

36 北海道の温泉成分の化学的研究 第1報

火山帯別に分布する温泉群の成分と相関

36 Studies on the Chemical compositions of Mineral Springs in Hokkaido. Part 1.

The chemical compositions and The correlations of Mineral Springs which distributed in several volcanic zones.

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

北海道の温泉を火山帯別に分けて総固形物、pH、泉温等の比較をした結果火山帯別に可成りの相違のあることを知った。又 Cl 含量は総固形物含量と顕著な正相関を持つていて、アニオンの主体をなす Cl 、 SO_4 、および HCO_3 間の、 $\text{SO}_4\text{-HCO}_3/\text{Cl}$ 、 $\text{Cl-SO}_4/\text{Cl}$ 、なる関係図から道内各地区の温泉を、その湧出機因を同じくしていると想像される幾つかのグループに分けることが出来た。

I 緒 言

温泉には水、熱および溶存成分が必須要素であつて、温泉湧出の機構、又はその3要素の起因等については広く各分野から研究が進められている。特に成分とその起因については公衆衛生的にも地球化学的にも多大の興味もたれるのである。

温泉^{※2}が火山活動の結果であることが疑うことが出来ないとする、地域的にも集約され岩石学的にも特質づけられた1つの火山帯から湧出する温泉群も又或る特徴を持つてよい筈である。又逆に温泉群の特徴からその温度、成分等の起因を解明する1つの手掛りも得られると考えられる。この様な意味で1個所の温泉地の湧出機構、成分の起因を解明することが必要であると同時に巨視的に温泉群の特徴を解明してゆくことも必要であると考えられる。

全国的な温泉の統計は以前にも報告されて居り^{1) 2)}又北海道の温泉の一般的な統計結果については我々もその一部を報告し^{3) 4)}又太秦⁵⁾等による個々の温泉地を中心とした詳細な論述があるが、温泉成分のいくつかのものに注目し広範な地域にわたつてその通有性を解明することによつて、温泉の湧出起因を推定することも無意味ではないと考える。勿論数多くの報文が示すごとく温泉成分は1個所の

※1 本報に使用した成分量はすべてミリグラム当量を単位とした。ミリグラム当量以外の単位を使用した場合はその都度単位を附記する。以下同じ。

※2 本報で温泉とは温泉法で謂う 25°C 以上の泉温を持つ鉱泉を指し、 25°C 以下のものについては冷鉱泉と称することにする。以下同じ。

温泉地の極めて限られた範囲内でも地質学的な又は水理学的な色々の要因の影響を受けて同一に論ずることが極めて困難であり、まして一つの火山帯或は北海道全域についての通有性から湧出起因を推定することは無謀なことも知れないことが、我々はこれからの一連の報告で温泉成分を巨視的な面からとりあげて論述し、湧出起因解明の一つの手段としてゆくことにする。

II 方 法

北海道で現在利用中の温泉地数は約 65 で、この他に約 25 の冷鉱泉地がある。又未利用の温泉湧出地で我々の調査したものだけで約 10 個所あつて未調査の温泉はまだかなりあると想像される。我々が今回対象としたのは、利用温泉地 58、未利用温泉地(奥尻村、熊石村、上川町陸万、石狩岳北方の2件、トムラウシおよびオソウシ、知床半島遠音別岳西方のもの、網走市呼人(ポーリング泉)) 9計 67 である。冷鉱泉地は空知、石狩の炭田地帯を含む古第三紀層から湧出するものを中心に上川地方にかけて利用が多く単純硫黄泉が多く食塩泉がこれにつぐが、本報告からは豊富温泉とともに除外した。

湧出口数は現在利用中のものが約 370 であるが、本報では大体1温泉地から代表的な泉質を1つとり多数の湧出口を持つ温泉地からは泉質の相違等を考慮して2ないし幾つかの湧出口を採用した。その数は109であつて、分析は昭和27年以降現在までに行つたもので、大部分は現地でも pH、泉温、 CO_2 、 H_2S 、 HCO_3 、等を測定し、試料を持ち帰つてその他の成分を分析したのもであるが、一部は行政分析の送付試料によつた。分析法は、おおそ厚生省の衛生検査指針により分析した。又分析値は我々が別に編集した北海道鉱泉誌⁶⁾によつた。重複するので分析値および、温泉所在図は同誌を参照されたい。

北海道の温泉はその火山構成上、那須火山帯、大雪火山帯及び千島火山帯の3つの地区に分けて考えるのが普通であるが、我々が前に指摘した⁷⁾如く、那須火山帯については渡島半島部と支笏洞爺カルデラ地帯の温泉群が、それぞれ異なつた特徴を持つていたので那須火山帯をこの2つの

グループに分け北海道の温泉地を、4グループに分けて比較した。

Ⅲ 結果および考察

1) 泉温、pH および総固形物平均

泉温、pH および総固形物平均については前報³⁾にも少しふれてあり、前記太秦等の報告にもみられるが、北海道を4地区に分けてそれ等の平均値の比較を表1に、又、泉温、pH の頻度を図1および図2に示した。

表 1

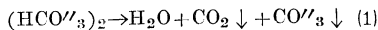
	渡島半島部	支笏洞爺、カルデラ	大雪地区	千島山帯地区	全道平均	全国平均
泉温 (°C)	54	64	49	57	56	-
総固形物(g/kg)	5.54	2.39	0.91	3.17	3.09	※3.86
Ca (mg/kg)	235	176	47	149	157	-
HCO ₃ (mg/kg)	528	190	272	199	315	-

※岩崎岩次，地球化学概説による

イ) 泉温では大雪地区平均の低温がやや目立っている。これは同地区の高温泉はトムラウシ温泉の95°Cと層雲峡温泉の66°C~85°Cのみであつて頻度ピークも40°C~50°Cにあるためである。

ロ) 総固形物平均は渡島半島部が全国平均値よりはるかに大きく、又大雪地区が非常に少ない。渡島半島部には単純泉(総固形物1g/kg以下の硫黄泉を含む)が少くわずかに大沼附近にある駒の湯と山水温泉等²~3を数えるに過ぎず。大雪地区では温泉地数19の中12地区が単純泉である。然し、HCO₃含量平均は大雪地区が支笏洞爺および千島地区より多く、同地区がHCO₃/総固形物値が大きくなり前記太秦等の報告にある如く、同地区がHCO₃型の温泉の多いことを示している。

ハ) pH 頻度は渡島半島部のみ6~7にピークがあつて他地区は全国平均とも7~8の間にピークがある。表1に示した通り同地区はHCO₃含量が極めて多く、これと平衡してCO₂が存在しているためであつて、又半島部には、地下の高温高压下に(1)式左辺の



如き存在であつた重碳酸塩が湧出による圧の低下と共に平衡が右辺に移動して炭酸塩の沈澱を生じ二股温泉、熊石温泉(未利用)等の如く巨大な堆積層が出来ている所が多く、又濁川温泉、湯の川温泉等の如く湯導管やボーリングロが炭酸塩で閉そくされる温泉が多い。このことに関しては太秦、北野⁹⁾の報告がある。

2) 総固形物とCl⁻含量

4地区の総固形物のg/kg数とCl⁻のミリバール値との関係を図3-a、3-b、3-cおよび3-dに示した。この図3をみると温泉総固形物はCl⁻含量と著しい正相関を持つていることが解る。図中興味あることは、図3-aおよび図3-d

図1 泉温頻度

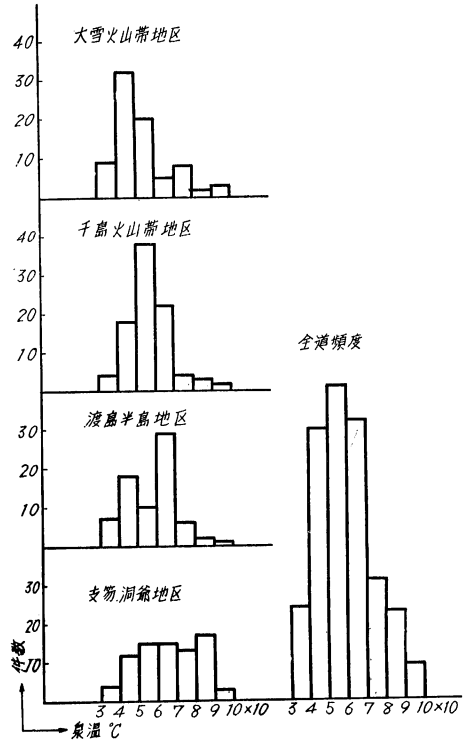
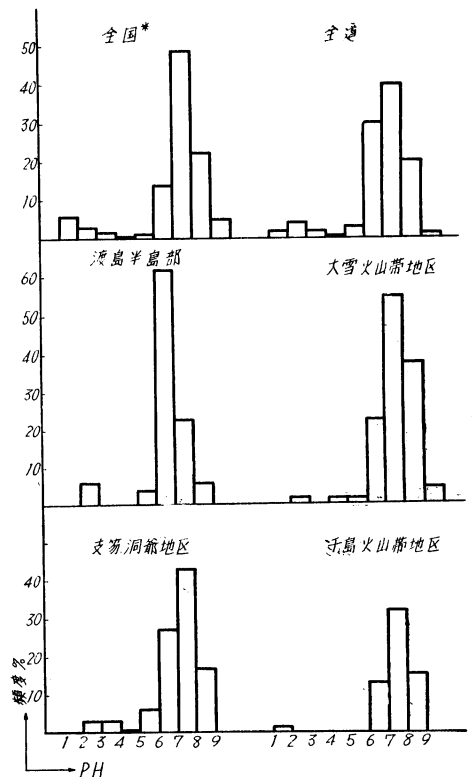


図2 pH 頻度



* 學生省編，日本鉱泉誌1954による。

中の直線関係のない温泉は恵山、ニセコおよび川湯温泉であつて、それぞれの pH が 2.2, 2.2 および 1.4 の酸性泉であることである。又図 3-c の大雪火山地区は比較的パラッキが多いのであるが、一応相関直線を図中 A ←→ B と

図 3-a 渡島半島部, 総固形物-CI⁻ ミリバール

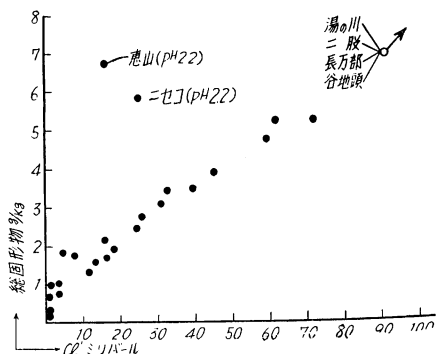


図 3-b 支笏, 洞爺地区

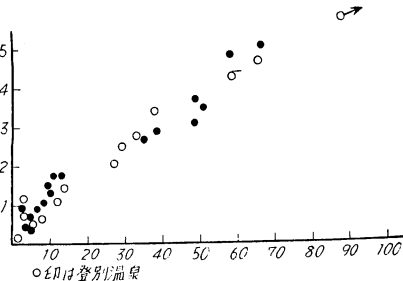


図 3-c 大雪山地区

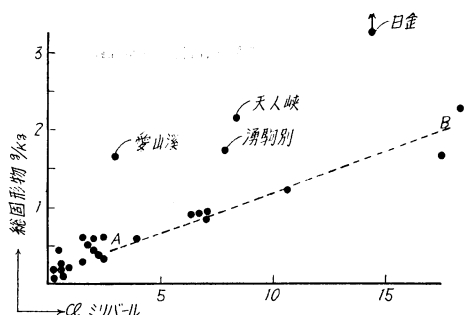
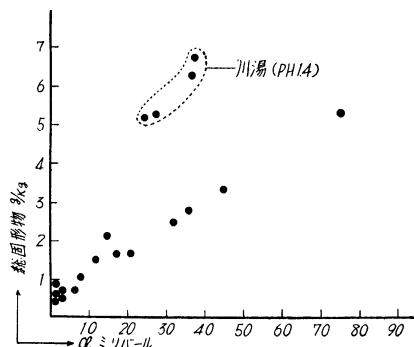


図 3-d 千島火山地区



すると、愛山溪、湧駒別、天人峽および白金の各温泉が著しくはずれて存在する。これ等の温泉は大雪火山の西北面にほぼ北東の方向に並んでいる温泉群であつて愛山溪を除いて硫酸塩含量が多く大雪地区で総固形物の 1 g/kg 以上の一群であり大雪火山の構造弱線¹⁰⁾と一致して湧出している点も興味深い。

このことについては後述する。

Cl⁻ は温泉中の主要アニオンの一つであるが SO₄²⁻, HCO₃⁻ も多く含まれている温泉 総固形物とのこの相関が有意のものか、又は単に作図上の偶然に過ぎないのか不明であるが、次報以下に検討する一つの課題として報告して置くことにする。

3) SO₄²⁻ と HCO₃⁻/Cl⁻ との関係からみる一考察

4 地区の SO₄²⁻ と HCO₃⁻/Cl⁻ の関係を図 4-a, 4-b, 4-c および 4-d に示す。

イ) 千島火山地区

図 4-a からこの地区の温泉を A ←→ B および C ←→ D の直線で結んだ方向に連る二つの相関したグループに分け

図 4-a 千島火山地区 SO₄²⁻-HCO₃⁻/Cl⁻

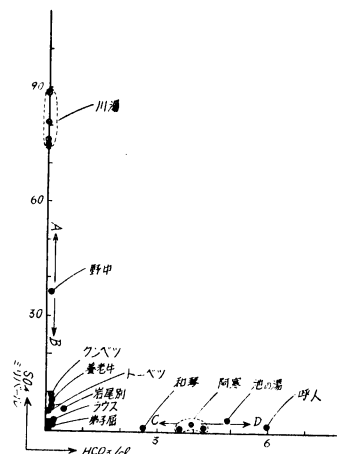


図 4-b 大雪山地区 SO₄²⁻-HCO₃⁻/Cl⁻

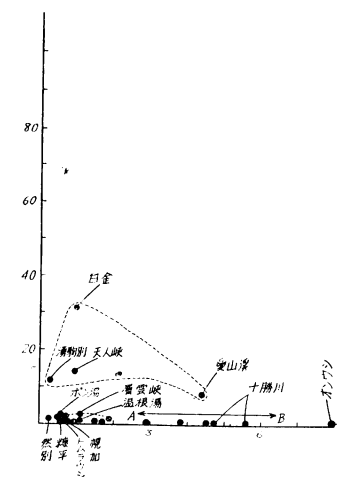


図 4-c 支笏洞爺地区 SO_4-HCO_3/Cl

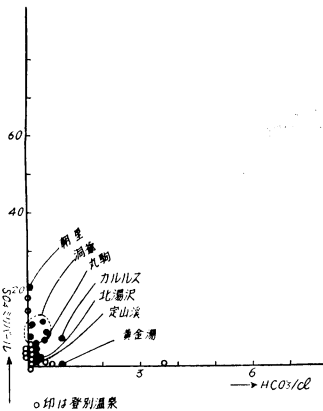
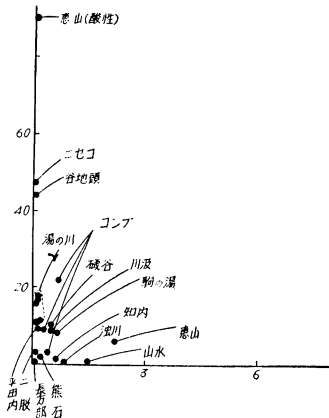


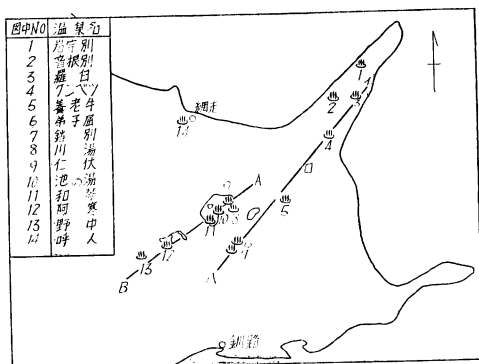
図 4-d 渡島半島地区 SO_4-HCO_3/Cl



ることが出来る。即ち HCO_3/Cl がほぼ一定で SO_4 含量が異つている群と、 SO_4 含量がほぼ不動で HCO_3/Cl が異つている群である。

前者に属する温泉は全て総固形物が 1g/kg 以上の温泉で、後者はすべて単純温泉で網走市呼人（未利用、ボーリング）を除いて図5 千島火山帯温泉図に示すごとくほぼ北東方向に阿寒湖と屈斜路湖を結ぶ線上にA-B線上に一直列にならんでいる。又この方向線は阿寒湖畔温泉群の配列方向¹¹⁾

図 5 千島火山帯温泉分布図



と一致し又前記大雪山構造弱線とも方向がほぼ並行していて興味深くこの方向に一つの構造弱線が予想される。

又川湯温泉と野中温泉を除く他の温泉群は SO_4 含量が比較的少く、 HCO_3/Cl 値もほぼ一定で（岩字別が少し大きい）図5中ではイロハ直線上に配列している。

ロ) 大雪火山地区

この地区は図4-b中A-B方向に相関を持つグループと破線で囲んだ4温泉のグループに分けることが出来る。

前者は千島地区と同様に単純泉の全部と、後述するがトムラウシ温泉（未利用）グループの全てが含まれている。

又破線で囲んだ4温泉は総固形物と Cl' の相関の項で記した4温泉であつて相互には SO_4' と HCO_3/Cl と相関はないが他の温泉群と著しくその関係が異つていて、大雪山地区で成分的に他の諸温泉と湧出機構を別にしてている一群であると考えられる。

ハ) 那須火山帯地区

支笏、洞爺地区および渡島半島部では図4-c および図4-d よりわかる如く、明瞭な相関はないが支笏、洞爺地区では SO_4' 含量のいちぢるしく多いものがなく、又両地区とも SO_4' 含量が多い温泉では HCO_3/Cl の大きいものがなく、概していえば SO_4' 含量の少ないもの程 HCO_3/Cl は大きくなつている。

4) Cl' と SO_4/Cl の関係による考察

4地区の Cl 含量と SO_4/Cl の関係を図6-a, 6-b, 6-c および 6-d に示す。

イ) 図6-a からこの地区はA-B-C線、D-E線の方向に並んだグループおよび破線で囲んだグループの3つに分けることが出来る。

D←→E群は Cl' 含量がほぼ一定で SO_4/Cl の値が変化する温泉群でこれに含まれる温泉は前に述べた SO_4-HCO_3/Cl 関係図即ち図4-aのC←→D群と完全に一致している。従つて SO_4-HCO_3/Cl と $Cl-SO_4/Cl$ の2つの相関と地理的關係位置から図5の千島火山帯温泉分布図中阿寒湖と屈斜路湖を結ぶ線上に湧出している温泉群は Cl , SO_4 含量の微動に対して HCO_3' 含量が大きく変化している一群であつて、その湧出機構が共通のものであることを予想させる。

又図6-a中A-B-C線上に並んでいる温泉群は図4-a SO_4-HCO_3/Cl の関係図中A-B方向に連る温泉群中比較的 SO_4 含量の少ない温泉、即ち SO_4 含量が10ミリバール以下の温泉群と全く一致して居り図5中イロハ線即ち知床半島の背椎山脈とほぼ一致して北東方向に点在している温泉群で、図5中A-B線上の温泉同様に SO_4-HCO_3/Cl および $Cl-SO_4/Cl$ の関係からその湧出の機構にある関連性を持つことを想像させる。

図6-a中破線で囲まれた部分の温泉即ち、川湯温泉と野中温泉の場合は可成りの類似性は認められるが地域的に考えて湧出機構を共通しているとは考えられないが図5中予

想
される A-B 構造弱線上の、多少はづれてはいるが、両端に湧出していることは興味ある点である。

ロ) 大雪火山地区

図 6-b によると大雪山地区の諸温泉を A-B, B-C の直角に曲る直線上に並ぶグループと 1 本の破線で囲んだ温泉群、および 2 本の破線で囲んだ部の 4 つのグループに分けて考えることが出来る。

図 6-a 千島火山地区 $Cl-SO_4/Cl$

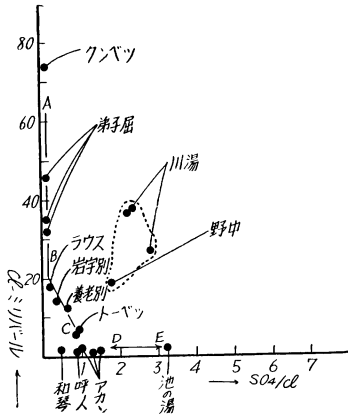


図 6-b 大雪火山地区 $Cl-SO_4/Cl$

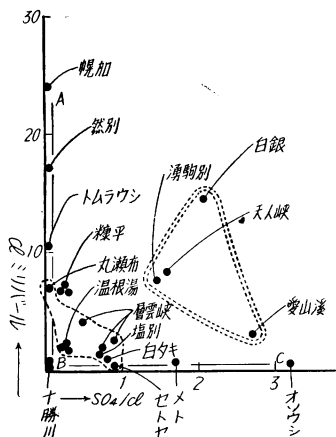


図 6-c 支笏, 洞爺地区 $Cl-SO_4/Cl$

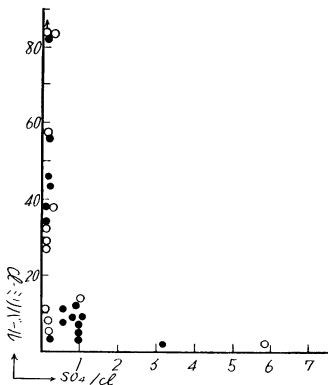


図 6-d 渡島半島地区 $Cl-SO_4/Cl$

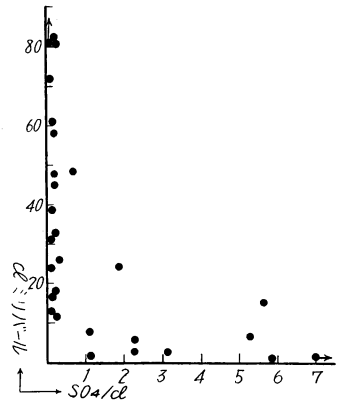


図 7 に大雪火山帯の温泉湧出図を示すと、図中 A …… B 破線で区別した域内の温泉は総固形物と Cl の関係で述べた如く、白金、天人峡湧駒別および愛山溪の諸温泉で図 7 中 イ-ロ 方向の大雪火山構造弱線の方向に配列している一群で成分的にも他の諸温泉と異つてゐることは前にも述べたが、図 6-b でみることく $Cl-SO_4/Cl$ の関係でもこの 4 温泉は特異な位置を占めて居りアニオン間にはつきりした相関はないが、大雪火山帯の一つのグループとして分けることが出来る。

図 7 大雪火山帯温泉分布図

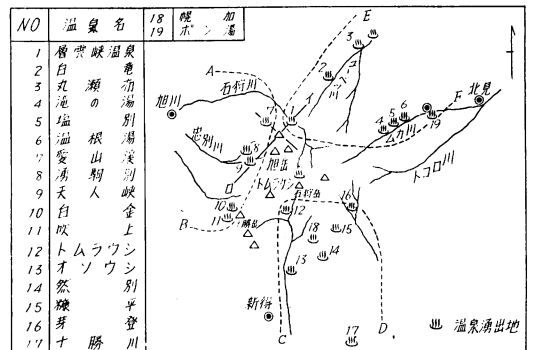


図 6-b 中 A-B および B-C 線上のグループは図 7 大雪地区温泉分布からわかる如く同火山帯の東南地区に (図中 C …… D 破線で囲んだ部) 集る温泉群で幌加、然別およびトムラウシ (未利用) 温泉は総固形物は 1 g/kg 以上の Cl 型の温泉で他の温泉は全部単純泉である。地理的にも又 SO_4-HCO_3/Cl および $Cl-SO_4/Cl$ の関係からみても一つの相関あるグループとして考えることが出来る。

同様な理由で図 6-b 中一本の破線で囲んだ部即ち図 7 中層雲峡を起点として イ-ロ 線の延長に存在する比較的低温の単純泉、およびこれに斜交して東の方向に点在する単純泉群 (図 7 E …… F 破線で囲んで部) これ等の諸温泉を 1 つのグループと考えることが出来る。

以上要約すると大雪火山地区の諸温泉は成分的にみて白

・金温泉を頂点として北東方向の大雪山構造弱線にそつて湧出する総固形物含量の多い SO_4 型の温泉群と、大雪山帯南東部に湧出して然別、幌加、およびトムラウシの食塩泉を中心として単純泉までを含む温泉群、および北東構造線延長上層雲峡を起点として白金温泉の反対方向に存在する単純泉ばかりの一群の三群に分けることが出来る。

ハ) 那須火山地区

支笏、洞爺地区、および渡島半島部とも図 6-c, 6-d から系統的な温泉群は分れて来ない。両地区とも $\text{SO}_4\text{-HCO}_3/\text{Cl}$ の関係からはほぼ同一の傾向を持つていて大体にいえることは Cl 含量の大きいものに SO_4/Cl 値の大きいものはない、又以上の関係から個々の温泉地の湧出起因の特殊性を無視して巨視的にみると全体を通じてその火山活動に共通した面を持つているのでないかと想像される。

IV 結 語

1) 火山帯別に温泉群の成分を比較して各地区成分平均又はその頻度になりに相異があることを知つた。

2) 温泉中の主要アニオンである Cl, SO_4 および HCO_3 の相関関係、又は火山構造線地理的位置等から千島火山帯を 2~3 群に大雪山火山帯を 3 群に分けることが出来た。那須火山帯では全温泉が成分的にはほぼ共通した傾向を持つている。

3) 本報では温泉の巨視的成分関係から温泉群の相関を検討し、その相関から温泉群をいくつかのグループにわけ整理し今後の温泉湧出の起因機構等を解析する一つの手掛りとした。三成分のみにてそのグループの相関を決定することは出来ないが、多くの問題点をあげて、次報以下の命題とした。

文 献

- 1) 岩崎：日化，56，252，1427 (1935)
- 2) 西村：日化，76，349 (1950)
- 3) 北海道衛生研究所報：7，135 (1956)
- 4) 北海道衛生研究所報：8， (1957)
- 5) 太秦，那須，瀬尾：日化，80，856，992 (1959)
- 6) 北海道立衛生研究所報：12 (本号) (1961)
- 7) 中谷，多賀：公衆衛生学会年会報告，於神戸 (1960)
- 8) 3) 及び 4) に同じ
- 9) 太秦，北野：日化，73，689，720 (1952)
74， 263 (1953)
- 10) 鈴木他：北海道温泉調査報告Ⅶ，北海道衛生部(1960)
- 11) 福富他：北海道温泉調査報告Ⅴ，北海道衛生部(1957)