

報 文

ミネラルウォーターの硬度が無洗米飯の性状と嗜好性に及ぼす影響

Effects of Mineral Waters Different in Hardness on the Properties and

Preference of Cooked Wash-free Rice

水野千恵^{1*} 高村仁知²

(投稿日：2015.12.25、受理日：2016.2.21)

硬度の異なるミネラルウォーターを用いて無洗米を炊飯し、これらが飯の性状と嗜好性に及ぼす影響を検討するとともに、Ca、Mg がどれだけ摂取できるか検討した。官能評価の結果、Ca の多い Vittel (硬度 300mg/L)、Mg の多い海洋深層水 (硬度 330mg/L および硬度 700mg/L) を炊き水に用いた飯は、蒸留水で炊いた飯と同様に好まれた。Contrex (硬度約 1,560mg/L)、および海洋深層水(3,200mg/L) で炊飯した場合は、色、味の項目で評価が低かった。Contrex では、b*値 (黄み) が高くなった。無洗米炊飯の場合、Ca および Mg の回収率は約 100%であった。無洗米をミネラルウォーターで炊いた場合、浸漬水に用いたミネラルウォーターのミネラルを補給できることが期待できる。

キーワード：炊飯、ミネラル、無洗米、ミネラルウォーター、水の硬度

1. 緒言

わが国の容器入り飲用水 (ミネラルウォーター類) の日本人 1 人あたりの年間消費量は、平成 2 年 1.6ℓ から平成 26 年 25.7ℓ に増加しており¹⁾、Ca、Mg、K、Na 含量が異なるさまざまな製品が市販されている。Ca、Mg は栄養機能食品の関与成分であり、骨や歯の形成に必要な栄養素であり、Mg は、多くの体内酵素の正常な働きとエネルギー産生を助けるとともに血液循環を性状に保つのに必要な栄養素である。「平成 25 年国民健康・栄養調査の結果」²⁾では、Ca の摂取は、成人男女で「日本人の食事摂取基準 2015」の推定平均必要量に達しておらず、Mg の摂取は、成人男性で「食事摂取基準」の推定平均必要量に達しておらず、女性も 20~40 歳代で推定平均必要量に達していない³⁾。このことから、これらのミネラルウォーターは、単においしい水としてだけではなく、ミネラル補給としての効果も期待できる。また、飲料水として飲むだけで

なく、調理にも用いることができ、災害時の備えとして備蓄されている。しかし、調理に用いる場合、どのようなミネラルウォーターが適しているか、また、ミネラルウォーターを用いることにより食品にどのような変化があるのかは、うどん⁴⁾やスパゲティ⁵⁾、葛餅⁶⁾、だし⁷⁻⁹⁾、抹茶¹⁰⁾などで報告があるが、米飯に及ぼす影響に関する報告は少ない¹¹⁾。

調理において、水はとても重要である。特に炊飯においては、水分約 15%の「米」が洗米、加水、浸漬、加熱、蒸らしの過程を経て、水分約 60%の「飯」になり、水の成分が飯に吸収される。精白米の場合は、洗米過程で、約 10~15%の水を吸収する^{12,13)}とともに水溶性のビタミンの流出¹⁴⁾やミネラルの流出¹⁵⁾がみられるといわれている。無洗米の場合は、洗米操作がないため、加えた水の成分は流出しない。近年、日本人の米離れが著しくなっている¹⁶⁾中、無洗米は洗米作業を必要とせず、とぎ汁による排水汚染がなくなるため、業務用のみならず家庭でも普及しつつある^{17,18)}。炊飯に使用する水やその他の成分が、飯の性状に影響を与えているという報告は多くみられる¹⁹⁻³⁰⁾が、水の硬度が飯の性状に及ぼす影響に関する研究は少ない^{11,31)}。ミネラル

¹ 甲子園大学栄養学部栄養学科

(〒665-0006 兵庫県宝塚市紅葉ガ丘 10-1)

² 奈良女子大学生生活環境学部食物栄養学科
(〒630-8506 奈良県奈良市北魚屋西町)

*著者連絡先

Email:mizuno@koshien.ac.jp

ウォーターを用いて無洗米を炊飯した場合、洗米操作がないためその成分が飯に吸収され、不足しがちなミネラルを摂取することができると思う。

本研究では、硬度の異なるミネラルウォーターを用いて炊飯して、これらが飯の性状に及ぼす影響を検討し、炊飯に用いる水の硬度がどの程度ならおいしく食べられるかを検討するとともに、ミネラルウォーターで炊いた飯のミネラル量を測定し、Ca、Mgの摂取がどれだけ期待できるかについても検討した。

2. 実験方法

2-1 試料水

硬度の異なる市販容器入り飲用水（ミネラルウォーター類）として、鉱水を原料とする「アルカリイオンの水」（キリンビバレッジ）、「Vittel」（フランス産、サントリーフーズ販売）、「Contrex」（フランス産、サントリーフーズ販売）の3種、海洋深層水を原料とする「100%深層水」（硬度330および700mg/Lの2商品、サントリーフーズ）を用いた。さらに、サントリーより供与を受けた三浦半島三崎沖の海洋深層水原水からNaイオンを除去した二次ミネラル水（硬度約3,200mg/L）も用いた。表1にこれらミネラルウォーター類のボトルに表示されている商品名、成分表示（ミネラル量）および硬度、pHを示す。なお、以後は、ミネラルウォーターの試料名は、アルカリイオンの水、Vittel、Contrex、海洋深層水(330)、海洋深層水(700)および海洋深層水(3200)とする。なお、白飯の味は非常にデリケートなため³²⁾、対照として、地域によって成分が異なる水道水ではなく、蒸留水を用いた。

表1. 試料水のミネラル量と硬度（表示値）

試料名	商品名	採水地	成分表示				硬度 (mg/L)	pH	備考
			Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)			
アルカリイオンの水	アルカリイオンの水	静岡県御殿場市 (富士山の伏流水)	13.0	6.4	8.0	1.6	59	8.8~9.4	軟水
Vittel	Vittel	ヴィッテル	94.0	20.0	7.7	5.0	約315	7.8	硬水
Contrex	Contrex	コントレックスヴィル	486.0	84.0	9.1	3.2	約1,551	7.4	硬水
海洋深層水(330)	100%深層水	三浦半島三崎沖	11.1	75.2	2.6	0.08	330	—	硬水
海洋深層水(700)	100%深層水	三浦半島三崎沖	22.0	160.2	0.6~7.8	0.02~0.50	約700	—	硬水
海洋深層水(3200)	—	三浦半島三崎沖	—	—	—	—	約3,200	—	—

2-2 試料米

兵庫県但馬産コシヒカリから Bran Grind 精米法³³⁾にて調製された無洗米（東洋ライス、搗精度87.3%）を試料米とした。

2-3 炊飯方法

無洗米 300g に米重量の 1.5 倍の試料水 450g（20℃）を加え、20℃の水中にて 30 分浸漬後、電子ジャー炊飯器（三洋電機 ECJ-EB10）で約 35 分間加熱した後、15 分間蒸らしを行った。

2-4 測定項目

1) 炊き上がり飯の重量

蒸らし直後に内釜ごと重量を測定し、内釜の重量を差し引いて、炊き上がり米飯の重量とした。[炊飯による重量変化率(%)] = [炊き上がり飯重量(g)] / [用いた米重量(g)] × 100 を求めた。

2) ミネラル量

炊飯に用いたミネラルウォーター類、無洗米（生米）および炊き上がった飯を直接灰化法（550℃）で灰化し恒量後、灰分を 1% HCl（精密分析用 20% HCl（和光純薬工業））を超純水で希釈し、Ca、Mg、Na および K について、ICP-AES（バリアン VISTA AX CCD）を用いて ICP 発光分光分析法³⁴⁾により定量した。

3) 飯の色

蒸らし直後の米飯の入った内釜に濡らしてかたく絞ったさらし布巾をかぶせ、15 分放置した米飯の色を色彩色差計（ミノルタ CR-200）により L*a*b*表色系にて測定した。

4) 飯の破断特性

蒸らし終了後、木杓子でほぐし、内釜にかたく絞ったさらし布巾をかぶせ、40 分間ジャー炊飯器で保温した米飯の破断特性を

クリープメーター（山電 RE-3305）にて測定した。破断特性は、直径 3mm の円柱形プランジャーを用い、一粒法³⁵⁾にてロードセル 2N、測定速度 1mm/sec、圧縮率 100% の条件で測定した。なお、測定は各試料 1 回の炊飯から 5 回、異なる炊飯で 3 回の合計 15 回ずつ行った。

5) 官能評価

蒸留水で炊いた飯を基準米飯として 7 段階(-3~+3)の評価尺度を用いて、硬さ、粘りの強弱についての特性評価および、色、つや、香り、味、硬さ、粘り、総合評価についての嗜好評価を評点法で実施した。特性評価の「硬さ」は、-3：非常に柔らかい、-2：かなり柔らかい、-1：やや柔らかい、0：基準飯と同じ、+1：やや硬い、+2：かなり硬い、+3：非常に硬いとし、「粘り」は、-3：非常に弱い、-2：かなり弱い、-1：やや弱い、0：基準飯と同じ、+1：やや強い、+2：かなり強い、+3：非常に強いとした。嗜好評価では、「色」、「つや」、「香り」、「味」、「硬さ」、「粘り」および「総合評価」について、-3：非常に悪い、-2：かなり悪い、-1：やや悪い、0：基準飯と同じ、+1：やや良い、+2：かなり良い、+3：非常に良いとした。試料飯は、冷めにくくするため白色ポリスチレン皿に約 30g を入れ、基準米飯と試料米飯を約 60℃ で同時に提示し、基準米飯に対する相対評価とした。試料提示順序はランダム化して実施した。パネルは、官能評価の知識があり、実際に官能評価の経験が多い女子学生に対して研究の主旨を説明し、同意が得られた大阪成蹊短期大学学生（19~21 歳）22 名とした。換気設備のある室内（室温 20℃ ±5℃）、蛍光灯下で実施した。

エクセル統計 2012 を用いて、一元配置分散分析を行い、有意差のあった項目について Fisher's PLSD 多重比較法で有意差検定

を行った。

3. 結果および考察

3-1 炊飯による重量変化率

各種ミネラルウォーターを用いて炊飯した場合の炊き上がり飯重量を米に対する重量変化率（%）で表 2 に示す。炊飯による重量変化率は、いずれのミネラルウォーターを用いた場合も 231~234% であり、炊き水の違いによって有意差はみられなかった。炊き上がり飯重量が同じになったことから、硬度の高い水を用いても吸水が妨げられず水分量が同じで一定の硬さの飯となっていることが推測された。

3-2 ミネラル量

Ca、Mg の摂取がどれだけ期待できるかを検討するために、ミネラルウォーターおよびミネラルウォーターで炊いた飯のミネラル量を測定した。

無洗米炊飯の場合、加えた水は、浸漬、加熱、蒸らしの過程を経て吸収され、余分な水は蒸発する。流出する水はない。したがって、飯のミネラル量は、生米のミネラル量および加えた水のミネラル量の総計となることが予想される。表 3 に試料水および無洗米（生米）のミネラル量を測定した結果ならびに水の硬度、pH を示す。水の硬度は、以下のように計算した。

$$\text{水の硬度 (mg/L)} = \text{Ca(mg/L)} \times 2.497 + \text{Mg(mg/L)} \times 4.117$$

試料水のミネラル量は、Vittel では、Ca、Mg 量が表示値よりやや低かったが、アルカリイオンの水は表示値とほとんど同じ、Contrex、海洋深層水(330)、海洋深層水(700)ではいずれもわずかに高くなった。ミネラル量の結果から計算した水の硬度は、Vittel がやや低かったが、アルカリイオンの水は表示値とほとんど同じ、Contrex、海洋深層

表2. ミネラルウォーターで炊いた飯の重量変化率

	蒸留水	アルカリイオンの水	Vittel	Contrex	海洋深層水(330)	海洋深層水(700)	海洋深層水(3200)
重量変化率*(%)	234 ± 2	233 ± 4	231 ± 3	232 ± 2	232 ± 1	232 ± 2	231 ± 1

データは5回の測定の平均値±標準偏差である。

*重量変化率(%) = 飯重量 (g) / 米重量 (g) × 100

表3. ミネラルウォーターおよび米のミネラル量

	ミネラル量				硬度* (mg/L)	pH
	Ca(mg)	Mg(mg)	Na(mg)	K(mg)		
(ミネラルウォーター1L中)						
アルカリイオンの水	12.9	6.4	7.7	1.8	58.6	8.9
Vittel	85.1	19.0	7.3	5.1	290.6	8.0
Contrex	486.2	84.7	9.1	3.2	1562.9	7.8
海洋深層水(330)	11.1	75.2	2.6	0.1	337.2	7.1
海洋深層水(700)	27.0	156.0	4.4	0.4	709.8	7.2
海洋深層水(3200)	95.5	737.0	12.0	0.2	3273.4	7.8
蒸留水	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	-
(生米100g中)						
無洗米	3.3	10.6	2.0	39.1		

データは3回の測定の前平均値である。

*水の硬度 (mg/L) = Ca(mg/L)×2.497+ Mg(mg/L)×4.117

水(330)、海洋深層水(700)、海洋深層水(3200)ではいずれもわずかに高くなった。ミネラルウォーターの pH はいずれも 7 以上で、アルカリイオンの水がもっとも高かった。

表には示していないが、水道水(大阪市東淀川区)を測定した結果は、Ca 13.7mg/L、Mg 2.5mg/L、Na 17.8mg/L、K 3.3mg/L、硬度 44 mg/L であった。東京都近郊の水道水(n=11)の報告³⁶⁾では、Ca 23.3±3.4 mg/L、Mg 5.2±1.8 mg/L、Na 17.2±13.0 mg/L、K 2.5±1.2mg/L であり、水道水のミネラル量は様々なので、本報では対照として蒸留水を用いた。

また、無洗米の生米 100g 中のミネラル量は、表 3 に示すように、Ca 3.3mg、Mg 10.6mg、Na 2.0mg、K 39.1mg であった。米のミネラル量は、産地や品種、肥料等によって異なる³⁷⁾が、「日本食品標準成分表」³⁸⁾によると、精白米のミネラル量は、Ca 5mg、Mg 23mg、Na 1mg、K 88mg である。「日本食品標準成分表」には、無洗米の栄養価は収載されていない。渡邊らの報告³⁹⁾では、精白米を無洗米処理することによりミネラル量は減少し、無洗米処理残存率はとくに Mg が 35% と低く、無洗米(コシヒカリ、新潟県産) 100g 中のミネラル量は、Ca 3.48mg、Mg 10.84mg、Na 0.40mg、K 80.0mg であったとしており、著者らの結果と Ca 量、Mg 量はほぼ同じであった。

無洗米炊飯では、洗米によるミネラル損失がないため、炊飯によるミネラル量の損失がないと考えられる。したがって、炊き

あがり飯に含まれるミネラル量は、生米中のミネラル量とミネラルウォーター中のミネラル量の合計となると推定されるので、理論値を以下のように計算した。

理論値(飯中のミネラル量) = [無洗米 100g 中のミネラル量] + [ミネラルウォーター中のミネラル量]

表 4 に理論値と測定値を示す。理論値および測定値はいずれも「飯のミネラル量を米乾物 100g あたりに換算したミネラル量」とした。また、ミネラル量の回収率は以下のように計算した。

回収率(%) = [炊き上がり飯のミネラル量を米乾物 100g あたりに換算したミネラル量](mg) ÷ {[生米中のミネラル重量(mg)] + [試料水のミネラル量(mg)]} × 100

炊き上がり飯のミネラル量を米乾物 100g あたりに換算したミネラル量は、表 4 に示すように Ca および Mg については、理論値のほぼ 100% 回収できた。Na および K については、加えるミネラルウォーター中にはいずれも微量しか含まれないため誤差が大きくなったと考えられる。蒸留水を用いた場合、理論値は生米に含まれるミネラル量とほぼ同値であり、測定値は Ca 3.4mg、Mg 10.0mg、Na 2.1mg、K 41.6mg となり、いずれのミネラルも理論値のほぼ 100% 回収できた。硬度約 60 のアルカリイオンの水では、Ca 5.5 mg、Mg 13.2mg で蒸留水を用いた炊飯に比べ、Ca が 1.6 倍、Mg が 1.3 倍であった。Ca の多い Vittel (硬度約 290mg/L) では、Ca 15.7 mg、Mg 13.4mg で Ca

表4. ミネラルウォーターで炊いた飯のミネラル量と回収率

	理論値*(米100g中)				測定値(米100g中) (回収率**)			
	Ca(mg)	Mg(mg)	Na(mg)	K(mg)	Ca(mg)	Mg(mg)	Na(mg)	K(mg)
蒸留水	3.3	10.6	2.0	39.1	3.4 (102)	10.0 (95)	2.1 (104)	41.6 (106)
アルカリイオン水	5.2	11.5	3.1	39.3	5.5 (105)	13.2 (114)	2.8 (89)	44.3 (113)
Vittel	16.1	13.4	3.1	39.8	15.7 (98)	13.4 (100)	2.3 (74)	45.9 (115)
Contrex	76.2	23.3	3.3	39.6	69.3 (91)	21.6 (93)	2.6 (77)	50.2 (127)
海洋深層水(330)	5.0	21.8	2.4	39.1	5.3 (108)	21.8 (100)	1.2 (50)	45.5 (116)
海洋深層水(700)	7.4	34.0	2.6	39.1	7.7 (105)	35.5 (105)	1.8 (68)	48.6 (124)
海洋深層水(3200)	17.6	121.1	3.8	39.1	15.9 (90)	110.9 (92)	3.4 (89)	46.2 (118)

データは3回の測定の平均値である。

*理論値(mg/米100g)=[生米100g中に含まれるミネラル量(mg)+ミネラルウォーター150ml中に含まれるミネラル量(mg)]

**回収率(%)=測定値(mg)÷理論値(mg)×100

=[炊き上がり飯のミネラル重量を生米重量に換算したミネラル量(mg)]÷{生米中のミネラル重量(mg/100g)+[試料水中のミネラル量(mg/150ml)]×100

が4.6倍、Ca、Mgともに多いContrex（硬度約1,560mg/L）では、Ca 69.3 mg、Mg 21.6mgでCaが20.4倍、Mgが2.2倍であった。Mgの多い海洋深層水を用いれば、海洋深層水(330)飯では、Mg 21.8mg、蒸留水飯の2.2倍、海洋深層水(700)飯では、Mg 35.5mgで蒸留水飯の3.6倍、海洋深層水(3200)飯では、Caが4.7倍、Mgが11.1倍となった。このように無洗米にミネラルウォーターを加えて炊飯すれば、不足しがちなミネラルを補うことができ、用いる水を変えることにより、用途に合わせたミネラル補給が可能であることが確認できた。

渡邊ら³⁹⁾によるとコシヒカリとヒノヒカリの2品種で無洗米は、精白米に比べ、無洗米処理により、CaもMgも少なくなり、無洗米飯では、Mgが有意に低いとある。

さらに、精白米は洗米操作による溶出率が、MgはNa、Ca、Kよりも高い¹⁵⁾ので、無洗米に今回使用したミネラルウォーター、とくにMgの多い海洋深層水を用いることにより、日本人に不足しているMg摂取量を増やすことができると考える。

3-3 飯の性状

1) 飯の色

各種ミネラルウォーターを用いて炊飯した場合の米飯の色を表5に示す。L*値（明度）は、いずれのミネラルウォーターで炊いた場合も有意な差がみられなかった。硬度の高いContrex（硬度1,560mg/L）で炊いた場合、蒸留水で炊いた場合に比べ、b*値（黄み）がかなり高くなった（ $p < 0.05$ ）。

表5. ミネラルウォーターで炊いた飯の色

	蒸留水	アルカリイオンの水	Vittel	Contrex	海洋深層水(330)	海洋深層水(700)	海洋深層水(3200)
L*	75.42 ± 1.20	74.81 ± 0.44	75.57 ± 0.49	75.15 ± 0.40	75.86 ± 0.55	76.09 ± 0.29	75.84 ± 0.76
a*	-1.88 ± 0.35 ^b	-2.47 ± 0.23 ^a	-1.88 ± 0.85 ^b	-2.27 ± 0.07 ^{ab}	-1.91 ± 0.08 ^b	-2.27 ± 0.05 ^{ab}	-2.19 ± 0.11 ^{ab}
b*	0.02 ± 0.46 ^a	-0.51 ± 0.36 ^a	0.11 ± 0.79 ^a	1.40 ± 0.47 ^c	0.67 ± 0.61 ^b	0.28 ± 0.16 ^{bc}	-1.26 ± 0.25 ^a

データは3回の測定の平均値±標準偏差である。

^{abc} 同行の異なったアルファベットは、有意差を示す（ $p < 0.05$ ）。

2)飯の破断特性

硬度の異なるミネラルウォーターを用いて炊飯した飯の破断強度をそれぞれ 15 回測定し、それぞれの平均値に近かった代表的な破断応力・歪曲線を図 1 に示す。

図 1 に◎で破断点を示すが、いずれのミネラルウォーターで炊いた飯も破断点の歪率の平均値は約 50~60%、図には示していないが破断荷重は 1.0N 前後であり、蒸留水で炊いた飯との間に顕著な差がみられなかった。蒸留水で炊いた飯の破断応力は $1.39 \pm 0.28 \times 10^5 \text{Pa}$ であった。また、表層部の破断特性を示す⁴⁰⁾といわれる歪率 20%の破断荷重は、いずれも 0.3~0.4N で蒸留水飯との間に顕著な差がみられなかった。これまでに著者らの研究^{22,23)}では、炊飯水に 1%食塩水または 1%塩分相当の醤油液

(すなわち米重量の 1.5%食塩)を用いた無洗米飯では、破断点における荷重は、蒸留水を用いた場合に比べ有意に高くなり、塩分濃度が高くなればより顕著であったが、今回用いたいずれの硬度のミネラルウォーターも破断点および歪率 80%における荷重および破断応力には有意な差がみられなかった。一方、高橋らは、破断点からの曲線の上昇が大きいと粘りがあることを示す⁴¹⁾としており、Contrex で炊いた飯は、他のミネラルウォーターで炊いた飯に比べ破断応力・歪曲線において破断点以降の上昇がやや小さい傾向にあったのでやや粘りが弱い傾向にあるといえる。

3-4 官能評価

無洗米を各種ミネラルウォーターで炊い

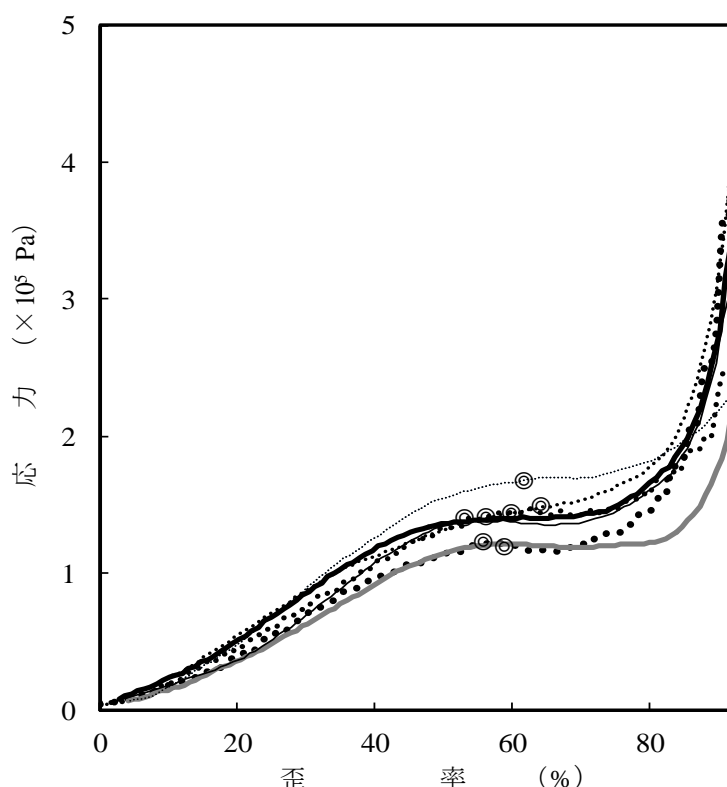


図1. ミネラルウォーターで炊いた飯の応力・歪曲線

- アルカリイオンの水
- Contrex
- Vittel
- 海洋深層水(330)
- 海洋深層水(700)
- 海洋深層水(3200)
- 蒸留水
- ◎は破断点を示す.

た飯について蒸留水で炊いた飯を基準として、硬さ、粘りについて特性評価を、色、つや、香り、味、硬さ、粘り、総合評価について嗜好評価を評点法で行った結果を図2に示す。図の評点の添え字^{abc}は、異なるアルファベット間に有意差があることを示す。

官能評価による特性評価の結果、硬さは、Contrex で炊いた飯は蒸留水飯や他のミネラルウォーターで炊いた飯に比べやや柔ら

かい傾向があったが有意差は認められなかった。粘りは、Contrex で炊いた飯は、Vittel、海洋深層水(330)、海洋深層水(700)で炊いた飯に比べ、やや弱かった ($p < 0.05$)。なお、前述したように、硬度の異なるミネラルウォーターを用いて炊飯した場合、飯の破断特性の結果、蒸留水で炊いた飯との間に顕著な差がみられなかったことと、炊飯による重量変化率は、いずれの水を用いた場合も 231~234%で炊き水の違いによって有

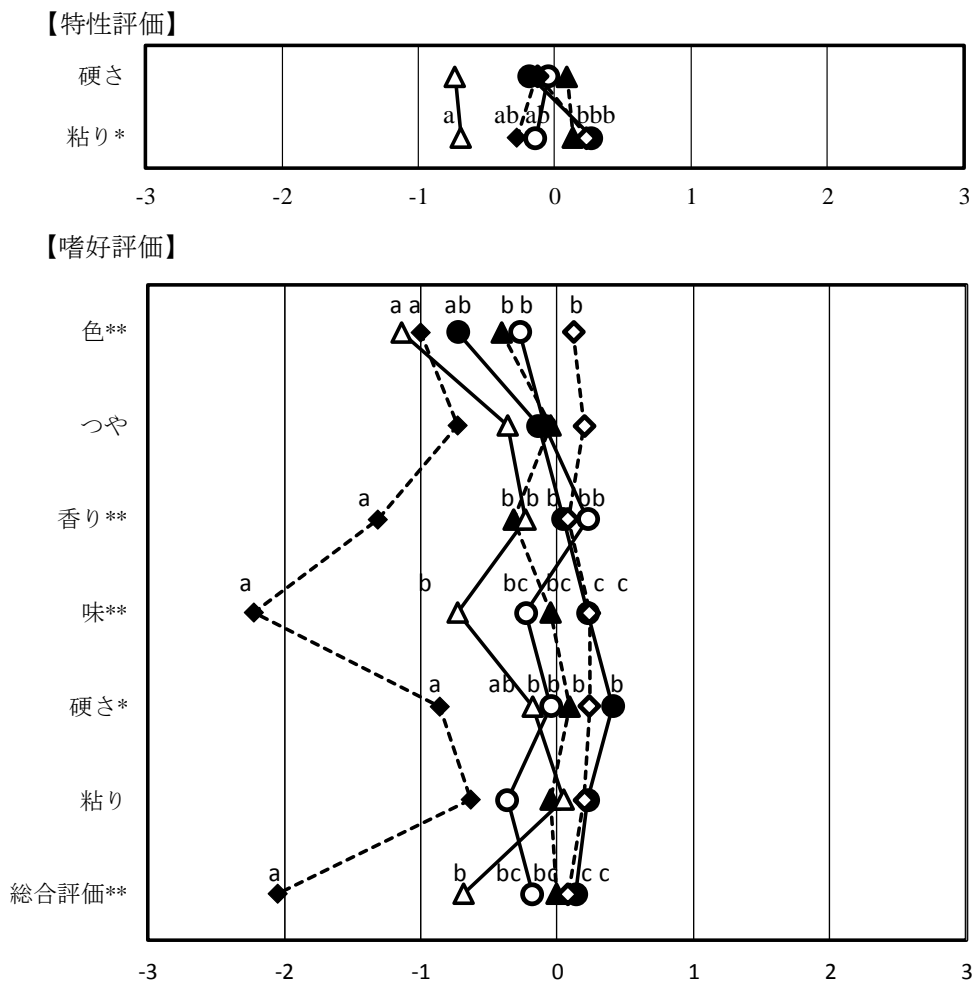


図2. ミネラルウォーターで炊いた飯の官能評価

蒸留水で炊いた飯を基準（評点0）として、7段階評点法で評価した。

【特性評価】硬さは、-3（非常に柔らかい）から +3（非常に硬い），
粘りは、-3（非常に粘りが弱い）から +3（非常に粘りが強い）。

【嗜好評価】色、つや、香り、味、硬さ、粘り、総合評価について、
-3（非常に悪い）から +3（非常によい）。

—○— アルカリイオンの水、—●— Vittel、—△— Contrex、
…▲… 海洋深層水(330)、…◇… 海洋深層水(700)、…◆… 海洋深層水(3200)

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, $n=22$.

abc : 異なるアルファベット間に有意差があることを示す ($p < 0.05$).

意差がみられなかったことから、硬度の高い水を炊飯に用いても一定の硬さ（柔らかさ）の飯になったことが確認できた。

嗜好評価の結果、色は、Contrex と海洋深層水(3200)で炊いた飯は、海洋深層水(330)、アルカリイオンの水、海洋深層水(700)および蒸留水で炊いた飯に比べ、やや悪いという評価であった ($p < 0.01$)。つやは、ミネラルウォーター間に有意差がみられなかった。香りは、海洋深層水(3200)が -1.3 点で他のミネラルウォーターに比べ、評価が低かった ($p < 0.01$)。味は、海洋深層水(3200)が -2.2 点でかなり悪く、Contrex が -0.7 点でやや悪かった ($p < 0.01$)。硬さは、海洋深層水(3200)でやや評価が低かった ($p < 0.05$) が、粘りの評価にはミネラルウォーター間に有意差がみられなかった。

総合評価では、Vittel、海洋深層水(700)、海洋深層水(330)、アルカリイオンの水は蒸留水で炊いた飯と同様に好まれた。Contrex は、総合評価が -0.7 点とやや悪く ($p < 0.01$)、海洋深層水(3200)は -2.1 点でかなり悪いという評価となった ($p < 0.01$)。Contrex (硬度約 1,560mg/L) は、特性評価では、やや軟らかく、粘りが弱かったが、嗜好評価の硬さ、粘りの項目の評価は悪くなかったため、軟らかめ、粘りの弱さは総合評価に影響を及ぼさなかったと考えられる。Contrex の総合評価がやや悪いという評価になったのは、色、味の評価が低かったためと考えられる。Contrex で色の評価が低かったのは、前述した飯の色の測定結果において b^* 値 (黄み) が高くなっていたためである。海洋深層水(3,200mg/L)で炊飯した場合は、色、香り、味の項目で評価が悪く、とくに味が好まれなかったことから、総合評価がかなり悪いという評価になったと考えられる。

また、飲料水としてのミネラルウォーターの硬度に対する女子短大生の嗜好性は、硬度 58.3mg/L が最も高く、硬度 300mg/L 以上で嗜好性が低下したとある⁴²⁾ が、本研究では、ミネラルウォーターを無洗米炊飯に用いた場合、硬度 700 mg/L までは、基準とした蒸留水飯と同様においしく、硬度 1,560mg/L 以上で嗜好性が低下した。

なお、水のおいしさは総硬度、有機物、重炭酸イオン、鉄の 4 項目に加えて、 Ca^{2+} 、電気伝導度などが高い負の相関を示し、水のおいしさと pH には相関は認められなかった⁴³⁾ としている。本研究で用いたミネラルウォーターの pH (表 3) は、アルカリイオンの水がもっとも高く約 9 であった。アルカリ性電解水を炊飯に使用した場合、テクスチャー改善効果があり²⁸⁾、赤飯を炊くと飯が柔らかくなる²⁹⁾ という報告もあるが、本研究では、佐藤らのアルカリ電解水で炊いた飯は物性測定と官能評価から明瞭な評価が得られなかった³⁰⁾ という報告と同様の結果で、アルカリイオンの水を炊飯に用いた場合、蒸留水や他のミネラルウォーターで炊いた飯に比べて、炊飯重量変化率、色、破断強度に有意な差が認められなかった。また、官能評価においても蒸留水や硬度 700mg/L までのミネラルウォーターで炊いた飯と有意な差がみられなかった。

厚生労働省と農林水産省の共同により平成 17 年 6 月に策定された「食事バランスガイド」では、1 日にとる主食の目安はご飯 (中盛り) なら 4 杯程度とされている。ご飯 1 杯を約 150 g とすると、4 杯程度は飯 600 g = 米 286g (食品成分表による重量変化率 210% で計算した場合) に相当し、その炊飯には水 430ml 要する。表 4 の結果から蒸留水を用いた無洗米飯 600g を計算すると、Ca が 9.7mg、Mg が 28.6mg となる。渡邊らの報告の数値³⁸⁾ を用いて計算すると、無洗米飯 600g は、Ca 8.9 mg、Mg 26.3mg となり、無洗米飯のミネラル量は著者らの数値と大きな違いは認められなかった。一方、食品成分表で精白米飯 600g を計算すると Ca 18 mg、Mg 42mg となる。たとえば、官能評価で蒸留水飯と同様においしいと評価された海洋深層水(700)で無洗米を炊飯し、1 日にご飯を 4 杯(600g)食べると、表 4 の結果からの計算値は、Ca が 22.0mg、Mg が 101.5mg となる。Ca、Mg をサプリメントやミネラルウォーターを飲用して摂取することもできるが、主食である米の炊飯にミネラルウォーターを用いることにより、知らず知らずのうちに Mg を摂取することが可能になると考えられる。無洗米をミネ

ラルウォーターで炊いた場合、浸漬水に用いたミネラルウォーターのミネラルを用途に応じて補給できることが期待できる。

4. 要約

硬度の異なるミネラルウォーターを用いて無洗米を炊飯し、これらが飯の性状と嗜好性に及ぼす影響を検討するとともに、これらのミネラルウォーターを用いることにより、Ca、Mg がどれだけ摂取できるか検討した。

- 1) 官能評価の特性評価の結果、ミネラルウォーターで炊いた飯の硬さは、水の硬度が高くなっても、蒸留水で炊いた飯との間に有意差がみられなかった。硬度の異なるミネラルウォーターを用いて炊飯した飯の破断特性の結果も蒸留水で炊いた飯との間に顕著な差がみられなかった。炊飯による重量変化率は、いずれの水を用いた場合も 231~234%であり、炊き水の違いによって有意差はみられなかったことから、硬度の高い水を炊飯に用いても一定の硬さ（柔らかさ）の飯になったことが確認できた。
- 2) 官能評価の嗜好評価の結果、ミネラルウォーターを無洗米炊飯に用いた場合、硬度 700 mg/L までは、基準とした蒸留水飯と同様においしく好まれた。硬度 1,560mg/L 以上では、Ca の多い Contrex は色と味の評価が低く、嗜好性が低かった。Mg の多い海洋深層水（硬度 3,200mg/L）で炊いた飯は、色、香り、味、総合評価で評価が低く、嗜好性がかなり低下した。
- 3) 炊飯に用いた市販ミネラルウォーターのミネラル量を測定した結果、Vittel は表示値の 93%であったが、アルカリイオンの水は表示値の 99%、Contrex101%、海洋深層水(330)は 102%、海洋深層水(700)は 101%であった。
- 4) 炊き上がり飯のミネラル量は、生米中のミネラル量とミネラルウォーター中のミネラル量の合計と推定されるので、米乾物 100g あたりに換算した理論値（飯中のミネラル量）を以下のように計算した。
理論値（飯中のミネラル量）= [無洗米

100 g 中のミネラル量] + [ミネラルウォーター中のミネラル量]。Ca および Mg は理論値のほぼ 100%回収できた。無洗米にミネラルウォーターを加えて炊飯した場合、浸漬水に用いたミネラルウォーターのミネラルを用途に応じて補給できることが期待できる。

5. 謝辞

本研究は、サントリー株式会社からの委託研究助成を受けて行った。本研究の遂行に多大なご支援を下さいましたサントリー（水科学研究所所長（当時）平島隆行氏に厚くお礼申し上げます。また、実験にご協力いただいた大阪成蹊短期大学非常勤講師川原早苗氏に感謝いたします。

6. 文献

- 1) 日本ミネラルウォーター協会：統計資料，ミネラルウォーターの 1 人当り消費量 (<http://minekyo.net/>)（アクセス日：2015 年 8 月 5 日）
- 2) 厚生労働省：栄養素・食品群別所摂取量等に関する状況，厚生労働省平成 25 年国民健康・栄養調査結果（2015）
- 3) 菱田 明，佐々木 敏監修，1-7 ミネラル，「日本人の食事摂取基準（2015 年版）」，pp.247-285（2015）第一出版，東京
- 4) 森岡克司，延近愛子，亀井美希，川越雄介，伊藤慶明，久保田賢，深見公雄：うどんの物性と組織構造に及ぼす海洋深層水の影響，日本食品科学工学会誌，**52**，420-423（2005）
- 5) 村上恵，吉良ひとみ，松本雄大：水の硬度がスパゲティの硬さに及ぼす影響，食生活研究，**34**，324-331（2014）
- 6) 鏡田早紀，松本雄大，数野千恵子：水の硬度が葛餅の品質に与える影響，実践女子大学生生活科学部紀要，**52**，1-7（2015）
- 7) 坂本真理子，河野一世，熊谷まゆみ，赤野裕文，畑江敬子：水の硬度が煮出し汁の嗜好性と溶出成分に及ぼす影響，日本調理科学会誌，**40**，427-434（2007）
- 8) 奥嶋佐知子，高橋敦子：硬度の異なる

- ミネラルウォーターで調整しただしのミネラル含有量と食味について, 日本家政学会誌, **60**, 957-967 (2009)
- 9) 鈴野弘子, 豊田美穂, 石田裕: ミネラルウォーター類の使用が昆布だし汁に及ぼす影響, 日本食生活学会誌, **18**, 376-381 (2008)
- 10) 池田博子: 水の硬度が抹茶の起泡性に及ぼす影響, 日本調理科学会誌, **39**, 254-258 (2006)
- 11) 数野千恵子, 大橋愛子, 平田衣美: 水の硬度が炊飯の味覚に与える影響, 実践女子大学生生活科学部紀要, **38**, 44-49 (2001)
- 12) 竹生新治郎: 米飯の食味 炊飯方法, 米の科学, pp.126 (1995) 朝倉書店, 東京
- 13) 野口駿: 米の吸水, 食品と水の科学, pp.63 (1992) 幸書房, 東京
- 14) 渡邊智子, 高居百合子: 飯・かゆ・おもゆの栄養価一搗精度の異なる米について一, 千葉県立衛生短期大学紀要, **5**, 31-36 (1987)
- 15) 堤忠一, 下村千恵子: 米の搗精および水洗いによる無機成分および蛋白質含量の変化, 農林省食品総合研究所研究報告書, **33**, 12-17 (1978)
- 16) 農林水産省大臣官房食糧安全保障課: 食糧需給表, 平成 27 年 8 月
- 17) 北尾敦子, 倉賀野妙子, 奥田和子: 環境にやさしい食生活 無洗米の調理特性と消費者の意識, 日本調理科学会誌, **31**, 220-226 (1998)
- 18) 鈴木敬子: 無洗米の現状と課題, 将来性, 日本調理科学会誌, **39**, 320-324 (2006)
- 19) 大家千恵子, 松岡洋子, 川端晶子: 米飯の品質および食味特性に及ぼす各種塩類の影響, 日本調理科学会誌, **29**, 195-200 (1996)
- 20) 大西真理子, 庄司一郎, 小川宣子, 加藤好光, 長岡俊治, 下村道子: カルシウムイオン水が炊飯における飯の組織状態に及ぼす影響, 日本家政学会誌, **53**, 1087-1096 (2002)
- 21) 関千恵子, 貝沼やす子, 松元文子: 味付け飯の炊飯について, 調理科学, **8**, 191-200 (1975)
- 22) 岩阪由位子, 水野千恵, 村田達雄, 富岡和子: 炊飯過程における無洗米の性状に及ぼす醤油の影響, 日本調理科学会誌, **38**, 143-147 (2005)
- 23) Mizuno, C., Iwasaka, Y., Tatsuo, M., and Tomioka, K.: Effect of Soy Sauce on the Properties of Japanese *Takikomimeshi*, *J. Cook. Sci. Jpn.*, **39**, 22-30 (2006)
- 24) 小川宣子, 稲垣明子, 山となつみ, 下村道子: 炊飯溶液中のカルシウムとナトリウムが飯の性状に及ぼす影響 (第1報) 飯の物性と食味に及ぼす影響, 日本家政学会誌, **57**, 669-675 (2006)
- 25) 峯木真知子, 松本エミ子: 調味料添加米飯の物性特性と組織構造, 国立女子大学家政学部紀要, **31**, 60-69 (1985)
- 26) 香西みどり, 谷島早苗, 大石恭子, 島田淳子, 畑江敬子: 米飯の嗜好性および物理化学的特性に及ぼす酢酸添加の影響, 日本家政学会誌, **52**, 1091-1097 (2001)
- 27) 竹井よう子, 林照子, 浅井由賀: 炊き込み飯の具の成分が飯の物性に及ぼす影響, 日本調理科学会誌, **30**, 253-260 (1997)
- 28) 小林健治, 土佐典照, 原安夫, 堀江修二: 電解水による炊飯特性の検討, 日本食品科学工学会誌, **43**, 930-938 (1996)
- 29) 小林健治, 原安夫: 電解生成水が赤飯の色調に及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, **51**, 358-366 (2004)
- 30) 佐藤之紀, 野口駿, 高橋節子, 内藤文子: 電解水で炊いた炊飯米の性状と米の浸漬状態, 日本家政学会誌, **45**, 343-348 (1994)
- 31) Nakamura, T., Yurimoto, M., Matsumoto, K., Kawasaki, N., and Tanada, S.: Sensory Taste Evaluation of Milled Rice Cooked with water Different in Hardness, *Jap. J. Food Chem.*, **3**, 141-144 (1996)
- 32) 山口静子: 官能的評価, 調理とおいしさの科学/島田淳子・下村道子編, pp.189-214 (1993) 朝倉書店, 東京

- 33) 雑賀慶二：米加工利用の新技术 東洋精米機製作所「無洗米」, 米飯食品ビジネス事典／大坪研一編, pp.166-173 (2001) サイエンスフォーラム, 東京
- 34) 菅原龍幸, 前川昭男 監修：新食品分析ハンドブック, pp.159-162 (2000) 建帛社, 東京
- 35) 岡留博司, 豊島英親, 須藤充, 安東郁男, 沼口憲治, 堀末昇, 大坪研一：米飯一粒の多面的物性測定に基づく米の食味評価, 日本食品科学工学会誌, **45**, 398-407 (1998)
- 36) 川合英雄：水道水のおいしさ・安全性, 水と健康／立屋敷 哲, 工藤一彦, 川合英雄, 菅原龍幸, pp.83-88 (1997) 女子栄養大学出版部, 東京
- 37) 石原健吾, 森田恭古, 柳沢信子, 藪芳志江, 福谷洋子, 安本教傳：無機元素組成による玄米の産地判別, 日本栄養・食糧学会誌, **58**, 65-68 (2005)
- 38) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：日本食品標準成分表 2010, 女子栄養大学出版部, pp.14-15 (2012), 東京
- 39) 渡邊智子, 廣瀬理恵子, 安井明美：無洗米とその成分挙動および嗜好性, 日本食品科学工学会誌, **46**, 731-738 (1999)
- 40) 冨田晴雄, 坂本薫, John Henderson, 竹森利和：浸漬時間の違いによる米飯の構造とテクスチャーの関係, 日本調理科学会誌, **48**, 18-25 (2015)
- 41) 高橋節子：新形質米の性状と調理特性, 澱粉科学, **40**, 245-254 (1993)
- 42) Esumi, Y., and Ohara, I. : Similar Preference for Natural Mineral Water between Female College Students and Rats, *J. Home Econ. Jpn.*, **50**, 1217-1222 (1999)
- 43) 佐々木健, 岩永千尋, 渡部昌規, 鈴木洗次郎, 浜岡尊, 近藤暹：水質化学成分と官能検査によるおいしさとの相関, 日本農芸化学会誌, **70**, 1103-1116 (1996)

Effects of Mineral Waters Different in Hardness on the Properties and Preference of Cooked Wash-free Rice

Chie Mizuno^{1*} Hitoshi Takamura²

¹Department of Nutrition, College of Nutrition, Koshien University, 10-1 Momijigaoka, Takarazuka, Hyogo 665-0006, Japan

²Department of Food Science, Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University, Kitauoya-nishimachi, Nara 630-8506, Japan

*Corresponding author (Email:mizuno@koshien.ac.jp)

Received December 25, 2015; Accepted February 21, 2016

We investigated the effects of mineral waters on the properties and preference of cooked wash-free rice. We also determined the Ca and Mg amounts of wash-free rice cooked with mineral waters. In the preference sensory tests, wash-free rice cooked with Ca-rich Vittel (300 mg/L hardness) and Mg-rich deep-sea waters (330 and 700 mg/L hardness) were evaluated to be as delicious as wash-free rice cooked with distilled water. Rice cooked with Contrex (1,560 mg/L hardness) and deep-sea water (3,200 mg/L hardness) were evaluated low in color and taste. Wash-free rice cooked with mineral water absorbed almost 100% of Ca and Mg from the mineral water used. These results suggest that wash-free rice cooked with mineral waters can be expected as the source of mineral nutrients.

Keywords : rice cooking, mineral, wash-free rice, mineral water, hardness of water

(責任編集委員：久木久美子)