

37 北海道の温泉成分の化学的研究 第2報

北海道の単純泉成分について、(その1) 特にアニオンの行動と循環水との比較

38 Studies on the chemical compositions of Mineral Springs in Hokkaido. Part II.

Studies on the Chemical compositions of Simple thermals in Hokkaido. No.1.

The tendency of Anions and The comparison with underground water.

北海道立衛生研究所 (所長 中村 豊)
技師 中谷 省三
技師 多賀 光彦

北海道の単純泉成分を統計的に観察した結果、千島、大雪火山帯と那須火山帯の単純泉とは、著しくその成分組成を異にし、千島、大雪火山帯では総て HCO_3 型であつて、又那須火山帯では全て $\text{SO}_4\text{-Cl}$ 型であり、 HCO_3 型は例外的に存在するのみであることがわかつた。単純泉を通常の地下水成分と比較すると、大雪火山帯の単純泉群はその成分組成が顕著に地下水又は冷鉱泉単純泉と相似しており、那須火山帯では対象的な面があり、単純泉起因の一端をうかがわしめた。

I 緒 言

北海道温泉の単純温泉地は温泉地数で全体の約20%で、総固型物 1g/kg 以下の硫黄泉地も加えると約45%が単純泉であつて温泉泉質中主要な位置を占めている。又冷鉱泉(水温 25°C 以下の鉱泉)であつて総固型物 1g/kg 以下のものも多い。

これ等の成分起因については不明な点が多いのであるが、成分および熱の起因は別として水の供給源として大なり小なり循環水が関与していることは否めないことであり、その循環水のもつ成分が温泉成分にプラスされていることになる。

循環水がいかに温泉に関与しているかについても個々の温泉地によつて大きな相異があつて不明な点が多いのであるが、統計的に温泉成分と循環水成分の差を考えると単純泉が成分の量質においてもつとも多量に循環水の供給を受けている場合が多いであろうことも否定出来ない。

火山性の温泉が湧出する場合次のような三つの機構が考えられる。即ち、

1) 循環水が熱源たる岩体と接触して、単に熱のみを与えられて、成分は循環水自体の成分とその岩体から浸出するいくらかの成分の和となつて来る。即ち成分は地質的要因による場合。

2) 1) の場合で熱と地質的要因以外に、一次的な火山発散物、例えば岩漿水又は火山ガスの供与を受けて湧出する場合。

3) 完全に一次的な火山発散物のみの場合。
の3つの場合がある。

ここで循環水とは地水、地表水、海水等の総てを指し、又地質的要因といへども火山活動の結果ではあるが、これは二次的な火山発散物として区別しその他の地質的要因と一括して考えることにする。

温泉が湧出して来る時に地表近くで必ず多小とも地下水との接触があるはずであるから 3) の場合は考えなくとも良いと思う。そして 1) および 2) の場合、各々が比較的地下深所で行われる場合と、地表又は地表近くで行われる場合とがある。

温泉の湧出機構起因を解明する困難さは、まずこの 1) の場合と 2) の場合をどの様にして区別するかと云う点であり、それだけ興味をもてるゆえんでもある。

我々は上述の理由から最も循環水の影響を多く受けていると考えられる単純泉を対象にして統計的にその成分組成を、他の循環水の成分組成と比較検討し、温泉に対する循環水の関与の状態を知る一つの手段とするためにまず本報において単純泉成分組成を明かにし、更に地下水との比較を行つた。

II 方 法

単純泉とは温泉法では総固形物 1g/kg 以下で Fe, H_2S の著量を含まず水温が 25°C 以上のものを指すのであるが、本報では総固形物 1g/kg 以下のすべての温泉を一括して単純泉とする。即ち、単純硫黄泉および単純酸性泉等を含むわけである。

北海道の単純温泉地は表1に示すごとく冷鉱泉地も含めて総計 41 で渡島半島部で少く、大雪火山帯で多い。温泉が道内4地区でそれぞれ特徴がある成分組成を持つことは

表1 地区別単純温泉地数

地区種類	支洞	笏爺	渡島半島	大島	雪山	千島	冷鉱泉	計
数	8		4	13		5	11	41

前報¹⁾に述べたが、本報では主としてこの4地区別に統計的な結果を報告するが、成分によつては千島および大雪火山帯と那須火山帯の3地区および冷鉱泉のグループに分けて考察をする。

III 結果および考察

1) pH および泉温

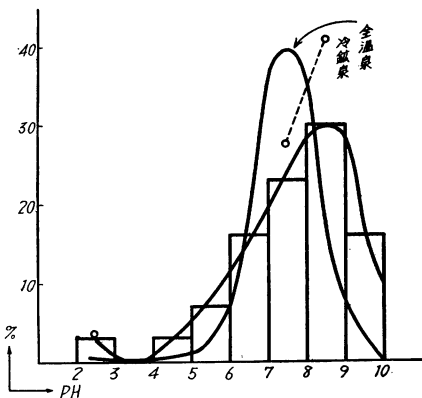
イ) pH

3 火山地区単純泉および冷鉱泉中の単純泉の pH 頻度を表2に示し全道の頻度百分率曲線を図1に示す。

表2 各地区単純泉 pH 頻度

pH	那須地区	千島地区	大雪地区	冷鉱泉	計
2~3	1	0	0	1	2
3~4	0	0	0	0	0
4~5	1	0	0	0	1
5~6	2	0	0	0	2
6~7	1	3	1	0	5
7~8	3	0	4	3	10
8~9	4	2	3	7	16
9~	0	0	5	0	5
計	12	5	13	11	41

図1 単純泉 pH 頻度



又比較のために同図中に他泉質も含めた全温泉の頻度曲線を附した。破線は冷鉱泉である。

那須火山帯には pH 6 以下の単純泉が4つあり、又千島、大雪地区にはなく大雪には pH 9 以上 (9.2) の温泉が5箇所もあつて全体として那須地区は千島、大雪地区に比べて酸側の温泉が多い。又冷鉱泉は塩狩の酸性 (pH 2.7) を除くと千島、大雪地区とはほぼ傾向を等しくしている。図1によると道内全温泉の頻度の pH ピークより単純泉のピークはアルカリ側に移動している。

ロ) 泉 温

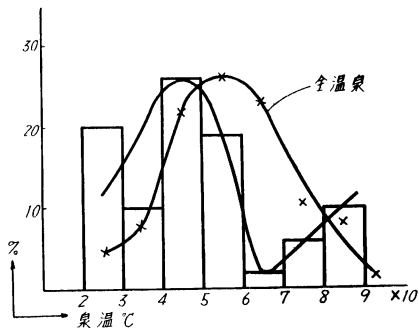
表3に火山地別の泉温頻度を、又図2に頻度百分率と全温泉の百分率曲線を示す。これによると那須火山地区は高

温の単純泉が比較的多く、千島、大雪地区では層雲峡が1例だけ高温で他は全部 60°C 以下である。又図2より単純泉では 40°~50°C のものが最も多く、60°~70°C のものが少くなり 70°C を越えると、その割合が更に多くなつてゆく傾向がある。ところが全温泉では 50°~60°C の所にピークがあつて高温になるにつれて漸次割合が低下している。このことについては次報以下に検討する考えであるが、単純泉成分起因の一端がうかがえて興味ある問題である。

表3 各地区単純泉泉温頻度

泉 °C 温	那 須	千 島	大 雪	計
25 ~ 30	2	1	3	6
30 ~ 40	1	0	2	3
40 ~ 50	1	2	5	8
50 ~ 60	2	2	2	6
60 ~ 70	1	0	0	1
70 ~ 80	1	0	1	2
80 ~ 90	4	0	0	4
計	12	5	13	30

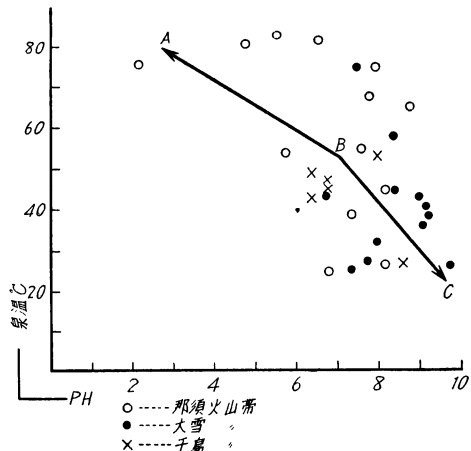
図2 単純泉泉温頻度



ハ) pH と泉温の相関

図3に pH と泉温の相関を示す。これによるとはつきり

図3 pH と泉温の関係



した相関はないがやや図中A-B-Cの方向に相関関係があるように考えられる。即ち pH の低いものに低温のものはないのである。又低pH、高温のものがこれらが全て那須火山帯であるのも興味深い。

2) Cl^{*}、SO₄ および HCO₃ の相関

表4-a, 4-b および 4-c に各火山帯単純泉の Cl, SO₄ および HCO₃ 三成分のミリグラム当量数を示し、4-d に冷鉱泉中の単純泉の三成分量を示す。又図 4-a, 4-b に三火山帯の、図 4-c に冷鉱泉の三成分の当量百分率を三角坐標にとつたものを示した。

図 4-a によると、大雪地区の単純泉は殆んど全部 HCO₃ 型か又はそれに近い。このことは太秦等²⁾ も指摘したところであるが、千島火山帯でも鑑別温泉を除いて全部 HCO₃ 型である。そして 図 4-b に示すごとく那須火山帯即ち支笏、洞爺地区および渡島半島部はピリカ温泉²⁾ を除いて

表 4-a 千島火山帯三成分ミリバール

温 泉 名	Cl	SO ₄	HCO ₃
阿 寒	0.92	1.43	3.99
	0.73	0.79	2.67
	1.18	1.60	4.71
和 琴	1.62	0.83	4.28
池 の 湯	1.32	4.33	6.56
鑑 別	6.26	5.24	0.81
呼 人	0.4	2.08	2.40

表 4-b 大雪火山帯三成分ミリバール

温 泉 名	Cl	SO ₄	HCO ₃
層 雲 峽	3.96	1.47	4.07
	2.47	2.17	3.72
	2.07	2.97	3.54
	1.79	1.35	3.50
温 根 湯	2.07	0.72	2.29
	2.24	0.60	1.71
	2.41	0.77	1.32
塩 別	0.53	0.14	1.54
	0.19	0.16	0.89
滝 の 湯	1.68	1.08	1.22
ポ ン 湯	0.59	-	1.01
白 滝	7.02	-	5.63
セ ト セ	0.50	0.37	0.48
立 岩(未利用)	2.27	-	8.73
十 勝 川	1.48	0.74	7.05
	0.61	-	3.53
糠 平	7.02	1.68	4.48
	6.60	1.35	4.67
	6.82	1.85	4.64
芽 登	0.72	1.22	1.09
オ ソ ウ シ	0.14	0.45	1.35

*1) 単位は全てミリグラム当量である。以下同じ。
*2) ピリカ温泉に関する数値は太秦等の数値を引用した。

表 4-c 那須火山帯三成分ミリバール

温 泉 名	Cl	SO ₄	HCO ₃
駒 の 湯	2.81	8.89	1.56
山 水	0.92	1.02	1.46
川 波	0.67	9.22	0.39
ピ リ カ	0.25	1.02	2.41
黄 金 湯	3.7	0.66	3.08
カ ル ル ス	2.3	7.39	2.10
	0.08	0.62	0.29
	3.56	3.87	2.88
登 別	4.77	0.95	0.42
	2.92	3.08	0.76
北 湯 沢	4.49	4.58	0.91
	6.35	6.66	1.14
ベ ン ケ イ	8.09	4.99	1.10
湯 本	0.75	4.49	(-)

表 4-d 冷鉱泉三成分ミリバール

温 泉 名	Cl	SO ₄	HCO ₃
手 稲	0.30	0.41	0.79
栗 沢	5.1	0.52	4.71
信 田	0.59	0.77	3.96
桂 沢	1.91	0.04	2.29
上 志 文	1.29	0.27	3.76
多度志(未利用)	0.67	(-)	1.35
神 居 古 潭	1.88	0.15	1.28
日 高 町	5.0	0.43	1.93
留 萌 神 居 岩	0.35	0.71	2.08
歌 志 内	1.0	0.33	2.19
○塩 狩	0.28	7.28	(-)

○ pH 2.7

HCO₃ 型がない。即ち千島、大雪火山帯の単純泉は HCO₃ 型で那須火山帯の単純泉は Cl-SO₄ 型である。更に図 4-c によると、冷鉱泉も塩狩の酸性泉 (pH 2.7) を除いて全部 HCO₃ 型でありわずかに日高町のものが Cl 型である。

図 4-a 千島、大雪火山帯

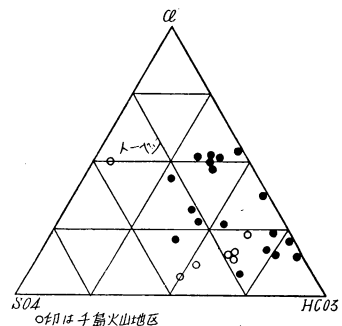


図4-b 那須火山帯

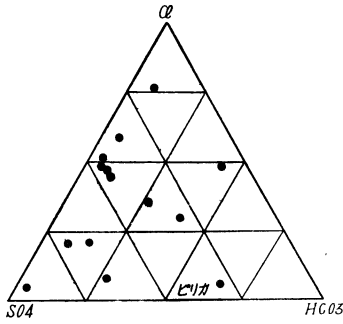
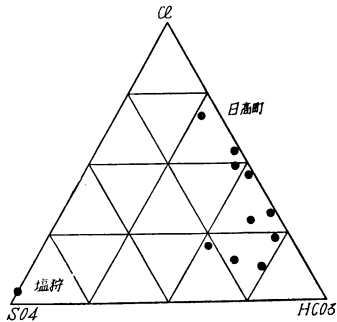


図4-c 道内冷鉱泉



又三成分中二成分について考えると大雪地区単純泉は $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ 型であり、冷鉱泉も又 $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ 型であることがわかる。これに比較して、千島火山帯の単純泉は $\text{HCO}_3\text{-SO}_4$ 型の傾向を持ち、那須火山帯では $\text{SO}_4\text{-Cl}$ 型である。

3) 地下水の三成分組成

我々が通常地下水と呼んでいる所の一次的に火山活動の影響を受けているとは考えられない循環水系に入る地下水の Cl 、 SO_4 および HCO_3 の傾向をみるために表5および図5を示す。北海道の地下水の標準として適当なものがないが、蔵田³⁾の工業用水井の値と北海道衛生研究所の水道源水試験の結果の中から数例と、総固形物の多いもの数例を示した。地下水成分はその湧出する地質条件に大いに左右されるであろうから表の値を標準とすることは無理かも知れないが大体の傾向はわかることと思う。

これによると地下水の大部分は HCO_3 型であり二成分を考えると $\text{HCO}_3\text{-Cl}$ 型である。

図5 地下水三成分百分率

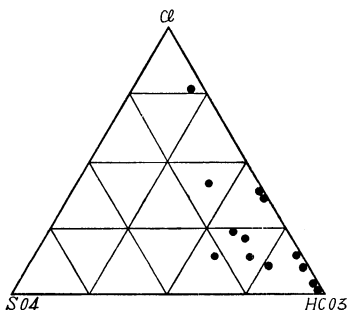


表5 地下水三成分含量例

湧出位置	状況深度	Cl	SO ₄	HCO ₃
三島市	25m	0.16	0.24	0.92
四田市	197	0.25	trace	1.29
東京大森	-	39.7	2.4	9.9

北海道

地名	状況	Cl	SO ₄	HCO ₃
庶路町	湧水	0.28	0.16	0.78
北村	井水	0.93	0.37	0.92
湧別町	湧水	0.30	0.23	0.70
熊石村	〃	0.53	trace	0.74
豊富	〃	0.57	〃	0.88
上富良野	〃	0.26	0.51	1.06
穂別町	〃	0.39	0.38	2.90
栗山町	泥炭地井水	0.45	-	0.91
栗沢町	〃 60m	0.47	-	11.5
白老	火山灰地湧水	0.22	-	3.65
厚別	〃 170m	0.09	-	3.45
深川	井水	1.33	0.67	1.61

4) 単純泉と循環水の二、三の成分比較

三成分当量百分率の相関図から千島、大雪および那須火山帯の単純泉はある特徴を持つて居り、大雪地区の単純泉の三成分比は、冷鉱泉および地下水と類似して居ることを前に述べた。そこで更に単純泉と循環水について2、3の条件を比較してみる。

表6に各火山帯単純泉および冷鉱泉と地下水の幾つかの成分平均値、又は範囲の比較表を示す。

表6 成分比較表

	pH	泉温 C°	H ₂ S mg/kg	※3) Σアニオン	Ca /HCO ₃	HCO ₃ /Cl
大雪地区	7.0~9.2	48	3.4	7.2	0.02 ~0.51	2.3
千島 火山地区	6.4~8.7	44	0.5	7.7	0.85	3.6
那須 火山地区	2.2~8.8	59	5.0	8.6	2.6	0.55
冷鉱泉	※2)2.7 7.5~8.6	-	4.4	4.5	0.01 ~0.42	2.3
地下水	6.5~8.2	-	-	※1)2.6	0.21 ~0.59	3.14

※1) 表5中東京、大森を除く

※2) 塩狩 2.7

※3) Cl+SO₄+HCO₃ ミリバール

これによると pH では冷鉱泉中塩狩を除くと千島、大雪地区は冷鉱泉および地下水に相似し、那須火山地区は酸側のものが多い。(前掲表2参照) 硫化水素については、千島地区が極端に少なく、那須火山地区がやや多いものがめだつが大体大雪および冷鉱泉と等しく、一次的に火山作用影響を受けていないと考えられる冷鉱泉も4~5 mg/kg程度

H_2S を含むのであつて、温泉成分起因と関連して興味ある点である。

Σ アニオンについては、須那地区がやや多く、千島、大雪地区はほぼ等しいが、地下水と比べると多くなつている。しかし地下水溶存成分含量は地質的要因に支配されているので地下の状態によつてはかなりの相異があることは表5をみてもわかるが、温泉は比較的高温で火成岩層を通過するのであるから総固形物が多くなるのは当然であつて、この程度の差は有意の差とは考えられない。

Ca/HCO_3 の比は大雪地区が冷鉱泉および地下水とほぼ等しく殆んどが0.5以下で興味ある結果を示し、千島および那須火山帯では非常に大きい。この点は一次的な火山発散物の結果と考えられる現象であつて興味ある点であるが、次報以下に検討する考へである。

HCO_3/Cl の値も又火山帯別に相異があり千島、大雪地区の単純泉はほぼ近似して居り且つ冷鉱泉および地下水のそれとも近似している。那須火山帯では特異的にこの値が小さく、前報で指摘したごとく、この地区は HCO_3 含量が道内で極めて多い地区であるので HCO_3/Cl の値が小さいことは興味ある点である。

IV 結 語

1) 北海道の単純泉について、いくつかの成分について火山地区別に検討した結果、千島、大雪地区および冷鉱泉ではpHがアルカリ側で泉温が低く、那須火山地区では強酸性のものが比較的多く存在し、これ等のものは泉温も比較的高い。

2) Cl , SO_4 および HCO_3 の当量百分率により比較した結果千島、大雪火山地区では $Cl-HCO_3$ 型であり、冷鉱泉および地下水と類似し、那須火山帯ではポリカ温泉1例をのぞいてすべて $Cl-SO_4$ 型であつて千島、大雪地区と那須火山地区とは著しい組成の相異がある。

3) pH, H_2S 含量, Σ アニオン, Ca/HCO_3 , HCO_3/Cl 等いくつかの成分について単純泉と冷鉱泉および地下水を比較した結果、大雪地区の単純泉は、統計的に冷鉱泉、および地下水に相似的な成分組成を有し、那須火山帯の単純泉はかなりの相異があつた。

文 献

- 1) 中谷、多賀：道衛生研究所報、本号（1961）
- 2) 太秦、那須、瀬尾：日代、80、856、992（1959）
- 3) 蔵田延男：工業用水