

昭和 39 年 6 月

原 著

## 出羽丘陵地帯の鉱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 9 月 26 日受理)

## Chemical Studies of the Mineral Springs in the Dewa Hills District

Takeo KATŌ

(Chemical Laboratory, Faculty of Education, Yamagata University)

The Chōkai and Gassan volcanoes are located in the Dewa Hills district. In this district several faults run parallel with each other from the north to the south and along these faults thermal water rises. During 1955 and 1957 about thirty samples of thermal waters were analyzed. It was found that 17 mineral springs belong to a sulfur or hydrogen sulfide spring type and 8 springs are of a salt spring type. On the other hand, the other springs of these volcanic regions are characterized by a high content of carbon dioxide.

## 1. 緒 言

ここに出羽丘陵地帯というのは鳥海・月山両火山にまたがる山地帯を指し、狭い意味に解釈することにする。この地域に分布する鉱泉のすべてが自然湧出の状態にあり、しかも大半が冷鉱泉である。これらのうち羽根沢、野口、最上（新庄）の3温泉は特殊なもので、いずれも石油試掘に際して湧出したものである。

出羽丘陵を構成している地質を概観すると、最下部に花崗岩その上に<sup>のぞき</sup>及位層、金山凝灰岩層、草薙層、北俣層が順に堆積しており、さらに上を鳥海・月山両火山の噴出物が被うている。この地域にはいわゆる鳥海断層など多くの南北走向の断層が見られ、この構造線にはほぼ並行して多くの鉱泉が分布する。

この地方の温泉については山形県衛生部<sup>リ</sup>により調査されたが、化学分析が主で温泉相互間の関係や全体的な検討はまだ行なわれていない。筆者はこれらを知るために、従来未調査の鉱泉をもふくめて28源泉について1955年から1957年にかけて現地調査および化学分析を行

なつた。ここでは得られた分析結果を報告し、化学成分について考察を行なうことにする。

## 2. 分析の方法

温泉水の採取および化学分析は多くは厚生省の温泉分析法指針<sup>2)</sup>にしたがつた。すなわち、pH は比色法、硫酸イオンは重量法、塩素イオンは MOHR 法、臭素イオンは O. R. SWEENEY—J. R. WITHROW の方法、ヨウ素イオンは WINKLER の方法、ホウ素は多価アルコール法、ケイ酸は重量法、硫化水素は KURTENACKER<sup>3)</sup> のヨウ素滴定法、二酸化炭素は炭酸ナトリウムによる滴定法によつた。OH<sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> および HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> の含有量も前記指針にもとづいて分析算出した。また、カルシウムイオンはシウ酸アンモニウムを用いた過マンガン酸カリウム滴定法、マグネシウムイオンは R. BERG の方法、鉄分はチオシアン酸アンモニウムによる比色法、アルミニウムイオンは重量法、マンガンイオンは過ヨウ素酸カリウム使用の比色法を採用した。ナトリウム・カリウム両イオンについては、陽イオン交換樹脂アンバーライト IR-120 によりアルカリ属を分属して NaCl+KCl の和をもとめ、後カリウムイオンを過塩素酸法により定量しその差からナトリウムイオンをもとめた。ただし、1957 年調査の分はカリウム・ナトリウ

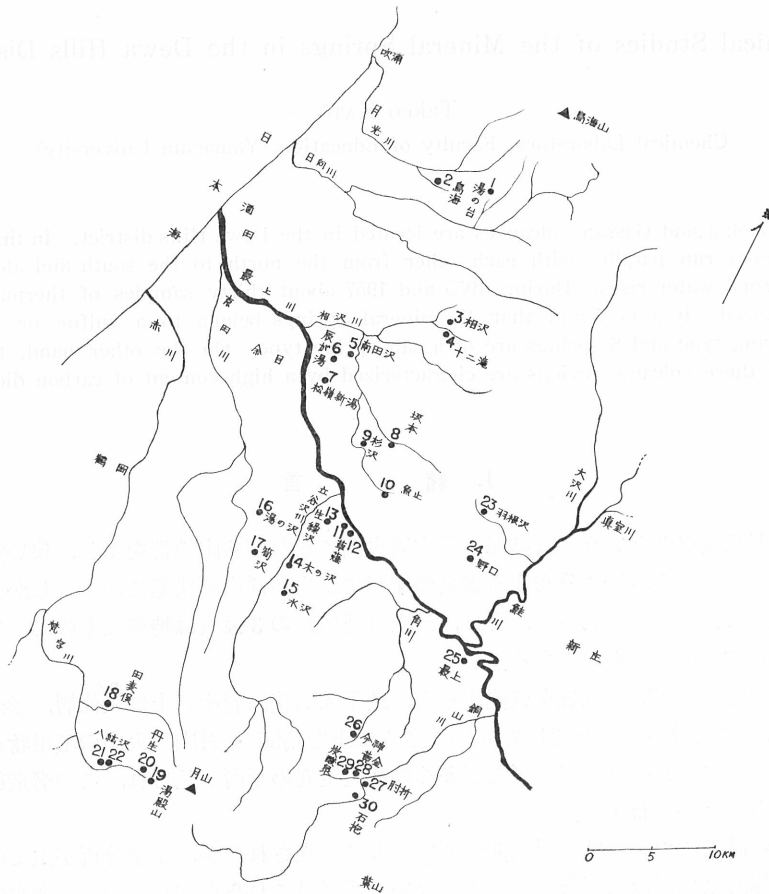


図 1 出羽丘陵地帯の鉱泉分布図

表1 出羽丘陵地帯の鉱泉分析表

	鉱泉名	採水月日	気温 (°C)	泉温 (°C)	pH	全蒸発 残留物 mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	Fe <sup>2+</sup> mg/l	Mn <sup>2+</sup> mg/l	Al <sup>3+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	Br <sup>-</sup> mg/l	I <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> mg/l	OH <sup>-</sup> mg/l	HBO <sub>2</sub> mg/l	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> mg/l	H <sub>2</sub> S mg/l	CO <sub>2</sub> mg/l	MO アルカリ 度 meq/l	PP アルカリ 度 meq/l
鳥海山地区  相沢川・立谷沢川地区	1 湯の台鉱泉	1955. 8. 20	22.1	24.4	6.2	1064	2.5	148.1	105.6	9.6	4.5	trace	95.5	101.0	—	—	1.6	1230.8	0	0	26.8	156	1.7	430.3	16.0	0
	2 鳥海鉱泉	1952. 3. 27	—	7.0	6.6	—	1.6	13.6	16.9	13.1	12.5	—	—	18.4	—	—	2.5	157.1	0	0	—	32.1	—	193.4	—	—
	3 十二滝相沢鉱泉	1955. 8. 22	20.4	13.0	9.5	364	1.0	209.6	0.8	0.6	0.14	0	0.42	32.3	—	—	36.0	68.4	144.1	29.1	17.6	75.4	—	0	3.52	1.01
	4 十二滝鉱泉	" 8. 21	22.7	18.3	9.4	388	1.5	134.4	3.0	0.6	0.11	0	0.66	51.9	—	—	7.0	159.2	50.6	5.4	14.2	68.9	12.6	0	3.45	1.06
	5 南田沢鉱泉	" 8. 24	20.6	12.8	8.4	247	0.2	23.9	1.9	0.3	0.13	trace	0.11	14.4	—	—	30.0	9.98	0	0	10.0	35.1	13.0	0	2.32	0.07
	6 辰が湯	" 8. 24	26.2	13.7	6.8	879	11.5	283.6	15.2	3.3	0.11	trace	0.13	395.2	—	—	8.2	144.2	0	0	21.0	33.8	3.1	37.9	2.23	0
	7 松嶺新湯	" 5. 22	18.7	10.7	8.1	938	9.5	576.7	7.8	5.9	0.26	0.069	19.6	352.2	—	—	9.0	63.4	373.2	71.3	16.3	78.5	14.0	0	7.26	0.64
	8 坂本鉱泉	" 8. 23	22.8	23.8	9.2	318	2.5	147.6	4.6	1.5	0.42	0	0.43	72.1	—	—	14.0	2.2	92.9	24.6	15.2	39.0	23.2	0	1.58	0.30
	9 杉沢鉱泉	" 8. 23	25.3	15.0	8.4	518	1.7	81.4	16.5	8.4	0.47	0	2.8	81.0	—	—	147	10.4	0	0	12.0	35.1	15.6	0	2.65	0.14
	10 魚止鉱泉	" 9. 1	23.0	12.7	7.9	233	0.79	12.7	18.6	31.9	0.55	0	2.2	16.9	—	—	63.4	83.2	28.8	3.8	17.8	28.6	2.9	0	1.84	0.06
	11 草薙温泉1号	" 5. 20	19.8	18.5	7.9	687	1.2	236.2	31.0	4.0	0.20	0.054	46.6	379.1	—	—	1.2	408.8	0	0	11.4	33.8	18.7	2.9	2.48	0
	12 " 2号	" 9. 16	21.5	18.3	7.8	745	1.6	222.6	48.2	7.7	5.9	0.047	4.5	336.1	—	—	11.1	223.5	0	0	25.6	23.4	16.2	2.8	2.81	0
	13 生蹠沢鉱泉	" 9. 16	16.8	12.8	9.3	279	0.87	22.3	5.4	0.30	0.14	trace	0.53	12.6	—	—	21.0	34.6	0	0	14.0	19.5	11.3	0	4.78	1.13
	14 木の沢鉱泉	" 9. 17	21.2	10.1	6.2	202	1.0	12.1	5.0	0.40	1.2	0.074	4.1	16.3	—	—	35.8	9.5	0	0	8.0	55.9	—	14.3	0.51	0
	15 水沢鉱泉	" 9. 17	20.7	11.1	7.1	304	1.1	10.3	44.1	28.4	0.53	0.023	0.66	18.1	—	—	123.6	128.0	0	0	14.4	10.4	—	4.9	1.48	0
	16 湯の沢鉱泉	" 8. 31	22.6	18.0	6.4	1925	42.2	797.8	22.2	51.0	1.4	0.43	3.7	925.5	—	—	9.8	930.2	0	0	28.4	113.6	16.4	46.8	1.85	0
	17 筍沢鉱泉	" 6. 24	21.0	12.0	7.0	205	2.7	28.0	1.1	0.73	0.095	0.007	0.46	18.4	—	—	3.5	53.0	0	0	5.4	88.9	0.03	4.1	1.68	0
18 田麦俣鉱泉	1950. 10. 11	25.5	26.6	6.6	22210	642.7	4077	3537	128.4	21.7	5.2	3.0	12840	17.3	1.8	311.1	821.7	0	0	162.9	151.4	0.48	147.8	—	—	
19 湯殿山出湯の神	1955. 10. 21	9.3	50.5	5.9	14950	1947.6	1725.5	1678.2	122.0	40.4	130.5	58.3	7776.1	5.5	4.9	426.8	197.1	0	0	254.5	122.6	2.6	1495.5	3.23	0	
20 丹生鉱泉	" 10. 22	5.8	18.8	4.2	2226	296.6	250.5	263.8	32.4	24.9	75.8	16.0	776.3	3.7	2.6	369.2	630.6	0	0	86.7	18.2	0.02	946.7	0	0	
21 八紘沢鉱泉1号	" 10. 21	10.1	15.1	5.9	14306	2722.4	1216.9	1394.5	51.4	19.6	11.1	4.8	6775.1	5.5	5.5	182.9	189.0	0	0	87.8	65.0	0.48	660.2	8.03	0	
22 " 2号	" 10. 21	9.5	16.4	6.1	26466	5217.2	2760.8	2787.3	144.9	30.4	20.0	17.3	13152.5	9.2	6.1	339.5	1849.3	0	0	123.9	119.6	—	346.6	16.6	0	
23 羽根沢温泉	1957. 9. 4	16.6	48.0	8.2	2955	91	1200	1.2	1.6	0.47	0	0	762	—	—	4.5	413	768	27.2	16.7	35.1	21.2	—	28.2	13.4	
24 野口温泉	" 9. 3	22.6	42.8	7.7	5850	174	3100	6.4	2.1	0.83	0	0	1777	—	—	0.0	3320	978	3.6	77.8	208	21.4	—	42.1	16.6	
25 最上温泉	1955. 9. 16	22.4	39.8	8.0	8609	5.1	3640.5	17.4	3.0	0.45	trace	0.40	3385.5	—	—	0.9	3375.9	753.1	0	232.0	59.8	3.4	—	70.1	12.6	
26 今神温泉	" 9. 15	20.6	35.0	6.4	2057	22.2	522.1	50.4	11.6	0.37	0.75	3.4	373.3	—	—	414.5	500.2	0	0	30.0	119.6	—	425.3	16.7	0	
27 肘折温泉	" 8. 30	30.1	52.2	7.8	2754	39.6	656.9	78.8	126.5	0.33	0.31	0.28	907.0	—	—	201.0	800.8	34.5	0.83	79.9	49.4	7.3	—	13.7	2.34	
28 黄金温泉	" 8. 30	23.9	54.0	6.5	2728	67.7	1036.5	37.9	198.2	0.23	0.76	9.9	1128.0	—	—	158.0	1900.1	0	0	96.3	175.5	3.4	120.6	2.34	0	
29 肘折炭酸泉	" 8. 30	24.0	6.8	4.7	105	1.1	11.3	3.5	27.8	0.14	0	2.5	8.4	—	—	11.0	157.3	0	0	9.3	42.9	—	970.4	16.9	0	
30 石抱温泉	" 8. 31	22.2	40.9	6.4	2153	5.9	180.4	58.3	153.0	2.0	0.10	6.4	314.0	—	—	117.0	795.8	0	0	28.5	91.0	3.4	1180.5	16.0	0	

鳥海山地区

相沢川・立谷沢川地区

湯殿山地区

最上地区

肘折地区

マイオンは炎光法, カルシウムイオン・マグネシウムイオンは EDTA 法, アルミニウムイオンはアルミノンによる比色法を用いた.

### 3. 結果および考察

鉱泉分析の結果, 表 1 のような成績を得た. この中で鳥海および田麦俣の 2 鉱泉の分析値は山形県衛生部の資料<sup>9)</sup>を用いた. なお, 鉱泉分布図を図 1 にかかげておく. また,  $\text{Cl}^-$ - $\text{HCO}_3^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$  の 3 成分の当量百分率を三角座標に表わしてみると図 2 のようになる. いま対象にしている温泉群を鳥海山地区, 相沢川・立谷沢川地区, 湯殿山地区, 最上地区および肘折地区の 5 地域に分けて説明を試みる.

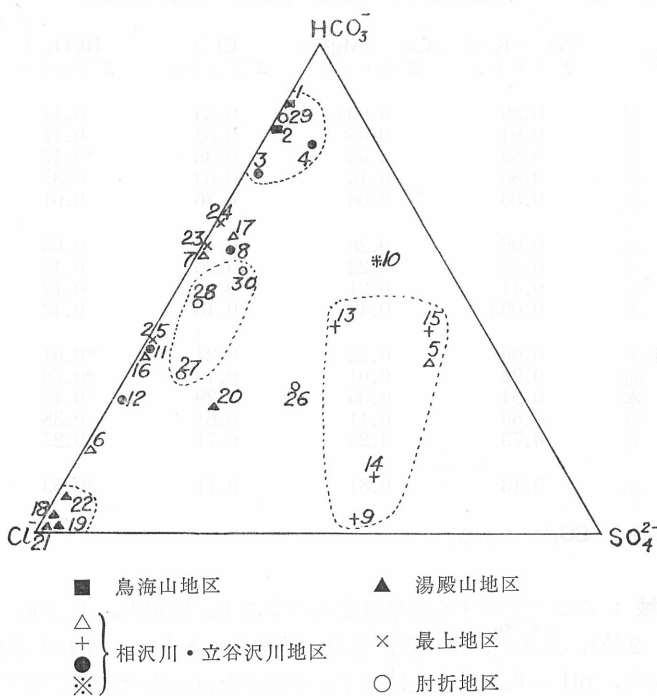


図 2  $\text{Cl}^-$ - $\text{HCO}_3^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$  の三角座標

**3.1 鳥海山地区:** この地区に湧出するものは湯の台, 鳥海の 2 鉱泉である. 両者について含有成分を当量濃度で比べると  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$  の順で, とともに  $\text{HCO}_3^-$  型の鉱泉に属する. pH がそれぞれ 6.2, 6.6 で湯殿山地区について低い. 表 2 に見られるように  $\text{HCO}_3^-/\Sigma$

表 2 主要化学成分の当量比 (鳥海山地区)

鉱泉名	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\Sigma$ カチオン	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/\Sigma$ カチオン	$\text{Cl}^-/\Sigma$ アニオン	$\text{HCO}_3^-/\Sigma$ アニオン	$\text{SO}_4^{2-}/\Sigma$ アニオン
1 湯の台鉱泉	0.28	0.25	0.12	0.87	0.002
2 鳥海鉱泉	0.20	0.61	0.17	0.82	0.02

アニオンの値が 0.8 以上で全鉱泉中最高の値を示し、 $(Na^{+}+K^{+})/\Sigma$  カチオンの値が 0.2 程度でもつとも低い。遊離炭酸の含有量も 100 mg/l 以上で多い。三角座標では肘折炭酸泉、十二滝鉱泉群とともに相接近した領域に位置を占める。これらから考えて鳥海山地区の鉱泉はともに同一成因のものと思われる。

**3.2 相沢川・立谷沢川地区**：ここは最上川を中間に挟んで南北に拡がる地域で相沢川流域と立谷沢川周辺地区との二つに分れる。しかし地質構造の上から鳥海断層を境にしてその東部地域と西部地域とに分けて考えた方が合理的だと思う。しばらくこの2地域に分けて記述を進める。なお、考察に便利ようにこの地区全体の鉱泉について、主要化学成分の含量比（当量比）を表3にまとめておく。

表3 主要化学成分の当量比（相沢川・立谷沢川地区）

鉱泉名		$(Na^{+}+K^{+})/\Sigma$ カチオン	$(Ca^{2+}+Mg^{2+})/\Sigma$ カチオン	Cl <sup>-</sup> / $\Sigma$ アニオン	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / $\Sigma$ アニオン	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / $\Sigma$ アニオン
5	南田沢 辰松嶺新 湯の湯	0.89	0.098	0.35	0.14	0.52
6		0.94	0.05	0.82	0.17	0.01
7		0.89	0.03	0.35	*0.47	0.01
16		0.86	0.13	0.63	0.37	0.005
17		0.88	0.08	0.36	0.61	0.05
9	杉生緑沢 木の沢	0.96	0.28	0.42	0.03	0.55
13		0.73	0.22	0.26	0.42	0.31
14		0.41	0.21	0.34	0.12	0.54
15		0.093	0.49	0.10	0.42	0.49
3	十二滝相沢 十坂二滝 坂本号 草薙1号 草薙2号	0.96	0.22	0.24	*0.64	0.02
4		0.98	0.01	0.10	*0.70	0.08
8		0.94	0.05	0.29	*0.45	0.04
11		0.59	0.11	0.61	0.38	0.001
12		0.73	0.23	0.71	0.27	0.02
10	魚止	0.13	0.81	0.11	*0.53	0.29

(注) \* は HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> である。

**3.2.1 東部地域**：ここに分布する鉱泉は北より順に十二滝相沢、十二滝、坂本、杉沢、魚止、草薙（1号、2号）、生緑沢、木の沢、水沢の諸鉱泉である。いずれも冷鉱泉で、木の沢鉱泉（単純炭酸鉱泉、pH = 6.2）を除けばイオウ泉または硫化水素泉で弱アルカリ性を呈する。また全蒸発残留物はいずれも 1000 mg/l 以下である。全体的にみると pH は南下するにつれて小さくなる。この地域の鉱泉をこまかく検討すると、地理的にも化学的にもさらに3群に分けられる。一つは杉沢、生緑沢、木の沢、水沢の鉱泉群でいずれも南北の一直線上に配置し、化学的には SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の全アニオンに対して占める当量比は 0.31~0.55 の範囲内にあり出羽丘陵地帯全体を通して最高である。もう一つは十二滝鉱泉群、坂本鉱泉、草薙温泉群の系統でこれも南北の別の直線上にならぶ。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の全アニオンに対する比率は前の群に比べるとはるかに小さくいずれも 0.1 以下である。さらにこの群の特徴は  $(Na^{+}+K^{+})/\Sigma$  カチオンの値が大きいことで 0.59~0.98 の範囲にある。魚止鉱泉だけは以上の2群に比べてもつとも東部に位置し、化学的にも異なつた特徴をもち、 $(Ca^{+2}+Mg^{2+})/\Sigma$  カチオンの比が 0.81 で大きく、出羽丘陵地帯全鉱泉の最高値を示す。これは別の1群として区別すべき性質のものである。以上の3群の鉱泉をアニオン成分の含有量から分類するとつぎのようになる。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 型 : 杉沢, 木の沢, 水沢

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 型  $\begin{cases} \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- : \text{生繰沢, 魚止} \\ \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} : \text{十二滝相沢, 十二滝, 坂本} \end{cases}$

Cl<sup>-</sup> 型 : 草薙 1号, 草薙 2号

**3.2.2 西部地域**・南田沢, 辰が湯, 松嶺新湯, 湯の沢, 筍沢<sup>たけのこざわ</sup>の諸鉱泉がほぼ一直線上に南北にならぶ。中性または弱アルカリ性のイオウ泉, 硫化水素泉である。マンガンや鉄分をほとんど含まず, (Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>) の全カチオンに対する当量比が 0.9 前後で大きく, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Σ<sup>-</sup> アニオンの値が南田沢を除けば極端に小さく 0.05 以下である。アニオンを基準にして鉱泉を分けるとこの地域の鉱泉はつぎのように分類される。

Cl<sup>-</sup> 型 : 辰が湯, 湯の沢

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 型 (Cl<sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) : 松嶺新湯, 筍沢

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 型 : 南田沢

**3.3 湯殿山地区** : この地区には田麦俣, 湯殿山<sup>にま</sup>, 丹生, 八紘沢 (1号, 2号) の諸鉱泉が湧出する。湯殿山だけが 50.5°C の温泉であるが, 他はいずれも冷鉱泉に属する。すべて Cl<sup>-</sup> 型の鉱泉で Cl<sup>-</sup> は全アニオンの 90% (丹生鉱泉だけ 55%) 以上を占める。表 4 からわかるように, 丹生鉱泉はこの群の他の鉱泉に比べて化学的には異なる泉質を有する。三角座標でもこの鉱泉を除けばいずれも相接近した領域に集まる。これを除いてこの群の特徴を挙げれば, 全蒸発残留物が出羽丘陵中最大で 14~27 g/l の弱酸性泉であり, pH が 6.0 前後を示す。さらに全体としては遊離炭酸の含有量が大きく鉄, マンガンが著量含まれることも特色である。

表 4 主要化学成分の当量比 (湯殿山地区)

鉱泉名	(Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> )/ Σカチオン	(Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> )/ Σカチオン	Cl/ Σアニオン	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / Σアニオン	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / Σアニオン
18 田 麦 俣	0.51	0.46	0.95	0.035	0.017
19 湯 殿 山	0.54	0.41	0.95	0.014	0.037
20 丹 生	0.46	0.40	0.55	0.26	0.19
21 八 紘 沢 I 号	0.62	0.37	0.97	0.016	0.019
22 八 紘 沢 2 号	0.62	0.37	0.91	0.074	0.017

**3.4 最上地区** : 羽根沢, 野口, 最上 (新庄) の 3 温泉があり, いずれも石油試掘の際湧出したもので天然ガスを伴う。pH はいずれも 8.0 前後で全蒸発残留物は湯殿山地区につき 2900~8600 mg/l の範囲にある。化学成分の含量比から検討すると羽根沢, 野口の両温泉は HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 型, 最上温泉は Cl<sup>-</sup> 型に属する。表 5 に見られるようにアニオンでは SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> がほとんど含まれず, カチオンでは (Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>) の全カチオンに対する当量比が 99% 以上を占めることが他の地区の鉱泉には見られない特徴である。表 5 には太秦<sup>ら</sup>にしたがって油田塩水, 海水の主要化学成分の含量比も附記したが, この地区の 3 温泉の化学組成は油田塩水にきわめて類似していることがわかる。成因も油田塩水と同様だと考えられる。

**3.5 肘折地区** : この地区の鉱泉としては今神, 肘折, 黄金, 石抱, 肘折炭酸泉などが挙げられるが肘折炭酸泉以外はすべて温泉である。遊離炭酸の量が多いのが特徴で, 全蒸発残留物は炭酸泉を除けば 2000 mg/l 程度で最上地区の温泉について大きい。表 6 からわかるように

表 5 主要化学成分の含量比 (最上地区)

含 量 比	油田塩水	海 水	羽根沢温泉 (23)	野口温泉 (24)	最上温泉 (25)
(当 量 比)					
(Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> )/Σカチオン	0.91~0.97	0.80	0.997	0.996	0.994
(Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> )/Σカチオン	0.03~0.09	0.20	0.0097	0.0035	0.0069
Cl <sup>-</sup> /Σアニオン	0.61~0.98	0.90	0.40	0.36	0.60
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /Σアニオン	0.02~0.39	0.004	0.12(0.55)*	0.39(0.62)*	0.24(0.40)*
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Σアニオン	<0.00	0.093	0.0017	0.00	0.0001
(重 量 比)					
K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup>	2~7×10 <sup>-3</sup>	3.6×10 <sup>-2</sup>	7.1×10 <sup>-2</sup>	5.6×10 <sup>-2</sup>	1.4×10 <sup>-3</sup>
Mg <sup>2+</sup> /Ca <sup>2+</sup>	0.3~6	3.2	1.6	0.33	0.17
HBO <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>	1.6~6×10 <sup>-2</sup>	1.6×10 <sup>-3</sup>	2.18×10 <sup>-2</sup>	4.38×10 <sup>-2</sup>	6.85×10 <sup>-2</sup>

(注) \* 印は (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) の当量和を示す。

表 6 主要化学成分の当量比 (肘折地区)

鉱 泉 名	(Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> )/ Σカチオン	(Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> )/ Σカチオン	Cl <sup>-</sup> /Σアニオン	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / Σアニオン	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / Σアニオン
26 今 神	0.86	0.13	0.39	0.30	0.31
27 肘 折	0.67	0.33	0.58	0.30	0.09
28 黄 金	0.71	0.27	0.48	0.47	0.05
29 肘折炭酸泉	0.16	0.75	0.14	0.85	0.01
30 石 抱	0.33	0.64	0.37	0.54	0.097

アニオン含有量から温泉を分類するとつぎのとおりである。

Cl<sup>-</sup> 型：今神，黄金，肘折

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 型：石抱，肘折炭酸泉

また Cl<sup>-</sup> 型では Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>>Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> であるのに対し、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 型では逆に Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>>Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> になる。全体を通じて HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の関係にあり今神温泉だけ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>≒SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> であるが、これは周辺の黄銅鉱の鉱床の影響によるものと考えられる。肘折炭酸泉の泉質は三角座標からわかるように鳥海山地区の温泉に類似する。

#### 4. 結 言

出羽丘陵地帯の鉱泉 30 について泉質を中心に考察を行ったが、地区ごとに分けて鉱泉の特長を要約すればつぎのとおりである。

- (1) 鳥海山地区：いずれも HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 型の冷鉱泉で遊離炭酸の含有量が多い。
- (2) 相沢川・立谷沢川地区：鉱泉は鳥海断層と平行な 4 本の直線上に配置する。冷鉱泉で HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 型がもつとも多い。全蒸発残留物が少なく 1000 mg/l 以下である。
- (3) 湯殿山地区：すべて Cl<sup>-</sup> 型で丹生鉱泉をのぞけば全蒸発残留物が 10 g/l 以上の弱酸性泉である。また著量の鉄、マンガンを含み遊離炭酸の多いのも特色である。湯殿山以外はすべて冷鉱泉である。

- (4) 最上地区：石油試掘により湧出した温泉で全蒸発残留物は湯殿山地区について多く化学組成は油田塩水に近い。
- (5) 肘折地区：多くは  $\text{Cl}^-$  型で  $\text{HCO}_3^-$  型のものもある。遊離炭酸が多く全蒸発残留物は  $2000 \text{ mg/l}$  程度で最上地区につぐ。肘折炭酸泉以外はいずれも温泉である。  
(昭和 33 年日本温泉科学会第 11 回大会において講演)
- この研究において米山百合子氏が実験に協力した。記して謝意を表する。

## 文 献

- 1) 山形県衛生部：山形県の温泉（各論編第 2 集）山形県（1954）
- 2) 厚生省：衛生検査指針VI（温泉分析法指針）協同医書出版，東京（1955）
- 3) Kurtenacker, A. : Analytische Chemie der Sauerstoffsäuren des Schwefels (Chemische Analyse, Bd. 38), Stuttgart (1938)
- 4) 太秦, 那須：油田塩水と温泉の化学成分の比較。日化, 81, 401~404 (1960)