

熊本市飲用地下水水質の特徴と おいしい水としての評価に関する考察

川越保徳* 岩佐康弘** 湯之上勉**
 前田香織** 富家 和男* 柿本竜治***

Water Quality Characterization and Evaluation of Kumamoto City Drinking Groundwater as Tasty Water

Yasunori KAWAGOSHI*, Yasuhiro IWASA**, Tsutomu YUNOUE**,
 Kaori MAEDA**, Kazuo TOMIIE* and Ryuji KAKIMOTO***

* Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Kurokami 2-39-1, Kumamoto, Kumamoto 860-8555, Japan

** Kumamoto City Waterworks Bureau, Suizenji 6-2-45, Kumamoto, Kumamoto 862-8620, Japan

*** Center for Policy Studies, Kumamoto University, 2-39-1, Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan

Abstract

Kumamoto City is a worldwide exceptional urban area where 100% of its water supply comes from groundwater; however, reductions in groundwater amount and nitrate pollution level are current concerns. In this study, the water quality characteristics of well water samples collected in Kumamoto City were investigated. Most of these samples showed water quality characteristics of the “alkali metal-bicarbonate type”, which are typical of Japanese groundwater. They also contained equivalent amounts of Ca^{2+} , Mg^{2+} and Na^+ . The well water samples were divided into 11 large groups on the basis of their water quality characteristics related to groundwater flow. No significant change in the water quality of wells in Kumamoto City has been observed over the past 20 years except for a few wells. From the results of a water tasting test, the taste of Kumamoto City tap water was considered to be the same or better than that of commercial bottled waters, and a truly tasty water index (TTWI) was established on the basis of the relationship between the water characteristics and the results of the water tasting test.

Key words : Kumamoto, groundwater, drinking water, water quality, tasty water

1. はじめに

67 万余人の人口を抱える熊本市は、飲料水を含めて水の全てを地下水で賄っている¹⁾。人口 50 万人を超える都市で、地下水を唯一の水源とする例は世界でも珍しく、熊本市は世界的に希少な地下水都市である。この豊富な地下水は、阿蘇山西麓に源を發し、その西方に広がる白川中流域なる田園地帯等で涵養され、「地下水プール」と称される巨大な帯水層から西方に流動し、都市部地下に広がる珪川溶岩層と称する大地下水盆に蓄えられる²⁾。また、熊本の地下水は、豊富なだけでなく、我が国で最もおいしい水の一つとされた銘水でもある³⁾。

しかし現在、涵養地の減少や気象の変化、取水状況の変遷などにより、地下水水位の低下が顕在化し⁴⁾、水質に関しても硝酸性窒素の増加傾向が認められている^{5,6)}。この問題について、水量の保全に関しては、地下水涵養面積の拡大などの施策が打ち出されているものの²⁾、水質管理に対する意識は薄い。また現在、熊本市の水道水を「おいしい」と感じる市民が 4 割にも満たないというアンケート結果⁷⁾や、水道水水質への不安および市販ボトルウォーターの普及などによる市民の水道水離れは、地

下水保全への関心の低下にもつながる。しかしながら、地下水の保全にあたっては、行政施策、技術的対策もさることながら、その原動力とも言える地下水に対する市民の認知と関心、さらには地下水保全への意識向上が非常に重要となる。これについては、上記のアンケート調査において、水道水の水質やおいしさなどへの関心は比較的高いことから、市民に対して地下水水質の特徴やおいしさに関する情報を提供することで、地下水保全への関心と意識の向上を促すことの意義は大きい。また、日本の代表的な地下水の一つである熊本の地下水水質の現状を明らかにすることは、今後の我が国の地下水保全を考える上でも重要である。そこで本研究では、現在、熊本市の水道水源として利用されている地下水水質の特徴づけを行った。また、昨今、おいしさや嗜好性をアピールして市販されているボトル水と熊本の水道水について官能試験（きき水）を行い、水質との関係を分析し、「おいしい水」に関して考察した。

2. 方法

2.1 熊本地域の地下水流動と熊本市水道水源地

熊本地域とは、熊本市とその周辺 14 市町村からなる

* 熊本大学大学院自然科学研究科 〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1

** 熊本市水道局 〒862-8620 熊本市水前寺6-2-45

*** 熊本大学政策創造研究教育センター 〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1

地域で、用水の 100 %を地下水に依存していることから地下水保全が特に重要な地域となっている。このため、熊本地域の地下地質構造や地下水流動などについては、これまでもいくつかの調査研究例^{2, 8-11)}がある。

熊本地域の地層構造は、大きく東部が台地、西部が低地で成り立っている。東部の台地は先阿蘇火山岩類を基盤とし、その上に第 4 紀層の阿蘇火砕流堆積物が覆っており、堆積時期の古い下層から順に、Aso-1, Aso-2, Aso-3, Aso-4 と称される。これら阿蘇火砕流堆積物が本地域の主要帯水層を形成し、主として Aso-1, Aso-2, Aso-3 を流れる地下水流動層を第 2 帯水層、Aso-4 やその上部に堆積する砂礫層からなる地下水流動層を第 1 帯水層と称している。第 1 帯水層と第 2 帯水層の間には、部分的に布田層、花房層と呼ばれる不透水層が存在し第 2 帯水層の一部は被圧化している^{2, 11)}。

2.2 地下水試料および水質検討項目

Fig.1 に熊本地域における第 2 帯水層の地下水流動と地質の概要、および熊本市水道水源の位置を示す²⁾。地下水の涵養源は、阿蘇山の西麓地域、熊本県北部の菊池台地および植木台地であり、とりわけ阿蘇西麓とその西側に広がる白川中流域と呼ばれる地域が重要な涵養源と考えられている。本地域で地下水が豊富な理由は、地下に広がる阿蘇火砕流堆積物が極めて高い浸透性を有することにある。特に白川中流域では第 1 帯水層と第 2 帯水層の間に不透水層が無く、降水や地表水は速やかに第 2 帯水層に達し、多量の地下水が熊本市に輸送される。熊本市南東部の地下には、砥川溶岩層と称する溶岩層による巨大な地下水盆地が形成されており、これらの地下水を蓄えている。一方、西部地域は沖積層地質となっており、白川や地表からの影響を受けやすい状況にある⁹⁾。

2008 年現在、熊本市は 21 カ所の水源に計 81 本の井戸を有する。北西部の水源については、金峰山を涵養源とする第 3 帯水層の地下水を取水しており²⁾、それ以外は、東および北側から流入する第 2 帯水層の地下水を主に取水している。熊本市の代表的な水源である健軍水源は、砥川溶岩層の直上に位置し、一日約 62,000 m³の取水能力を誇る。

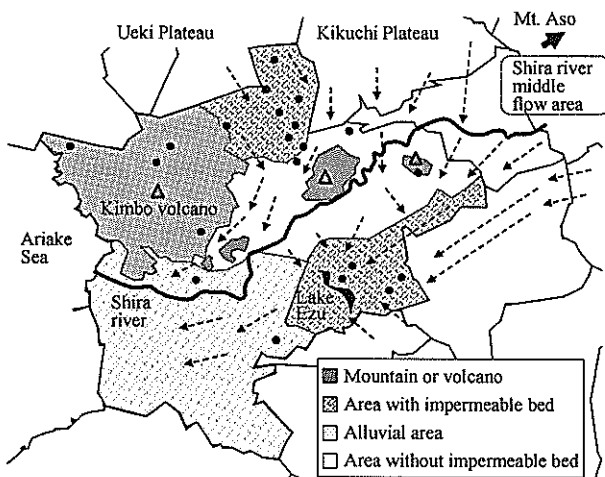


Fig.1 Groundwater flow in Kumamoto-area and location of Kumamoto City tap water sources. Closed circle: location of water source

本研究では、熊本市の代表的な飲用地下水である水道水源地下水を対象とした。井戸深度などの詳細は熊本市水道局の水質年報にて公表している⁶⁾。また、水質比較用データとしては、熊本市環境総合研究所が実施した国内外の市販ボトル水の水質測定結果¹²⁾を用いた。さらに、熊本市水道局が保管している過去 20 年に遡る水質データと現在の水質との差異について比較した。水質項目は、総酸度、総アルカリ度、各種イオンなどの溶解性成分とした。

2.3 水質分析方法

水質の測定は、基本的に上水試験方法¹³⁾に準じた。陽イオン成分と溶性ケイ酸は ICP 発光分析法、陰イオン成分はイオンクロマトグラフ法、総アルカリ度は滴定法で測定した。

2.4 官能試験(きき水)およびおいしい水の評価

はじめに、10 名の大学生(年齢: 22~24 歳, 熊本在住歴: 4~6 年(9 人), 22 年(1 人))と 5 人の社会人(年齢: 38~59 歳, 熊本在住歴: 6~59 年)の計 15 人の被験者にて、熊本市の水道水(浄水)19 種類と国内の市販ボトル水 1 種類、および外国産ボトル水 2 種類の計 22 種類の水について予備的なきき水を行った。各試験水試料をペットボトルに入れ、アスコルビン酸ナトリウムを 2mg·l⁻¹ 添加した。各自で自由に 22 種類の水試料を試験することとした。試験水温と室温は、ともに 23℃とした。おいしさは 4 段階で評価して各被験者にて点数(とてもおいしい: 4 点, おいしい: 3 点, 何とも思わない: 2 点, まずい: 1 点)をつけ、全被験者から得られた点数の平均値を“おいしさ点数”とした。

1 回目の結果を踏まえ、2 回目のきき水を実施した。被験者は、大学生 12 人(年齢: 22~24 歳, 熊本在住歴: 4~6 年(11 人), 22 年(1 人))と社会人 8 人(年齢: 23~59 歳, 熊本在住歴: 6~59 年)の計 20 人とした。硬度が 0~30, 30~70, 70~110, 110 以上、の範囲にある市販ボトル水を各々 4 種類ずつ用意し、これに 2 種類の熊本市浄水を加えた 6 種類の水を 1 セットにして計 4 回のきき水を行った。おいしさの評価方法は 1 回目と同様に行った。

3. 結果及び考察

3.1 溶存成分組成からみた熊本市水道水源水質の特徴

3.1.1 パイパーダイアグラムによる熊本市地下水と国内外ボトル水との水質比較

Fig.2 に、81 カ所の熊本市水源取水井原水、地下水あるいは湧水を原水とする 103 種類の国内ボトル水、および 31 種類の外国産ボトル水の水質をプロットしたパイパーダイアグラムを示す。

外国産ボトル水では、プロットエリアの両端に位置する極端な水質を示すものも多く見られるのに対し、国内ボトル水はプロットエリアの中央寄りにプロットされ、日本の地下水に一般的なアルカリ土類炭酸塩(Ca-HCO₃, Mg-HCO₃)型の水質¹⁴⁾を示すものが多い。一方、熊本市水道原水については、全取水井 81 カ所のうち、70 カ所の水がアルカリ土類炭酸塩型の水質を示した。これらの原水は、Fig.2 左下、右下の三角ダイアグラムで明らかかなように、Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺(K⁺)の各陽イオン成分をほぼ等量ずつ含み、重炭酸塩に富むことが特徴としてあ

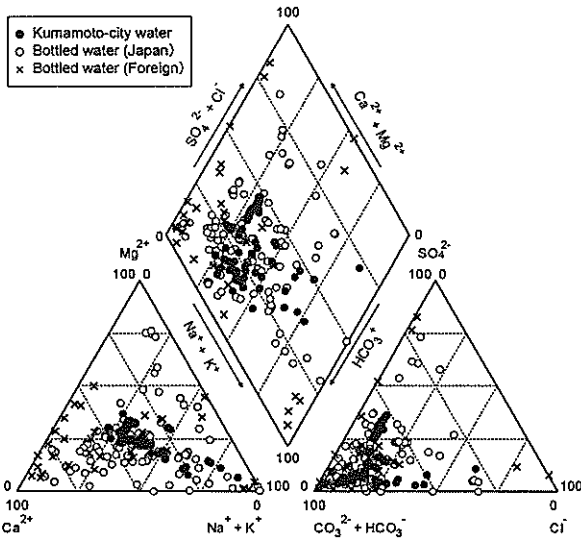


Fig.2 Piper diagram of well waters for Kumamoto City tap water and commercial bottled water

げられる。それ以外では、9カ所の原水がアルカリ炭酸塩型との中間型を示した。また、2カ所のみではあるが、アルカリ非炭酸塩型を示すものがあったが、これらは感潮域にある白川の近くにある城山水源地の水であり、白川の影響を受けているものと考えられる¹⁵⁾。

3.1.2 溶存成分組成にもとづく熊本市水道原水のグループング

次に、水質の特徴に基づく各水道水源地水のグループングを目的として、溶存成分を変数とするクラスター分析を行った。距離計算は基準化ユークリッド距離、クラスター化はウォード法にて行った。

上記、81カ所の水道水原水について分析を行った結果、これらは大きく11種類のグループに分けられ、それ以外に2つの取水井の水が単独で抽出された。Fig.3に、熊本市水道水源地とクラスター分析結果を、Fig.4に、各グループに典型的な水質を有する原水の水質をリーダーチャートで示す。

クラスター分析で抽出された11種類のグループは、ほぼ水源地の位置ごとに集まり、地下地質構造および地下水流動との関係が確認された。北部のAおよびBグループは、主に北側から流入する植木台地からの地下水と推定され、溶性ケイ酸濃度は、全グループ中最も高く、アルカリ度は最も低いといった特徴を有した。CグループとDグループは、ともに、阿蘇西麓地域からの地下水に加えて、植木台地、菊池台地起源の地下水が流入している状況が推定されるが、CグループはDグループよりも溶存成分が若干少なく、ホウ素およびF⁻濃度が高いといった特徴を有した。これは、この地域の地下に断層があり、菊池方面からの温泉の影響によるものと推定される。同様に、Eグループは、ホウ素やF⁻の濃度が非常に高い例外的な水質を有し、温泉の影響が大きいことが示唆される。東側に位置する託麻水源地だけで1グループを形成したFグループは、阿蘇西麓からの地下水流入の寄与が最も大きいと考えられ、C、D、および後述するGグループの水質に類似するが、溶存成分濃度が全体的に高く、特にNO₃⁻濃度が高いことが特徴的である。



Fig.3 Grouping of Kumamoto City tap water sources and groundwater flow

これについては表層からの影響が推定され、水質保全の観点から、今後注意が必要である。GとHグループ地域の地下には、砥川溶岩層からなる大地下水盆地があり、多方向から多量の地下水が流入している。水質的には、阿蘇西麓由来の地下水水質と言えるが、Fグループに比べてSO₄²⁻濃度が高いことが特徴となる。これは高濃度のSO₄²⁻を含む白川¹⁵⁾の影響が推定され、北側から流入する地下水の寄与が、東部に位置するFグループよりも高いことを示すものと考えられる。Iグループは、川尻水源地で単独のグループを形成したが、本水源地は地下水の下流域に位置し、水質的にはGやHグループの地下水が軟水化してNa⁺およびK⁺濃度が上昇したものと推定される。Jグループも城山水源地のみで単独のグループを形成した。本水源地もIグループと同じく地下水下流域の沖積層地域に位置し、軟水化とともに、感潮域にある白川の影響を受けているものと考えられる。北西側のKグループは、溶存成分が非常に少なく、他の水源地水質とは大きく異なることから、金峰山を涵養源とする第3帯水層地下水であることを裏付けた。

一方、グループを形成せず単独で抽出された2カ所の取水井の水について、託麻5号井の水質は、他の同水源地の井戸水に比べて溶存成分が多く、特にNO₃⁻濃度が著しく高いために単独のクラスターを形成した。城山3号井についても溶存成分が多く、Cl⁻およびNa⁺濃度も高いことから、白川の影響を特に強く受けているものと考えられる。熊本地域や熊本市地下水における水質による分類は、これまでもヘキサダイアグラム等による解析例が報告されており¹⁾、今回の検討においても概ねそれらを支持する結果となった。しかし、これまで水道水水源地原水での検討例はなく、さらに本研究では飲料水水質として重要なNO₃⁻やF⁻などを含めて検討することで、地質水文学的な水質評価に加え、地表や近隣河川からの影響との関係を示唆する知見が得られた。

3.1.3 20年間における熊本市水道原水中の溶存成分組成の変化

熊本市の水道水、すなわち地下水は、1984年に実施された“おいしい水研究会”による評価において特においし

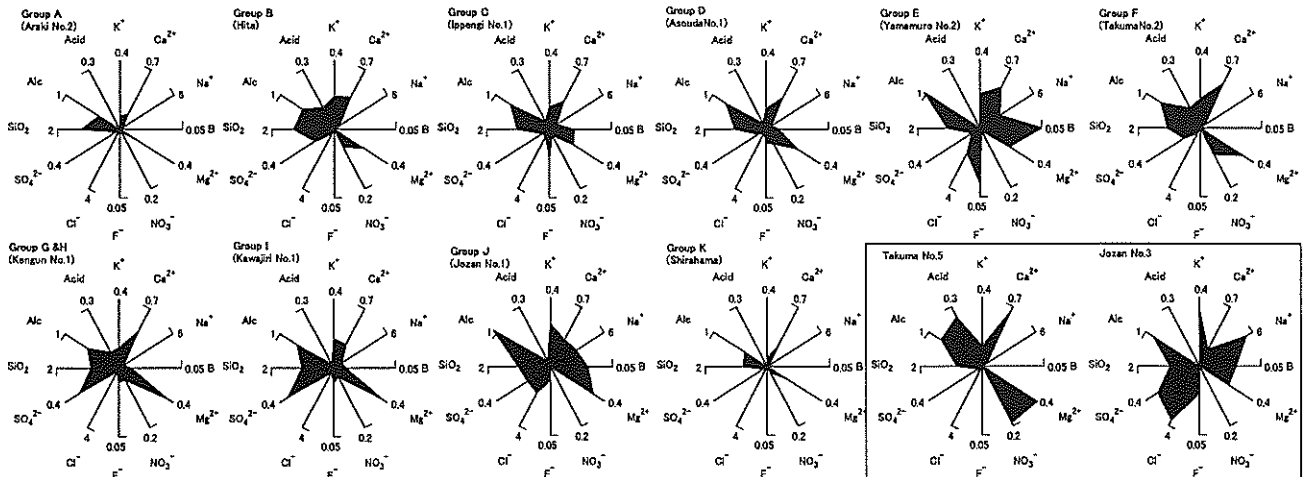


Fig.4 Water quality characteristics in each group of Kumamoto City tap water sources (mmol·l⁻¹)

い水とされた銘水である¹⁶⁾。しかし、約 20 年を経過した現在では、水質が変化している可能性も否定できない。また、現在、熊本地域の地下水については、地下水量および地下水位の低下が認められ、水質への影響も推定される。

Fig.5 に、6 カ所の取水井原水について 1986 年、1997 年、および 2007 年の各水質の変化をレーダーチャートにて比較した。白塗りの外郭線は 1986 年、点描部分の外郭線は 1997 年、黒塗りの外郭線は 2007 年のデータを示す。

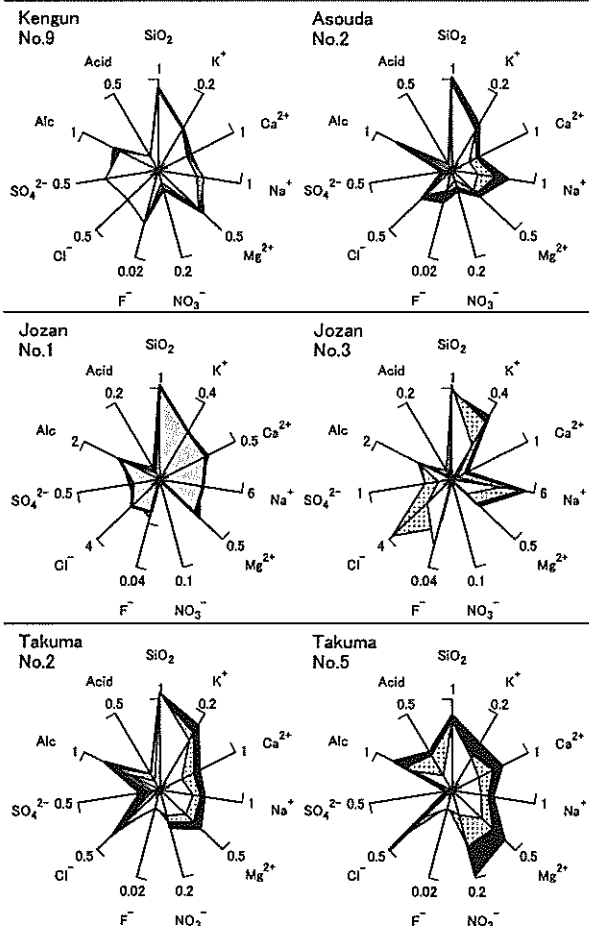


Fig.5 Change of water quality characteristics of well waters for Kumamoto City tap water over the past 20 years

健康水源地 9 号井やその他多くの水源地原水では、 SO_4^{2-} と NO_3^- 濃度に若干の上昇はみられるものの成分組成はほとんど変化しておらず、熊本市の主要な飲用地下水水質は 20 年を通じて概ね維持されていることが分かった。同様に各水源地井の成分組成には大きな違いはなかったが、濃度変化が認められる井戸もあった。例えば、E グループに属する麻生田水源地 2 号井については、溶存成分組成は概ね保存されているものの、健康水源地等に比べて硬度成分や Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 濃度の増加傾向がみられた。同じ傾向は E グループの水源地全体にみられ、今後の経過に注意する必要がある。4 つの取水井を有する城山水源地では、クラスター分析で単独に抽出された同水源地内の城山 3 号井に限り、1986 年から 1997 年の 10 年間で Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} などの濃度が著しく上昇し、この 10 年間で水質が一変していた。また、5 本の取水を有する託麻水源地の水についても、他の水源地に比べ 20 年間で水質変化が大きいことが分かった。これらについては、周辺表層水の影響や取水井の構造および老朽化が原因として推定されるが、不明な点も多く引き続き調査を進めている。さらに、クラスター分析で単独に抽出された託麻 5 号井では、 NO_3^- 濃度の上昇が特に著しいことが分かった。以上より、水質の変化が大きいこれらの水源地周辺地下水に関しては、単なる水質モニタリングにとどまらず、飲用水質管理の観点からの警戒と対策が必要と考えられる。

3.2 熊本市地下水のおいしさの評価とおいしい水指標

3.2.1 きき水による熊本市地下水のおいしさの評価

1980 年代においしい水とされた¹⁶⁾熊本市の水道水(地下水)を再評価するため、現代版のおいしい水ともいえる市販ボトル水を対照にきき水を行った。

はじめに、熊本市の 19 種類の浄水と国内ボトル水 1 種類、および外国産ボトル水 2 種類の計 22 種類の試験水で予備的なきき水を行った。Fig.6 に結果を示す。熊本市の各浄水と国内ボトル水との間においしさ点数で有意差はなく (t 検定, 棄却率: < 1%)、熊本市浄水はここで比較した国内ボトル水と比べておいしさに遜色のないことが分かった。一方、外国産ボトル水の得点は、いずれも熊本市浄水の平均値より低く、平均値の差の検定で有意差が確認 (棄却率: < 1%) された。今回使用した外国産ボトル水はともに硬度が 300 以上であり、旧厚生

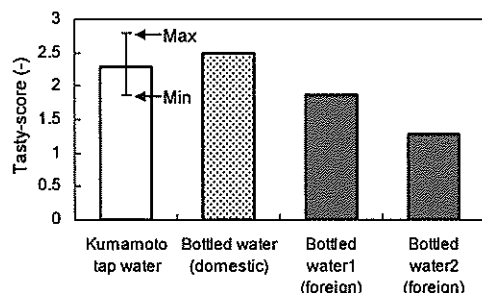


Fig.6 Tasty score of Kumamoto City tap waters and commercial bottled waters obtained from water tasting test

省（現厚生労働省）の“おいしい水の要件”³⁾の一つである硬度は、水のおいしさに対して大きく影響することが確認された。

この結果を踏まえ、次に、4段階の硬度の範囲を設定して1グループとし、各硬度グループにあてはまる国内ボトル水4種類と熊本市浄水2種類を用意して、グループごとに計4回の利き水を実施した。結果をFig.7に示す。ここでは、各グループにおいて熊本市浄水の平均値を1としたときの割合で表した。熊本市浄水の結果は、平均値を棒グラフで、各浄水の結果をバーで示す。いずれのグループにおいても、熊本市の浄水が高い得点となり、熊本市浄水はこれら16種類の市販ボトル水に対しても同等以上のおいしさを有することが分かった。

3.2.2 おいしい水の指標に関する考察

旧厚生省は、蒸発残留物や硬度などから、おいしい水（水道水）の要件を定めている³⁾。また、橋本らは、おいしい水インデックス（O-Index (OI) : $(Ca^{2+} + K^+ + SiO_2) / (Mg^{2+} + SO_4^{2-})$)を提案し、OIの値が2以上の水をおいしい水とした¹⁷⁾。Table 1に、熊本市の19種類の浄水のOI値を溶存成分とともに示す。熊本市の浄水はおいしい水の要件を満たし、OI値についても2つの浄水が1.9である他は全て2.0以上であった。ただし、これについては、藤田が指摘するように¹⁸⁾、当時、OI値を検討する際のおいしい水の一つとして熊本市の地下水が使用されていることから当然の結果ともいえる。おいしい水の指標については他にもいくつかの検討例がある¹⁹⁻²²⁾が、熊本市地下水のおいしさを評価するには、対象とする水質項目が検出限界値未満である等の理由で不適当であった。

そこで、上記のきき水において、熊本市浄水や市販ボトル水の間で差がみられたことを踏まえ、水のおいしさ

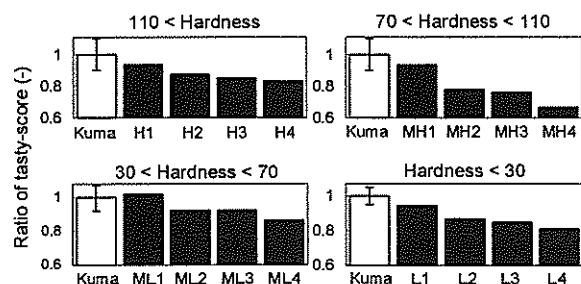


Fig.7 Comparison of tasty score between Kumamoto City tap waters and commercial bottled waters

Table 1 Concentration of dissolved compounds and O-index of Kumamoto City tap waters

Source	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ -N	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	B	O-index
Shirahama	2.0	9.9	6.2	3.3	48	1.5	0.01	4.7	3.4	46	0.01	8.6
Araki	4.0	11.8	9.4	4.4	59	2.9	0.05	6.8	5.6	70	0.02	8.6
Ippongi	4.6	14.4	24.7	4.8	88	2.7	0.36	19.2	6.6	61	0.18	7.0
Nishikajio	6.1	13.9	13.0	5.2	68	3.8	0.07	10.8	8.1	73	0.03	7.0
Yamamuro	6.1	17.4	30.4	5.3	101	2.2	0.50	32.1	6.9	61	0.30	6.9
Yoshino	2.6	10.4	6.3	5.6	59	2.3	0.01	4.5	3.7	50	0.01	6.8
Izumi	5.1	16.1	23.4	5.3	92	2.8	0.33	20.3	6.7	60	0.19	6.8
Asouda	4.4	16.9	12.1	5.9	78	3.9	0.09	7.9	6.6	58	0.06	6.4
Tsuruhata	5.1	18.7	14.0	6.8	88	4.4	0.10	13.1	6.9	60	0.07	6.1
Hakenomiya	5.3	17.2	21.7	5.6	94	3.2	0.33	17.9	7.6	58	0.20	6.1
Kamei	4.8	18.9	13.9	6.4	94	3.6	0.20	9.4	7.9	58	0.07	5.7
Hita	5.5	16.8	12.8	6.0	83	3.9	0.07	9.5	9.6	65	0.05	5.6
Ikenoue	3.8	15.1	10.5	7.2	77	2.0	0.15	7.2	18.0	56	0.04	3.0
Takuma	4.7	22.0	12.5	8.6	82	4.6	0.14	10.6	24.4	55	0.05	2.5
Kengun	4.3	17.0	11.9	8.5	73	3.1	0.19	9.0	25.0	56	0.05	2.3
Jozan	4.9	15.0	22.7	7.7	89	2.2	0.25	16.3	26.0	57	0.11	2.3
Akita	4.5	17.4	12.5	8.7	74	2.9	0.20	9.2	27.8	56	0.06	2.1
Kawajiri	6.2	10.8	23.6	8.0	78	1.6	0.24	12.0	30.4	58	0.08	1.9
Niyamazu	4.7	16.7	12.8	8.9	71	2.1	0.22	8.5	33.2	57	0.07	1.9

* Units: mg/l⁻¹ (except O-index)

と水質との関係を調べ、“おいしい水の中のおいしい水指標（TTW-Index (TTWI)）”について考察した。ここでTTWIの検討にあたっては、難解な指標ではなく、OIのようにシンプルなもの、かつ、きき水でおいしいと評価された水ほど指標値が高くなる、あるいは一定の値に収束する様なものを目指した。溶存水質成分の濃度とおいしさ点数との相関を調べた結果、水質成分としては、溶性ケイ酸、K⁺、Mg²⁺、Cl⁻、Na⁺等とおいしさ点数で正あるいは負の相関があることが分かった。橋本が提案したOIでは、一般においしい水とされる地下水が適度な溶性ケイ酸やCa²⁺を含むこと、一方で苦味成分であるMg²⁺やSO₄²⁻は水のおいしさにマイナスに働くものと仮定して作成されている^{17,18)}。本研究においても、きき水結果とこれらの知見を踏まえて溶存成分との関係について検討した結果、SiO₂とK⁺の比がおいしさ点数と正の相関であったこと、またNa⁺+Cl⁻の合計とK⁺の比がやはりおいしさ点数と相関があったことなどから、式(1)に示すTTWIを得た。

$$TTWI = \frac{Na^+ + Cl^- + SiO_2}{K^+} \quad (1)$$

TTWIでは、おいしさ点数の高い水は、値が10~20の範囲となる。今回、きき水に供した市販ボトル水のTTWIは4.0~210の範囲にあり、おいしさ点数の最も高かった2種類の熊本市浄水のTTWIは、各々16および17となった。そこで、熊本市浄水のTTWI平均値16.5と各試験水のTTWIの差(TTWI値-16.5)の平方和の対数を求めておいしさ点数をX-Yグラフ上にプロットし、TTWIとおいしさ点数との関係を確認した(Fig.8)。Fig.8から明らかなように、TTWIの値が16.5から離れるほどおいしさ点数が低くなっており、TTWIにて、きき水結果と試験水水質との関係を表せることが分かった。TTWIで用いるNa⁺、Cl⁻、SiO₂とK⁺の比が水のおいしさとのように関係するのかわきりについては不明であり、TTWIは今回のきき水結果と水質との関係を説明できるように導いた指標である。したがって、TTWIの妥当性については、今後さらに検証が必要ではあるものの、市販ボトル水や地下水のように、一般的においしいとされる水のおいしさを比べる場合の一つの指標になり得るのではないかと考えている。

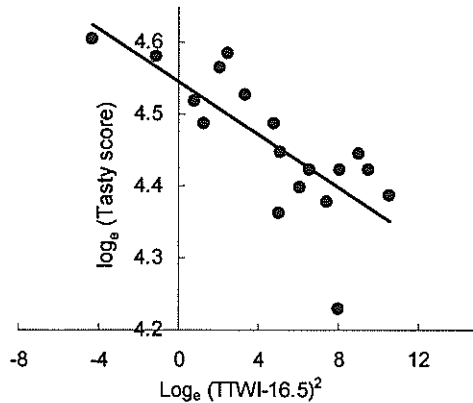


Fig.8 Relationship between truly tasty water index (TTWI) and tasty score

水のおいしさについては人間の嗜好的要素が強く影響するものであり、本研究で得られた結果のみで TTWI の妥当性、信頼性を主張するものではない。しかしながら、おいしい水や健康に良い水等として、水道料金よりもはるかに高い値段の市販ボトル水が氾濫する中、TTWI の様な指標の提案は、水道水や飲用水のおいしさをあらためて評価する一つの手法として検討する価値があると考える。

4. まとめ

本研究では、熊本市の水道水原水について、水質の特徴を明らかにするとともに、官能試験等によりおいしい水としての評価について検討した。得られた知見を以下に示す。

1) 主な熊本市の水道原水は、アルカリ土類金属炭酸塩型の地下水であり、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ の3種類の陽イオン成分がほぼ等量ずつ含まれているといった特徴を有した。

2) 溶存成分によるクラスター分析の結果、熊本市水道原水の水質は大きく11のグループに分けられ、水源地の位置および地下水流動との関係が示された。

3) 熊本市の主要な水道原水水質は、過去20年間を通じてほとんど変化がみられなかった。しかし、一部地域では、軟水化や顕著な NO_3^- 濃度の上昇が認められ、喫緊の対策が必要と考えられる。

4) 熊本市水道水と、市販ボトル水について官能試験を行った結果、硬度が0~150の範囲にある16種類の国内ボトル水と同等以上のおいしさを有するとの結果が得られた。

5) 旧厚生省によるおいしい水の要件を満たすような水に適用可能な“おいしい水の中のおいしい水指標 (TTWI)”を考案した。

謝辞

本研究の遂行にあたり、市販ペットボトル水の水質データを提供いただいた熊本市環境総合研究所の赤星博興氏をはじめする関係各位、ならびに地下水水質の調査解

析に関してご指導を賜りました熊本県保健環境科学研究所の小笹康人氏と今村修氏に深く感謝いたします。

(原稿受付 2008年10月2日)

(原稿受理 2009年5月18日)

参考文献

- 1) 津留靖尚, 森正徳, 馬場正寛 (1995) 熊本市の地下水の水質について (1), 熊本市環境総合研究所報, 3, 34-42.
- 2) 熊本県・熊本市 (2005) 熊本地域地下水保全対策調査報告書, 熊本地域地下水保全対策調査報告書.
- 3) 小島貞夫 (1985) おいしい水の探求, 日本放送出版協会, 60-61.
- 4) 桐山貴文, 市川勉 (2004) 水田を涵養域に持つ地域の地下水保全について, 水工学論文集, 48, 373-378.
- 5) 津留靖尚, 赤星博興, 宮本裕美 (2006) 熊本市における地下水中の硝酸性窒素について, 熊本市環境総合研究所報, 14, 59-67.
- 6) 熊本市水道局 (2007) 平成18年度水質試験年報 (第19集), 平成18年度水質試験年報 (第19集).
- 7) 熊本市水道局 (1996) 将来の水道水源に関する市民意識調査報告書, 将来の水道水源に関する市民意識調査報告書, 6.
- 8) 熊本県・熊本市 (1986) 熊本地域地下水調査報告書, 熊本地域地下水調査報告書.
- 9) 熊本県・熊本市 (1995) 平成6年度熊本地域地下水総合調査報告書, 平成6年度熊本地域地下水総合調査報告書.
- 10) 渡瀬次男 (1983) 熊本市及びその周辺の地下水に関する研究, 水道協会雑誌, 581, 20-28.
- 11) 永井茂, 石井武政, 黒田和男 (1983) 熊本平野の地下水の水文学的研究, 工業用水, 296, 27-43.
- 12) 赤星博興, 末吉栄志, 津留靖尚, 中熊秀光, 田島幸治 (2005) 熊本の地下水と市販ペットボトル水の水質比較, 熊本市環境総合研究所報, 13, 64-81.
- 13) 日本水道協会 (2001) 上水試験方法.
- 14) 後藤達夫 (2007) 日本の浅層地下水の水質, 水, 6, 29-34.
- 15) 植木肇 (1988) 水道用水としてみた熊本県白川の河川水質, 水, 30, 61-68.
- 16) おいしい水研究会 (1985) おいしい水について, 水道協会雑誌, 54, 76-81.
- 17) 橋本奨 (1988) 健康な飲料水とおいしい飲料水の水質評価とその応用に関する研究, 空気調和・衛生工学, 63, 463-468.
- 18) 藤田正憲 (1996) おいしい水の科学と文化, 食品と開発, 32, 10-13.
- 19) 佐藤彰 (1990) おいしい水の化学成分と評価, 生活学園短期大学紀要, 13, 15-27.
- 20) 川合信行, 浜下一正, 畑本二美, 中島一郎 (1994) 多変量解析による自然水の味の解析と成分によるおいしさの判別, 日本食品工業学会誌, 41, 778-784.
- 21) 岩永千尋, 佐々木健 (1996) ファジィ推論を適用したおいしい水の判定, 水環境学会誌, 19, 209-219.
- 22) 祝部大輔, 森本稔, 松本健治 (2006) ミネラルバランスによるナチュラルミネラルウォーターの水質評価, 日本水処理生物学会誌, 42, 207-213.