

市販北海道産ミネラルウォーターの含有成分の特徴

Componential Characteristics of Commercially Available Mineral Waters in Hokkaido

高野 敬志

Keishi TAKANO

Key words : mineral water (ミネラルウォーター) ; components (含有成分) ; producing area (生産地) ; Hokkaido (北海道)

目 的

日本ミネラルウォーター協会によると、日本国内のミネラルウォーター（以下 MW）の年間生産量及び国民一人当たりの消費量は近年伸び続けており¹⁾、根強い人気を保っていることが伺われる。2023 年の都道府県別生産量では山梨県が最も多く、次いで静岡県、鳥取県が多い。北海道はこれらの生産量に及ばないが、北海道内に散在する豊富な湧水等の水資源を利用して製品化されており、全国で 10 番目の生産量を記録している。

北海道立衛生研究所では、昭和 51 年（1976 年）に小谷ら²⁾、平成 4 年（1992 年）に伊藤ら³⁾ が市販 MW の水質について報告した。現在では、それらが報告された年代の状況から変化しており、多種の MW の製品が商業施設やインターネットで購入可能となった。その中には含有成分の特性から美容効果や健康増進を強調する製品があるが、含有成分濃度が表示と異なっていたり、健康に資する効果に対して科学的根拠に乏しい例もある^{4,5)}。このことは、消費者にとって MW の品質に関する正しい情報を得ることが重要であることを示唆している。

MW の水質は採水地によって異なり、それぞれの地域の MW に対する意識や趣向が反映されていることが示唆されている⁶⁾。北海道産 MW の水質の特徴として、多くの製品の原水が浅層の循環性地下水であることから、比較的無機イオン濃度が低く、成分組成が似ていることが報告されている⁷⁾。北海道産 MW の製品の特性を正しく理解することで、消費者の需要を捉えた製品の生産を通じて、地場産業の活性化ならびに地域活性化を促すことが期待できる。そのためには北海道産 MW と北海道外産や外国産 MW の水質を比較することは重要と考えられる。

本報告では、北海道産 MW の主成分及び健康増進に期待できるとして注目されている成分を測定し、さらに北海道外産や外国産の製品と比較することで、その特徴を明ら

かにすることを目的とした。

方 法

1. 分析試料

試料は 2020-2024 年にかけて北海道産 20 試料、北海道外産 27 試料及び外国産 11 試料を商業施設等で購入した。北海道で採水された製品につき、1 製品当たりロットの違う 3 試料を用意し、分析に用いた。3 試料で与えられた含有成分の測定値の中間値をその製品の代表値とした。北海道外及び国外で採水された製品については、1 製品につき 1 試料を分析に用いた。

2. 含有成分の分析

pH は、卓上型 pH メーター（M-12、堀場製作所製）を用いて測定した。ナトリウムイオン (Na^+) 及びカリウムイオン (K^+) は、炎光光度法⁸⁾ により原子吸光光度計（AA-7000、島津製作所製）を用いて測定した。カルシウムイオン (Ca^{2+}) 及びマグネシウムイオン (Mg^{2+}) は、キレート滴定法（EDTA 法）⁹⁾ により測定した。塩化物イオン (Cl^-)、硝酸イオン (NO_3^-)、硫酸イオン (SO_4^{2-}) 及びヨウ化物イオン (I^-) は、イオンクロマトグラフ（Prominence HIC-SP、島津製作所製）を用いて測定した¹⁰⁾。炭酸水素イオン (HCO_3^-) は、プロモクレゾールグリーン・メチルレッド混合指示薬を添加した 0.01 mol/L 塩酸溶液による滴定法¹¹⁾ によって測定した。炭酸イオン (CO_3^{2-}) は、pH が 8.4 以上の試料を対象として、フェノールフタレインを指示薬とする 0.01 mol/L 塩酸溶液による滴定法¹¹⁾ によって測定した。ケイ酸 (SiO_2) は、モリブデンイエロー法によって吸光光度計（U-1500、日立製作所製）を用いて測定した¹²⁾。溶存有機炭素（TOC）は、TOC 計（TOC-L、島津製作所製）を用いて測定した¹³⁾。ホウ酸 (BO_3)、鉄（Fe）、亜鉛（Zn）、バナジウム（V）及びゲルマニウム（Ge）は、誘導結合プラズマ質量分析計（iCAPQ、サーモフィッシャーサイエンス製）を用いて測定した¹⁴⁾。ヨウ

素酸イオン (IO_3^-) は、イオンクロマトグラフ (Integrion、Thermo fisher Science 製) を用いてイオンクロマトグラフ・ポストカラム吸光光度法¹⁴⁾ により測定した。

結 果

1. MW の種類と原材料

農林水産省により MW 類は原水と処理方法の違いにより 4 つに分類されており、さらに MW の原水である地下水は 7 つに分類される (表 1 及び 2)¹⁵⁾。本研究で分析に供した MW 製品に関する概要を北海道産 MW、北海道外産 MW 及び外国産 MW 別にそれぞれ表 3-1 から表 3-3 に示した。北海道産製品全 20 試料中 13 試料がナチュラルミネラルウォーターであり、それ以外はミネラルウォーター、ナチュラルウォーター及びボトルドウォーターと表記されたものであった。原材料は湧水であるものが半分を占めた。ボトルドウォーターの 1 試料は、湧水を水源とした水道水であったため、実際に湧水を原材料としていたのは 11 試料と見積もられた。温泉水を原材料としていたのは 1 試料のみであった。

北海道外産では全 27 試料中 23 試料、外国産では全 11 試料中 7 試料がナチュラルミネラルウォーターと表示されていた。スプリングミネラルウォーターと表示された製品は加熱やオゾン処理等の殺菌処理を行った MW を称しており、温泉水の意味ではない。北海道外産の原材料は 15

試料が鉱水で最も多く、温泉水を原材料としていたものは 1 試料のみであった。外国産では鉱泉水を原材料とするものが 6 試料で最も多かった。炭酸水と表記された製品は、イギリス北部の町のハロゲートで採水された鉱泉水に炭酸を封入した製品であり、ミネラルウォーター類としての表示はされていないが、本研究の試料に含めている。

2. MW の pH 及び主成分濃度

北海道産 MW、北海道外産 MW 及び外国産 MW の pH 及び主成分濃度をそれぞれ表 4-1 から表 4-3 に示した。北海道産 MW の pH は 6.6-8.7 の範囲にあり、65% が 6.5-7.5 の中性域に含まれていた。総主成分濃度は 0.1-0.2 g/L の試料が 6 割を占め、それらの成分構成は主に HCO_3^- と SiO_2 濃度が多く寄与していた。総主成分濃度の最高は H-12 の 0.442 g/L であり、他の北海道産の試料よりも Na^+ 、 HCO_3^- 、 SiO_2 及び BO_3 濃度が高かった。

北海道外産 MW の試料の pH は 57% が中性域に含まれ、中には 4.3 及び 5.7 の酸性域、9.0 のアルカリ性域に含まれる試料があった。総主成分濃度は 0.1 g/L 未満が 37%、0.1-0.2 g/L の試料が 52% を占め、北海道産 MW と同様に HCO_3^- と SiO_2 濃度が多く寄与していた。J-1 のように 0.004 g/L と極端に低い濃度の試料もあった。最高は J-24 の 0.397 g/L であった。

外国産 MW の pH は 4.9-7.8 の範囲内にあった。総主成

表 1 ミネラルウォーター類の分類

名称	原水	処理方法
ナチュラルウォーター	特定水源より採水された地下水	沈殿・ろ過・加熱殺菌以外の物理的・化学的処理を行わないもの
ナチュラルミネラルウォーター	ナチュラルウォーターのうち、地表から浸透し、地下を移動中または地下に滞留中に地層中の無機塩類が溶解した地下水	同上
ミネラルウォーター	ナチュラルミネラルウォーターを原水としたもの	沈殿・ろ過・加熱殺菌以外に、複数のナチュラルミネラルウォーターの混合やミネラル分の調製、ばっ気処理等が行われたもの
ボトルドウォーター	上記以外のもの	処理法の限定なし

表 2 ミネラルウォーター類の原水の分類

名称	原水
浅井戸水	浅井戸からポンプ等により取水した地下水
深井戸水	深井戸からポンプ等により取水した地下水
湧水	不在 (自由面) 地下水、被圧地下水の区分によることなく、自噴している地下水
鉱泉水	自噴する地下水のうち水温が 25℃ 以下の地下水であり、かつ、溶存鉱物等により特徴づけられる地下水
温泉水	自噴する地下水のうち水温が 25℃ 以上の地下水、または、温泉法 2 条に規定される溶存鉱物室等により特徴づけられる地中水のうち飲用適のもの
伏流水	上下を不透水層にはさまれた透水層が河川と交わるとき透水層内に生じる流水
鉱水	ポンプ等により取水した地下水のうち溶存鉱物室等により特徴づけられる地下水

表 3-1 北海道産ミネラルウォーターの品質表示
及び原材料

試料番号	採水地	品質表示	材料
H-1	清里町	BW	水道水（湧水）
H-2	弟子屈町	NMW	湧水
H-3	陸別町	NMW	湧水
H-4	帯広市	BW	水道水（河川水）
H-5	利尻富士町	NMW	伏流水
H-6	上川町	NMW	深井戸水
H-7	東川町	NMW	湧水
H-8	富良野市	NMW	湧水
H-9	当別町	BW	水道水（河川水）
H-10	札幌市	NMW	鉱水
H-11	苫小牧市	BW	水道水（河川水）
H-12	白老町	NMW	温泉水
H-13	京極町	NMW	鉱泉水
H-14	真狩村	NW	湧水
H-15	黒松内町	NMW	湧水
H-16	黒松内町	NMW	湧水
H-17	八雲町	NMW	湧水
H-18	奥尻町	NMW	湧水
H-19	乙部町	MW	鉱水
H-20	七飯町	MW	湧水

NMW：ナチュラルミネラルウォーター

MW：ミネラルウォーター

NW：ナチュラルウォーター

BW：ボトルドウォーター

表 3-2 北海道外産ミネラルウォーターの品質表示
及び原材料

試料番号	採水地	品質表示	材料
J-1	青森県鮎ヶ沢町	NMW	湧水
J-2	岩手県岩泉町	NMW	鉱泉水
J-3	山形県鶴岡市	BW	鉱水
J-4	栃木県佐野市	NMW	鉱水
J-5	群馬県片品村	NMW	鉱水
J-6	群馬県嬬恋村	NMW	鉱水
J-7	山梨県北杜市	NMW	鉱水
J-8	山梨県富士吉田市	NMW	深井戸水
J-9	山梨県甲州市	NMW	鉱水
J-10	新潟県津南町	NMW	湧水
J-11	富山県砺波市	NMW	鉱水
J-12	長野県松川村	NMW	鉱水
J-13	長野県松本市	NMW	鉱水
J-14	静岡県小山町	NMW	鉱泉水
J-15	静岡県御殿場市	BW	鉱水
J-16	静岡県富士宮市	NMW	深井戸水
J-17	岐阜県海津市	NMW	鉱水
J-18	岐阜県関市	NMW	鉱水
J-19	三重県尾鷲市	NMW	鉱水
J-20	兵庫県神戸市	NMW	深井戸水
J-21	鳥取県伯耆町	NMW	鉱水
J-22	大分県日田市	MW	深井戸水
J-23	大分県由布市	NMW	鉱泉水
J-24	宮崎県小林市	NMW	鉱泉水
J-25	鹿児島県垂水市	NMW	温泉水
J-26	鹿児島県屋久島町	NW	深井戸水
J-27	沖縄県東村	NMW	鉱水

NMW：ナチュラルミネラルウォーター

MW：ミネラルウォーター

NW：ナチュラルウォーター

BW：ボトルドウォーター

表 3-3 外国産ミネラルウォーターの品質表示及び
原材料

試料番号	採水地	品質表示	材料
W-1	イギリス	炭酸水	炭酸水
W-2	フランス	NMW	鉱泉水
W-3	フランス	NMW	鉱泉水
W-4	フランス	NMW	鉱水
W-5	フランス	NMW	鉱水
W-6	ドイツ	NMW	鉱泉水
W-7	スペイン	NMW	鉱泉水
W-8	イタリア	NMW	鉱泉水
W-9	アメリカ	SMW	湧水
W-10	オーストラリア	MW	湧水
W-11	フィジー	MW	鉱泉水

NMW：ナチュラルミネラルウォーター

SMW：スプリングミネラルウォーター

MW：ミネラルウォーター

表4-1 北海道産ミネラルウォーターの主成分濃度

試料番号	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	BO ₃	Total (g/L)
(mg/L)												
H-1	7.5	5.8	1.1	7.2	2.1	4.8	0.8	2.2	37.7	36.6	ND	0.098
H-2	7.0	5.8	0.8	5.9	2.2	2.3	0.8	1.7	37.4	56.3	ND	0.113
H-3	7.5	4.0	1.2	11.2	2.0	2.2	1.3	2.2	47.2	26.8	ND	0.098
H-4	6.8	7.2	2.1	7.1	1.3	4.5	6.1	7.0	29.4	8.8	ND	0.074
H-5	7.6	9.5	1.1	3.5	2.3	10.2	2.2	2.7	26.8	31.3	ND	0.090
H-6	6.6	7.5	3.5	18.0	5.3	6.5	15.2	20.7	51.5	38.6	ND	0.167
H-7	7.0	18.7	4.5	30.5	12.5	38.0	1.6	92.7	40.3	40.8	0.7	0.280
H-8	8.7	5.6	1.7	8.7	2.1	3.2	1.3	3.5	*29.9	37.7	ND	0.094
H-9	6.7	5.5	1.7	9.5	1.7	22.2	0.2	0.2	17.2	2.7	ND	0.061
H-10	7.1	6.1	1.7	6.5	3.7	6.2	0.5	3.2	41.0	38.4	ND	0.107
H-11	7.1	9.5	2.6	7.2	1.8	7.7	5.5	9.0	30.0	47.5	ND	0.121
H-12	8.1	90.5	7.6	8.2	3.8	73.5	1.3	4.4	160	69.3	3.6	0.422
H-13	7.1	7.9	1.5	6.4	2.0	5.8	4.2	5.6	30.8	42.8	ND	0.107
H-14	7.0	7.3	1.4	5.6	1.2	6.1	1.6	3.3	29.3	41.8	ND	0.098
H-15	7.7	40.5	5.2	24.4	8.3	85.1	0.0	8.0	76.6	50.1	0.5	0.299
H-16	7.3	29.2	2.5	6.3	1.7	32.5	0.3	5.5	48.9	46.4	0.5	0.174
H-17	8.3	9.9	1.6	35.4	2.5	12.8	0.0	25.8	84.0	36.9	ND	0.209
H-18	7.2	14.1	2.7	11.4	4.4	21.8	1.6	5.8	52.2	36.5	ND	0.151
H-19	7.7	20.5	4.1	12.0	4.6	32.9	6.2	7.0	50.6	46.1	ND	0.184
H-20	7.8	11.1	1.1	7.1	2.2	9.5	0.6	11.3	32.3	29.4	ND	0.105

* : HCO₃⁻ と CO₃²⁻ の合計値

ND : 0.1 mg/L 未満

分濃度は W-8 のように低濃度である試料もあるが、1 g/L 以上の高濃度のものが2試料あり、それらはそれぞれ SO₄²⁻ 濃度及び HCO₃⁻ 濃度が高かった。0.1-0.2 g/L の範囲内にあったのは日本産 MW と比較して 27%と少なく、0.2 g/L 以上は 64%であった。総主成分濃度では Ca²⁺ や HCO₃⁻ が大きく寄与していた試料が多数認められた。

主要陽イオン及び陰イオン濃度を当量/L の単位に変換し、最も高かった優占成分により MW 試料を分類し、北

海道産 MW、北海道外産 MW 及び外国産 MW を比較した(図1)。すべての試料はおおよそ Ca-HCO₃、Na-HCO₃ 及び Na-Cl 型に分類された。北海道外産及び外国産で Ca-HCO₃ が 60%以上を占めたことに対し、北海道産は Ca-HCO₃ の割合が低く、Na-HCO₃ 及び Na-Cl 型の割合が他よりも高かった。

北海道産 MW 試料の主要陽イオン及び陰イオンの優占成分と試料採取地の地域区分を表5に示した。北海道は、

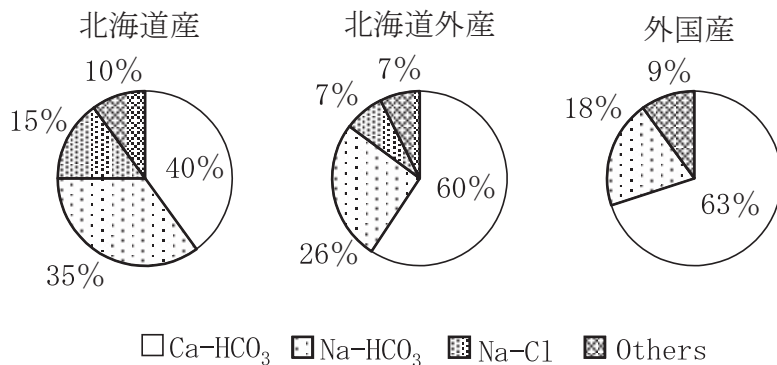


図1 北海道産、北海道外産及び外国産ミネラルウォーターの優占イオンによる分類

表 4-2 北海道外産ミネラルウォーターの主成分濃度

試料番号	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	BO ₃	Total (g/L)
(mg/L)												
J-1	4.3	ND	ND	ND	ND	0.3	ND	ND	3.8	0.2	ND	0.004
J-2	7.6	2.8	0.6	30.6	2.0	2.6	2.2	2.2	99.5	9.1	ND	0.152
J-3	8.7	17.6	0.7	14.3	5.7	17.6	0.4	2.6	*84.8	31.1	ND	0.175
J-4	6.3	5.3	0.8	9.6	5.2	4.3	7.9	13.1	36.7	17.4	ND	0.100
J-5	7.5	5.2	2.0	7.7	1.3	1.9	1.5	3.3	36.2	45.5	ND	0.105
J-6	7.2	3.5	1.7	7.1	2.4	1.5	2.1	1.8	39.5	37.3	ND	0.097
J-7	6.6	8.8	2.4	9.9	2.5	3.7	3.0	4.8	54.9	28.1	ND	0.118
J-8	7.4	4.7	0.8	9.0	1.6	0.4	1.2	1.7	45.8	31.8	ND	0.097
J-9	7.0	7.9	2.2	17.6	2.2	4.6	16.3	9.9	54.2	23.0	0.1	0.138
J-10	6.8	3.3	1.4	6.1	1.6	1.8	1.2	1.1	30.6	26.9	ND	0.074
J-11	6.2	6.8	0.8	10.4	0.6	3.9	1.5	6.8	37.7	36.8	ND	0.105
J-12	6.5	13.9	1.8	10.6	0.5	18.2	3.1	17.7	19.2	11.9	0.3	0.097
J-13	6.8	6.5	0.9	16.8	6.8	7.1	25.7	3.8	58.6	14.6	ND	0.141
J-14	7.5	10.7	1.9	16.7	5.5	2.9	3.9	10.3	86.5	39.8	ND	0.178
J-15	9.0	8.5	1.5	13.9	6.4	1.7	1.9	14.0	*66.9	29.4	0.1	0.144
J-16	7.8	6.2	0.8	8.8	2.0	1.3	0.9	1.0	48.7	29.1	ND	0.099
J-17	7.0	12.6	1.2	3.4	1.9	3.2	2.9	5.4	40.6	12.4	0.1	0.084
J-18	7.1	3.6	0.4	8.2	2.8	3.4	1.7	3.7	34.9	12.7	ND	0.071
J-19	6.4	4.6	0.6	2.6	0.6	5.3	2.6	2.3	10.5	10.0	ND	0.039
J-20	6.9	26.6	1.2	9.9	6.3	12.5	0.9	10.6	93.4	37.6	0.1	0.199
J-21	6.9	10.9	4.7	9.5	4.6	8.3	2.3	3.3	63.8	65.3	ND	0.173
J-22	7.9	23.8	8.1	15.2	1.0	9.3	1.4	3.7	104	80.9	0.6	0.248
J-23	6.6	7.1	3.0	16.8	5.0	3.9	1.3	15.3	67.5	61.0	0.1	0.181
J-24	6.9	25.1	7.8	31.3	20.4	30.3	7.1	44.3	162	66.5	1.7	0.397
J-25	9.0	49.5	0.5	0.5	1.6	4.8	0.0	0.4	*106	41.2	0.7	0.206
J-26	5.7	6.1	0.8	2.9	1.5	8.4	0.7	4.3	12.0	12.6	ND	0.049
J-27	6.8	15.7	1.1	17.5	4.7	23.1	0.5	9.7	69.8	14.2	ND	0.156

* : HCO₃⁻ と CO₃²⁻ の合計値

ND : 0.1 mg/L 未満

表 4-3 外国産ミネラルウォーターの主成分濃度

試料番号	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	BO ₃	Total (g/L)
(mg/L)												
W-1	4.9	22.2	3.1	54.5	16.0	39.3	3.5	34.5	185	20.0	0.4	0.378
W-2	7.4	13.0	6.3	13.2	8.3	17.0	7.4	9.5	78.3	30.0	ND	0.183
W-3	7.3	6.9	1.0	81.6	27.3	10.7	4.1	13.9	361	12.6	ND	0.519
W-4	7.8	8.8	3.2	481	79.2	11.5	2.9	1200	403	6.2	0.4	2.19
W-5	4.9	10.7	0.7	154	5.8	20.4	8.4	19.3	450	9.1	0.1	0.679
W-6	5.7	115	14.6	337	103	52.5	4.3	37.0	1780	49.6	0.5	2.49
W-7	7.7	5.3	1.2	61.8	31.6	8.2	2.1	21.5	310	7.6	ND	0.449
W-8	6.9	1.9	0.3	4.5	0.8	0.4	1.1	4.6	16.3	8.3	ND	0.038
W-9	6.9	11.5	1.3	6.2	5.6	1.2	1.0	2.3	74.7	55.8	ND	0.160
W-10	6.9	13.0	1.3	9.8	6.2	15.0	14.8	1.2	58.9	36.4	ND	0.157
W-11	7.5	17.5	5.1	24.1	13.1	13.7	0.6	1.1	161	84.5	ND	0.320

ND : 0.1 mg/L 未満

表5 北海道産ミネラルウォーターの湧出地域と
優占イオン

試料番号	地域区分	優占陽イオン	優占陰イオン
H-1	東部	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
H-2	東部	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
H-3	東部	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
H-4	中央部	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
H-5	中央部	Na ⁺	HCO ₃ ⁻
H-6	中央部	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
H-7	中央部	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻
H-8	中央部	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
H-9	中央部	Ca ²⁺	Cl ⁻
H-10	中央部	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
H-11	中央部	Na ⁺	HCO ₃ ⁻
H-12	西部	Na ⁺	HCO ₃ ⁻
H-13	西部	Na ⁺	HCO ₃ ⁻
H-14	西部	Na ⁺	HCO ₃ ⁻
H-15	西部	Na ⁺	Cl ⁻
H-16	西部	Na ⁺	Cl ⁻
H-17	西部	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
H-18	西部	Na ⁺	HCO ₃ ⁻
H-19	西部	Na ⁺	Cl ⁻
H-20	西部	Na ⁺	HCO ₃ ⁻

表6-1 北海道産ミネラルウォーターの
その他の含有成分濃度

試料番号	TOC (mg/L)	Fe	Zn	V (μg/L)	Ge (μg/L)	I ⁻	IO ₃ ⁻
H-1	0.1	1	2	1	2	ND	ND
H-2	ND	ND	ND	8	ND	ND	ND
H-3	0.3	ND	ND	1	ND	ND	ND
H-4	0.1	2	2	ND	ND	ND	ND
H-5	ND	1	2	12	ND	ND	6
H-6	0.2	2	2	1	ND	ND	ND
H-7	0.2	ND	ND	5	ND	ND	2
H-8	0.4	ND	ND	8	ND	ND	ND
H-9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
H-10	ND	ND	ND	3	ND	ND	3
H-11	0.3	3	ND	1	ND	ND	ND
H-12	2.5	5	ND	ND	3	ND	87
H-13	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND
H-14	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND
H-15	ND	ND	ND	9	ND	ND	5
H-16	ND	ND	ND	9	ND	ND	2
H-17	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
H-18	0.2	ND	1	10	ND	ND	2
H-19	0.2	ND	5	2	ND	ND	3
H-20	ND	ND	ND	4	ND	ND	2

ND : 0.1 mg/L 未満 (TOC), 1 μg/L 未満 (その他)

地質構成上のおおまかな特徴から東部、中央部及び西部の3区分に分けることができる(図2)¹⁶⁾。陽イオンは、東部及び中央部でCa²⁺、西部でNa⁺が優占している試料が多かった。陰イオンは、全地域でHCO₃⁻が優占している傾向があり、また、西部でCl⁻が優占している試料が認められた。

3. その他の含有成分

北海道産MW、北海道外産MW及び外国産MWの主成分以外の含有成分濃度をそれぞれ表6-1から表6-3に示した。TOCは微生物等の由来による有機的な汚染の指標で

ある。Fe、Zn及びヨウ素(I⁻及びIO₃⁻)は人体にとって必須元素である。V及びGeは血糖値の低下や免疫力向上等、健康増進に期待できる成分として宣伝されている製品が見かけられる。

TOCは、北海道産MWのH-12の2.5 mg/L及び外国産MWのW-1の1.4 mg/Lを除き、0.4 mg/L以下であった。殺菌・除菌を行っているMWの成分規格ではTOCの基準は3 mg/L以下となっており、すべての試料が基準を満たしていた。また、Fe及びZnはすべての試料が5 μg/L以下の濃度であった。VはJ-8、J-14、J-15、J-16及びW-9が50 μg/L以上の高い濃度であった。北海道産MWではH-5及びH-18が10 μg/L以上の比較的高い濃度であった。Geは北海道産及び北海道外産MWで、それぞれ2試料検出されたが、5 μg/L以下の濃度であった。ヨウ素が検出された試料では、多くがIO₃⁻として検出された。I⁻として検出されたのは北海道外産及び外国産MWでそれぞれ2試料であり、J-14が11 μg/Lで最も高い濃度であった。IO₃⁻はH-12が87 μg/Lで、他の試料と比較して高い濃度であった。

4. 産地による各成分の比較

表7に北海道産MW、北海道外産MW及び外国産MWの含有成分の平均値を示した。なお、定量限界値未満の数値は0として計算した。ダネット検定による北海道産MW

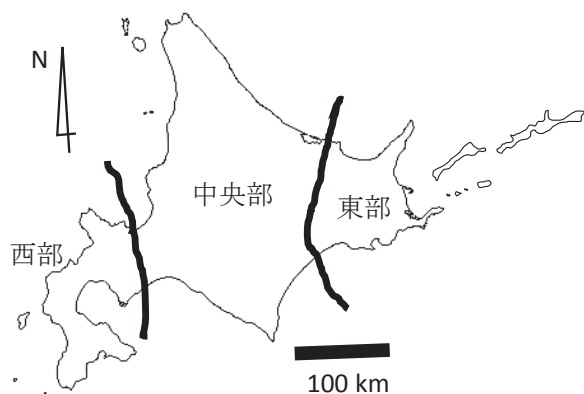


図2 北海道の地域の分類図

表 6-2 北海道外産ミネラルウォーターの
その他の含有成分濃度

試料番号	TOC (mg/L)	Fe	Zn	V	Ge ($\mu\text{g/L}$)	I ⁻	IO ₃ ⁻
J-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J-2	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	1
J-3	0.1	ND	ND	2	ND	ND	4
J-4	ND	ND	5	ND	ND	ND	1
J-5	ND	1	ND	4	ND	ND	ND
J-6	ND	ND	ND	5	ND	ND	ND
J-7	0.1	ND	ND	1	ND	ND	ND
J-8	0.1	ND	ND	60	ND	ND	ND
J-9	ND	ND	ND	5	ND	ND	ND
J-10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J-11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J-12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3
J-13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J-14	0.1	ND	ND	66	ND	11	ND
J-15	ND	ND	ND	70	ND	ND	ND
J-16	ND	ND	ND	56	ND	ND	ND
J-17	ND	ND	ND	ND	ND	4	2
J-18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J-19	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J-20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2
J-21	ND	ND	ND	7	ND	ND	ND
J-22	ND	ND	ND	12	2	ND	1
J-23	ND	10	ND	16	ND	ND	ND
J-24	ND	ND	2	8	ND	ND	12
J-25	ND	1	ND	ND	5	ND	ND
J-26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
J-27	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16

ND : 0.1mg/L 未満 (TOC), 1 $\mu\text{g/L}$ 未満 (その他)

表 6-3 外国産ミネラルウォーターの
その他の含有成分濃度

試料番号	TOC (mg/L)	Fe	Zn	V	Ge ($\mu\text{g/L}$)	I ⁻	IO ₃ ⁻
W-1	1.4	1	ND	ND	ND	ND	ND
W-2	0.1	ND	ND	2	ND	ND	ND
W-3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1
W-4	0.3	ND	1	ND	ND	ND	ND
W-5	0.4	2	ND	ND	ND	5	3
W-6	0.3	1	ND	ND	ND	9	2
W-7	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	1
W-8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
W-9	0.2	ND	ND	54	ND	ND	ND
W-10	ND	3	ND	3	ND	ND	2
W-11	0.2	ND	ND	50	ND	ND	9

ND : 0.1mg/L 未満 (TOC), 1 $\mu\text{g/L}$ 未満 (その他)

表 7 北海道産ミネラルウォーターと北海道外産
及び外国産ミネラルウォーターの含有成分
濃度の平均値の比較

成分	北海道産	北海道外産	外国産
pH	7.4	7.1	6.7
Na ⁺ (mg/L)	15.8	11.0	20.5
K ⁺ (mg/L)	2.5	1.8	3.5
Ca ²⁺ (mg/L)	11.6	11.4	112 **
Mg ²⁺ (mg/L)	3.4	3.6	27.0 **
Cl ⁻ (mg/L)	19.4	6.9 *	17.3
NO ₃ ⁻ (mg/L)	2.6	3.5	4.6
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	11.1	7.6	122
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	47.6	58.1	352 **
SiO ₂ (mg/L)	38.2	30.6	29.1
BO ₃ (mg/L)	0.3	0.1	0.1
TOC (mg/L)	0.2	0.0	0.3
Fe ($\mu\text{g/L}$)	0.7	0.4	0.6
Zn ($\mu\text{g/L}$)	0.7	0.3	0.1
V ($\mu\text{g/L}$)	4.1	11.6	9.9
Ge ($\mu\text{g/L}$)	0.3	0.3	0.0
I ⁻ ($\mu\text{g/L}$)	0.0	0.6	1.3
IO ₃ ⁻ ($\mu\text{g/L}$)	5.6	1.6	0.0

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

とその他の産地の MW の比較では、Ca²⁺ 及び Mg²⁺ で北海道産 MW と外国産 MW の間に差が認められた ($p < 0.01$)。さらに Cl⁻ で北海道産 MW と北海道外産 MW との間に差が認められた ($p < 0.05$)。外国産 MW の SO₄²⁻ 濃度の平均は北海道産 MW よりもかなり高いと考えられたが (表 4-3)、有意差は認められなかった。これは W-4 の SO₄²⁻ 濃度が外国産 MW の中でも非常に高く、平均値がこの値の影響を受けたためである。

考 察

伊藤らによる 1992 年の報告³⁾ では、北海道産 MW の特徴として、硬度が比較的低濃度であること、SiO₂ 濃度が高いこと及び陰イオンが HCO₃⁻、陽イオンが Ca²⁺ 等のアルカリ金属が主成分で、Na-Cl 型の出現頻度は低いとされている。本報告では硬度の成分である Ca²⁺ 及び Mg²⁺ 及び SiO₂ 濃度には、北海道産 MW と北海道外産 MW の間に統計的な差は認められず、当時とは異なった結果となった。高濃度の硬度は水の美味しさを損ない、高濃度の SiO₂ は水の美味しさを増す成分と見なされている¹⁷⁾。一般に軟水を好むような消費者の趣向に應えるため、最近では低硬度、高 SiO₂ 濃度の水源を対象として MW が生産されていることが推測される。北海道産 MW と北海道外産 MW の主成分濃度に大きな違いは認められないといえるが、Cl⁻ 濃度のみに差が認められた。河川や地下水中の Cl⁻ の起源として、海水、地質、火山や温泉といった自然汚染及び生活排水といった人為的汚染等がある¹⁸⁾。本研究における北海道

産 MW 及び北海道外産 MW の採水地は広範囲に渡っており、Cl⁻ 濃度の差の理由を特定するためにはそれらの環境を個々に把握する必要がある。

静岡県と山梨県で生産されている MW は 56-70 µg/L の高濃度の V が含有しており、玄武岩層が発達している地質を反映していると考えられている¹⁹⁾。北海道産 MW ではそのような高濃度の V を含有するものがなかったが、数 µg/L から 12 µg/L の濃度で含有している試料が認められた。最も濃度が高かった H-5 の湧出地である利尻島では、利尻山の新しい時代の岩石は玄武岩が多くを占めていると報告されていることから²⁰⁾、地質の影響を受けていると推測される。日本において MW の V の規格基準は定められていないが、米国の食事摂取基準では、成人で 1 日に 1.8 mg が上限と定められている²¹⁾。過去の MW の V 濃度に関する調査例で最も高い濃度であった試料 (92 µg/L) を 1 日 2 L 飲用したとしても上限値を大幅に下回ると報告されている²²⁾。Ge はほとんどの試料で検出されず、4 試料のみで検出されたが数 µg/L と低濃度であり、そのうちの 2 試料は北海道産であった。日本において Ge はある種の鉱物や石炭中に存在しているが量的に微量なため^{23, 24)}、地下水の濃度は低く、高濃度の Ge を含有する MW は珍しいと考えられる。

北海道外産 MW 及び外国産 MW で、I⁻ が数試料で検出されたが、北海道産 MW ではすべて IO₃⁻ として検出された。特に H-12 では他の試料と比較して高濃度で含有していた。I⁻ は水道水質基準や MW 規格基準に含まれていない。しかしながら温泉水の飲用に対して、甲状腺機能亢進症である人は 1 日に 0.1 mg/kg を超えて摂取することは禁忌とされている²⁵⁾。H-12 の場合、IO₃⁻ を I⁻ に換算して、甲状腺機能亢進症である人がおおよそ 1.6 L 飲用すると温泉飲用の許容量を超えてしまうため注意が必要である。一般的にヨウ素は陸水域では主に I⁻、IO₃⁻ 及び有機ヨウ素として存在しており²⁶⁾、温泉のような還元的な環境では I⁻ として存在する²⁷⁾。H-12 の原材料は温泉水であり、湧出直後は比較的高濃度の I⁻ を含有していたと考えられる。この試料は本報告では今回未発表の成分の分析結果からオゾンによる殺菌・除菌が行われ、処理の過程で I⁻ が酸化されたと推測する。水道水では、無機態ヨウ素は塩素消毒により、ほぼ IO₃⁻ として検出されることが報告されている²⁸⁾。

北海道産 MW は採水地の地域によって優占する陽イオンに特徴があった。すなわち、北海道東部では Ca²⁺、西部では Na⁺ が優占した。花崗岩地域では、天水の性質が残る残層地下水で Ca-HCO₃ 型となり、深度が増すにつれ Na-HCO₃ 型、Ca-Cl 型となる傾向がある。堆積岩地域では海水由来の Na-Cl 型となる傾向がある²⁹⁾。北海道東部から中部を採水地とする MW の水質は天水の影響が強く、西部を採水地とする MW の水質は、原水の帯水層を蓄える土壌や海水の影響を受けていることが考えられる。このように、北海道産 MW の主成分の組成は、採水地である地域性を反映していることが示唆された。

要 約

市販北海道産 MW の含有成分濃度の特徴を明らかにするため、北海道産 MW20 試料と北海道外産 MW27 試料及び外国産 11 試料を比較した。北海道産 MW と北海道外産 MW では、Cl⁻ の平均値に有意差が認められ、北海道産 MW の方が高濃度であった。その他の含有成分の平均値には有意差が認められなかった。北海道産 MW と外国産 MW では、Ca²⁺ 及び Mg²⁺ の平均値に有意差が認められ、両成分とも北海道産 MW の方が低濃度であった。また、北海道東部で採水された MW の優占主要陽イオンは Ca²⁺ であったのに対し、北海道西部では Na⁺ であった。

文 献

- 1) 日本ミネラルウォーター協会ホームページ：統計資料, <https://minekyo.net/publics/index/5/> (最終確認：令和 6 年 5 月 20 日)
- 2) 小谷玲子, 千葉善昭, 都築俊文, 井上勝弘：ミネラルウォーターの成分組成. 道衛研所報, **26**, 120-122 (1976)
- 3) 伊藤八十男, 内野栄治, 上田祥久, 高野敬志, 都築俊文：市販ミネラルウォーター類の成分組成. 道衛研所報, **42**, 25-29 (1992)
- 4) 独立行政法人国民生活センター：表示に問題があったミネラルウォーター, 報道発表資料, 平成 27 年 9 月 3 日
- 5) 独立行政法人国民生活センター：シリカやケイ素を摂取できるといった飲料、健康食品等に関する調査—ケイ素の摂取は美容や健康に良い?—, 報道発表資料, 令和 4 年 12 月 7 日
- 6) 小野比奈子, 濱田浩美：ミネラルウォーター類の水質分析と飲用水に対する意識調査. 千葉大学教育学部研究紀要, **57**, 355-371 (2009)
- 7) 北井康貴, 布川裕一, 中谷暢丈：北海道産容器入りミネラルウォーター類におけるイオン組成からみた水質特性. 酪農学園大学紀要自然科学編, **42**, 1-9 (2017)
- 8) 佐藤千鶴子：第 6 章金属成分 6.1 ナトリウムとカリウム. 水の分析第 5 版 (日本分析化学会北海道支部編), 化学同人, 京都, 2005, pp.205-209
- 9) 藤井清志：第 6 章金属成分 6.2 カルシウムとマグネシウムおよび硬度 6.2.2 キレート滴定法. 水の分析第 5 版 (日本分析化学会北海道支部編), 化学同人, 京都, 2005, pp.211-216
- 10) 島津製作所分析計測事業部：イオンクロマトグラフ応用データ集第 6 版. 島津製作所応用技術部, 京都, 2015, p.18
- 11) 環境省自然環境局：鉱泉分析法指針 (平成 26 年改訂, 環境省自然環境局, 東京, 2014, pp.134-139)
- 12) 日本規格協会：工業用水試験方法 JIS K 0101. 日本規格協会, 東京, 1998, pp.191-196
- 13) 日本規格協会：工業排水試験方法 JIS K 0102. 日本規格協会, 東京, 1993, pp.54-56
- 14) 日本水道協会：上水試験方法 2020 年版, II. 一般理化学・無機物編. 日本水道協会, 東京, 2001
- 15) 農林水産省食品流通局長通達 2 食流第 1071 号「ミネラルウォーター類 (容器入り飲用水) の品質表示ガイドライン」平成 2 年 3 月 30 日
- 16) 加藤 誠：第 1 章序説. 日本の地質 1 北海道地方 (日

- 本の地質「北海道地方」編集委員会編), 共立出版, 東京, 1990, pp.1-4
- 17) おいしい水研究会: おいしい水について. 水道協会雑誌, **54**, 79-83 (1985)
 - 18) 国土交通省水質連絡会: 河川水質試験方法 (案), 2008 年版河川管理者のために, 国土交通省水質連絡会, 東京, 平成 21 年 3 月
 - 19) 興水達司, 酒井陽一, 戸村健児, 大下一政: 地球環境変化の健康への影響ー地球科学よりー. 地球環境, **2**, 215-220 (1998)
 - 20) 小林哲夫: 利尻火山の地質. 地質学雑誌, **93**, 749-760 (1987)
 - 21) Institute of Medicine of the National Academies: Dietary reference intakes, the essential guide to nutrient requirements, The National Academies Press, Washington, D.C., 2006, pp.414-422
 - 22) 吉田宗弘, 生田 剛: 食品および飲料水中のバナジウム含量と日本人のバナジウム摂取量 (予報). Trace Nutr. Res., **24**, 65-70 (2007)
 - 23) 西 隆雄: ゲルマニウム多結晶の製造法. 電気化学, **34**, 465-469 (1966)
 - 24) 植田正明: ゲルマニウム資源の現状と将来. エネルギー・資源, **13**, 369-374 (1992)
 - 25) 前田眞治: 新しく改定された「温泉の禁忌症・適応症および注意事項」について. 温泉科学, **65**, 152-163 (2015)
 - 26) 天知誠期: ヨウ素の地球学と微生物: ヨウ素の揮発, 濃縮, 酸化, 還元, 吸着, 脱ハロゲン化反応を触媒するバクテリア. 地球科学, **47**, 209-219 (2013)
 - 27) 村松康行: ヨウ素を通してみた地球・環境・生物. Isot. News, **47**(5), 2-7 (2005)
 - 28) 亀谷勝昭, 松村年郎, 内藤光博: 陸水中のヨウ化物イオンとヨウ素酸イオンの陰イオン交換樹脂による分離とその定量. 分析化学, **41**, 337-341 (1992)
 - 29) 佐々木宗建: 地下水水質の形成過程の基礎的数値解析. 地質調査研究報告, **59**, 117-122 (2008)