

札幌市とその周辺地域における温泉資源 Thermal water resources in Sapporo City and its vicinity

柴田 智郎・秋田 藤夫・鈴木 隆広・高橋 徹哉
Tomo Shibata, Fujio Akita, Takahiro Suzuki, and Tetsuya Takahashi

Abstract

Exploitation of hydrothermal system in Sapporo City and its vicinity started as 1980s and the number of wells around the JR Sapporo station has increased since last 10 years. To investigate the resources of the thermal water in the area, we measured the concentration of iodine, bromine and chloride and isotope ratios of hydrogen and oxygen of the thermal waters. The area is divided into 4 zones on the basis of geological and geophysical study; Zone I: western part of Tsukisamu-Futomi anticline, Zone II: part between Tsukisamu-Futomi anticline and Nopporo-Kanazawa anticline, Zone III: Nopporo hills, and Zone IV: Naganuma lowland area. In zone I and IV, some thermal waters have high ratios of I/Cl, and the isotope ratios of hydrogen and oxygen are similar to that of oil field water. Isotope ratios of hydrogen and oxygen of zone II and III is the ratios of meteoric water. Therefore, the origins of thermal water in zone I and IV, and zone II and III would be connate water and meteoric water, respectively.

キーワード; 札幌市, 温泉, ヨウ素, 水素・酸素同位体比

Key words; Sapporo City, thermal water, Iodine, isotope ratios of hydrogen and oxygen

I はじめに

当研究所では, 平成14~16年度にかけて源泉利用状況と温泉資源の動向を把握することを目的として, 札幌市(定山溪温泉・黄金温泉地区を除く)とその周辺地域の平野部の温泉源に関する調査を行った。柴田・秋田(2004)では, 調査した地域の温泉資源の現況として, 利用状況・温泉水の化学組成・揚湯試験から得られた透水係数などを示した。さらに, その温泉資源については, 溶存している化学組成・熱・水について複合的に考える必要があり, 地質学的・地球物理学的な知識が不可欠である。そこで, 化学組成にもとづき温泉資源状況を述べる。

岡(2004)によれば, 調査地域は南北方向の構造に従った隆起・沈降帯によって地質学的・地球物理学的に細分される。第1図に示すように, 大きく西から

- I. 石狩湾岸褶曲部(月寒・太美背斜西部)
- II. 札幌東部~当別沈降部(月寒・太美背斜~野幌・金沢背斜の間の沈降部)
- III. 野幌・金沢背斜丘陵部
- IV. 長沼沈降部

の4地域に分けられる。調査地域の温泉水の化学組成は主に, ナトリウムイオン・カリウムイオン・塩素イオン・炭酸水素イオンに富んだ塩水である。本報告では, 温泉水中のヨウ素含有量と水素・酸素同位体比の分析結果を新たに示し, 地質構造との関連や温泉貯留・流動状況との関連を示す。

なお, 本報告で示した試料番号は柴田・秋田(2004)で報告したものに統一した。試料の源泉位置や温泉水

の化学組成などの詳細は, そちらを参考にされたい。

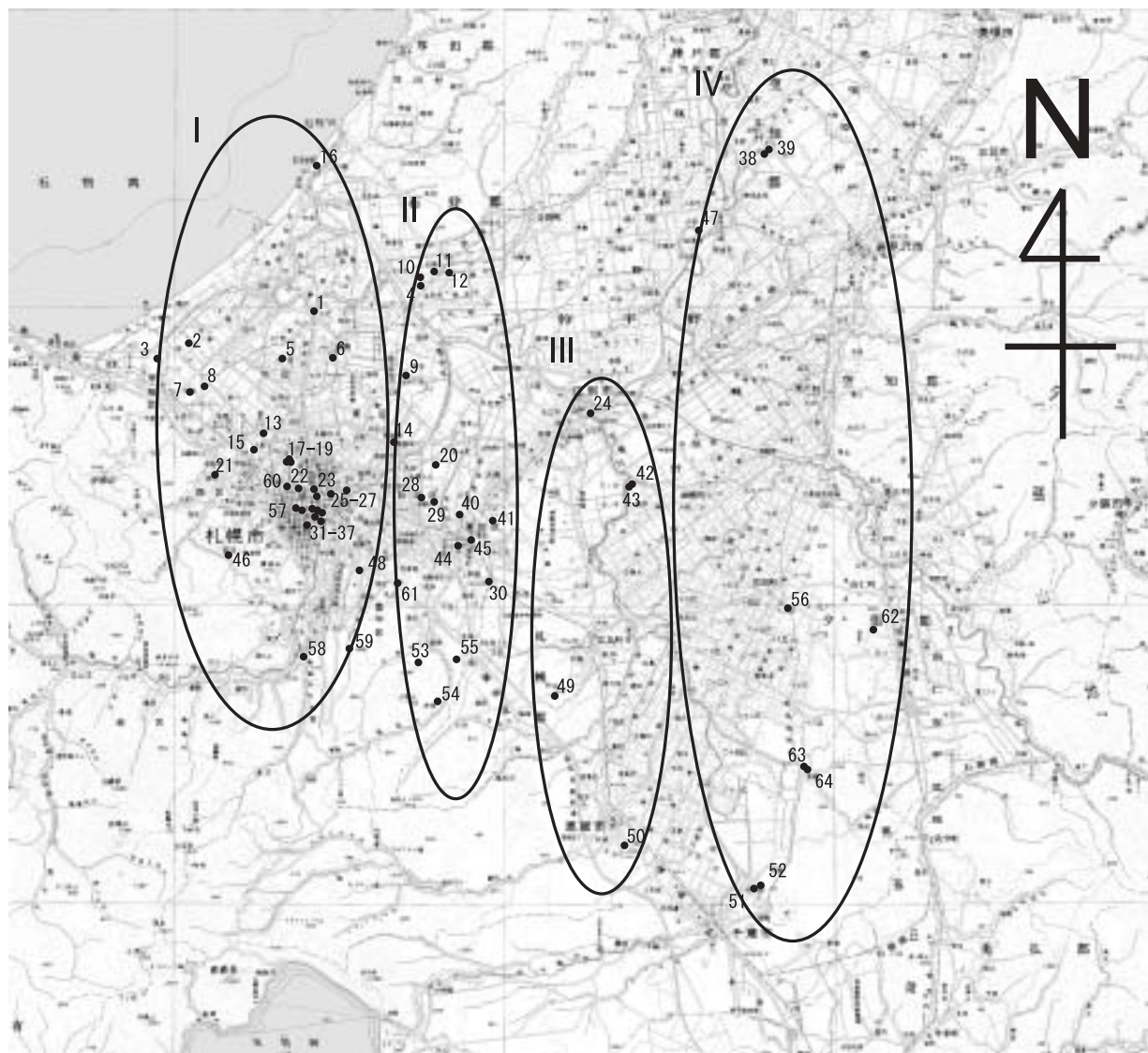
II 分析結果

温泉中のヨウ素イオン(I⁻)の分析は, イオンクロマトグラフ(横河アナリティカルシステム社製IC7000S)を用い, 波長210nmの吸光度法で定量した。この際, 溶離液にNa₂CO₃(2.5mM/L), NaHCO₃(1.0mM/L), CH₃CN(0.76M/L)溶液を用いた。その結果を第1表に示す。また, 水素・酸素同位体比に関しては, 採取した一部の温泉水を三菱マテリアル(株)に分析依頼した。その結果を第2表に示す。

III 考察

札幌市とその周辺地域の平野部にある温泉の多くは, 深さ1000m前後に貯留している深部の地下水を利用している。これらの温泉水は, 地層が堆積する時に水が閉じ込められて地下の岩石の孔隙内に存在した遺留水である可能性が高い。遺留水に関する化学組成の研究は太秦・那須(1960a, b)で多くなされており, 当時の研究は油田地帯で石油などと付随する温泉水(油田塩水)が中心であった。その油田塩水の特徴として,

1. 蒸発残留物が多く, 10g/L以上である。
2. pHは7.0以上で微黄褐色に着色している。
3. 陽イオンの主成分はナトリウムイオン, 陰イオンの主成分は塩素イオンであるが, 炭酸水素イオンも多い。
4. 臭素イオン, ヨウ素イオン, ホウ酸の含有量は他



第1図 源泉位置図と各地域
Fig.1 Locations of boreholes.

の天然水に比べると著しく多い。

5. 硫酸イオンは6mg/L以下であり, 大部分は検出されない。

が挙げられる。

近年, 油田地域以外でも遺留水起源と思われる深層地下水の開発が, 温泉開発として行われるようになった。本調査地域の大部分の温泉も深部に貯留している地下水であり, その温泉水の特徴として, 蒸発残留物が多く, 透明~微黄褐色, 陽イオンの主成分はナトリウムイオン, 陰イオンの主成分は塩素イオンといった, 上述した油田塩水の特徴と共通する部分がある。また, 一部には臭素イオン, ヨウ素イオンに富んでいる温泉がある。そこで, 分析した温泉を第1図で示した4地域で分類し, Br/ClとI/Clの相関を第2図で示す。いくつかの温泉は高いI/Cl比を示し, それらは石狩湾岸褶曲部(I)と長沼沈降部(IV)の地域の温泉である。この高いI/Cl比は油田塩水で見られる特徴と一致する。

次に, 水素・酸素同位体比を第3図に, 水素同位体比と塩素イオンの濃度を第4図に示す。分析した温泉の中で, 札幌東部~当別沈降部(II)と野幌・金沢背斜丘陵部(III)の温泉水は, 第3図の天水線($\delta D = 8\delta^{18}O + 10$)上に, および第4図の海水($\delta D = 0\text{‰}$, $Cl^- = 19\text{g/L}$)と天水起源の地下水($\delta D = 81.5\text{‰}$, $Cl^- = 0\text{g/L}$)の混合線上に分布し, これらの温泉は海水と地下水との混合で出来た可能性が高い。野幌・金沢背斜丘陵部(III)の区分に入っている試料番号43の温泉は, 第3図, 第4図を見ると長沼沈降部(IV)の温泉と同じような値を示すことから, 長沼沈降部(IV)の温泉の影響を受けている可能性がある。

石狩湾岸褶曲部(I)の温泉水の一部と長沼沈降部(IV)の温泉は, 天水線から外れる。一般に, 油田塩水の水素・酸素同位体比は天水線から外れ, 傾き2~5の相関を示す。石狩湾岸褶曲部の温泉の傾きは4.3, 長沼沈降部の温泉の傾きは1.1で2よりも小さい値を示

第1表 ハロゲン族元素分析結果
Table 1 Concentration of Cl⁻, Br⁻ and I⁻

試料番号	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	Br/Cl	I/Cl
	mg/L		×10 ⁻³		
1	210 ₆₈	83.5	43.6	4.0	2.1
3	114 ₂₈	25.4	9.2	2.2	0.8
4	964	1.9	0.2	2.0	0.2
5	777 ₅	19.1	0.4	2.5	0.1
6	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
7	311	0.0	0.0	0.0	0.0
8	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0
9	334 ₆	6.5	0.0	1.9	0.0
10	90.6	0.0	0.0	0.0	0.0
11	424	0.9	0.0	2.1	0.0
12	633	1.3	0.0	2.0	0.0
15	71.6	0.0	0.0	0.0	0.0
16	204 ₅	5.2	1.5	2.6	0.7
21	17.1	0.0	0.0	0.0	0.0
23	103 ₂₇	13.0	3.3	1.3	0.3
24	420 ₈	8.7	0.0	2.1	0.0
25	419 ₆	4.9	0.0	1.2	0.0
26	168 ₁	0.3	0.2	0.2	0.1
27	243 ₈	2.6	0.0	1.1	0.0
29	178 ₉₈	31.8	0.0	1.8	0.0
30	148	0.0	0.0	0.0	0.0
32	140 ₇	0.0	0.0	0.0	0.0
33	114 ₁₆	22.7	16.6	2.0	1.5
35	321 ₈	2.8	0.1	0.9	0.0
36	105 ₇₈	17.8	0.0	1.7	0.0
37	113 ₅₀	17.5	10.8	1.5	1.0
38	307 ₅₆	55.3	24.1	1.8	0.8
39	422	0.8	4.4	1.8	10.3
40	210 ₄	0.0	0.0	0.0	0.0
41	118	0.0	0.0	0.0	0.0
42	118 ₀₈	30.4	1.7	2.6	0.1
43	201 ₃₆	41.2	0.0	2.0	0.0
44	89.7	0.0	0.0	0.0	0.0
45	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0
47	327 ₇₈	69.7	23.2	2.1	0.7
48	176 ₉	2.8	0.2	1.6	0.1
49	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0
50	584 ₀	11.2	0.4	1.9	0.1
51	70.2	0.2	0.0	2.3	0.0
52	94.6	0.2	0.0	2.2	0.0
53	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0
55	350	0.2	0.0	0.6	0.0
56	184 ₃₁	37.6	11.4	2.0	0.6
57	122 ₁₇	28.7	16.5	2.4	1.4
58	114	0.1	0.2	0.9	1.6
59	541 ₁	17.9	0.1	3.3	0.0
62	105	0.0	0.0	0.0	0.0
63	34.6	0.0	0.0	0.0	0.0
64	469 ₂	10.1	0.0	2.1	0.0

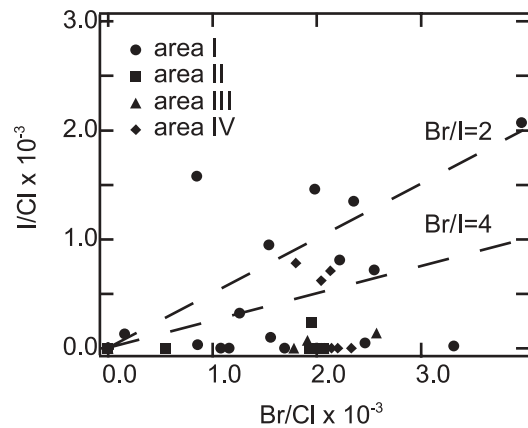
Cl⁻, Br⁻は柴田・秋田 (2004) の結果を引用

第2表 同位体分析結果
Table 2 Isotope ratios of hydrogen and oxygen

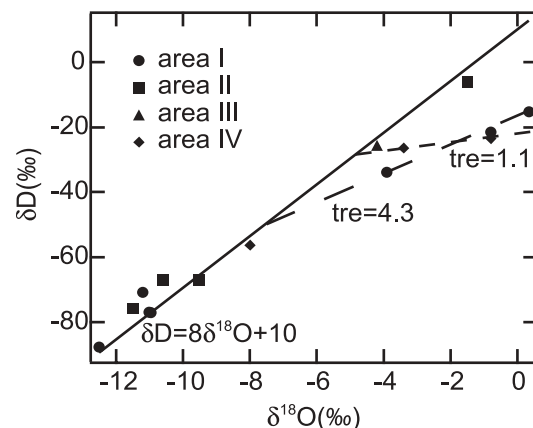
試料番号	δD	δ18O
	‰	
1	-15.3	0.3
9	-67.2	-9.5
11	-66.9	-10.6
16*1	-33.9	-3.9
18*1	-76.9	-11.0
27*1	-70.8	-11.2
29	-6.2	-1.5
35*1	-87.9	-12.5
38*2	-26.5	-3.4
43	-25.6	-4.2
48	-77.1	-11.0
53	-75.8	-11.5
56	-23.5	-0.8
57	-21.5	-0.8
64	-56.3	-8.0

*1: 松波・鈴木 (1997)

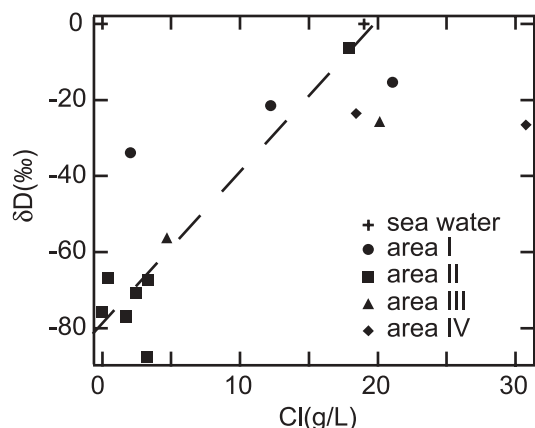
*2: 源泉は異なるが同地区の松波・鈴木 (1997) の値



第2図 Br/ClとI/Cl
Fig. 2 Relation between Br/Cl and I/Cl.



第3図 水素・酸素同位体比
Fig. 3 Relation between δ¹⁸O and δD.



第4図 水素同位体比とClの濃度

Fig. 4 Relation between concentration of Cl and $\delta^{18}\text{D}$.

す。さらに、この2地域は海水との混合線からはずれていること、現在の火山活動と関係ない地域であること、地質構造的に堆積性であることから、油田塩水と同様、地下水が地層中を移動する際の鉱物による濾過作用と同位体交換作用を受けたものと考えられる。

IV. おわりに

本報告では、札幌市とその周辺地域の温泉水を地質構造で4地域に分類し、ハロゲン族元素および水素・酸素同位体比の分析結果をもとに温泉の貯留・流動状況について調べた。各源泉については、源泉深度・対象としている地層・地下水が混入・採水の状況など、同地域内でも個々の源泉状態が異なっているため、それぞれ分類して提示するのは困難である。そこで、いくつかの例外源泉はあるが4地域の温泉の貯留・流動状況の主な特徴を示す。石狩湾岸褶曲部（I）と長沼沈降部（IV）の地域の温泉水は、ヨウ素に富んでいること、水素・酸素同位体比が濾過作用と同位体交換作用を受けた特徴を示していることから遺留水起源のものが多い。また、この2地域は地質構造的に沈降部分で、地層中に残留していた孔隙水が集積しやすい状況

であると思われる。札幌東部～当別沈降部（II）と野幌・金沢背斜丘陵部（III）の温泉は、上で示した2地域とは異なり、ヨウ素がほとんど検出されないこと、水素・酸素同位体比が天水上に分布していることから天水の循環が強く影響していると思われる。それを簡単にまとめると次のようになる。

1. I/Cl比が高い温泉は、石狩湾岸褶曲部の一部の温泉と長沼沈降部の温泉である。
2. 水素・酸素同位体比を分析した札幌東部～当別沈降部と野幌・金沢背斜丘陵部の温泉水のすべては天水線（ $\delta D = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ ）上に分布するが、石狩湾岸褶曲部（I）の一部と長沼沈降部（IV）の温泉は油田塩水と同じような傾向を示す。
3. 温泉の貯留・流動状況の大きな特徴として、石狩湾岸褶曲部と長沼沈降部の温泉は、遺留水起源のものも多く、また、札幌東部～当別沈降部と野幌・金沢背斜丘陵部の温泉は天水が起源と推定される。

謝 辞

源泉管理者の方々、および北海道保健福祉部の職員からは、現地調査に際して多大なご協力と資料の提供をいただいた。ここに記して謝意を表する。

文 献

- 松波武雄・鈴木隆広（1997）：道内温泉水等の水素・酸素同位対比。地下資源調査所報告, 68, 149-152.
- 岡 孝雄（2004）：流体資源ボーリングデータによる札幌市中心部とその北西地域の地下地質構造の解明。北海道立地質研究所（石狩平野北部地下構造調査委員会資料）, 75p.
- 柴田智郎・秋田藤夫（2004）：札幌市とその周辺地域における温泉資源の現況。北海道立地質研究所報告, 75, 27-31.
- 太秦康光・那須義和（1960a）：油田塩水と温泉水の化学成分の比較。日本化学雑誌, 81, 401-404.
- 太秦康光・那須義和（1960b）：温泉水中の塩素、臭素、ヨウ素について。日本化学雑誌, 81, 405-413.