

米飯の品質および食味特性に およぼす各種塩類の影響

The Influence of Various Types of Salt Containing Different Ingredients on the Characteristics of Cooked Rice and Its Taste

大家千恵子* 松岡洋子** 川端晶子***
(Chieko Ohya) (Youko Matsuoka) (Akiko Kawabata)

We investigated the influence of various types of salt containing different ingredients on the characteristics of cooked rice and its taste.

Both the swelling value and solubility of rice starch were highest in cooked rice without added salt and the cooked rice without added salt showed the highest water absorption on heating and coloring by iodine, and there was a tendency for these characteristics to decrease when salt was added to the rice to be cooked.

The creep characteristics of cooked rice were analyzed with the six-factor Voigt model. Both the instantaneous elasticity and stable viscosity were higher for cooked rices with salt added, the highest value being recorded for cooked rice with NaCl added. The strain recovery rate was larger and permanent strain was smaller in the salt-added cooked rice than in the cooked rice without added salt.

The samples cooked with table salt and natural salt were preferred in sensory characteristics to those without salt.

An X-ray microanalysis of the inorganic elements revealed that they were initially localized on the outer surface of the uncooked rice, and that they migrated inside the rice when it was cooked.

キーワード: 米飯 Cooked rice; 塩田並塩 Sea salt; X-線マイクロアナライザー X-ray microanalyzer; 面分析 Mapping; 無機元素 Inorganic element

近年、米飯の食味について、栽培から消費に至るまでの各分野で関心が高まり、種々の研究が進められている。一般に、日本人に好まれているジャポニカタイプの米飯では、アミロース¹⁾およびタンパク質含量²⁾の低いもの無機成分ではマグネシウムやリン含量が高く、カリウム含量の低いものが美味しいとされている³⁾。

米飯は白いご飯としてばかりでなく、炊き込みご飯、すしなどの各種和風ご飯、油を使う洋風、中華風ご飯としても利用されている。近年、レトルト包装米や冷凍米飯などの加工利用が徐々に増加し、ピラフや焼きめしがその代表的なものになっている。これらは、粘

りすぎず弾力のある米に適し、味付けとして食塩が用いられている。現在市場では普通の精製塩の他に天然塩に近い食塩などもみられ、他の塩類を微量に含むことがおいしさに貢献するといわれている。本研究では、炊飯における塩類の影響についての基礎的研究を行う目的で市販塩、塩田並塩相当およびにがり高濃度塩のモデル塩を用い、さらに各塩類の無機成分すなわち、Na, K, Ca および Mg が与える影響をクローズアップして考察する目的で、4種の単独塩も用い比較検討した。また産地の明確な米を試料とし、各種塩類が、米飯の品質と食味特性におよぼす影響について検討することを目的とした。

* 共立女子大学

** 山口女子大学

*** 東京農業大学

実験方法

1. 試料および試料の調製

試料は平成元年度兵庫県産日本晴を用いた。尚、基礎実験に用いた澱粉の調製は山本ら⁴⁾の方法に準じて、0.2% NaOH を用いて除タンパクし純水を用いて調製した。米の炊飯は東芝電気炊飯器 RC-40 (炊飯容量 0.4 l) 間接加熱式釜を用いた。即ち米 100g を純水で 5 回洗い、ザルに洗い上げて水切りし、加水量は米の重量の 1.5 倍の 150g とし 30 分吸水させた後炊飯し、15 分蒸らした。また塩類は NaCl, KCl, CaCl₂, MgCl₂ はともに関東化学株式会社製の特級を用いた。調製塩の組成は Table 1 に示した。No. 1 塩は市販食塩, No. 2 塩は塩田並塩, No. 3 塩はにがり高濃度塩のモデル系食塩で No. 2 塩の NaCl 以外を約 2 倍にした組成で (株) 日本タバコ産業で調製した。

Table 1. Composition of various types of salt sample (%)

	H ₂ O	NaCl	MgCl ₂	CaCl ₂	KCl	CaSO ₄	MgSO ₄
No. 1	0.07	99.64	0.04	0.03	0.19	0.03	0
No. 2	0.13	98.13	0.70	0	0.21	0.48	0.35
No. 3	0.11	96.54	1.47	0	0.39	0.95	0.54

No. 1 commercial table salt; No. 2 sea salt;
No. 3 high-mineral content salt, apart from NaCl

2. 測定方法

1) 塩類添加澱粉の吸水および加熱による膨潤力・溶解度

塩類添加澱粉の膨潤力と溶解度の測定は貝沼ら⁵⁾の方法を用いた。既ち試料 1g (無水分換算) を精秤し、容量補正ずみの 50ml 目盛付き共栓遠沈管にとり、純水の代わりに各々の塩類を 1% 溶液として加え 50ml にメスアップした。澱粉が沈殿するのを防ぐため、振動をあたえ、60, 70, 80, 95°C の各温度に設定した恒温槽で 1 時間加熱した。加熱後直ちに 3,000 rpm で 30 分間遠心分離し、上澄液を傾斜させて取り、液はフェノール硫酸法⁶⁾で測定した。沈澱部は重量を測定し、次式により、それぞれ溶解度・膨潤力を求めた。

$$\text{溶解度 (S\%)} = (A/1,000) \times 100 = A/10$$

$$\text{膨潤力} = 100 B/1,000(100 - S) = B/10(100 - S)$$

A: 溶解部の澱粉量 (mg), B: 沈澱部の重量 (mg)

S: 溶解度

2) 米の炊飯特性

米の炊飯特性をみるために竹生らの方法^{7,8)}による炊飯試験を行った。既ち加熱吸水率, 膨脹容積, 炊飯

液の pH, ヨード呈色度, 溶出固形物を求めた。

3) 炊飯米 1 粒法による静的粘弾性

塩類添加炊飯のクリープ測定は新しい試みとして、1 粒の飯を用い、山電 (株) 製のレオナー RE-33005 型で測定した。測定方法は 1 粒の飯の両端をカミソリできり約 3mm の高さにした。荷重と除重を各々 60 秒間とし、線形性の範囲の 10 ± 0.5% 圧縮で行い、プランジャーは 16mm の円筒形を用いた。測定条件は炊飯直後の試料を釜中央より選び、80°C に保温し 5 回測定した。

4) X 線微小分析による玄米, 白米および塩類添加炊飯米の元素の定性分析

米粒および米飯中の無機塩の所在を明らかにする目的で元素の定性分析を行った。試料は日本晴の玄米と白米および白米に塩類を炊き水の 1% を加え炊飯し、その試料を凍結乾燥した。凍結乾燥した飯 1 粒をカミソリで厚さ 2mm に切り、試料台に切り口を上にして 2 粒置き DOTITE XC-12 で固定した。次に試料を真空状態にしてカーボン蒸着を行った。測定はエネルギー分散型 X 線マイクロアナライザーを装着した日本電子工業株式会社製の分析電子顕微鏡 JEM-2000 EX を用い、各組織の X 線微小分析を面分析で 100 秒間行った。

5) 米の官能評価

1% 各種塩類添加炊飯米の官能評価は無添加炊飯米を基準にして、外観, 香り, 味, 粘り, 硬さ, 総合評価の 6 項目について、良を 5 段階, 不良を 5 段階の両極 11 点評点法を用い、パネルは東京農業大学農学部栄養学科学学生 10 名で行った。解析は一元配置の分散分析で行った。さらに各試料間の有意差の検定を行い、ステューデント化の q 値で示した。

実験結果及び考察

1. 塩類添加澱粉の吸水および加熱による膨潤力・溶解度

各種塩添加澱粉の膨潤力・溶解度の結果を Fig. 1 に示した。膨潤力・溶解度ともに無添加が一番高く、塩類を添加すると減少する傾向であった。各種塩類の 95°C における膨潤力では MgCl₂ と No. 1 塩が他の塩類よりやや高く、溶解度では、NaCl と KCl が高い傾向を示した。2 価よりも 1 価の塩添加の溶解度が高い傾向を示した。

2. 塩類添加米の炊飯特性

塩類添加白米の炊飯特性の結果を Table 2 に示した。加熱吸水率およびヨード呈色度はいずれも無添加

米飯の品質および食味特性におよぼす各種塩類の影響

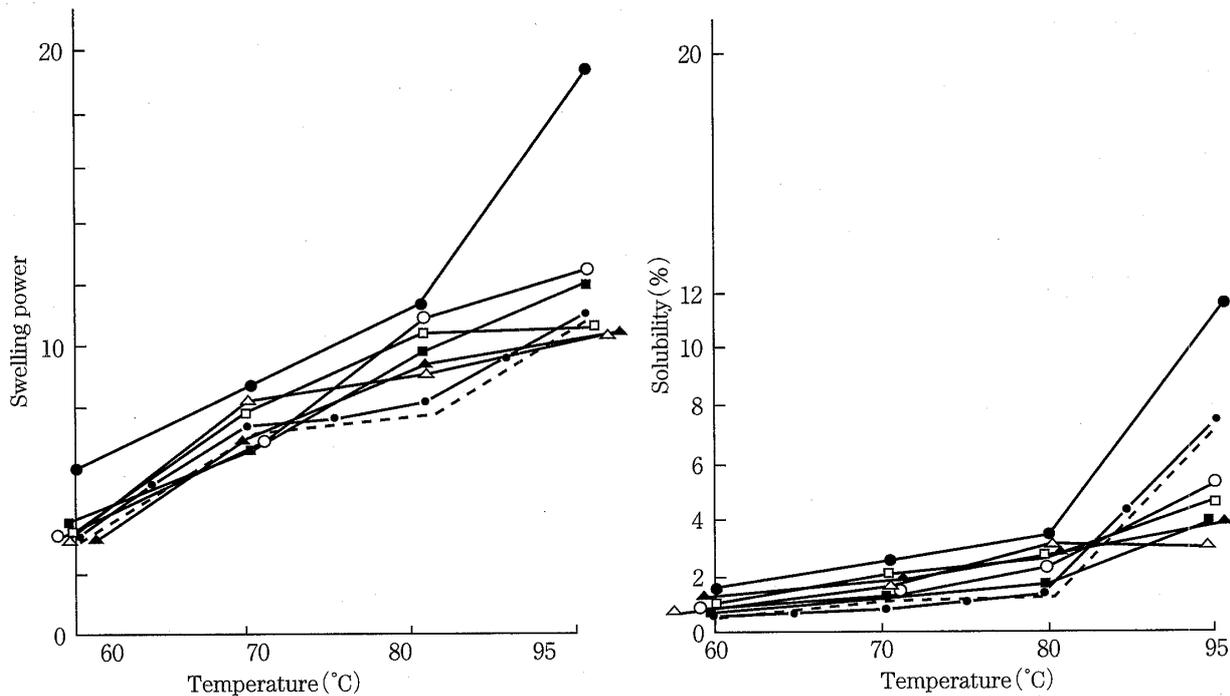


Fig. 1 Swelling power and solubility of rice starch in various 1% salt solutions

●—● Distilled water - - - - NaCl - · - · KCl □—□ CaCl₂
 ■—■ MgCl₂ ○—○ No. 1 △—△ No. 2 ▲—▲ No. 3
 No. 1: commercial table salt; No. 2: sea salt;
 No. 3: high-mineral content salt, apart from NaCl

Table 2. Cooking qualities of added various 1% salt to milled rices

Sample	Heat absorption ratio ($\times 10^2$, %)	Swelling volume (ml)	Iodine coloration
No addition	2.98 \pm 0.06	25.8 \pm 0.4	0.127 \pm 0.00
NaCl	2.74 \pm 0.03	23.6 \pm 0.3	0.102 \pm 0.00
KCl	2.82 \pm 0.01	25.4 \pm 0.2	0.104 \pm 0.01
CaCl ₂	2.66 \pm 0.04	24.0 \pm 0.1	0.092 \pm 0.01
MgCl ₂	2.70 \pm 0.01	25.6 \pm 0.3	0.102 \pm 0.00
No. 1	2.58 \pm 0.02	25.4 \pm 0.3	0.082 \pm 0.00
No. 2	2.46 \pm 0.01	24.2 \pm 0.2	0.081 \pm 0.01
No. 3	2.73 \pm 0.03	27.9 \pm 0.1	0.083 \pm 0.00

No. 1: commercial table salt; No. 2: sea salt
 No. 3: high-mineral content salt, apart from NaCl

が一番高く、塩類を添加すると減少する傾向であった。しかし膨張容積では No. 3 塩が最も大きい結果であった。本実験では塩類添加によって、米澱粉全体の溶出が抑えられ結果としてアミロース量も少なくなったものと考えられた。

3. 炊飯米の静的粘弾性

1% 塩類添加炊飯米の炊飯直後のクリープ測定の結果を Table 3 に示した。クリープ曲線は 6 要素模型に対応して解析することができた。フック体の瞬間弾性

率 (E_0)、フォークト体の弾性率 (E_1 , E_2)、フォークト体の粘性率 (η_1 , η_2) およびニュートン体の定常粘性率 (η_N) とともに塩類添加は無添加に比べ高く、特に NaCl が最も高い傾向を示したのに対し No. 1 塩は他の塩類よりやや低い傾向を示した。塩添加により組織がしまつて硬くなっていることがうかがわれたが、No. 1 塩の市販食塩はその傾向が少なかった。次に回復歪と永久歪を求めて Fig. 2 に示した。塩類添加炊飯米はいずれも無添加に比べ回復歪は大きく、それに対

Table 3. Creep modulus viscoelasticity of cooked rice with 1% various salts

Sample	E_0 N/m ² ($\times 10^5$)	E_1 N/m ² ($\times 10^6$)	E_2 N/m ² ($\times 10^6$)	η_1 Pa·s ($\times 10^7$)	η_2 Pa·s ($\times 10^6$)	η_N Pa·s ($\times 10^8$)	τ_1 sec	τ_2 sec
No addition	3.34±0.10	1.11±0.17	5.37±0.30	1.01±0.08	4.31±0.18	1.34±0.16	9.18	0.80
NaCl	4.66±0.23	1.56±0.14	7.43±0.19	1.83±0.16	5.96±0.13	5.19±0.08	11.75	0.80
KCl	4.36±0.12	1.30±0.21	6.74±0.27	1.18±0.14	5.54±0.24	1.66±0.20	9.12	0.82
CaCl ₂	3.81±0.18	1.44±0.16	7.00±0.29	1.33±0.25	5.78±0.01	1.33±0.16	9.15	0.82
MgCl ₂	4.29±0.22	1.44±0.15	6.02±0.32	1.28±0.17	4.52±0.51	1.55±0.13	8.84	0.74
No. 1	3.10±0.22	1.22±0.20	5.79±0.22	1.09±0.19	4.83±0.10	1.26±0.19	8.99	0.83
No. 2	3.90±0.24	1.57±0.13	5.83±0.34	1.38±0.06	4.21±0.21	2.22±0.18	8.93	0.72
No. 3	4.26±0.24	1.60±0.25	7.47±0.23	1.43±0.18	5.74±0.14	2.06±0.21	8.97	0.77

E_0 : Young's modulus of Hookean body;

E_1, E_2 : Young's modulus of Voigt body;

η_1, η_2 : viscosity of Voigt body;

η_N : viscosity of Newtonian body

τ_1, τ_2 : retardation time;

No. 1: commercial table salt;

No. 2: sea salt

No. 3: high-mineral content salt, apart from NaCl

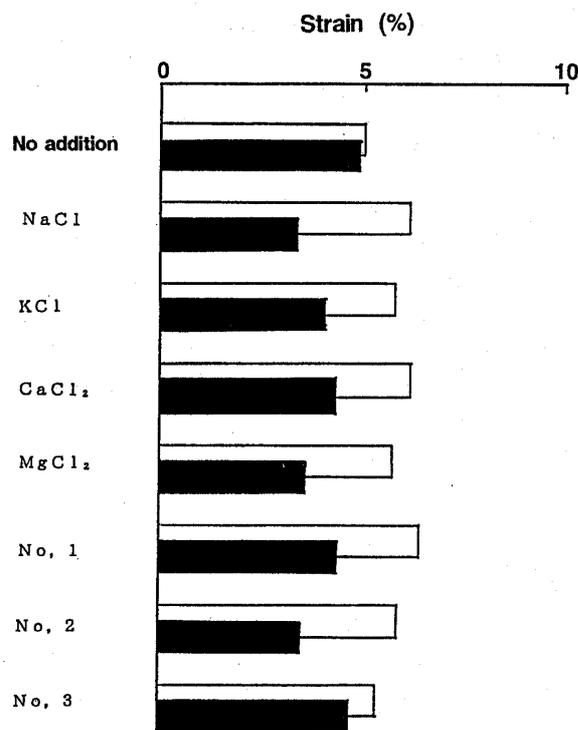


Fig. 2 Recovery and permanent strain of cooked rice with 1% of various salts added

□ Recovery strain ■ Permanent strain

No. 1: commercial table salt; No. 2: sea salt;

No. 3: high-mineral content salt, apart from NaCl

し永久歪は小さい傾向を示した。特に回復歪は No. 1 と NaCl の値が大きく、永久歪は NaCl と No. 2 塩の値が小さい結果であった。以上のことより塩類添加炊飯米は無添加より硬くはなるが、歯ごたえがある様に

思われた。

4. X線微小分析による玄米、白米および塩類添加炊飯米の元素の定性分析

炊飯過程において、イオンが米粒内にどのように移動するかを知る目的で日本晴の玄米と白米および炊飯米について米粒中のイオンの定性分析の結果を Fig. 3 に示した。日本晴の玄米の外側はマグネシウム、リン、イオウ、カリウムが認められた。白米の外側もマグネシウム、リン、イオウが認められたのに対し、米の内側では玄米、白米共にイオウしか認められなかった。それに対し炊飯米は米の外側も内側もともにリン、イオウ、カリウムが認められた。炊飯することにより無機元素が内部に移動するのではないかと考えられた。そこで米を炊く前の水吸収時に無機元素の移動があるのかを確かめる目的で水浸30分、1%食塩水に15分間浸漬米、1%食塩水に30分間浸漬米および1%食塩水に15分、30分浸漬した後は、15分では米の外側内側も共にリン、イオウ、塩素、カリウムが認められた。更に30分吸水後では米の外側でナトリウム、ケイ素、リン、イオウ、塩素、内側ではリン、イオウ、塩素、カリウムが認められた。このことより1%食塩水に15分、30分間吸水させると、無機元素は米の内部にも移動することが認められた。実際の炊飯の時は1%食塩水に30分間浸漬せず、水に30分間浸漬してから炊く直前に塩を添加して炊く、したがって炊飯過程に

米飯の品質および食味特性におよぼす各種塩類の影響

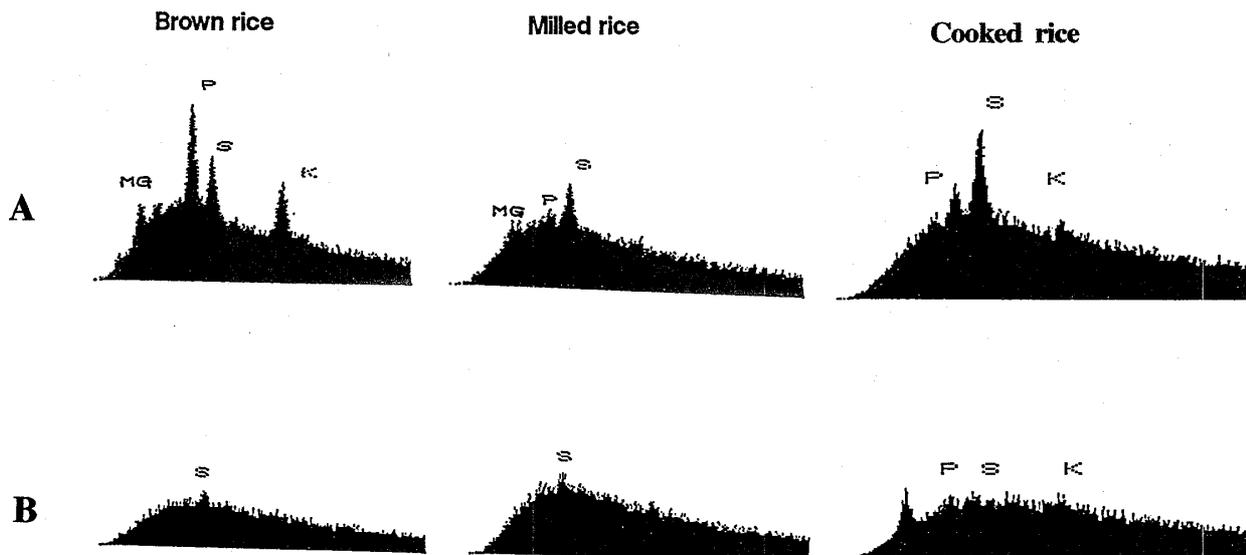


Fig. 3 Qualitative analysis of inorganic elements in nipponbare (1)

A—B A: outside; B: inside

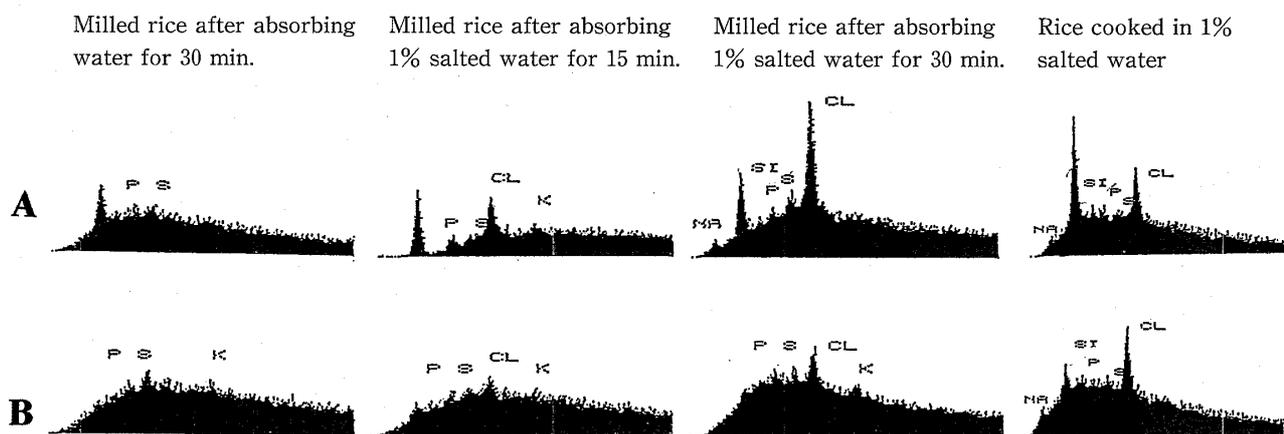


Fig. 4 Qualitative analysis of inorganic elements in nipponbare (2)

A—B A: outside; B: inside

水の対流によって無機元素が米の内部まで移動するのではないかと推察できた。

5. 塩類添加炊飯米の官能評価

官能評価の各項目のうち味, 粘り, 総合評価でいずれも1%の危険率で有意差がみとめられた。各塩類が官能評価に及ぼす影響についてまとめてFig. 5に示したが, 味ではプラスに働く塩類はNaCl, No. 1, No. 2, No. 3塩類であり, マイナスに働くのはKCl, CaCl₂, MgCl₂であった。又粘りではいずれの塩類もマイナスに働き, 特にCaCl₂, KClは大きくマイナスに寄与していた。総合評価では味と同様の傾向を示し, 特にNo. 1とNo. 3塩が最も好まれる傾向を示した。

評価項目で有意差があった項目の各試料間の有意差の検定をステューデント化のq値で示しその結果, 味

と総合評価では, 無添加, NaCl, No. 1, No. 2, No. 3塩との間では有意差がなくそれ以外のKCl, CaCl₂, MgCl₂との間で有意差が認められた。粘りでは無添加, No. 3塩と各々KCl, CaCl₂間, またNo. 1, No. 2塩とCaCl₂との間に有意差が認められた。

要約

各種の塩類が米の炊飯および食味特性におよぼす影響について検討した。結果を要約すると以下の通りである。

1. 塩類添加の米澱粉の膨潤力・溶解度はともに無添加が一番高く, 塩類を添加すると減少する傾向であった。
2. 各種の塩類添加の炊飯特性では, 加熱吸水率お

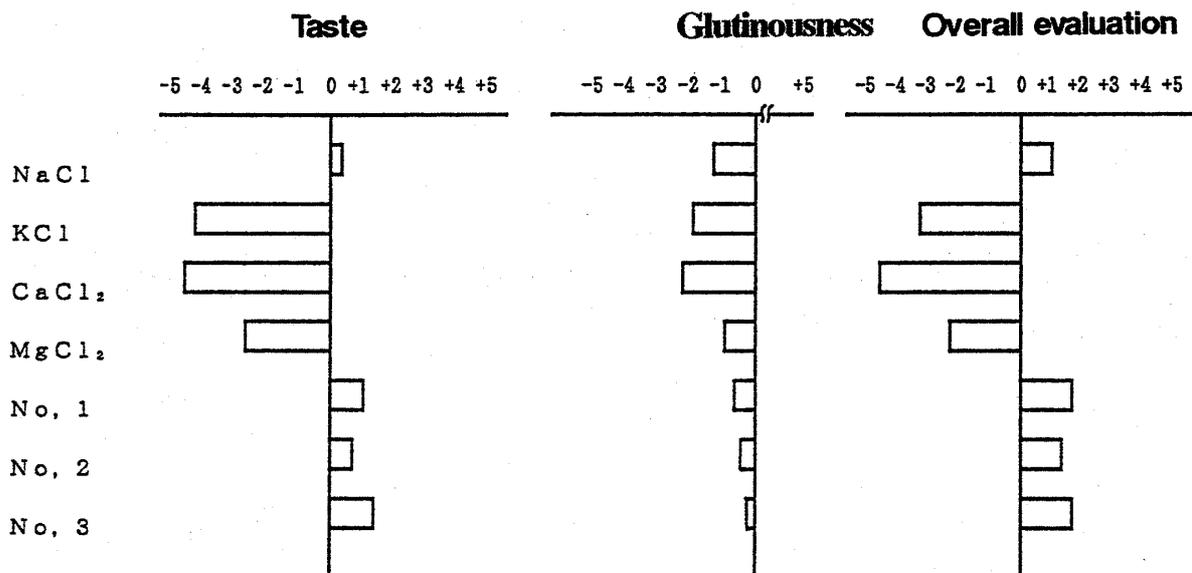


Fig. 5 Comparison by average evaluated scores of rice cooked in various 1% salt solutions

No. 1: commercial table salt; No. 2: sea salt;

No. 3: high-mineral content salt, apart from NaCl

よびヨード呈色度のいずれも無添加が最も高く、塩類添加によって減少する傾向を示した。

3. 米飯のクリーブ曲線では6要素のフォークト体模型に対応させて解析できた。その結果、瞬間弾性率と定常粘性率において塩類添加は無添加に比べ高く、特にNaClが最も高い傾向を示した。塩添加により組織がしまっていて硬くなっていることが伺われたがNo.1食塩は無添加によりやや低い傾向を示した。また塩類添加炊飯米の回復歪は無添加より大きく、永久歪は小さく、いわゆる歯応えのある物性であると考えられた。

4. 官能評価では市販食塩と塩田並み食塩が他の塩類より好まれる傾向を示した。

5. 無機元素のX線微小分析の結果、生米では無機元素が外側に多く、炊飯すると米粒中の内部に移動していくことが認められた。

この研究を進めるにあたりX線微小分析のご指導を賜りました大妻女子大学、桐淵滋雄先生および東京農業大学の矢口行雄先生に厚くお礼申し上げます。

本研究の概要は平成3年度調理科学会大会において報告した。本研究の一部は1991年度(財)ソルト・サイエンス研究財団の研究助成を受けて行ったものである。

文 献

- 1) 稲津脩, 新井利直: 化学と生物, **24**, 497 (1986)
- 2) 石間紀男, 平宏和, 平春枝, 御子柴穆, 吉川誠次: 食総研報, No. 29, 9 (1974)
- 3) 岡本正弘, 堀野俊郎, 新井利直, 坂井真: 育種, **38**, 別1)332 (1988)
- 4) 山本和夫, 沢田澄恵, 小野垣俊雄: 澱粉科学, **20**, 99 (1973)
- 5) 貝沼圭二, 小田恒郎, 鈴木繁男: 澱粉工誌, **14**, 24 (1967)
- 6) 中村道徳: 澱粉科学ハンドブック, 二國二郎監修, p189 (1984) 朝倉書店
- 7) 谷達雄: 栄養と食糧, **11**, 45 (1958)
- 8) 竹生新治郎, 岩崎哲也, 谷達雄: 栄養と食糧, **13**, 137 (1960)

(平成7年9月14日受理)