

帯広市内で開発された温泉および 冷鉱泉の主要化学成分について

Major Chemical Constituents in the Thermal and Mineral
Waters of the Springs Developed in Obihiro City

都築 俊文 北山 正治 佐藤 洋子

Toshifumi Tsuzuki, Masaharu Kitayama and Youko Sato

目 的

十勝平野の中央部に位置する帯広市の近郊には、モール(泥炭)泉として知られる十勝川温泉があり、古くから平原の温泉郷として広く親しまれている。

一方、昭和50年代に入ると、帯広市内にも掘削深度が1,000mを越える温泉ボーリングが試掘され、40°C以上の温泉水の自噴が認められた。これを契機に、第一次オイルショックによる石油代替エネルギーへの関心の高まりという当時の時代背景もあり、一気に温泉開発ブームに火がつき、昭和63年末での帯広市内の源泉数は37件に達している。

このように既存の都市部に、しかも比較的短期間に多くの温泉が開発された例は、北海道はもとより、我が国においても極めて稀なケースであろう。また、その用途は、ホテルや公衆浴場での浴用以外に、リハビリテーション、暖房、プールなど多岐にわたっており、地域熱エネルギー資源としての今後の温泉開発利用が注目されている。

しかし、無制限な温泉資源の開発は、湯量や泉温の低下を招き、やがては温泉の枯渇に至ることが予測される。道および帯広市ではこうした弊害を防止する目的で、昭和61年から特定の保護地域を指定し、掘削、揚湯量の制限などの温泉保護対策^{1,2)}を講ずるに至っている。

当研究所では、昭和25年以降、道内で開発された鉱泉について温泉法に基づいた化学成分の分析を実施している³⁾が、本報告は、近年急速な開発が進められてきた帯広市内に分布する源泉に的を絞り、それらの主要化学成分組成の特性について述べる。

方 法

本調査報告は、昭和39年から昭和63年の25年間に帯広市内で掘削・開発され、当研究所で化学分析を行なった源泉

を対象とし、それらの分析結果をとりまとめたものである。源泉数は37件で、湧出状況は総て掘削による自噴の形態をとっている。

温泉開発ラッシュの始まる昭和50年以前にも、帯広市内には4件の源泉が存在したが、何れも掘削深度は600m未満、泉温は25°C以下であった。しかし、昭和51年以降に開発されたほとんどの温泉は、1,000~1,500mの掘削で得られ、泉温は40°C以上、湧出量は1件平均約520 l/分である。

化学成分の分析は、環境庁自然保護局監修、鉱泉分析法指針(昭和53年5月改訂)に従って行なった。

結果および考察

1. 源泉の分布状況

帯広市内における37源泉の分布状況をFig.1に示したが、ほぼ市内全域にわたり一様に分布している。

2. 化学成分

各源泉の所在地、分析年月、湧出状況、泉温および化学成分の分析結果などを別表に示した。以下に主要項目について説明する。

(1) 外観：別表のNo.1~4以外は微黄色もしくは微褐色を呈するが、ほとんどは透明である。着色の原因は、含有する有機物(フミン質類)によることが広く知られている。

(2) 泉温：泉温の頻度分布を5°C刻みでFig.2に示した。25°C未満の冷鉱泉は3件で、何れも昭和50年以前に掘削された深度600m未満の源泉である。40.0~49.9°Cの源泉が30件と全体の81%を占めるが、50°C以上の例はなく、帯広市内に分布する温泉の泉温は火山活動に起因する登別温泉や定山溪温泉のそれに比べて高くなかった。

泉温と掘削深度の関係を求めるにFig.3のようになり、両者の間には高い正の相関($r=0.909$)が認められた。

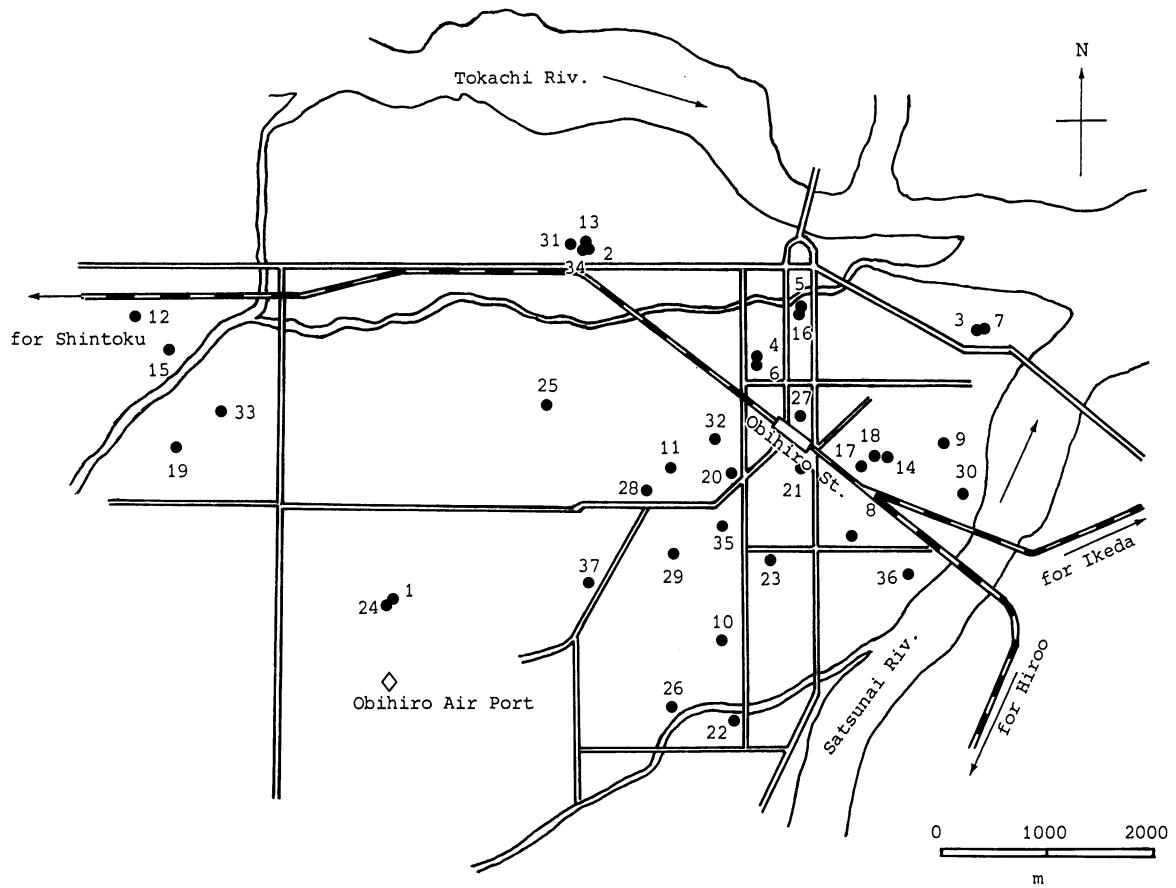


Fig. 1 Location of the Springs Developed in Obihiro City

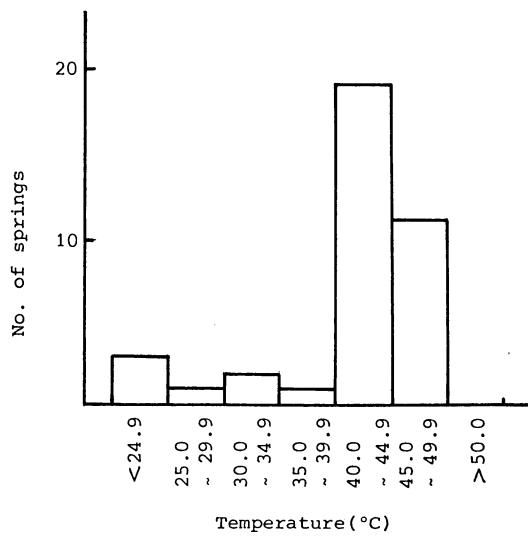


Fig. 2 Histogram of Temperature of the Spring Water

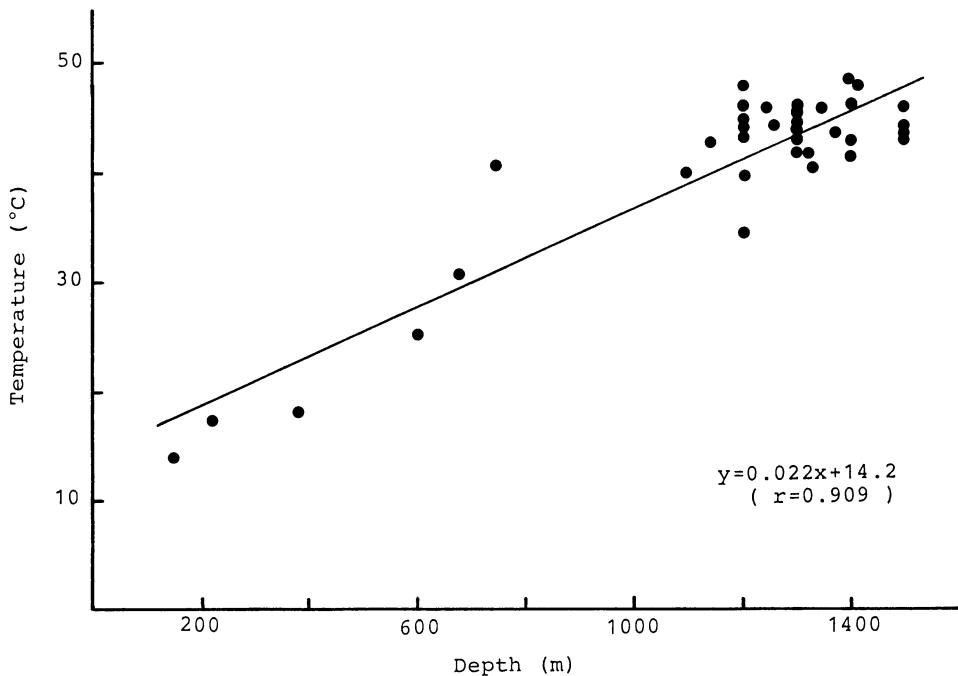


Fig. 3 Relation between Drilling Depth and Temperature of the Spring Water

(3) 泉質と pH：別表中の泉質名は慣用名（旧泉質名）で示した。溶存物質（ガス成分を除く）を 1 g/kg 以上含む源泉数は僅か 5 件 (No. 3, 15, 22, 33, 36) で、その泉質は No. 3 が重曹泉の他は 4 件とも食塩泉であった。残りの 32 件の溶存物質量は何れも 1 g/kg 未満と少なく、No. 1 (硫黄泉, HS⁻: 2 mg/kg), No. 4 (冷鉱泉, HBO₂: 10.1 mg/kg) および No. 6 (硫黄泉, S₂O₃²⁻: 3.6 mg/kg) 以外は単純泉であった。

pH については、No. 3 以外は総て pH7.5 以上のアルカリ性を示し、特に温泉法による pH8.5 以上のアルカリ性単純泉に該当する源泉は 25 件と、全体の約 7 割を占めていた。

(4) 主要成分組成：別表の分析結果をもとに、主要陽イオンおよび陰イオンの当量比率による組成関係を求め、Fig. 4 の B, C に示した。陽イオン組成 (Fig. 4-B) については、ほとんどの源泉が Na⁺を主体となし (Na⁺型)，わずかに No. 1, 2 のみが Ca²⁺型であった。一方、陰イオン (Fig. 4-C) の場合には、Cl⁻ もしくは HCO₃⁻が主体であり、SO₄²⁻ は極めて微量か全く含まれていなかった。

次に、地下水の水質を判定する方法に基づき、陽イオンは [Na⁺+K⁺], [Ca²⁺+Mg²⁺] の、陰イオンは [Cl⁻+SO₄²⁻], [HCO₃⁻] の各 2 成分系からなると見做し、各イオンのグラム当量百分率を Keydiagram にプロットすると Fig. 4-A のようになった。すなわち、帯広市内の温泉水の

水質型は、陽イオンでは [Ca²⁺+Mg²⁺] を、陰イオンでは HCO₃⁻を主体とするアルカリ土類炭酸塩型 (II), (Na⁺+K⁺) および HCO₃⁻が主体のアルカリ炭酸塩型 (III), さらに [Na⁺+K⁺] と Cl⁻を主体とするアルカリ非炭酸塩型 (IV) の 3 型に大別された。

また、地下水を Keydiagram 上で分類する場合、化学成分組成に加え帶水層の性状などを考慮する方法がある。Fig. 4-A において、その分布の特徴から、各源泉は a~e の 5 グループに分けることができ、グループ a, b に属する源泉の掘削深度は何れも 800m 以下である。

十勝平野地区の温泉に関する地下資源調査所資料⁴⁾によれば、前記のグループ a は中層型地下水、c は深層型地下水、e を化石海水タイプと称し、さらに b は a と c の、d は c と e の混合型として報告している。

我々の調査結果では、グループ a, b, c での陰イオン組成比は HCO₃⁻を主体とする点で一致しているが、陽イオンについては Fig. 4-B でも明らかなように、Na⁺, Ca²⁺の占める比率に差が認められた。これは、a, b の掘削深度が c より浅いことなどから、各グループの賦存する地質の違いによるものと考えられた。また、グループ c, d, e については、それぞれの平均溶存物質量が c → e の順で多くなり、陽イオン組成比は Na⁺主体であるが、陰イオンでは HCO₃⁻と Cl⁻の比率が連続的に異なることから、d は c と e の混

合型と推定された。すなわち、帯広市内の温泉は、Na-Cl型およびNa-HCO₃型の2つのタイプの水を主体に構成されると推定された。

岡ら⁵⁾は、十勝平野中央部の温泉水は、同地区の地下増温

率、帶水層構造および温泉水の化学成分組成などから、基本的には深層地下水型と化石海水タイプの地下水からなると指摘しており、この点に関しては我々も同様の結果を得た。

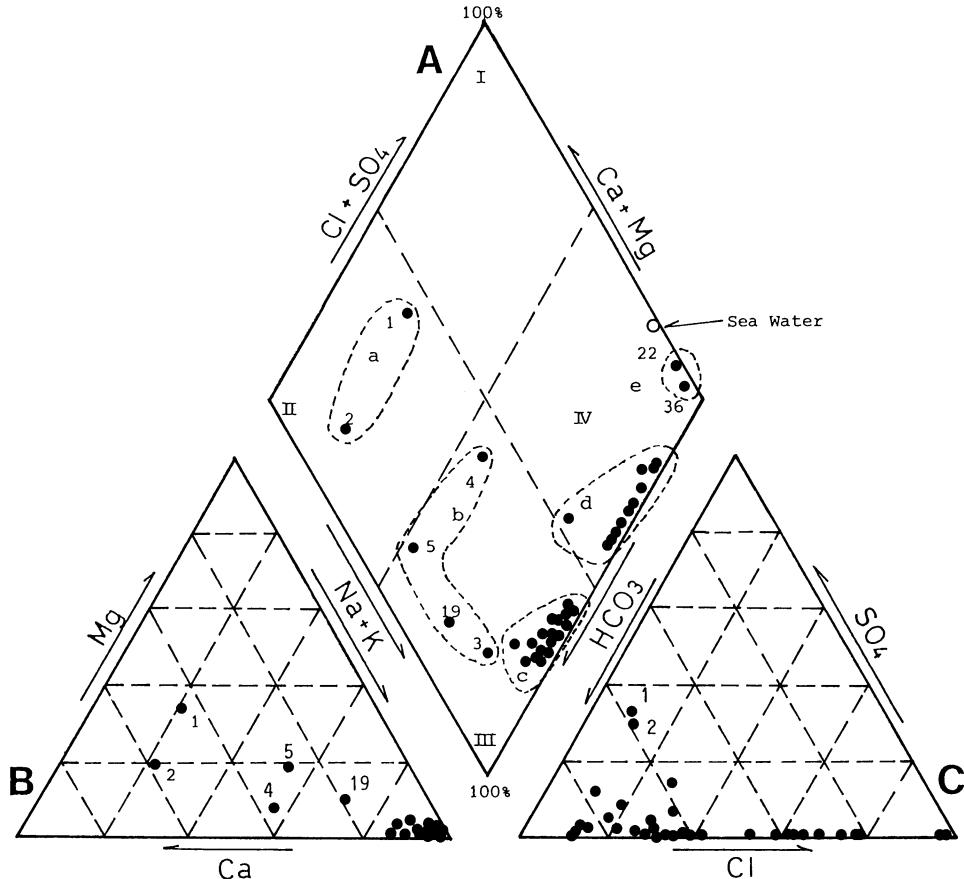


Fig. 4 Tri-linear Diagram of Major Constituents in the Spring Water

3. 温泉水の起源

温泉水の成因には、多くの場合火山活動が深く関与しているが(火山性温泉)、この他に火山活動とは無関係な、一般地下水が地下増温率のみによって温度が負荷された“非火山性温泉”も存在する⁶⁾。非火山性温泉は深層熱水とも呼ばれ、透水性の大きな堆積岩地域に包蔵された深層地下水が地核からの伝熱(地下増温率)により加温されたものと推定されている^{7,8)}。

帯広市内に分布する温泉の掘削深度付近の地層は、砂(岩)、礫(岩)を主体とする堆積岩から構成されている⁵⁾。我が国の堆積盆地における地下増温率は3~6°C/100mとされており、火山性温泉地帯における値(10~100°C/100

m)⁶⁾と比べると、その差は明瞭である。帯広市地区での地下増温率はFig. 3から2.25°C/100mと算出され、掘削深度が1,100~1,500mでの温度を、地表面の年平均気温(10~15°C)を加味して計算すると34.8~48.8°Cとなり、実測値と符合する。なお、十勝平野に分布する温泉の熱源に関して、先の地下資源調査所資料⁴⁾および岡ら⁵⁾の報告では、取水深度付近の地層には火成岩は認められないことなどから、この地区的温泉は深層熱水として区分されている。

結語

昭和39年以降、帯広市内に掘削、開発された総計37件の温泉について、それらの化学成分分析結果をもとに主要成

分の特性を述べたが、その概要は次の通りであった。

1. 温泉水は有機物に由来する褐色ないし黄褐色を呈していた。
2. 泉温は余り高くななく(40~48°C)、また液性はpH 8~9のアルカリ性を示した。
3. ほとんどの温泉水の溶存物質含量は1 g/kg以下と少なく、泉質は全体の8割が単純泉であった。
4. 主要イオンの当量比をTri-linear diagram上にプロットした結果から、温泉水の主要成分組成はNa-Cl型とNa-HCO₃型とに大別され、またSO₄²⁻はほとんど含まれていなかった。

これらの特性は、帯広市近郊の十勝川温泉の源泉にも認められることから^{4,5,9)}、両温泉水は同じ賦存状況に依存するものと推定された。

終りに本調査報告をまとめるにあたり、多くの資料を提供していただいた前帯広保健所の橋本弘二氏(現紋別保健所)、並びに貴重な御助言をくださった地下資源調査所二間瀬利氏に深謝いたします。

文 献

- 1) 北海道衛生部長通知、薬務第1073号(1986)、778号(1987)、1399号(1988)
- 2) 北海道保健環境部長通知、薬務第642号(1988)、890号(1988)
- 3) 北山正治他：道衛研所報、37、53(1987)
- 4) 北海道立地下資源調査所、北海道の地熱・温泉(C)北海道中央部、地下資源調査所調査研究報告、No.7、125(1979)
- 5) 岡孝雄他：地下資源調査所報告、No.55、33(1984)
- 6) 佐藤幸二：温泉科学、24、2、55(1973)
- 7) 金子美道他：地熱技術、5、1、23(1980)
- 8) 小村精一：地熱技術、6、3、40(1981)
- 9) 衛研薬学科・衛生部環境衛生課、北海道鉱泉誌(第2篇)、道衛研所報、12、222(1961)

英 文 要 約

Since 1960's, many drillings(1,000~1,500m) have been carried out to obtain hot spring waters in Obihiro city, Hokkaido and succeeded in 37 spots up to present.

Chemical constituents of these spring waters were analyzed and the following results were obtained.

1. Spring waters were colored by contained organic materials.

2. Temperature of the waters was not so high(40~48°C), and pH values of them ranged from 8 to 9.
3. Most spring waters dissolved inorganic materials less than 1g per kilogram and were classified as simple springs.
4. The analysis of tri-linear diagram of major constituents in the springs suggested that spring waters in Obihiro city were resulted from two types of underground water, namely, Na-Cl and Na-HCO₃ types.

Key Words: hot spring, drilling, chemical constituent, tri-linear diagram, Obihiro, Hokkaido

別 表

No.	湧出地 源泉名(申請者名)	分析年月	湧出状況 m l/min	湧出量 泉温 (°C)	pH	溶存物質 (ガス成分を除く)g/kg	Na ⁺ mg/kg	K ⁺ mg/kg	Mg ²⁺ mg/kg	Ca ²⁺ mg/kg	
1	帯広市西19南6 (武田みさ)	S39. 9	ボーリング 150	—	14.0	8.0	0.189	9.00	1.0	8.5	18
2	" 西15北1 (池田嘉市)	40. 11	" 600	1,100	25.0	—	0.989	52.0	5.6	26	127
3	" 東10南5 水光園	46. 8	" 378	150	18.0	7.0	1.13	240	6.0	1.0	33
4	" 西4南7 帯広セントラルボウル	48. 6	" 220	300	17.4	8.0	0.203	19.7	2.5	1.7	12
5	" 西1南3 (野戸光代)	51. 10	" 750	900	40.5	7.6	0.686	70.4	6.0	14	33
6	" 西4南7 帯広セントラルボウル	52. 8	" 1,300	1,000	42.5	8.5	0.425	96.5	1.5	1.7	7.5
7	" 東10南5 開水光園	54. 1	" 1,200	450	48.0	8.8	0.459	101	1.8	2.9	3.4
8	" 東2南19 帯広南温泉	55. 5	" 1,200	705	44.1	8.8	0.511	136	2.6	0.8	2.1
9	" 東9南12 ローマの泉	55. 8	" 1,200	720	46.2	8.6	0.497	127	2.8	1.8	2.1
10	" 西6南26 谷の湯	56. 5	" 1,200	250	39.6	8.9	0.389	98.4	1.8	1.6	3.2
11	" 西11南15 とももの湯	56. 12	" 1,319	740	41.8	8.9	0.459	124	1.5	0.6	1.8
12	" 西23南1 北海道医療団	57. 6	" 1,200	400	34.3	8.2	0.808	210	3.9	5.4	22
13	" 西15北1 (池田忠雄)	57. 7	" 1,100	690	40.0	8.8	0.309	79.2	1.4	0.3	1.6
14	" 東5南14 倍荘田商店	57. 8	" 1,200	770	43.5	8.5	0.496	122	3.0	1.0	3.8
15	" 西22南2 (金森武)	57. 11	" 1,328	136	40.5	8.4	1.58	497	8.7	0.9	8.5
16	" 西1南3 倍ヒルトンホテル	57. 11	" 1,245	860	46.1	8.8	0.477	130	2.2	0.2	2.3
17	" 東3南14 朝日湯	58. 1	" 1,200	700	44.9	8.9	0.491	131	2.2	0.5	2.4
18	" 東4南14 倍クラックス	58. 10	" 1,300	600	45.9	8.7	0.596	159	3.6	0.7	2.2
19	" 西22南4 帯広学園	59. 2	" 680	1,200	30.5	8.2	0.562	104	2.3	8.3	25
20	" 西5南15 たぬきの里	59. 2	" 1,300	500	43.1	8.8	0.453	121	1.7	0.1	2.0
21	" 西1南14 (大林組、鹿島建設、三井建設)	59. 4	" 1,300	480	44.0	8.7	0.479	130	1.8	0.2	2.0
22	" 西5南32 君の湯	59. 5	" 1,300	170	45.0	8.7	1.52	526	4.8	2.2	22
23	" 西4南20 (㈱北海道ニチイ)	59. 9	" 1,400	540	43.0	8.8	0.561	153	2.2	0.1	2.8
24	" 西19南6 自由ヶ丘温熱	59. 12	" 1,500	830	43.5	9.2	0.751	249	2.6	0.1	1.9
25	" 白樺16西12 白樺温泉	60. 4	" 1,400	350	46.2	9.3	0.687	222	2.1	0.2	2.5
26	" 西11南32 ひまわり荘	60. 4	" 1,400	450	41.5	8.8	0.542	149	2.3	0.7	4.1
27	" 西1南11 倍ふく井ホテル	60. 7	" 1,400	445	48.4	8.8	0.847	266	2.8	0.1	8.4
28	" 西13南17 みどりヶ丘観光	60. 7	" 1,500	375	45.9	9.2	0.489	163	1.0	0.03	1.7
29	" 公園東町3丁目 総合福祉センター	61. 3	" 1,500	240	43.5	8.9	0.546	165	1.9	0.3	1.9
30	" 東10南15 南利則	61. 5	" 1,350	310	45.8	8.6	0.502	130	3.0	0.1	1.5
31	" 西16北1 社団刀圭会	62. 7	" 1,406	385	47.9	9.0	0.673	200	1.9	0.1	2.1
32	" 西7南13 倍ホテル十勝屋	62. 7	" 1,370	400	43.6	8.5	0.591	159	3.0	0.4	1.8
33	" 西21南3 藤原智則	62. 7	" 1,140	300	42.8	8.4	1.14	336	5.4	0.4	3.6
34	" 西15北1 帯広温泉	62. 11	" 1,256	510	44.3	8.7	0.565	151	1.9	0.1	2.1
35	" 西7南19 倍北海館	63. 4	" 1,300	370	45.3	8.8	0.722	221	2.2	0.2	5.8
36	" 東7南21 東湯	63. 7	" 1,500	158	44.2	8.3	3.65	1,217	11	1.8	125
37	" 緑ヶ丘8丁目 パール温泉	63. 12	" 1,500	150	43.8	9.0	0.531	158	1.5	0.1	2.3

Fe^+ mg/kg	F^- mg/kg	Cl^- mg/kg	HS^- mg/kg	SO_4^{2-} mg/kg	HCO_3^- mg/kg	CO_3^{2-} mg/kg	H_2SiO_4 mg/kg	HBO_2 mg/kg	泉 質 名	利 用 状 況
0.46	0.0	7.10	2.0	33	73.2	0.51	35.1	—	単純硫黃泉	廃止
2.5	0.3	50.3	—	7.8	600	—	69.5	43.8	単純温泉	"
2.3	0.1	65.6	—	21	702	—	39.2	8.9	重曹泉	"
0.18	0.5	8.90		28	70.2		46.5	10.1	冷鉱泉	"
1.3	0.1	37.6	0.5	4.9	440		55.7	—	単純温泉	"
0.01	0.2	19.2	0.9	26	218	6.3	35.8	5.5	単純硫黃泉	未利用
0.08	0.4	38.3	0.2	6.8	239	8.7	45.7	5.5	アルカリ性単純温泉	普通浴場
0.02	0.7	52.5	0.9	35	192	22	59.5	5.5	"	普通、特殊浴場
0.20	0.4	48.7	1.3	1.7	234	19	53.0	4.4	"	"
0.10	0.3	27.9	0.6	15	176	19	40.1	4.4	"	"
0.20	0.5	60.3	0.1	0.00	195	19	43.7	9.9	"	"
0.50	1.0	196	0.0	3.6	297	10	29.1	26.3	単純温泉	リハビリテーション
0.10	0.1	19.5	0.8	6.9	149	15	29.4	4.6	アルカリ性単純温泉	廃止
0.20	0.5	52.6	0.7	8.8	216	15	65.7	5.5	"	雑用水
0.01	5.8	594	0.6	—	276	22	34.4	128.8	含重曹・食塩泉	未利用
0.10	0.7	67.6	1.2	1.6	194	22	45.6	8.8	アルカリ性単純温泉	特殊浴場
0.09	0.3	61.6	1.0	—	214	19	49.5	7.9	"	普通浴場
0.10	0.4	94.0	0.7	0.00	245	16	67.5	6.6	"	下宿風呂
0.10	—	27.7	0.4	—	350	1.8	31.7	7.4	"	幼稚園のプール
0.10	0.4	47.2	1.0	—	216	16	42.7	3.7	"	普通、特殊浴場
0.10	0.7	56.7	0.8	0.60	219	19	40.4	7.0	"	未利用
0.03	2.5	807	0.4	1.2	31.8	28	28.6	67.7	食塩泉	普通浴場
0.10	0.5	84.3	1.2	0.80	245	16	45.8	7.0	アルカリ性単純温泉	未利用
0.05	1.4	221	0.4	1.2	175	45	35.0	BO_2^- 18.1	"	普通浴場、一般住宅
0.60	2.2	191	0.7	1.6	152	40	47.6	BO_2^- 24.1	"	普通浴場
0.10	0.7	81.5	0.6	—	236	20	35.9	10.5	"	"
0.10	2.5	306	0.6	—	149	26	42.9	41.1	"	ホテル
0.06	2.2	129	1.1	—	77.7	45	38.3	BO_2^- 29.6	"	特殊浴場
0.06	1.8	142	0.6	—	135	31	44.1	21.9	"	特殊浴場 リハビリテーション
0.10	0.5	58.6	0.8	—	220	17	61.5	8.3	"	宅配
1.0	3.2	177	0.8	—	199	16	36.9	34.5	"	病院の治療
0.40	0.9	99.6	0.7	—	252	6.2	55.0	10.3	"	旅館
0.40	3.8	305	0.5	—	364	7.1	38.5	74.5	含重曹・食塩泉	自宅のプール、暖房等
0.10	0.6	79.5	0.7	—	258	11	46.7	11.9	アルカリ性単純温泉	普通浴場
0.50	1.9	258	0.1	—	119	22	52.1	38.7	"	特殊浴場
1.1	2.2	2,069	0.5	—	77.0	14	40.9	85.5	食塩泉	普通浴場
0.20	0.6	131	0.5	—	136	33	46.7	20.4	アルカリ性単純温泉	"