

## ミネラルバランスによる“ときわの命水”の水質評価

<sup>1)</sup> 鳥取大学医学部医学科社会医学講座医学教育学分野

<sup>2)</sup> 東洋大学総合情報学部

祝部大輔<sup>1)</sup>, 一橋和義<sup>2)</sup>

## Water quality evaluation of “Tokiwa No Meisui” by mineral balance

Daisuke HOURI<sup>1)</sup>, Kazuyoshi ICHIHASHI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Division of Medical Education, Department of Social Medicine, School of Medicine, Tottori University Faculty of Medicine, Yonago 683-8503, Japan*

<sup>2)</sup> *Toyo University, Faculty of Information Sciences and Arts, Kawagoe 350-8585, Japan*

### ABSTRACT

The production of various mineral waters has steadily increased in contemporary society. The purpose of this study was to evaluate the quality of one variety of mineral water “Tokiwa No Meisui” produced in Ina-city, Nagano Prefecture, Japan. Three different kinds of water were analyzed by the objective index of drinking water mineral valance: raw “Tokiwa No Meisui” water, PET bottled “Tokiwa No Meisui” water and city water in Ina City. To evaluate water quality objectively, we quantified the elements contained in the water samples. Samples were assessed not by the usual sensory evaluation but with the evaluation approach advocated by Hashimoto et al. which employs the Water Index of Taste (O-Index) and Water Index of Health (K-Index). These three varieties were also compared in terms of the “Prerequisites for Tasty Water” and the “Standards for Tasty Water” devised for city water by the “Tasty Water Research Association” of the former Japanese Health and Welfare Ministry. The raw water and PET bottled water for Tokiwa No Meisui showed an O-index of  $OI \geq 2.0$  and  $KI \geq 5.2$ , which we classified as tasty/healthy water. The tap water from Ina-city can be classified as tasty water due to its values of  $OI \geq 2.0$  and  $KI < 5.2$ . In general, the raw water and PET bottled water of Tokiwa No Meisui met the “Standard for Tasty Water” and “Prerequisites for Tasty Water”. In recent years, Tokiwa No Meisui has consistently been awarded prizes such as the *Monde Selection Gold Award* and the *Superior Taste Award* (iTQi) based on sensory evaluation. In this study, we showed that “Tokiwa No Meisui” is a delicious (and healthy) variety of mineral water through an objective index to evaluate the mineral balance of drinking water. In conclusion, “Tokiwa No Meisui” was evaluated as good water to drink.

(Accepted on February 24, 2016)

**Key words :** Tokiwa No Meisui, Water Index of Taste, Water Index of Health, tasty water

## はじめに

蛇口を捻ればおいしい水が飲める日本においても、ペットボトル生産量<sup>1)</sup>は年々伸び、日本中で新規にペットボトル水や宅配水サーバーが販売されている。そのような中、健康をキーワードに、機能性を持つ水であることや、権威ある賞などのお墨付きを受けることで他の商品との差別化を目指すのは実に有効な販売戦略だと思われるが、人による官能検査が主で、どの程度客観的な評価がなされているかについては消費者にはあまり伝わっていない状況にある。

今回分析した現在市場に出回っているミネラルウォーターの1つの「ときわの命水」も、2013・14・15年にモンドセレクションのビール・ペットボトル部門で「最高金賞」を3年連続受賞し、また2014・15年には国際味覚審査機構 (iTQi: International Taste & Quality Institute)<sup>2)</sup>より「優秀味覚賞三つ星」を2年連続受賞している<sup>3)</sup>。

モンドセレクション<sup>4)</sup>は、優秀品質の国際評価機関としてベルギーの首都ブリッセルに1961年に設立され、毎年消費生活製品を評価し、品質に応じそれらの商品に賞を授与することをミッションとしている。モンドセレクションのビール、水およびソフトドリンク部門の審査は、20の評価基準から構成されるテースティングシートを使用し、テースティング評価は主に官能的審査により応募商品を五感にて評価が行われる。

一方、優秀味覚賞の審査基準は、主に賞味したときの心地良さに重点が置かれ、その分析方法は官能分析の方式に則っている。各審査員は5項目（製品の第一印象、製品の外観、香り、食感、そして味・後味）に従ってスコアをつけ、集計されたスコアは「味覚」と「製品の第一印象」に特に高い重点を置いた上で集計され、その結果最終スコアが得られる<sup>3)</sup>。このように2つの賞とも官能試験であり、審査基準の詳細は非公表である。応募賞品の中でより優れた商品に賞を与えるのではなく、その商品がどれくらい基準を満たしているかで賞のランクが変わる仕組みである。

一般的なおいしい水の評価する方法として、上記の官能法以外に、水質データを用いた手法が提案されている。本研究では、飲用水を主観的ではなく客観的な指標により評価するための試みの一つとして、“ときわの命水”の客観的な水質特徴

を多方面から明らかにすることを試みた。従来の官能法<sup>6)</sup>による評価ではなく、地下水の水質特性を解析する基本的な手法である「ヘキサダイアグラム」・「トリリニアダイアグラム」<sup>7,8)</sup>が提唱する「おいしい水指標」・「健康によい水指標」を用い、また、旧厚生省（現厚生労働省）のおいしい水研究会<sup>9)</sup>による水道水としての「おいしい水の目安」・「おいしい水の水質要件」や、他の水質データの平均値と比較検討し、水に含まれるミネラル成分から“ときわの命水”、“ときわの命水のペットボトル”と“伊那市の水道水”を客観的に評価・検討した。

## 材料および方法

### 1. 分析試料

ときわの命水の原水と既に市販されているときわの命水のペットボトル（有限会社いすゞ、長野県伊那市大字富県）の水（2L）、長野県伊那市の水道水（長野県上伊那広域水道用水企業団、長野県上伊那郡箕輪町）を分析に用いた。試料は、有限会社いすゞよりクール宅配便にて送ってもらい分析した。

### 2. 分析項目・分析方法及び装置

各試料の水の分析項目は、過マンガン酸カリウム消費量、硬度、蒸発残留物、pH値（水素イオン濃度）、臭気、味、 $\text{Na}^+$ （ナトリウムイオン）、 $\text{K}^+$ （カリウムイオン）、 $\text{Ca}^{2+}$ （カルシウムイオン）、 $\text{Mg}^{2+}$ （マグネシウムイオン）、 $\text{Cl}^-$ （塩素イオン）、 $\text{HCO}_3^-$ （炭酸水素イオン）、 $\text{SO}_4^{2-}$ （硫酸イオン）、 $\text{NO}_3^-$ （硝酸イオン）、 $\text{SiO}_2$ （溶性ケイ酸）、鉄、遊離炭酸、酸化還元電位、溶存酸素、電気伝導率である。これらの分析項目と使用した分析法及び装置を表1に示す。

今回、水の分析は、鳥取県内の指定登録機関（公益財団法人鳥取県保健事業団）に分析を依頼し、上水試験方法（2011）<sup>10)</sup>に従い行われた。

### 3. ヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラム

地下水の水質特性を解析する基本的な手法であるトリリニアダイアグラムとヘキサダイアグラムによる水質空間分布特性を解析した。

#### (1) トリリニアダイアグラム

トリリニアダイアグラムは、水に溶け込んでいる8つのイオン成分（陽イオン： $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、

表1 分析項目・分析法・装置

| 分析項目                                    | 分析法          | 装置（メーカー）    |
|---|--------------|-------------|
| 過マンガン酸カリウム消費量                           | 上水試験方法(2011) | 酸性法         |
| 硬度                                      | 上水試験方法(2011) | ICP質量分析法    |
| 蒸発残留物                                   | 上水試験方法(2011) | 重量法         |
| pH（水素イオン濃度）                             | 上水試験方法(2011) | ガラス電極法      |
| 臭気                                      | 上水試験方法(2011) | 官能法         |
| 味                                       | 上水試験方法(2011) | 官能法         |
| Na <sup>+</sup> （ナトリウムイオン）              | 上水試験方法(2011) | ICP質量分析法    |
| K <sup>+</sup> （カリウムイオン）                | 上水試験方法(2011) | ICP質量分析法    |
| Ca <sup>2+</sup> （カルシウムイオン）             | 上水試験方法(2011) | ICP質量分析法    |
| Mg <sup>2+</sup> （マグネシウムイオン）            | 上水試験方法(2011) | ICP質量分析法    |
| Cl <sup>-</sup> （塩素イオン）                 | 上水試験方法(2011) | イオンクロマトグラフ法 |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> （炭酸水素イオン） | 鉱泉分析法        | 滴定法         |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> （硫酸イオン）   | 上水試験方法(2011) | イオンクロマトグラフ法 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> （硝酸イオン）    | 上水試験方法(2011) | イオンクロマトグラフ法 |
| SiO <sub>2</sub> （溶性ケイ酸）                | 上水試験方法(2011) | ICP質量分析法    |
| 鉄                                       | 上水試験方法(2011) | ICP質量分析法    |
| 遊離炭酸                                    | 上水試験方法(2011) | 滴定法         |
| 酸化還元電位                                  | 土壌養分分析法      | 白金電極法       |
| 溶存酸素                                    | 上水試験方法(2011) | ウインクラー法     |
| 電気伝導率                                   | 上水試験方法(2011) | 電極法         |

Ca<sup>2+</sup>と陰イオン：Cl<sup>-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>3-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）の当量換算値を当量百分率で表し、キヤダイアグラムと呼ばれる菱形のグラフにプロットし、プロットされた位置から水質特性を分類する図である。

#### (2) ヘキサダイアグラム

ヘキサダイアグラムは、水に溶け込んでいる特徴的な陽イオン（Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>）と陰イオン（Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>3-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）の当量濃度（mEq/L）を水平軸上の左右それぞれにプロットし、各点を結んでできた六角形の形状（ヘキサダイアグラム）から水質組成や傾向（形状が類似していれば同じ水質のグループに属する等）を、ヘキサダイアグラムの大きさから溶存イオン濃度構成比率の特性（多いと大きくなる）を視覚的にそれぞれ判定でき、地下水の分類を行うことができる。

### 4. おいしい水指標・健康によい水指標

#### (1) おいしい水指標

水のおいしさを評価する指標として、橋本ら<sup>7,8)</sup>が考案した「おいしい水指標（O-index：OI）」と旧厚生省の水道水としての「おいしい水の目安」・「おいしい水の要件」を用いた。

#### 1) おいしい水指標（O-index：OI）

OIは、Ca<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、SiO<sub>2</sub>、Mg<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> mg/Lのバ

ランスによって決められる。

すなわち、おいしい水指標は、Ca<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、SiO<sub>2</sub>の合計量とMg<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の合計量の比で求められる。

橋本らは、全国の代表的な飲料水、鉱泉水の官能試験より、Ca<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、SiO<sub>2</sub>が味を良くし、Mg<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が味を悪くすることを明らかにし、おいしい水の指標を提案した。

さらに、おいしい水の指標を飲料水、鉱泉水について計算したところ、おいしい水とそうでない水の境界として、O-Index=2.0が示された。

$$OI = \frac{Ca + K + SiO_2}{Mg + SO_4}$$

OIは上記の式により求められ、OI値が2.0以上の時、おいしい水と判定される。

それぞれの試料の水質成分よりOIを求めた。

#### (2) 健康によい水指標（K-index：KI）

橋本ら<sup>7& 11)</sup>は、水質成分中のCa<sup>2+</sup>は、骨粗鬆症を防ぎ、心臓や筋肉の働きを正常に保つ作用がある健康に重要なプラス因子と考えている。逆に高Na<sup>+</sup>摂取は動脈硬化の危険因子であるためNa<sup>+</sup>はマイナス因子と考え、飲料水中のCa<sup>2+</sup>濃度とNa<sup>+</sup>濃度から算出されるK-indexを健康によい水指標として提唱している。

表2 水道水としてのおいしい水の目安 (A)・おいしい水の水質要件 (B) の項目と味覚に与える影響

| 水質項目          | A | B | 味覚に与える影響  |
|---------------|---|---|---|
| 蒸発残留物         | ○ | ○ | 水を蒸発させて残るミネラル分である。適度に含まれるとこくのあるまろやかな味がし、量が多いと渋みや苦味、塩気を感じ、味が悪くなる。                |
| 硬度            | ○ | ○ | CaとMgの含有量である。硬度の低い水は飲みやすく、Ca>Mgのとき水の味が良くなり、Mgが多いと苦味を増す。                         |
| 過マンガン酸カリウム消費量 | ○ | ○ | 有機物量を示し、多いと渋みをつけ水の味を損なう。  |
| 遊離炭酸          |   | ○ | 水に溶けている炭酸ガスのことである。水にさわやかな味を与える。多くなると刺激が強くなる。                                    |
| 水温            |   | ○ | 飲む場合、おいしさを左右する最大のポイントの1つ。10～15℃の水は、人に最も清涼感を感じさせる。                               |
| 残留塩素          |   | ○ | 水にカルキ臭を与え、濃度が高いと水の味をまずくする。  |
| 臭気度 (TON)     |   | ○ | 臭いがあることを前提に、水の臭気が感じられなくなるまで希釈し、その希釈倍率で臭気の強さを数字で表す方法。                            |
| 臭味            | ○ |   | 基準値は「異常でないこと」で、異常な「臭気・味」は下水、工場排水などの混入が考えられる。                                    |
| pH            | ○ |   | 溶液中の水素イオン濃度を示し、酸性またはアルカリ性を表す尺度。水道水では5.8～8.6が基準だが、おいしさでは6.7 (微酸性)～7 (中性) が適している。 |
| 鉄             | ○ |   | お茶の味を悪くする観点から基準値を定めている。   |
| 塩素イオン         | ○ |   | ミネラル成分の陰イオンの塩素のことで、消毒用の塩素とは違う。塩味を感じる値から基準値が設定されている。                             |

A: おいしい水の目安: 旧厚生省1984年発表。

B: おいしい水の要件: 旧厚生省1985年「おいしい水研究会」発表。

$$KI=Ca-0.87Na$$

K-indexは、上記の式より求められる。

それぞれの試料の水質分析から、KI値を求めた。

なお、KIの値が5.2以上であれば健康によい水と判定される。

(3) 水道水としての「おいしい水の目安」・「おいしい水の水質要件」との比較

1984年4月、旧厚生省は「おいしい水の目安」を発表した。

「おいしい水の目安」の項目 (表2のA: 蒸発残留物、硬度、過マンガン酸カリウム消費量、臭味、pH、鉄、塩素イオンの7項目) により、全国30ヵ所のおいしいと評判の水道水と、まずいといわれる水道水をピックアップして分析し、おいしい水に一定の化学的傾向があることを示した。

さらに同年6月に、旧厚生省環境部長の私的研究会である「おいしい水研究会」を発足させ、おいしい水とはどのような水か、また水をおいしく飲むためにはどうすればよいのかといったことについて検討した。

1985年4月に「おいしい水研究会」は、「おいしい水の水質要件」を発表した。「おいしい水の水質要件」は、各地で行われた利き水試験の結果を参

考にし、またアンケート調査等によっておいしいとされた全国の水道水の水質を解析し、大多数の人がおいしいと感じる各水質項目 (表2のB: 蒸発残留物、硬度、過マンガン酸カリウム消費量、遊離炭酸、水温、残留塩素、臭気度の7項目) と基準値を示した。今日、一般的に「おいしい水の水質要件」の7項目が「おいしい水の目安 (条件)」として理解されている。

「おいしい水の目安」と「おいしい水の水質要件」は、快適に安心して飲めることを前提に、水の味をよくする成分とその数値を算出したもので、水質検査項目とその基準値が異なる。表2に、水道水としての「おいしい水の目安」と「おいしい水の水質要件」の項目と味覚に与える影響について示す。

(4) ときわの命水と他の水質データの平均値との比較

ときわの命水と他の水質データの研究<sup>12-14)</sup> による、国産ペットボトル水、海洋深層水、温泉水、外国産ペットボトル水の硬度やミネラル成分等の平均値と比較した。

## 結 果

### 1. 化学成分の分析

今回分析したペットボトル水のミネラル成分の

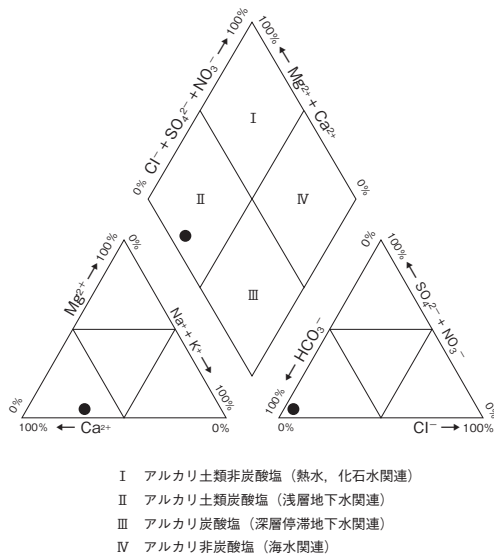


図1 トリリニアダイアグラムによる水質表示

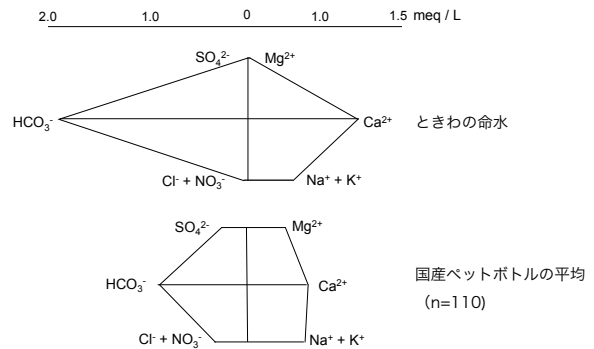


図2 ヘキサダイアグラム

値は、ペットボトル上に記載された数値内にあった。

分析したときわの命水の原水とペットボトル水の硬度は71～72の軟水で、pHは7.5の弱アルカリ性であった。

## 2. ヘキサダイアグラムとトリリニアダイアグラム

### (1) トリリニアダイアグラム

図1にときわの命水の原水をプロットしたトリリニアダイアグラムを示す。日本の循環性地下水の大半が属するII型の $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型（重炭酸カルシウム型）に属していた。

### (2) ヘキサダイアグラム

図2にときわの命水の原水と国産ペットボトル（n=110）の平均のヘキサダイアグラムを示す。ときわの命水の原水と国産ペットボトル（n=110）の平均のヘキサダイアグラムは、基本的には類似するが、ときわの命水の原水は、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^{3-}$ 量が多く、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 量が低いことが分かる。

## 3. おいしい水・健康によい水の指標項目

### (1) おいしい水指標（O-index：OI）

試料のおいしい水指標を表3に、またその当てはまり具合を表5に示す。

今回分析したときわの命水の原水、ペットボト

ル水、伊那市の水道水ともおいしい水指標が2.0以上あり、おいしい水と判断された。

### (2) 健康な水指標（K-index：KI）

試料の健康な水指標を表3に、またその当てはまり具合を表5に示す。

今回分析したときわの命水の原水、ペットボトル水とも健康な水指標が5.2以上あり、健康によい水とされ、この基準を満たした。しかし、伊那市の水道水は、該当しなかった。

### (3) 水道水としての「おいしい水の目安」・「おいしい水の水質要件」との比較

それぞれの試料をおいしい水研究会の水道水としての「おいしい水の目安」、「おいしい水の水質要件」の水質項目の結果を表4に示し、4指標での当てはまり具合を表5にまとめた。

今回分析したときわの命水の原水、ペットボトル水、伊那市の水道水とも、ほぼ「おいしい水の目安」、「おいしい水の水質要件」に当てはまった。

残留塩素の項目で、水道水は消毒のために一定量の塩素を含まなければならないが、採水後3日以上経ってからの分析なので、正確に分析できないと考え分析を行っていない。また、ときわの命水とペットボトル水はナチュラルミネラルウォーターであるので分析を行わず0と考えた。

おいしい水の水質要件の項目である「臭気度≤

表3 各試料の溶存ミネラル成分の分析結果と概要

|                                  | ときわの命水（原水）     |                  |              | ときわの命水（ペットボトル水）           | 水道水（伊那市）      |
|----------------------------------|----------------|------------------|--------------|---------------------------|---------------|
|                                  | 分析値<br>(mg/L)  | 当量換算値<br>(meq/L) | 当量百分率<br>(%) | 分析値<br>(mg/L)             | 分析値<br>(mg/L) |
| Na <sup>+</sup>                  | 9.0            | 0.391            | 26.15        | 9.1 (9.4)                 | 3.4           |
| K <sup>+</sup>                   | 1.5            | 0.038            | 2.54         | 1.5 (2.0)                 | 0.9           |
| Ca <sup>2+</sup>                 | 21             | 1.048            | 70.11        | 21 (22.0)                 | 7.4           |
| Mg <sup>2+</sup>                 | 4.8            | 0.018            | 1.20         | 4.7 (5.0)                 | 1.9           |
| Cl <sup>-</sup>                  | < 1.0 *        | 0.028            | 1.52         | < 1.0                     | 2.1           |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | 110            | 1.803            | 97.87        | —                         | —             |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | 2.4            | 0.0002           | 0.01         | 2.3                       | 2.2           |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | 0.71           | 0.011            | 0.60         | —                         | —             |
| 溶性ケイ酸 (SiO <sub>2</sub> ) (mg/L) | 30             |                  |              | 31                        | 10            |
| 硬度 (mg/L)                        | 72             |                  |              | 71 (72)                   | 26            |
| pH (23℃)                         | 7.5            |                  |              | 7.5 (7.3)                 | 7.7           |
| 酸化還元電位 (mV)                      | 98             |                  |              | 130                       | 200           |
| 溶存酸素 (mg/L)                      | 3.4            |                  |              | 2.0                       | 9.1           |
| 電気伝導率 (mS/m)                     | 17             |                  |              | 17                        | 7             |
| 原材料名                             | 深井戸水           |                  |              | 深井戸水                      | 表流水           |
| 殺菌方法                             | —              |                  |              | 0.05ミクロンのフィルター<br>(非加熱殺菌) | 塩素消毒          |
| 正式名称                             | ナチュラルミネラルウォーター |                  |              | ナチュラルミネラルウォーター            | 水道水           |
| 採水地                              | 長野県伊那市富県       |                  |              | 長野県伊那市富県                  | 箕輪ダム          |
| ボトリング地                           | —              |                  |              | 長野県伊那市富県                  | —             |
| おいしい水指標 (OI)                     | 7.3            |                  |              | 7.6                       | 4.5           |
| 健康な水指標 (KI)                      | 13.2           |                  |              | 13.1                      | 4.4           |

ときわの命水（ペットボトル水）の（ ）内の数値は、ペットボトルに表記されている数値である。

\* : Cl<sup>-</sup> = 1mg/Lとして当量換算値、当量百分率を計算した。

表4 おいしい水の目安とおいしい水の水質要件の比較

| 水質項目                | おいしい水の<br>目安 | おいしい水の<br>水質要件 | ときわの命水<br>(原水)  | ときわの命水<br>(ペットボトル水) | 水道水<br>(伊那市) |
|---------------------|--------------|----------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 蒸発残留物 (mg/L)        | 50-200       | 30-200         | 140             | 130                 | 55           |
| 硬度 (mg/L)           | ≤ 50         | 10-100         | 72              | 71                  | 26           |
| 過マンガン酸カリウム消費量(mg/L) | ≤ 1.5        | ≤ 3            | 0.3             | 0.7                 | 1.2          |
| 遊離炭酸 (mg/L)         | —            | 3-30           | 9.9             | 10                  | 4.6          |
| 水温 (℃)              | —            | ≤ 20           | 年間を通じて<br>15℃前後 | —                   | —            |
| 残留塩素 (mg/L)         | —            | ≤ 0.4          | 0               | 0                   | —            |
| 臭気度 (度)             | —            | ≤ 3            | 異常でない           | 異常でない               | 異常でない        |
| 臭味                  | なし           | —              | 異常でない           | 異常でない               | 異常でない        |
| pH                  | 6.0-7.5      | —              | 7.5             | 7.5                 | 7.7          |
| 鉄 (mg/L)            | ≤ 0.02       | —              | 0.0015          | 0.0001              | 0.0002       |
| 塩素イオン (mg/L)        | ≤ 50         | —              | < 1.0           | < 1.0               | 2.1          |

3」の考え方は、通常の人が塩素臭を気にならない濃度であることを示し、水道法の「異常でない」の表現に該当すると考えた。

(4)ときわの命水と他の水質データの平均値との比較

ときわの命水が国産ペットボトルと共に、おいしい水の水質要件に当てはまるのに対し、海洋深層水、温泉水、外国産ペットボトルは該当しない項目が多い。ミネラル成分においても、ときわの

命水は国産ペットボトルと似通った成分値であるが、海洋深層水、温泉水、外国産ペットボトルとは異なった成分値が多い。

## 考 察

今回、取り扱った水質は主要溶存成分であり、保健所などで扱う飲料に関しての適・不適という水質の分析とは異なるものである。水そのものが本来持っている性質を化学的な見地で分析し、そ



表5 4指標における当てはまり具合

|                     | おいしい水指標<br>(O-Index) |     | 健康な水指標<br>(K-Index) |      | おいしい水の<br>目安 | おいしい水の<br>水質要件 |
|---------------------|----------------------|-----|---------------------|------|--------------|----------------|
| ときわの命水（原水）          | ○                    | 7.3 | ○                   | 13.2 | 6 / 7        | 7 / 7          |
| ときわの命水<br>（ペットボトル水） | ○                    | 7.6 | ○                   | 13.1 | 6 / 7        | 6 / 6          |
| 水道水（伊那市）            | ○                    | 4.5 |                     | 4.4  | 6 / 7        | 5 / 5          |

○は、項目について当てはまった場合を示す。  
分数の表示は、当てはまった項目／実施した項目数を示す。

表6 ときわの命水と他の水質データの平均値との比較（n=試料数） 単位：mg/L（pHを除く）

|                               | ときわの命水<br>（原水） | 国産ペットボトル            |                     |                    | 海洋深層水             |                     | 温泉水               | 外国産ペットボトル          |                   | おいしい水の<br>水質要件 |
|-------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------|
|                               |                | n=110 <sup>*1</sup> | n=259 <sup>*2</sup> | n=45 <sup>*3</sup> | n=9 <sup>*1</sup> | n=259 <sup>*2</sup> | n=6 <sup>*1</sup> | n=31 <sup>*1</sup> | n=8 <sup>*3</sup> |                |
| 蒸発残留物                         | 140            | 119                 | 145±86.1            |                    | 676               | 663±392.2           | 201               | 650                |                   | 30-200         |
| 硬度                            | 72             | 49                  | 60.7±70.69          |                    | 327               | 344±360             | 15                | 342                |                   | 10-100         |
| 遊離炭酸                          | 9.9            | 5.2                 | 4.0±4.7             |                    | 1.8               | 3.7±1.89            | 1.6               | 158                |                   | 3-30           |
| pH                            | 7.5            | 7.6                 | 7.38±0.67           |                    | 7.3               | 6.81±0.48           | 9.1               | 7                  |                   |                |
| Na <sup>+</sup>               | 9.0            | 12                  | 14.2±17.05          | 10.2±6.71          | 55                | 43.7±29.21          | 52                | 66                 | 23.6±32.42        |                |
| K <sup>+</sup>                | 1.5            | 1.8                 | 1.8±1.77            | 1.78±2.01          | 10                | 10.5±17.0           | 1.6               | 5.3                | 3.4±3.90          |                |
| Ca <sup>2+</sup>              | 21             | 12                  | 17.1±24.84          | 19.94±9.24         | 17                | 14.7±17.88          | 3.7               | 83                 | 59.6±57.61        |                |
| Mg <sup>2+</sup>              | 4.8            | 4.5                 | 4.4±4.8             | 3.59±2.60          | 65                | 83.3±87.42          | 0.9               | 17                 | 22.1±28.62        |                |
| Cl <sup>-</sup>               | < 1.0          | 10                  |                     |                    | 235               | 252.2±207.55        | 9.7               | 21                 |                   |                |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 110            | 54.67               |                     |                    | 15.25             |                     | 123.83            | 356.89             |                   |                |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 2.4            | 13                  | 18.8±24.91          |                    | 107               | 94.3±116.39         | 6.5               | 82                 |                   |                |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0.71           | 3.3                 |                     |                    | 1                 |                     | 0.4               | 3.8                |                   |                |
| SiO <sub>2</sub>              | 30             | 27                  | 39±30.5             |                    | 4                 | 12.9±16.39          | 44                | 14                 |                   |                |
| おいしい水指数                       | 7.3            | 2.3                 | 10.1±27.51          | 10.1±9.86          | 0.2               | 1.1±1.55            | 6.7               | 1.0                | 8.2±9.94          |                |
| 健康な水指数                        | 13.2           | 1.6                 | 12.8±24.72          | 12.2±11.85         | -30.9             | -23.3±27.33         | -41.5             | 25.6               | 39.1±70.25        |                |

<sup>\*1</sup>: 文献12) より引用。 <sup>\*2</sup>: 文献13) より引用。 <sup>\*3</sup>: 文献14) より引用。  
Mean ± S.D.

の特徴について考察する。

ときわの命水が採水される伊那市は、長野県の南部に位置する伊那谷北部にあり、海拔600mに位置する。東に赤石山脈（南アルプス）、西に木曽山脈（中央アルプス）などの標高3,000m前後の高山がそびえ、諏訪湖より南へ向かって太平洋に流れる天竜川が縦断する。また、大断層である中央構造線は、南アルプスの山中を北から南へ一直線に伊那山脈と赤石山脈を分割して走り、この構造線沿いに深い谷を作り、伊那市、大鹿村、飯田市を貫き、九州へと伸びている。

南アルプスは、比較的浅い海底で堆積した地層が長い間の地殻変動で隆起しながら移動して突き当り、せり上がってきた山脈であるため、現在も海から遠く離れた標高750 mの大鹿村で塩水の湧泉から山塩が採取されたり、三角貝を含む多くの二枚貝類、アンモナイト類を含む様々な頭足類などの軟体動物化石が産出する<sup>15)</sup>。また、南北を走る断層を挟んで東西で岩石の性質が全く違って

いること<sup>16)</sup>や、水の水質に関しても中央構造線より東には硬水（硬度が120 mg/L以上）の水道水（水源地：押出、東春近）が存在するが、西側には存在しないというように、元々海の底にあった岩石などで形成されていることが容易に推測されるような興味深い地下からときわの命水は採水される。

ときわの命水のペットボトル水は、ときわの命水の原水を非加熱殺菌のフィルターで殺菌しているだけで、ミネラル成分に大きな違いはなかった。しかし、伊那市の水道水は箕輪ダムの表流水（箕輪浄水場）であり、ときわの命水は深井戸であるためか、ミネラルの成分の分析結果によりときわの命水と伊那市の水道水は異なった水質であった。

## 1. おいしい水指標と健康な水指標

今回分析したときわの命水の原水とペットボトルの水、長野県伊那市の水道水を、橋本ら<sup>7,8)</sup>が提唱するおいしい水指標と健康な水指標を用いて分

類すると、ときわの命水の原水とペットボトルの水は、 $OI \geq 2.0$ ,  $KI \geq 5.2$ であることから「おいしくかつ健康な水」に分類できる。

また、長野県伊那市の水道水は、 $OI \geq 2.0$ ,  $KI < 5.2$ より「おいしい水」に分類できる。

ときわの命水は、ヘキサダイアグラムより国産ペットボトルの平均値に比べ、 $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ が少なく、 $Ca^{2+}$ ,  $HCO_3^-$ が多い。おいしい水の要素である $Ca^{2+}$ ,  $SiO_2$ が多く、おいしくない成分の $SO_4^{2-}$ は少ない。そのためOI値が高くなったと考えられる。この地が三角貝を含む多くの二枚貝やアンモナイト類の化石を産出するような、Ca分が溶け込んだ地層であることは、ときわの命水が $Ca^{2+}$ を多く含む大きな理由の一つとして考えられる。

一方健康な水指標においても、ときわの命水の $Na^+$ 含有量は、他の水質データと同程度かそれより低く、Ca含有量は多い。そのためKI値が大きくなり、健康な水指標値が高くなったと考えられる。また、今回分析した水は全て弱アルカリ性を示した。石原ら<sup>17)</sup>は、長寿と呼ばれる地域と短命と呼ばれる地域について地質と飲料水の成分を分析・比較した結果、飲料水のpH値が6.8よりアルカリ性側に傾く地域は長寿村で、逆に6.8より酸性側に傾く地域は短命村であったと報告していることから、今回分析した水のように弱アルカリ性の水の方が長く飲み続けるには、また健康のためには良いのかも知れない。

川越らの研究<sup>10)</sup>によれば、国産ペットボトル水では、硬度やカルシウム等の濃度が非常に低い軟水のため、平均値が抑えられたことによりKI値が低くなり健康な水に当てはまらない結果となると報告している。多くの国内産ボトル水が体に良い水、健康に良い水という謳い文句で販売されているが、 $Ca^{2+}$ 含量から評価されるKIでは、国産ペットボトル水は低い値となり健康に良い水との評価は得られない。

このように、ときわの命水は、OIに関して高い評価が得られ、市販ボトル水と同等以上のおいしい水の要件を有し、また健康な水指標においてもKI値が高く、弱アルカリ性を有し、OI値とKI値を同時に満たす「おいしくかつ健康な水」であることが改めて検証された。ちなみに、このOIとKIの値を同時に満たす水は国内でも少ない。

## 2. おいしい水の目安とおいしい水の水質要件

おいしい水の目安とおいしい水の水質要件での硬度における基準の違いはその許容範囲であり、おいしい水の目安は50 mg/L以下、おいしい水の水質要件は10-100 mg/Lである。そのため、ときわの命水（硬度72 mg/L）は、おいしい水の目安の基準に当てはまらないが、おいしい水の水質要件の基準には当てはまる。ときわの命水がおいしい水の目安の硬度（ $Mg^{2+}$ と $Ca^{2+}$ の合計）の項目に当てはまらなかったのは、国産のペットボトルの平均値と比較して、 $Mg^{2+}$ の量はそう変わらないが、 $Ca^{2+}$ の量が多いため硬度が高くなったことが理由と考えられる。 $Ca^{2+}$ は水をおいしくする成分でもあり、軟水の範疇にも入る。そのため、この項目だけが多少外れるからといっておいしくないという訳ではない。おいしい水指標やおいしい水の水質要件と併用して評価すると、おいしい水の範囲内にあり、良質なおいしい水であると判断される。

モンドセレクションには毎年、約70カ国から1500点以上の製品が、品質基準分析のためにエントリーされるが、絶対評価を用いている為、受賞率は81%と高い。このように、モンドセレクションは定められた基準を満たした製品には全て賞がもらえる仕組みになっていて、全世界からの審査対象品の50%が日本からの出品である。近年、日本から出品した食品は毎年50～100点が最高金賞を受賞し、出品した8割が何らかの賞を受賞しているといわれる<sup>18)</sup>。

このような意見があることはあることとして、2つの賞とも官能試験であり、ときわの命水はモンドセレクションの最高金賞、国際味覚審査機構の優秀味覚賞三つ星を受賞している。2つの官能試験でおいしい水と評価され、本研究で用いた今日一般的に用いられる客観的な水の評価基準からもおいしい水であることが示唆された。すなわち、人間の感覚を用いての官能試験とミネラル成分の分析という異なる視点からもおいしい水であることが示された。

おいしい水研究会<sup>9)</sup>は、「おいしさは個人の感覚的な問題であり、感じ方には個人差が大きいとしながらも、一般的には飲んでおいしい水は、水そのものについて一定の傾向を認めることができる」と述べている。一定の水質要件を備えた水は、大半の人が飲んでおいしいと感じることができ、おいしさは万国共通であると考えられる。



ときわの命水は、「昔のように井戸水が飲みたい」と自宅の敷地内を掘削し、その深井戸の水があまりにおいしかったことから、近所の方にも自由に飲んでいただいたところ、評判となった水である。

様々な嗜好品が存在する中、世の中には多くのミネラルウォーターが存在し、我々は水に対して多くの選択肢を持っている。お気に入りの水も人それぞれであり、水も嗜好品の一つとも言えるが、ヒトの体の66%を構成する水は生命に必要不可欠なものであるため、水に対する感覚を大切にすることは健康に生きてゆく上で非常に大切である。そのため、自分の感覚を信じ、自分がおいしいと考える水を選択することが大切であると考え。

### 結 語

今日一般的に用いられる客観的な水の評価基準（おいしい水指標、健康な水指標、水道水としてのおいしい水の目安、おいしい水の水質要件）からときわの命水がおいしい水であることが示唆された。

なお、本研究は、有限会社 いすゞ からの奨学寄付金を活用して実施した。

報告する利益相反はない。

### 引用文献

- 1) 日本ミネラルウォーター協会、ミネラルウォーター類の統計資料、都道府県別生産数量の推移、2015 <http://minekyo.net/publics/index/5/>
- 2) 国際味覚審査機構 - iTQi : <http://www.itqi.com/jp/>
- 3) ときわの命水 : <http://www.tokiwa-meisui.com/index.html>
- 4) MONDE SELECTION : <http://www.monde-selection.com/jp/>
- 5) 優秀味覚賞 <https://ja.wikipedia.org/wiki/優秀味覚賞>
- 6) 佐藤 信：官能検査入門，東京，日科技連出版社，1983. p. 63-69.

- 7) 橋本 奨，古川憲治，南 純一：ミネラルバランスからみた飲料水の水質評価に関する研究（第1報）ミネラルウォーターの調整と官能試験. 日本水処理生物学雑誌 1985; **21**(2): 19-24.
- 8) 橋本 奨，藤田正憲，古川憲治，南 純一：ミネラルバランスからみた飲料水の水質評価に関する研究. 水処理技術 1988; **29**(1): 13-28.
- 9) おいしい水研究会：おいしい水について，水道協会雑誌 1985; **54**(5): 76-81.
- 10) 日本水道協会：上水試験方法・解説 2011年版，東京，2011.
- 11) 橋本 奨：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 1989; **63**(6): 463-468.
- 12) 川越保徳，山田文彦，田中健路，柿本竜治，外村隆臣，田中伸廣，上月 裕，廣畑昌章，岩佐康弘，的場弘行，下津昌司：熊本流域での水循環保全とその健全な水利用に関する研究. 熊本大学政策創造研究教育センター中間報告書 2007: 1-28.
- 13) 菅原龍幸，崔 榮美，佐々木弘子：日本市場に見られるミネラルウォーター類の性状について. 日本食生活学会誌 1999; **10**(1): 34-48.
- 14) 佐々木弘子，原 千晶，菅原龍幸：日本の市場にみられるミネラルウォーター類の性状について(2)，日本食生活学会誌 2011; **21**(4): 286-297.
- 15) 伊那市教育委員会：パンフレット 南アルプスの里 長谷 戸台の化石
- 16) 伊那市教育委員会：パンフレット 日本一の大断層 中央構造線
- 17) 石原房雄：水質と健康，公害と対策 1960; **3**(10): 15-21.
- 18) モンドセレクションの実態 <http://www.royaltahiti.jp/news/?p=2917>