

ミネラルウォーターのおいしさに係る簡単な水質指標の導出

A study on the indices for tasty mineral water using water quality

要旨：本研究では、9種類ミネラルウォーターについて官能試験と水質試験を行い、厚生省（1985）の「おいしい水の水質要件」と橋本（1989）の「おいしい水指標」の妥当性を検証した。官能試験は、本学の講義室で46人の学生を対象として行った。スコア値はその46人の評価の平均値とした。厚生省（1985）の「おいしい水の水質要件」、あるいは橋本（1989）の「おいしい水指標」とスコア値との関係を見ると、いずれも有意な相関関係はなかった。そのため、今回の官能試験の結果を元に新しく「おいしいミネラルウォーター指数（OMI）」を作成した。

$$(OMI) = -0.269 - 0.003 \times Ca^{2+} + 0.142 \times K^+$$

この指標の特徴は、ミネラルウォーターのおいしさには Ca^{2+} が負に効いている点である。今後の課題として、「おいしいミネラルウォーター指数（OMI）」がより一般性のある指標かどうかを検証する必要がある。

【キーワード】 おいしい水、ミネラルウォーター、指標化、~~溶解~~溶存イオン、官能試験

Abstract :

$$() = - \quad - \quad \times \quad + \text{倍ほい}$$

1. はじめに

1-1 日本のミネラルウォーターの現状

日本人のミネラルウォーターの1人あたりの消費量は、日本ミネラルウォーター協会の調査によると年々上がっている¹⁾。ミネラルウォーターを飲むようになった理由として、1980年代後半、大阪府などで「水道水はおいしくない」というイメージが定着したことが挙げられ、また1995年の阪神・淡路大震災でもミネラルウォーター

が大いに役に立ったため普及したと言われている²⁾。しかし、近年は水道水の水質も改善されてきている³⁾ものの、ミネラルウォーターの消費量は減っていない。また、ミネラルウォーターの用途について調査した結果を見ても、飲み水が最も多く約70%である⁴⁾。つまり、現在は水道水がおいしくないからミネラルウォーターを買うのではなく、おいしい水が飲みたいからミネラルウォーターを買うようになったと言える。

1-2 日本におけるミネラルウォーターの種類

日本におけるミネラルウォーターの種類は、ナチュラル

ルウォーター、ナチュラルミネラルウォーター、ミネラルウォーター、ボトルドウォーターの4つに分けられる。ナチュラルウォーターとは、特定の水源から採取された地下水を原水とし、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である。ナチュラルウォーターのうち、地層中の無機塩類（ミネラル分）が溶け込んだ地下水を原水としたものをナチュラルミネラルウォーターという。また、天然の二酸化炭素が溶けて発泡性のある地下水もナチュラルミネラルウォーターに含まれる。ミネラルウォーターとは、品質を安定させる目的等のためミネラルの調整、ばっ気、複数の水源から採水したナチュラルミネラルウォーターの混合等行われているものである。ボトルドウォーターとは、上記の3つ以外のものと位置づけされている。

基本的に売られているのは「ナチュラルミネラルウォーター」がほとんどである。また、日本のミネラルウォーターの種類は1000種類以上となっている。

1-3 おいしい水の条件

1985年に厚生省が、おいしい水とはどのような水なのか、その問いに答えるため「おいしい水研究会」を発足させて、おいしい水の水質条件を検討した。各地の水やいろいろ調合した人工水について、“利き水”をして確

かめ、最終的に表1のような「おいしい水の水質要件」が発表された。

また、1989年には、橋本奨が「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」で、ミネラルの相対比によって水のおいしさが左右されるとして、水の味に関係すると考えられている主要なミネラル成分 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 SiO_2 の中から水の味を良くする成分と悪くする成分とを選別し、「おいしい水指標」を提案した^{6,7)}。2.0以上だとおいしい水と評価される。

$$\text{おいしい水指標 (OI)} = \frac{Ca^{2+} + K^+ + SiO_2}{M^{2+} \quad 2-}$$

1-4 研究の目的

おいしい水を追究し続けることで、日本の食文化もさらに豊かになり、おいしい水の生産地の特定、製造（調整法）の開発を明らかにすることに繋がる。しかし、これらの指標の妥当性を比較した研究例は少ない。そこで本研究は、ミネラルウォーターについて厚生省（1985）の「おいしい水の水質要件」と橋本（1989）の「おいしい水指標」の妥当性を、水質試験および官能試験を行い検証することを目的とした。また、これまでの指標では説明できなかった場合、官能試験の結果を元に新しく「お

「おいしいミネラルウォーター指数」を作成することを目的とした。

2. 試料と方法

2-1 試料

試料は、採水地が海外の物を含め、市販のミネラルウォーターの中から様々な硬度が含まれるように9つのミネラルウォーターを選定した。

2-2 方法

官能試験

各試料の銘柄を隠し、各紙コップに違う水を注ぎ、官能試験を行った。試料間の水温の差をなくすため、各試料は冷蔵庫で1日以上冷やしたのち、保冷効果のある容器内に入れて水を注ぐ間も温度変化しないように気を付けた。官能試験は、本大学の講義室で46人の学生を対象として行った。評価は5段階評価の非常においしい(2点) おいしい(1点) 普通(0点) あまりおいしくない(-1点) まずい(-2点)で行った。その他、性別、出身地、年齢、運動後の時間、食後の時間、1番

おいしかった水を回答してもらった。スコア値は、図1のようなアンケートで5段階評価してもらったものの平均値とした。点数は、アンケートで1番おいしかった水と回答したものの合計を求めた。1つ選んだものには1点、2つ選んだものには0.5点ずつとした。スコア値は、負の値を含むため、点数による評価よりも否定的な評価の影響が大きくなる。一方、点数は肯定的評価のみの合計値を表す。

水質試験

陽イオン組成

上記の試料のNa⁺、K⁺濃度を炎分光法、Ca²⁺、Mg²⁺濃度を、原子吸光度法で測定した(島津AA-6200)。Ca²⁺、Mg²⁺濃度に関しては、他の元素の干渉を抑えるため1000 ppmとなるようにSr²⁺を入れた。試料のラベルの数値が明らかに検量線のレンジより大きく上回るものは、蒸留水を用いて10倍あるいは100倍希釈した試料を測定した。硬度は以下の式により計算した。

$$\text{硬度} = (\text{Ca}^{2+} \times 2.5) + (\text{Mg}^{2+} \times 4.1)$$

過マンガン酸カリウム消費量

試料100 mLを三角フラスコにとり、振り混ぜながら硝酸銀溶液(200g/L) 5 mLと硫酸(1+2) 10 mLとを加えた。5 mmol/L 過マンガン酸カリウム溶液10 mLを加えて振り混ぜ、直ちに沸騰水浴中に入れ、30分間加熱した。水浴から取り出し、12.5 mmol/L しょう酸ナトリウム溶液10 mLを加えて振り混ぜ、よく反応させた。液温を約60 に保ち、5 mmol/L 過マンガン酸カリウム溶液でわずかに赤い色を呈するまで滴定した。別に蒸留水100 mLを三角フラスコにとり、同じ操作を行った。過マンガン酸カリウム消費量の計算は以下の式により行った。

$$\text{COD}_{\text{Mn}} = (a - b) \times f \times 1000 / V \times 0.2$$

COD_{Mn}: 100 における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量 (mgO₂/L)

a : 滴定に要した5 mmol/L 過マンガン酸カリウム溶液 (mL)

b : 蒸留水を用いた試験の滴定に要した5 mmol/L 過マンガン酸カリウム溶液 (mL)

f : 5 mmol/L 過マンガン酸カリウム溶液のファクター

V : 試料 (mL)

0.2 : 5 mmol/L 過マンガン酸カリウム溶液 1 mLの酸素相当量 (mg)

プロ研7

1127051 佐々木 美奈

この度プロジェクト研究7で、「ナチュラルミネラルウォーターの水質がおいしさに与える影響」をテーマに取り組むことになりました。官能試験を行い、それぞれの水に評価を記入して頂きたいと思います。ご協力よろしくお願いします。

性別() 出身地() 年齢()
運動後(時間) 食後(時間)

例) -2 -1 0 1 2

|-----|-----|-----|-----|

上記のように数字の下に丸をつけてください。

	まずい	あまりおいしくない	普通	おいしい	非常においしい
	-2	-1	0	1	2
①	----- ----- ----- -----				
②	----- ----- ----- -----				
③	----- ----- ----- -----				
④	----- ----- ----- -----				
⑤	----- ----- ----- -----				

図1 アンケート用紙

遊離炭酸

試料100 mL を三角フラスコにとり、指示薬としてフェノールフタレイン溶液（5 g/L）4～5滴を加えて白紙上に置き、20 mmol/L 水酸化ナトリウム溶液でわずかに赤い色になるまで滴定した。このアルカリ消費量を遊離炭酸濃度の指標として用いた。遊離炭酸濃度の計算は以下の式により行った。

$$A = a \times f \times 1000 / V \times 0.6006$$

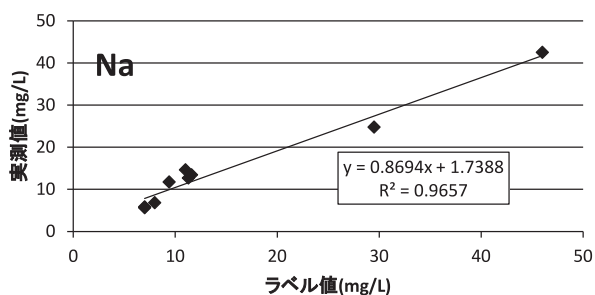
- A : 遊離炭酸濃度 (mgCO₃/L)
- a : 滴定に要した20 mmol/L 水酸化ナトリウム溶液 (mL)
- f : 20 mmol/L 水酸化ナトリウム溶液のファクター
- V : 試料 (mL)
- 0.6006 : 20 mmol/L 水酸化ナトリウム溶液1mL の炭酸イオン相当量

シリカ

バックテスト（共立理化学研究所、SiO₂D）を用いて、モリブデン青比色法により行った。発色させた試料溶液はデジタルバックテストマルチ（DPM-MT）で測定した。標準溶液を用いて同様の操作を行い、検量線を作成して正確な濃度に補正した。

硫酸イオン

バックテスト（共立理化学研究所、SO₄）を用いて、



塩化バリウム比濁法により行った。発色させた試料溶液はデジタルバックテストマルチ（DPM-MT）で測定した。標準溶液を用いて同様の操作を行い、検量線を作成して正確な濃度に補正した。

統計処理

得られた水質試験の結果は、スコア値を含めてそれぞれの間の単相関係数を求め、相関係数の有意性を検定した。多重共線性を考慮して選んだ特性値を独立変数、スコア値を従属変数として段階的重回帰分析を行った。統計解析は、統計ソフトである SYSTAT 13 for Windows を用いて解析した。

3. 結果と考察

図2に各ミネラルウォーターのラベル表示の濃度と測定値との関係を表す。多少の誤差があるが全体的にほぼ近い数値が出たといえ、今回の溶存陽イオン濃度に関する測定値は、各社の測定値とおおむね一致していたと言える。

表2にミネラルウォーターの水質、アンケート評価およびおいしい水指標を示す。硬度は1.1～2152mg/Lと非常に大きな幅を持った。特に海外で採水された No. 8 のものが特異的に大きく、石灰岩等の母材から供給された Ca²⁺ 濃度が大きく寄与していたと考えられた。

水質、アンケート評価、おいしい水指標に関する単相関マトリクスを表3に示す。スコアとおいしい水指標

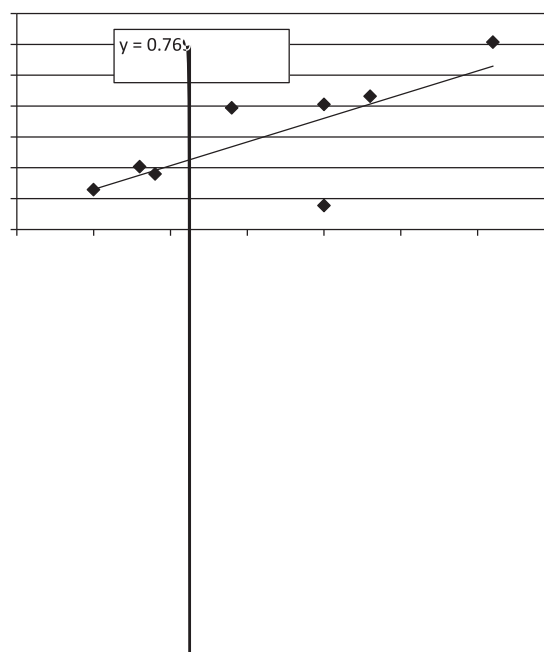


表2 ミネラルウォーターの水質、アンケート結果およびおいしい水指標

	スコア	点数	硬度	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	COD	遊離炭酸	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	おいしい水 指標(OI)	健康な水 指標(KI)
				mg/L				mgO ₂ /L	mgCO ₃ /L	mg/L	mg/L		
1	-0.196 ± 1.00	5.5	333.8	5.83	1.41	92.55	24.99	1.04	21.5	6.1	35.1	1.7	87.5
2	0.304 ± 1.05	5.0	81.7	6.83	2.03	20.19	7.61	0.30	0.8	16.0	57.4	0.6	14.2
3	0.652 ± 0.92	12.0	78.9	13.42	6.06	16.91	8.92	0.20	5.4	17.6	0.0	4.6	5.2
4	0.217 ± 1.17	12.0	52.6	14.64	4.31	10.61	6.35	0.14	6.6	40.1	0.0	8.7	-2.1
5	0.043 ± 0.92	3.5	30.1	5.63	4.04	7.99	2.47	0.48	4.8	30.2	0.0	17.1	3.1
6	-0.109 ± 1.10	3.5	54.1	24.77	1.28	12.07	5.83	0.24	5.8	18.6	0.0	5.5	-9.5
7	0.065 ± 0.90	3.0	44.2	12.67	1.79	8.41	5.67	1.16	4.9	19.1	0.0	5.2	-2.6
8	-1.761 ± 0.57	0.0	2,152.0	11.75	3.93	722.3	84.46	0.26	33.0	1.5	1,175.0	0.6	712.1
9	-0.500 ± 0.94	1.5	1.1	42.53	0.77	0.34	0.07	0.88	2.3	12.4	31.8	0.4	-36.7

スコア値は、平均 ± 標準偏差を示す。

表3 ミネラルウォーターの水質、アンケート結果およびおいしい水指標の単相関マトリクス

	スコア	点数	硬度	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	COD	遊離炭酸	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	OI	KI
スコア	1.00												
点数	<u>0.71</u>	1.00											
硬度	<u>-0.88</u>	-0.43	1.00										
Na ⁺	-0.17	-0.24	-0.18	1.00									
K ⁺	0.18	0.60	0.20	-0.42	1.00								
Ca ²⁺	<u>-0.88</u>	-0.44	<u>1.00</u>	-0.17	0.20	1.00							
Mg ²⁺	<u>-0.85</u>	-0.38	<u>0.99</u>	-0.24	0.20	0.99	1.00						
COD	-0.05	-0.40	-0.20	0.12	-0.61	-0.21	-0.17	1.00					
遊離炭酸	<u>-0.79</u>	-0.31	<u>0.89</u>	-0.29	0.12	<u>0.89</u>	<u>0.93</u>	0.00	1.00				
SiO ₂	0.60	0.57	-0.58	-0.09	0.34	-0.58	-0.61	-0.32	-0.60	1.00			
SO ₄ ²⁻	<u>-0.89</u>	-0.47	<u>0.99</u>	-0.11	0.20	<u>0.99</u>	<u>0.97</u>	-0.24	<u>0.83</u>	-0.55	1.00		
OI	0.35	0.22	-0.34	-0.30	0.40	-0.33	-0.37	-0.18	-0.31	<u>0.75</u>	-0.34	1.00	
KI	<u>-0.87</u>	-0.43	<u>1.00</u>	-0.21	0.22	<u>1.00</u>	<u>0.99</u>	-0.21	<u>0.89</u>	-0.57	<u>0.99</u>	-0.32	1.00

下線は、 $p < 0.05$ で有意な相関係数であることを示す。

(OI)は有意な相関関係はなく、健康な水指標(KI)とは逆相関の関係であった。KIは硬度と強い正の相関関係を持っており、硬度の高い水ほど評価の低いスコア値と大きく相違していた。

以上のように、今回の官能試験の結果は、既存の指標との有意な正の関係性が得られなかった。一方、スコア値には、硬度、Ca²⁺、Mg²⁺、遊離炭酸、SO₄²⁻が負に寄与していることがわかった。一般にアルカリ土類金属であるCa²⁺やMg²⁺は水中で共存しやすく、また陽イオ

ンの分属反応における 属の元素でもあるため、炭酸イオンとも共存しやすい。これらのことから、No.8の水の硬度があまりに大きすぎるため、これに全体の傾向が影響されていることも考えられた。そのため、No.8を除いた相関係数を表4に示す。すると、スコア値や点数とK⁺とは有意な正の相関を示した。

以上の結果から、Ca²⁺とK⁺に注目し、これらを独立変数、スコア値を従属変数として段階的重回帰分析を行った。その結果、以下の式($R^2=0.910^{**}$)が得られた。

表4 ミネラルウォーターの水質、アンケート結果およびおいしい水指標の単相関マトリクス (No. 8のミネラルウォーターを除く)

	スコア	点数	硬度	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	COD	遊離炭酸	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	OI	KI
スコア	1.00												
点数	<u>0.75</u>	1.00											
硬度	- 0.08	0.12	1.00										
Na ⁺	- 0.58	- 0.33	- 0.47	1.00									
K ⁺	<u>0.82</u>	<u>0.81</u>	- 0.16	- 0.41	1.00								
Ca ²⁺	- 0.13	0.08	<u>1.00</u>	- 0.44	- 0.20	1.00							
Mg ²⁺	0.04	0.23	<u>0.99</u>	- 0.51	- 0.08	<u>0.98</u>	1.00						
COD	- 0.59	- 0.60	0.33	0.10	- 0.59	0.36	0.27	1.00					
遊離炭酸	- 0.22	0.12	<u>0.93</u>	- 0.35	- 0.13	<u>0.93</u>	<u>0.91</u>	0.39	1.00				
SiO ₂	0.34	0.44	- 0.51	- 0.17	0.55	- 0.52	- 0.47	- 0.55	- 0.35	1.00			
SO ₄ ²⁻	- 0.23	- 0.29	0.36	- 0.01	- 0.50	0.38	0.30	0.20	0.07	- 0.57	1.00		
OI	0.18	0.10	- 0.31	- 0.36	0.50	- 0.30	- 0.32	- 0.27	- 0.11	<u>0.73</u>	- 0.66	1.00	
KI	0.07	0.16	<u>0.97</u>	- 0.67	- 0.04	<u>0.96</u>	<u>0.96</u>	0.27	<u>0.87</u>	- 0.38	0.32	- 0.14	1.00

下線は、p < 0.05で有意な相関係数であることを示す。

$$(スコア) = - 0.269 - 0.003 \times Ca^{2+} + 0.142 \times K^{+}$$

つまり、この式の値を新しく「おいしいミネラルウォーター指数(OMI)」と定義すると、非常に高い決定係数(p < 0.01)でスコアを推定できたといえる。本研究により明らかになった OMI は、独立変数である K⁺ と Ca²⁺ からスコア値を予測したものであり、比較的多くの「おいしい」という意見を反映した「OMI > 0」であれば、おいしいミネラルウォーターであると判断できると考えられた。

4. まとめ

今回の官能試験の結果は既存のおいしい水関連指標との相関関係が見られなかったため、新しくおいしいミネラルウォーター指数(OMI)を作成した。既存の指標との違いは、橋本(1989)の「おいしい水指標(OI)」では、Ca²⁺がプラスに効いているが、今回の官能試験の結果から作成した「おいしいミネラルウォーター指数(OMI)」は、Ca²⁺がマイナスに効いている点である。

5. 引用文献

1) 一般社団法人日本ミネラルウォーター協会(2015)「ミネラルウォーターの1人当り消費量の推移」、ミネラルウォーター類の統計資料 <http://minekyo.net/publics/index/5/>(閲覧日:2016年8月16日)

2) 漆原次郎(2013)『「潔癖」な国、日本のミネラルウォーター事情 ミネラルウォーターと水道水の真実(前篇)』, Japan Business Press. <http://jbpres.ismedia.jp/articles/-/37144>(閲覧日:2016年8月16日)

3) ミツカン水の文化センター(2015)調査報告「水にかかわる生活意識調査 2015年第21回調査」, 株式会社 Mizkan Holdings, <http://www.mizu.gr.jp/chousa/ishiki/2015.html>(閲覧日:2016年8月16日)

4) 社団法人中央調査社(1999)「水道水とミネラルウォーターの飲用実態調査」, 中央調査報, No. 503

5) 農林水産省(1990)「ミネラルウォーター類に関する品質表示ガイドライン」, 食品流通局長通達2, 食流第1071号

6) おいしい水研究会(1985)「おいしい水について(資料)」, 『水道協会雑誌』第54巻, 公益社団法人日本水道協会, pp. 76-83

7) 橋本奨(1989)「健康な飲料水の品質評価とその応用に関する研究」, 『空気調和・衛生工学』63, 空気調和衛生工学会, pp. 463-468

(受付日2016年8月23日 受理日2016年10月31日)