.15	0.51	0.30	0.82	1.26
	1.37	0.13	0.96	1.02	0.87	1.24
	0.85	0.14	1.02	0.41	1.54	1.11

表 4 上山温泉群 —主要成分の当量比—

温泉名	Na ⁺ /	Ca ²⁺ /	Cl ⁻ /	HCO ₃ ⁻ /	SO ₄ ²⁻ /
	Σ カチオン	Σ カチオン	Σ アニオン	Σ アニオン	Σ アニオン
8. 上山 No. 1	0.433	0.514	0.531	0.015	0.454
9. " No. 2	0.548	0.418	0.550	0.012	0.438
10. " No. 3	0.483	0.481	0.534	0.019	0.457
11. " No. 4	0.464	0.495	0.572	0.014	0.414
13. " No. 6	0.548	0.395	0.620	0.007	0.371
15. " No. 8	0.583	0.378	0.549	0.010	0.441
16. " No. 9	0.488	0.412	0.621	0.010	0.369
7. 竜王橋	0.193	0.118	0.117	0.487	0.386
12. 上山 No. 5	0.320	0.214	0.126	0.530	0.344
14. " No. 7	0.435	0.303	0.325	0.395	0.280
17. 中山	0.272	0.327	0.150	0.356	0.494

はいずれも HCO₃⁻ 型の鉱泉に属する。カチオン成分の含有量についても中山は例外的に Ca²⁺ > Na⁺ > K⁺ の関係にあるが、他はいずれも Na⁺ > Ca²⁺ > K⁺ の順で A 群の一般的傾向に類似している。さらに図 2 によつて検討してみると、A 群とはことなる領域に 1 群としてまとまることわかる。泉質はいずれも単純温泉と判定される。

3・3 置賜温泉群：村山および上山温泉群に比べ、全蒸発残留物の多いことが特徴の一つである。すなわち赤湯は 3062 mg/l、小野川は 5732 mg/l である。表 5、図 2 に見られるとおり両温泉ともに Cl⁻ 型の温泉で、Cl⁻ の全アニオンに対する比率は 90 % を超過する。一方カチオンについては両者に共通して Na⁺ > Ca²⁺ > K⁺ の関係が成り立ち、さらに Na⁺、Ca²⁺ の全カチオンに対する割合がそれぞれ約 70 %、28 % を占める。赤湯では Na⁺ + Ca²⁺ ≒ Cl⁻ + SO₄²⁻、小野川では Na⁺ + Ca²⁺ ≒ Cl⁻ が成立する。この群の温泉の主成分は NaCl であることが明らかであり、泉質は赤湯が弱食塩泉、小野川が含塩化土類弱食塩泉と判定される。

表 5 置賜温泉群

温泉名	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ (meq./l)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
赤湯	34.46	0.15	13.63	44.14	4.58	0.10
小野川	50.32	3.14	21.14	74.90	0.26	0.94

4. 結 言

山形県村山・置賜盆地に分布する温泉を化学的に分類するとつぎのようにまとめられる。

- SO₄²⁻ 型 { Cl⁻ > HCO₃⁻ : 東根, 天童, 鷺の森 (No. 1, 2), 成沢.
 { HCO₃⁻ > Cl⁻ : 中山.
- Cl⁻ 型 { SO₄²⁻ > HCO₃⁻ : 上山 (No. 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9), 赤湯.
 { HCO₃⁻ > SO₄²⁻ : 小野川.
- HCO₃⁻ 型 { Cl⁻ > SO₄²⁻ : 寒河江, 上山 (No. 7).
 { SO₄²⁻ > Cl⁻ : 竜王橋, 上山 (No. 5),

温泉の全蒸発残留物は村山、上山、置賜地区の順に大きくなる。すなわち南方のものほど大きい傾向にある。Cl⁻の全アニオンに対する当量比も一般にこのような傾向を示す。SO₄²⁻の場合にはこれとはほぼ逆の関係が見られる。

カチオンの含有量については少数の例外（上山 No. 1, 4; 中山）を除けば Na⁺>Ca₂⁺>K⁺の順序がみとめられる。

この研究は宮川・須川水系の地下水調査（国土調査）の一部をなすもので、経済企画庁および山形県当局に負う所が多い、また当教室の嵐田惇君が実験に協力した。以上に対し厚く謝意を表する次第である。

文 献

- 1) 山形県衛生部：山形県の温泉（総論編）改訂版 山形県，（1962）。
- 2) 杉山ら：小野川温泉の調査成績報告。温泉療養に関する医学的調査報告 No. 6（1958），山形県。
- 3) 寺崎，山辺，阿部，加藤：小野川温泉（山形県）における RaB, RaC, ThB, ThC の検出について I. 山形大学紀要（自然科学）**3**, 105~111（1954）。
- 4) 東海林，桜井：山形県寒河江温泉の化学的研究。山形県衛生研究所報（理化学科業績），pp. 17~21（1961）。
- 5) 山県：稀アルカリ元素の地球化学的研究（第3報）温泉の稀アルカリ含量（その1）蔵王山周辺。日化，**72** 154~157（1951）。
- 6) 加藤：須川水系地下水の地球化学的性格。宮川・須川水系地下水調査報告書（第2部）pp. 18~37 経済企画庁・山形県，（1960）。
- 7) 藤本：上山市竜王橋畔試錐による地質柱状図とその解釈。同報告書（第1部）pp. 10~11（1960）。
- 8) 加藤：出羽丘陵地帯の鉱泉に関する化学的研究。温泉科学 **15**, 1~7（1964）。
- 9) 厚生省：衛生検査指針 VI（鉱泉分析法指針）協同医書出版，東京，（1957）。