

# 多重バイト試験法による米の食味品質 と関連した物性の簡易測定法

辻 昭 二 郎, 中 谷 文 子

(大阪樟蔭女子大学学芸学部)

平成 2 年 6 月 21 日受理

## Convenient Method for Measuring the Physical Property of Rice Correlated to the Eating Quality of Cooked Rice by Using the Multi-Biting Test

Shojiro TSUJI and Fumiko NAKATANI

*Faculty of Education and Liberal Art, Osaka Shoin Women's College, Higashiosaka, Osaka 577*

Convenient method for measuring the physical property of rice correlated to the eating quality of cooked rice was developed. Further, some problems about the rheological measurement of rice paste such as amylograph were illustratively discussed.

Multi-biting test of liquid samples prepared from rice by specified method were carried out for investigating the physical property correlated to the eating quality of cooked rice. Seven rice samples which different in rice qualities and the eating qualities were measured and analyzed by this method. Difference of the physical properties correlated to the eating qualities of these rices were estimated clearly by this method.

Difference of the physical property correlated to the eating quality between glutinous and non-glutinous rice was indicated normally by this method. Changes in the gelatinization character of waxy and non-waxy starch due to the heating conditions which produce an effect on the experiment conditions were illustrated by using corn starch and waxy corn starch.

Rice paste of relatively high concentration which usually used in the measurement of amylograph exhibits mostly non-Newtonian behaviours which have no relation directly to the real physical property of rice. These are rheologically complex and exhibit thixotropic properties which misleading the explanation of the rheological property of rice paste. Thixotropic structure of the rice paste was dissolved easily by diluting the paste with pure water. These suggest the importance of adopting optimum experiment conditions for preparing the rice paste.

Difference of physical property correlated to the eating quality between new rice and 1 year aged rice could be also estimated by our method by using optimum experiment conditions.

(Received June 21, 1990)

**Keywords:** eating quality of rice 米の食味品質, multi-biting test 多重バイト試験, amylograph アミログラフ, pasting of rice starch 米でん粉ののり化, rheology of rice starch paste 米ののりのレオロジー.

### 1. 緒 論

米を炊飯することなく、米について直接その食味品質を機器的方法によって測定する方法としては、精米粉ののりのアミログラフによるみかけの粘度測定が主として行われてきた<sup>1)2)</sup>。竹生ら<sup>3)</sup>は10点の米試料について官能検査の食味評価の内容項目相互および理化学的測定項

目との相関を検討している。それによると、官能検査による総合評価には米飯の味と粘りが最も大きな関連をもっていることを示した。したがって米飯の粘りは食味評価のうえで大きな比重を占めるものといえる。また、竹生らは精米粉のアミログラフによる特性値が官能検査による総合評価や味や粘りと相関があることを示した。と

くに、最高粘度、最低粘度、ブレイクダウンが米飯の食味評価と大きく関連していることを示した。しかしながら、この10点の米試料の官能検査による食味評価とアミログラフの最高粘度、最低粘度、最終粘度、ブレイクダウン等の値を詳細に検討してみると、これらのアミログラフの特性値は官能検査による味、粘り、総合評価などの結果と必ずしも一致しておらず、いずれの特性値も10のうち最低4以上の不一致な値が示されている。アミログラフのパターンと米飯の食味評価とが必ずしも一致しない例はいくつか報告されており、たとえば谷ら<sup>4)</sup>はアミログラフの最高粘度と米飯粒の粘着性の間には正のみでなく負の相関もあることを報告している。

高橋ら<sup>5)</sup>はレオメーターを使用して、もち米およびうるち米のでん粉のりの粘弾性を測定している。その結果、粘りの少ないうるち米のでん粉の方が粘りの大きいもち米よりもみかけの粘弾性が極端に大きいことを示した。堀内ら<sup>6)</sup>もレオメーターを用いて、各種の米のでん粉のりのみかけの粘弾性を測定している。その結果も食味の悪い粘りの少ない米のでん粉のりがみかけの粘性、弾性ともに大きく、食味のよい粘りの多い米のでん粉のりがみかけの粘性、弾性ともに少ないことを示した。後述のように、精米粉のアミログラフによる測定でもうるち米ののりが食味の面ではうるち米に比し粘りの大きいもち米ののりよりアミログラフの最高粘度が大であるという結果も示されている<sup>7)</sup>。これらの結果はいずれも米飯に対するわれわれの感覚評価とは一致せず、米の実際の食味品質との関連のうえではまったく逆の結果であり、米の食味品質と関連した物性の測定という面から妥当性を欠き、その実験および測定法になんらかの欠陥があることを示すものである<sup>8)9)</sup>。

一方、われわれの研究室ではテンシプレッサーを用いて、米飯の食味品質と関連した物性の測定について種々検討を行ってきた<sup>8)~15)</sup>。さらに、従来の試験法とは異なる多重バイト試験法<sup>8)9)</sup>による新しい方法でも米飯の食味品質と関連した物性の測定について検討してきた。これらの多重バイト試験法による測定値はいずれも官能的な食味評価と矛盾なく一致することが示された。本報ではこれらの方法をさらに改良発展させ、米の炊飯や精米粉の調製などを行うことなく、1回の測定に要する試料も5~10gという少量の米試料で、直接簡便に米飯の食味と関連した米質や物性の差を測定する方法を開発したので報告する。本報では、主題の米の食味品質の簡易測定について基本的なデータを示すとともに、なぜ前述のように従来法では直接米の食味品質と関連した物性の差

を十分に測定することができないのかについても、実証的なデータを示して論及した。このことは各種のでん粉のりや米の液状試料などのレオロジカルな物性の測定の面でも、重要な意味をもっているものと考えられる。

## 2. 実験方法

### (1) 試験方法

本報で示す多重バイト試験法による米の食味品質と関連した物性の簡易試験法は、一定濃度一定条件で加熱した米試料を20℃に急冷し、日音医理工器製作所のヒスコトロン NS-610<sup>9)</sup>を用い、NS 20 ジェネレーターで一定条件(回転数は14,000 rpm)で一定時間(30秒または60秒)処理して液状試料とし、再度20℃に調製したものを測定試料とした。試料は2.5 mlの秤量さじで試料台上に採取した。試料台の温度は電子制御装置で20℃にコントロールした。加熱の方法、装置等は既報<sup>16)17)</sup>の米粉のりなどの場合と同様に行った。

### (2) 測定機器と測定方法

測定は既報<sup>8)9)</sup>のタケトモ電機のテンシプレッサーと第5次改良型多重バイト装置<sup>9)</sup>を使用した。多重バイト試験法は既報の方式のほかに、連続式微小変形多重バイト試験法<sup>9)</sup>がある。液状試料の測定の場合基本原理はいずれも同じである。本報の予備試験は簡便性を重視してこの方法で測定を行った。解析法やパラメーターは種々あるが、本報では簡便のため9回目のバイト(クリアランス0.10 mmに相当)のプランジャーのプラスマイナスの仕事量 $\pm A_9$ とその比 $-A_9/+A_9$ および最後のバイトを行った後プランジャーを液から引き上げるさいのマイナスの仕事量を粘着性<sup>9)</sup>(以下 Adh. と略す)として示した。プランジャーは30 mm 丸型プランジャーを使用した。Adh. の値は液状試料のみかけの粘度と比例するが、試料がゲル構造や曳糸性などを示す場合は一部みかけの弾性的性質とも関連し、でん粉のりのみかけの粘弾性の差を示すパラメーターである<sup>9)</sup>。既報<sup>8)9)</sup>の多重バイト試験法による測定では、30 mm または35 mm 丸型プランジャーを使用し、バイト速度60 mm/min, クリアランス0.10 mm, 振幅1.0 mm, バイト数10で行った。パラメーターは従来法と異なり、2~9回のバイトのプランジャーの個々のプラスマイナスの仕事量の平均値 $\pm A_{av}$ を採用した。

### (3) 液状試料の粘度測定

液状試料の物性もみかけの粘度だけでは十分な測定と解析はできないが<sup>8)9)</sup>、参考のため粘度計による液状試料のみかけの粘度も一部測定して比較した。測定には東

## 多重バイト試験法による米の食味品質と関連した物性の簡易測定法

京計器のデジタルビスコメーター DVH-E を用いロータ No. 0 (コーン角度  $1^{\circ}34'$ ), 回転数は 10 および 20 rpm, 温度  $20^{\circ}\text{C}$  で測定した。

#### (4) 米の試料と食味と関連した物性測定および食味の官能検査

米の試料は昭和 62 年および昭和 63 年産の新潟県産こがねもち (もち米), 新潟県産コシヒカリ, 岡山県産朝日, 昭和 63 年カリフォルニア産大和錦, 昭和 60 年テノム産インド型米 (ジャワ型米で日本型とインド型米の間と考えられる), 昭和 60 年北タイ産インド型米, 昭和 60 年テノム産香米 (日本型米) などを使用した。製造年度は異なるがこれらの米については, 大和錦を除きその食味品質と関連した物性の測定についてテンシプレッサーを用いて検討を行ってきた米である<sup>8)-12)15)</sup>。昭和 60 年産の米は密封して冷蔵保存したものを使用した。これらの米は既報<sup>8)</sup>の昭和 58 年産の米とほぼ同質のものである。試料とした 7 種の米の食味評価は既報の機器測定のさいも官能検査による検討も行っておりその差を確かめたが, 本報でも 10 人の熟練パネルで味と粘りに関連した食味評価を行い, 順位法で食味の順位を決定し比較した。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 実験方法の基本原理の考察と従来法の問題点

本報は従来法と異なるまったく新しい方法であるので, まず実験方法の基本原理について述べる。本報で示す米の食味品質と関連した物性の簡易試験法は, 米試料を一定条件で加熱して液状試料を調製し, その液状試料の物性を多重バイト試験法で測定解析するものである。米飯の場合は個々の米飯粒にもばらつきがあり, また, 米飯粒の外層と内層ではその物性に差があり, そのテクスチャーは不均質なものである<sup>15)</sup>が, これを液状試料にすると試料の均質性が高まる利点がある。いくつかの米をブレンドした市場流通米などの物性もこの方法によれば容易に測定できる。でん粉のりのり化特性の差にもとづく物性の差は, 既報<sup>18)19)</sup>のように多重バイト試験法によって検出できる。ゆでめんのゆで条件の差にもとづく物性の差もゆでめんの液状試料の物性の差として明瞭に検出できることをすでに示した<sup>20)</sup>。また, 米粉ののりについても, その物性の差を多重バイト試験法によって詳細に検討できることを示した<sup>16)17)</sup>。米は品種や栽培条件や保存条件等によって米のでん粉のりのり化特性が異なることは一般に認められている。この米のでん粉のりのり化特性の差が米飯の食味品質と大きく関連しているものと考えられる。したがって, 米でん粉のりのり化特性の差にもと

づく本質的な物性の差を測定できれば, 炊飯した米飯よりもより直接的に米飯の食味品質と関連した物性の差を推定できる利点もある。

従来のアミログラフによる測定では, 精米粉の濃度は測定感度の関係で 8~12% の水準が使用されている。アミログラフによる米粉ののりの物性測定についてはすでに著者が詳細に論じたように種々の問題点がある<sup>9)</sup>。とくに大きな欠点は精米粉の濃度の問題である。アミログラフの測定に用いられる 8~12% の濃度のでん粉ののりは大部分が非ニュートンの挙動を示し, 必ずしも米質そのものの物性と直接関係のない米粉ののりのみかけの 2 次的な物性が生じてくるからである<sup>8)9)</sup>。米のでん粉のりの 2 次的なチキソトロピックな性質は Kim ら<sup>21)</sup>によっても指摘されている。また, 最近 Sandhya Rani ら<sup>22)</sup>も, 比較的高い濃度と高いのり化温度で米粉ののりのチキソトロピックな挙動が観察されたことを報告している。つまり高アミロースの米粉ののりと低アミロースの米粉ののりのみかけの粘度は加熱条件 (温度と時間) とのりの濃度によって大きく変化し, 両者のみかけの粘度の相対的な関係は加熱条件と濃度によってはまったく逆のパターンを示すことが確かめられている。このことはすでに著者も指摘したとおりである<sup>9)16)17)</sup>。これらのことから, 従来行われてきたアミログラフによる精米粉の物性測定の欠陥と, 実際の米の食味評価の結果と一致しない測定値が得られる理由を容易に説明することができる。この点に関して, さらに本報の試験法と関連したわかりやすい実証的なデータを後に示す。

#### (2) 測定試料の濃度と加熱時間の設定

本報の試験法でも最も重要な点は米試料の濃度と加熱条件の設定, 液状試料の調製条件である。濃度は既報の米粉のりの試料<sup>16)17)</sup>では 4.3% を用いたが, 本報では予備実験では 5% と 6.25%, 本実験では 6.0% を使用した。種々の条件で予備実験を行った結果, 4.3~6.25% という濃度は前述ののりの, みかけの 2 次的な物性の影響が比較的少ない濃度範囲であることが確かめられた。加熱条件は加熱温度のみでなく加熱時間が影響する。もち米のような低アミロースの米では高温で長時間加熱すれば容易にブレイクダウンが起こり, 実際の物性とはかけ離れたものになってしまう。前述のもち米とうるち米の物性の逆転現象はこのこととも関連している。これについては重要であるのでさらに後述する。高アミロースの米は高温で加熱しても比較的ブレイクダウンしにくい, 長時間加熱するとブレイクダウンが起こる。これらの点を考慮して比較する米の米質に応じて最も適切な

表 1. 連続式微小変形多重バイト試験法による加熱条件の異なる 3 種の米の液状試料の物性値と粘度計によるみかけの粘度の比較

加熱条件	試料	$+A_9$	$-A_9$	$-A_9/+A_9$	Adh.	粘度 (20 rpm, cP)
98°C・20 分	こがねもち	8.8	8.3	0.94	18.2	51
	コシヒカリ	6.7	6.2	0.93	11.5	40
	朝日	5.9	4.5	0.76	7.8	26
94°C・30 分	こがねもち	9.8	9.4	0.96	23.6	56
	コシヒカリ	6.2	5.3	0.85	9.2	35
	朝日	5.2	3.5	0.67	4.8	22
90°C・30 分	こがねもち	10.0	9.7	0.97	24.4	60
	コシヒカリ	6.0	4.8	0.80	8.2	33
	朝日	4.9	3.2	0.65	4.2	20

濃度：5.0%，ヒスコロン：60 秒処理，プランジャー：30 mm， $\pm A_9$ ，Adh. 等の単位は g・sec

加熱条件を設定する必要がある。数多くの予備試験を行った結果、後述のように、高アミロースの米から低アミロースの米まで幅広い米質間の物性の差の比較には、たとえば 94°C・25 分という条件が適当と認められた。その場合もこの一つの加熱条件のみでなくさらにいくつかの加熱条件で測定比較を行えば、それぞれの米の米質の特性をよりよく検討できる。液状試料の調製条件は試料が均質であることと、米の胚乳でん粉が過度に磨砕されていないことが必要である<sup>8)</sup>。

2 次的な物性の影響が少ない比較的うすい濃度 (5%) で、加熱条件やヒスコロンの処理条件等を変えて多くの予備実験を行ったが、その一例を表 1 に示す。表 1 に食味評価が異なる 3 種の米について、濃度 5%，加熱条件を 90°C・30 分、94°C・30 分および 98°C・20 分に変えて行った、連続式微小変形多重バイト試験法による液状試料の物性と粘度計によるみかけの粘度 (20 rpm の値のみを示す) の比較を示した。官能検査および米飯のテンシプレッサーによる物性測定でも検討したように<sup>8)-11)15)</sup>、粘りがありのり化しやすい米の代表としてもち米のこがねもち、食感のよい米の代表としてのコシヒカリ、コシヒカリに比し食味の劣る朝日の 3 種の米の食味と関連した物性の差が、多重バイト試験法による  $-A_9$ 、 $-A_9/+A_9$ ，Adh. などのパラメーターでよく示された。いずれの試料でも粘りがあり食味のよい米ほどこれらの値が大きかった。粘度計によるみかけの粘度の値もこれらのパラメーターと同様な結果を示した。98°C・20 分の加熱条件では、いずれのパラメーターについてもコシヒカリと朝日の二つのうち米間の物性の差はよく示されたが、 $-A_9/+A_9$  についてはこがねもちとコシヒカリの

差がやや小さかった。逆に、90°C・30 分の条件ではもち米とうるち米間の差はいずれのパラメーターでもよく示されたが、2つのうち米間の差はやや小さかった。中間の 94°C・30 分の条件では三つの米質間の相対的な差がいずれのパラメーターでも比較的よく示された。表から明らかなように、多重バイト試験法のパラメーターのうち Adh. の値は粘度計によるみかけの粘度の値よりも三つの米の粘りと関連する物性の差をよく示した。したがって、以後は粘度計による粘度のデータは一部を除き省略した。

表 2 に国内産の米に比し食味の劣るテノム産香米，テノム産インド型米，北タイ産インド型米について 94°C・30 分の加熱条件でその物性を比較した例を示した。それぞれの米質に応じた物性の差が  $-A_9$ 、 $-A_9/+A_9$  および Adh. の差としてよく示された。

## (3) 新米と古米の食味品質と関連した物性値の測定

表 3 は、濃度 6.25%，加熱条件 94°C・25 分，ヒスコロン 30 秒処理の条件で、こがねもち、コシヒカリ、朝日の 3 種の米の新米と 1 年古米の食味品質と関連した

表 2. 3 種の米の液状試料の連続式微小変形多重バイト試験法によるパラメーターの比較

米の種別	パラメーター			
	$+A_9$	$-A_9$	$-A_9/+A_9$	Adh.
テノム産香米	5.0	3.0	0.60	3.7
テノム産インド型米	4.8	2.1	0.44	2.1
北タイ産インド型米	4.5	1.3	0.29	1.4

加熱条件：94°C・30 分，濃度：5.0%，ヒスコロン：60 秒処理，プランジャー：30 mm

## 多重バイト試験法による米の食味品質と関連した物性の簡易測定法

表 3. 多重バイト試験法による3種の米の新米と1年古米の食味品質と関連した物性値の比較

試料	パラメーター			
	$+A_{av.}$	$-A_{av.}$	$-A_{av.}/+A_{av.}$	Adh.
こがねもち				
新米	10.3	9.7	0.94	26.9
古米	10.6	9.3	0.88	20.2
コシヒカリ				
新米	5.9	4.7	0.80	8.1
古米	5.3	4.0	0.75	7.6
朝日				
新米	3.9	2.7	0.69	3.5
古米	3.4	1.8	0.53	2.4

加熱条件：94℃・25分，濃度：6.25%，ヒスコトロ  
ン：30秒処理，プランジャー：30mm， $\pm A_{av.}$ ，Adh.  
の単位は g・sec

物性値の比較を示した。測定は多重バイト試験法で行った。新米のほうが古米よりもみかけの粘度と関係する $-A_{av.}$ ，Adh.などの値が高かった。これは新米のほうが古米の米飯より粘りがあるという官能試験の結果（味と粘りについての順位法による官能検査の順位の一貫性の係数はそれぞれ0.94，0.89であった）とも一致している。新米と古米との物性の差は従来のアミログラフでは古米のほうがみかけの粘度が高いことが示されている<sup>23)~25)</sup>。これについては数多くの論議が行われているが明確な結論が得られていなかった<sup>24)26)27)</sup>。しかしながら、これも前述の濃度とりのり化温度の問題であると考えられる。後述のように、アミログラフでは逆の結果が得られるため、精白米では新米のほうが古米より $\alpha$ -アミラーゼの活性が高いので古米のほうがみかけの粘度が高くなるとする説もある<sup>28)</sup>。しかしながら、 $\alpha$ -アミラーゼ活性を阻害する水銀塩を用いてアミログラフで測定を行った結果、 $\alpha$ -アミラーゼ活性の変動以外の要因が大きかったという報告もある<sup>29)</sup>。また、前述のアミログラフによるもちとうるちの精米粉のりのり物性の逆転現象についても $\alpha$ -アミラーゼの影響であるという説もある<sup>1)30)</sup>。しかしながら、著者が濃度4.3%の精米粉のりについて行った多重バイト試験法による物性の測定では、除糠した精米を米粉とすれば、そのような影響はまったく無視できることをすでに実証した<sup>16)17)</sup>。これは既報の報告でも詳細に論じたとおりである<sup>9)</sup>。したがって、同じ米の新米と古米の問題も $\alpha$ -アミラーゼの問題ではなく、前述のアミログラフによる測定の欠陥にもとづくものであると考えられる。古米化により米の胚乳細胞のでん粉の

り化特性は変化しりのり化しにくくなっている。たとえば、りのり化しやすいもち米の場合について考えてみると、高い温度条件で一定時間以上加熱すれば新米の米でん粉はりのり化しやすいので急速にブレイクダウンしてみかけの粘度が低下する。これに対して、新米に比しりのり化しにくい古米では、ブレイクダウンが新米より遅いため特定の加熱条件では新米に比しみかけの粘度が高くなるためである。したがって、もち米の場合とくに比較的近似した米質間のでん粉の物性の比較には、高温の加熱条件は不適当でうるち米とは異なった温度条件で試験しなければ、その実際の物性の差を十分に測定解析することはできない<sup>9)16)17)</sup>。

## (4) 米のうるちともちのモデルとしてのコーンスターチのもちとうるち種のりのり化特性の比較

表4にこれらの関係をコーンスターチのもちとうるち種のりのりのり化特性の差でわかりやすく解析した例を示す。米の場合はその胚乳細胞のでん粉は細胞内でん粉であるため、物性の差の比較にはこの点の考慮も必要であり、単粒のでん粉より複雑である。また、米の単粒のでん粉をでん粉の物性をまったく変化させることなくとり出すことは困難である<sup>8)</sup>。そのため実験条件や解析が複雑となる。これに対して、コーンスターチの場合は単一のでん粉粒であるので細胞内でん粉よりも加熱に対して敏感であり、もちとうるちのでん粉のりのり化特性の差にもとづく物性の差を比較的簡便に直接的に比較解析できる。そのため、米のもちとうるちのでん粉のりのり化特性の比較のモデルとしてコーンスターチを用いた。でん粉のりのり調製法は米試料の場合と同様に行った。なお、以後の測定では測定の感度を高めるため、35mmの丸型プランジャーを使用した。表4に多重バイト試験法で測定したパラメーターによる、加熱条件を異にしたコーンおよびワキシースターチのでん粉のりのり化特性にもとづく物性の差の比較を示した。

表から明らかなように、85℃，90℃，95℃という加熱条件で比較すれば、ワキシースターチのりのりのほうがコーンスターチのりよりもみかけの粘度が高いという当然の結果がきわめて明瞭に示された。ところが、高温の98℃で比較すれば、コーンスターチのほうがワキシースターチよりもりのりのみかけの粘度が高いという逆の結果が示された。これは、前述のように、このような高温の加熱条件ではりのり化温度の低いワキシースターチではでん粉のブレイクダウンが大きく起こり、りのりのみかけの粘度が低下するためである。したがって、りのり化特性にもとづく相対的なでん粉のりのり物性の比較を行う場合、

表 4. 多重バイト試験法で測定したパラメーターによる加熱条件を異にしたコーンスターチおよびワキシコーンスターチののり化特性にもとづく物性の差の比較

種別	加熱条件		$+A_{av.}$	$-A_{av.}$	$-A_{av.}/+A_{av.}$	Adh.	Adh. 曲線の解析***			備考
	温度(℃)	時間(分)					a	b	a/b	
C		20	4.5	1.4	0.31	—	—	—	—	ほとんどのり化せず
W	80	20	80.9	78.4	0.97	94	1.00	3.45	0.29	大きくのり化
C		10	6.7	2.6	0.39	7	0.95	0.14	6.8	あまりのり化せず
"		20	7.7	3.4	0.44	10	0.90	0.20	4.5	"
"	85	60	10.6	7.1	0.67	14	0.90	0.40	2.3	"
W		10	82.5	81.0	0.98	101	0.90	3.47	0.26	大きくのり化*
"		20	77.5	74.3	0.96	92	1.00	3.28	0.31	大きくのり化 ブレークダウン
"		60	55.4	52.3	0.94	64	1.00	2.45	0.41	大きくのり化 大きくブレークダウン
C		20	25.0	21.7	0.87	30	0.94	0.96	0.98	のり化が起こる
"		60	31.2	27.8	0.89	40	0.95	1.08	0.88	ブレークダウンは起こらず
W	90	20	67.2	62.7	0.93	76	0.98	2.90	0.34	大きくのり化 ブレークダウン
"		60	60.2	55.6	0.92	66	1.06	2.70	0.39	"
C		20	36.2	34.1	0.94	45	0.81	1.56	0.52	比較的良好のり化
"		60	42.7	39.3	0.92	51	0.80	1.88	0.43	"
W	95	20	68.9	63.4	0.92	77	1.05	2.78	0.38	大きくのり化 ブレークダウン
"		60	53.2	47.8	0.90	59	1.00	2.38	0.42	"
C		20	72.9	69.8	0.96	91	0.97	3.30	0.29	大きくのり化**
"		60	57.3	53.5	0.93	68	0.90	2.50	0.36	大きくのり化 ブレークダウン
W	98	20	57.0	51.3	0.90	64	0.96	2.50	0.38	"
"		60	49.3	44.0	0.89	53	0.98	2.27	0.43	"

でん粉濃度：4.3%，プランジャー：35 mm. W, ワキシスターチ；C, コーンスターチ. \* ワキシスターチで  $\pm A_{av.}$  等が最高の値を示した加熱条件, \*\* コーンスターチで  $\pm A_{av.}$  等が最高の値を示した加熱条件, \*\*\* 倍率 10 倍で比較

このようなブレークダウンが大きく起こるような加熱条件で調製したでん粉のりの物性の測定比較を行うことは妥当ではない。表 4 に示したように、 $\pm A_{av.}$  等が最高の値を示した加熱条件は、ワキシスターチでは 85℃・10 分であり、コーンスターチでは 98℃・20 分ときわめて大きな差があることに注目する必要がある。なお、Adh. の特性値、a, b および a/b の値を参考のため示したが、これについては後述する。

#### (5) 比較的高い濃度で調製した米の液状試料の物性

表 5 に、アミログラフの測定で使用する濃度 9% で、98℃・25 分および 40 分加熱した食味の異なる 4 種の米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較を示した。前述のように、このような高い濃度で高温で加熱した米の液状試料では、チキソトロピックなみかけの 2 次的な物性が生ずるため、粘度計よりも広い粘度

変化に対して適応性がある<sup>9)</sup> 多重バイト試験法による測定でも、米質間の正常な物性の差を十分に測定検出することができないことが示された。とくに、もちとうるちの物性値が逆転し、うるち米のほうがもち米より  $\pm A_{av.}$  や Adh. の値が高く、前述の従来のアミログラフの最高粘度などで示された結果と同様な結果が示された。また、高温で比較的長時間加熱した 98℃・40 分加熱のうるち米間の  $\pm A_{av.}$  や Adh. の値でも明らかなように、食味の悪いのり化しにくい米のほうがこれらの物性値の値が高くなることが示された。これらの結果は従来法の欠陥を指摘した前述の論点の一つをわかりやすく実証的に示したものである。つまり、9% のような高い濃度での測定は、米の食味品質と関連した実証的な物性の測定の条件としては不適当であることを示すものである。これらが、高い濃度のためのみかけの 2 次的な物性にもと

## 多重バイト試験法による米の食味品質と関連した物性の簡易測定法

表 5. 濃度 9 %, 98℃ で 25 分および 40 分加熱した 4 種の米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較

加熱時間 (分)	米の種類	$+A_{av.}$	$-A_{av.}$	$-A_{av.}/+A_{av.}$	Adh.
25	こがねもち	74.5	74.5	1.00	86.0
	コシヒカリ	93.9	93.1	0.99	109.6
	朝日	90.8	87.2	0.96	108.1
	北タイ産インド型米	108.4	82.0	0.76	101.3
40	こがねもち	70.3	68.8	0.98	83.3
	コシヒカリ	81.7	79.0	0.97	97.2
	朝日	90.3	86.8	0.96	105.7
	北タイ産インド型米	135.2	121.2	0.90	152.6

濃度 : 9 %, ヒスコトロ : 30 秒処理, プランジャー : 35 mm

表 6. 濃度 9 %, 98℃・25 分加熱調製した 4 種の液状試料を純水で 5.4 % に希釈した液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較

米の種類	$+A_{av.}$	$-A_{av.}$	$-A_{av.}/+A_{av.}$	Adh.
こがねもち	24.3	23.9	0.98	34.4
コシヒカリ	18.4	15.8	0.86	27.5
朝日	18.0	14.8	0.82	25.9
北タイ産インド型米	19.6	5.9	0.29	17.2

表 7. 濃度 9 %, 90℃・25 分加熱調製した 3 種の米の液状試料とそれを 5.4 % に希釈した液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較

濃度 (%)	米の種類	$+A_{av.}$	$-A_{av.}$	$-A_{av.}/+A_{av.}$	Adh.
9	こがねもち	62.0	59.6	0.96	74.6
	コシヒカリ	46.0	42.2	0.92	56.9
	朝日	24.5	21.0	0.86	34.4
5.4	こがねもち	21.9	17.8	0.81	29.5
	コシヒカリ	7.8	3.8	0.49	9.6
	朝日	6.3	1.9	0.30	8.0

つくものであることは、この液状試料を希釈した試料の物性を測定することでも証明することができる。表 6 に、濃度 9 %, 98℃・25 分加熱して調製した 4 種の米の液状試料を純水で濃度 5.4 % に希釈した試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較を示した。表 6 から明らかなように、希釈することによりみかけの 2 次的な物性は大部分解消され、4 種の米の米質にもとづく正常な相対的な物性の差が  $\pm A_{av.}$ ,  $-A_{av.}/+A_{av.}$ , Adh. などのパラメーターでよく示された。

前述のように、高い濃度によるみかけの 2 次的な物性の生成は、濃度だけでなく加熱温度とも関係している。したがって、従来のアミログラフによる測定のような変

動する温度条件での、測定はこの点でも望ましくないものといえる。表 7 にその一例として、濃度 9 %, 90℃・25 分で加熱調製した 3 種の米の液状試料とそれを 5.4 % に希釈した試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較を示した。加熱温度が 90℃ と低く時間も 25 分という加熱条件では、表 7 から明らかなように、液状試料のみかけの 2 次的な物性の生成が少なく、9 % という高い濃度でもそれぞれの米の米質に応じた物性の差が多重バイト試験法によって正常に示された。つまり、加熱温度が低ければ濃度が高くても正常な物性値が示される可能性も考えられる。前述のアミログラフによる測定で異なった結果の出る原因の一つはこの点にもあると考えら

表 8. 加熱温度 98℃ で加熱時間を変えた 7 種の米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較

加熱時間 (分)	米の種類	$+A_{av.}$	$-A_{av.}$	$-A_{av.}/+A_{av.}$	Adh.
25	こがねもち	30.6	28.8	0.94	42.6
	コシヒカリ	25.0	22.4	0.90	34.8
	大和錦	24.3	21.4	0.88	33.0
	朝日	22.7	18.4	0.81	27.3
	香米	22.0	15.4	0.70	25.2
	テノム産インド型米	21.0	12.2	0.58	23.8
	北タイ産インド型米	17.8	6.8	0.38	17.3
40	こがねもち	30.2	28.1	0.93	42.0
	コシヒカリ	35.0	33.2	0.95	47.7
	大和錦	31.4	28.8	0.92	42.1
	朝日	29.2	26.9	0.92	40.9
	香米	26.6	22.0	0.83	35.1
	テノム産インド型米	24.8	18.1	0.73	31.4
	北タイ産インド型米	21.1	11.6	0.55	23.3
60	こがねもち	29.8	27.4	0.92	41.2
	コシヒカリ	34.0	31.2	0.92	46.2
	大和錦	32.9	29.8	0.91	44.0
	朝日	31.6	28.9	0.91	43.3
	香米	28.5	24.4	0.86	37.6
	テノム産インド型米	25.5	20.3	0.80	33.1
	北タイ産インド型米	23.1	17.0	0.74	29.6

濃度：6%，ヒスコトロン：30 秒処理，プランジャー：35 mm

れる。

## (6) 食味の異なる 7 種の米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較

表 8 に、濃度 6%，加熱温度 98℃ で加熱時間を 25 分、40 分および 60 分に変えた、食味評価の異なる 7 種の米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較を示した。表から明らかなように、98℃・25 分の加熱条件では 7 種の米のそれぞれの米質の差に応じた食味評価と関連した物性の差が  $\pm A_{av.}$ 、 $-A_{av.}/+A_{av.}$  および Adh. などのパラメーターでよく示された。また、加熱時間を 40 分とすると、こがねもち（もち米）とコシヒカリ（うるち米）の物性の差が逆転し、また、うるち米間の物性の差も縮小した。この理由は前述のとおりである。とくに日本国内産のコシヒカリ、朝日とアメリカ産のカリフォルニア米など比較的食味品質のよい米の間の物性の差も縮小した。のり化温度の高いインド型の外米の場合は、この条件でもテノム産のインド型米と北タイ産のインド型米間の差はよく示された。加熱時間を 60 分とすると、外国産の香米も含めた日本型米間の物性の差も

減少し、また、インド型の外米間の物性の差も縮小することが示された。これらの点は前述の論点から容易に説明することができる。したがって、98℃ の加熱条件では加熱時間は 25 分以上加熱することは不適當であると考えられる。表 9 に、98℃・25 分および 40 分加熱した 4 種の米の液状試料の  $\pm A_{av.}$  の測定値の標準偏差の比較を示した。いずれも小数点以下 2 ケタまで算出した 10 個の測定値について計算した。粘りがあって比較的やわらかい米のこがねもち、コシヒカリ等は標準偏差の値から明らかなように、かなり測定精度がよいことが示された。大和錦、朝日の場合はこがねもちやコシヒカリに比し標準偏差がやや大きかったが測定精度の面では問題がなかった。

表 10 に、比較的広い範囲の米質の物性の差の比較測定が可能な条件 94℃・25 分で加熱した、7 種の米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターと Adh. の特性値の比較を示した。表から明らかなように、7 種の米の食味の順位と米の液状試料の多重バイト試験法による  $\pm A_{av.}$ 、 $-A_{av.}/+A_{av.}$ 、Adh.、および 20 rpm におけ



## 多重バイト試験法による米の食味品質と関連した物性の簡易測定法

表 9. 表 8 の 4 種の米の 98℃・25 分, および 40 分加熱した米の液状試料の  $\pm A_{av}$  の標準偏差の比較

米の種類	加熱条件	$+A_{av}$ の標準偏差	$-A_{av}$ の標準偏差
こがねもち	98℃・25 分	0.18	0.14
	40 分	0.12	0.09
コシヒカリ	98℃・25 分	0.20	0.16
	40 分	0.16	0.13
大和錦	98℃・25 分	0.25	0.20
	40 分	0.18	0.15
朝日	98℃・25 分	0.27	0.22
	40 分	0.21	0.17

小数点以下 2 ケタまで算出した 10 個の測定値について計算

表 10. 94℃・25 分加熱した 7 種の米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターと  $Adh$  の特性値の比較

米の種類	$+A_{av}$	$-A_{av}$	$-A_{av}/+A_{av}$	$Adh$	粘度 (20 rpm, cP)	$a$	$b$	$a/b$	食味の 順位*	備考
こがねもち	30.5	28.7	0.94	42.2	32	2.05	3.95	0.52	1	もち米
コシヒカリ	16.0	12.3	0.77	17.8	18	2.50	2.78	0.90	2	食味のよい米の代表
大和錦	14.8	11.1	0.75	16.5	15	2.95	2.35	1.26	3	カリフォルニア米
朝日	10.8	7.7	0.71	14.2	14	2.80	1.80	1.56	4	中程度の食味の米
香米	10.2	6.3	0.62	12.8	12	3.10	1.48	2.09	5	テノム産日本型米
テノム産インド型米	8.3	1.7	0.21	10.9	9	3.50	0.39	9.00	6	ジャワ型米 (インド型と日本型の中間)
北タイ産インド型米	5.9	0.9	0.15	9.8	8	3.50	0.30	11.7	7	代表的なインド型米

濃度: 6%, ヒスコトロソ: 30 秒処理, プランジャー: 35 mm, \* 官能検査による食味の順位の一致性の係数: 0.92

る粘度計のみかけの粘度などはいずれも例外なく食味順位と平行した結果が示された。ただし、のり化しにくいインド型米どうしの物性の比較には前述の 98℃・25 分の条件が適当と考えられる。なお、 $Adh$  の経過曲線について図 1 にその代表的なものの  $a, b$  等の特性値の比較を示した。のりの曳糸性などに関連する  $a$  値はあまり大きな変化はなかったが、のり化しやすいもち米やコシヒカリではやや小さく、のり化しにくいインド型米ではやや大きい傾向が認められた。 $b$  値はのりの粘着性の強さに関連するものと考えられ、粘りの強い米質のものほど高い傾向が認められた。そのため、 $a/b$  の値は粘りのある食味のよい米ほど値が小さかった。

表 11 に、濃度 6% で 3 種のうるち米について 94℃・25 分、もち米は 90℃・25 分の加熱条件で測定した計 4 種の米の新米と 1 年古米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較を示した。いずれの米も新米と古米の物性の差がよく示された。食味のよい新米のは

うが古米より  $\pm A_{av}$ 、 $-A_{av}/+A_{av}$  および  $Adh$  などのパラメーターの値が大きく、新米のほうが古米より粘りがあるという、既報の米飯の機器測定や官能検査の結果<sup>9)</sup>とも一致した結果が示された。

## (7) 近似した米質間の食味品質と関連した物性の差の識別

なお、IRRI (国際稲研) の育種計画によって、hybrid 米などを含むいくつかの育成種がつくられ、でん粉の性質などが類似した米の品種も現れてきた。その結果、従来の機器的測定ではこれらの米質が近似した米の物性の識別ができない例も出てきた<sup>31)</sup>。われわれの研究室では IRRI の依頼により、従来の機器測定では米の物性の識別が困難な 3 対の米についても試験を行った。その結果、本報の方法でその物性の差を識別できることも確かめた。これについては別に報告した<sup>32)</sup>。

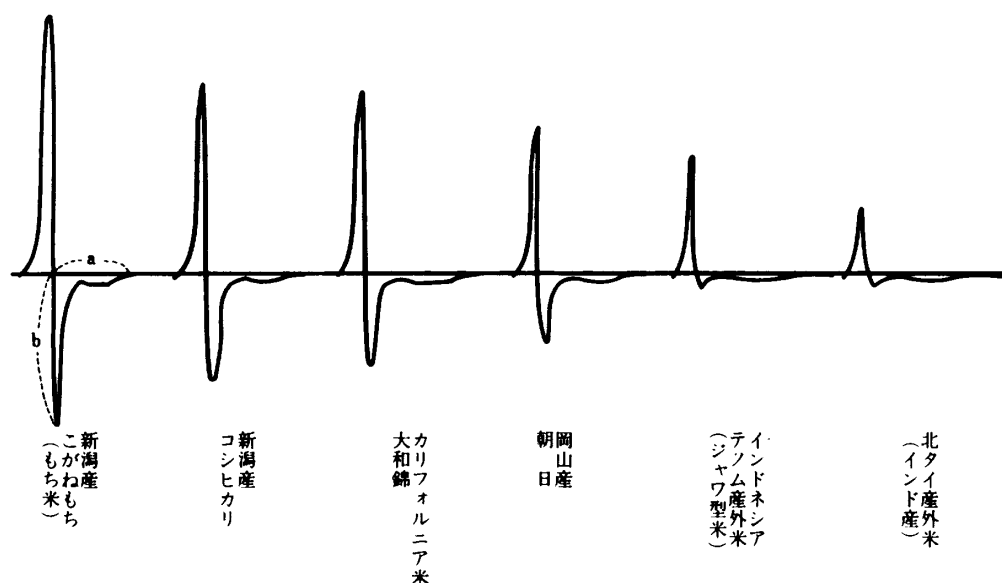


図 1. もち米および食感の異なる 5 種のうるち米の液状試料の Adh. 特性の比較

表 11. 4 種の米の新米と古米の液状試料の多重バイト試験法によるパラメーターの比較

米の種類	産出年度	$+A_{av.}$	$-A_{av.}$	$-A_{av.}/+A_{av.}$	Adh.
こがねもち	62	28.8	24.4	0.85	36.4
	63	30.0	28.1	0.94	41.3
コシヒカリ	62	15.6	11.4	0.73	16.7
	63	16.0	12.3	0.77	17.8
大和錦	62	13.6	9.8	0.72	14.8
	63	14.8	11.1	0.75	16.5
朝日	62	9.9	6.5	0.66	12.8
	63	10.8	7.7	0.71	14.2

加熱条件：コガネモチ 90℃・25 分，他の 3 種のうるち米 94℃・25 分，濃度：6%，  
ヒストロン：30 秒処理，プランジャー：35 mm

#### 4. 要 約

炊飯や精米粉の調製などを行うことなく，直接少量の米試料を用いて簡便に米飯の食味評価と関連した米の物性の比較を行う方法を開発し報告した。あわせて，従来のアミログラフによる測定法などの問題点について実証的に論じた。

(1) 一定濃度・一定の加熱条件で加熱した米試料を一定条件で液状試料とし，その液状試料の物性を多重バイト試験法で測定解析することにより，米質や米の食味評価と関連した物性の差を比較検討することができる。このことを米質や食味の異なる 7 種の米について示した。

(2) もち米とうるち米ののり化特性の差にもとづく物性の特徴を，コーンスターチとワキシースターチを用い

たモデルでも比較し，従来の測定法の問題点も含めた加熱条件の問題について論じた。

(3) アミログラフの測定に使用されている比較的高い濃度で，とくに比較的高い温度で加熱した場合ののりの物性の問題点を論じた。この場合，米の液状試料にみかけの 2 次的な物性が生じ，米の食味品質と関連した正常な物性の比較ができないことを示した。

(4) 高温の 98℃ で加熱した米の液状試料では，加熱時間の影響が大きいことを示した。この温度で 40 分以上加熱するともち米とうるち米の物性が逆転しうるち米のほうがみかけの粘度が高くなり，また，日本型のうるち米の米質間の物性の差も縮小することが示された。

(5) もち米からインド型の外米まで幅広い米質間の物

## 多重バイト試験法による米の食味品質と関連した物性の簡易測定法

性の比較には加熱条件として94℃・25分、もち米間の物性の比較には90℃・25分、インド型の外米間の物性の比較には98℃・25～40分が適当と認められた。

(6) 最適の加熱条件で比較すれば、同じ米の新米と1年古米の物性の差もこの方法で識別が可能であった。

## 引用文献

- 1) 堀内久弥, 斉藤千保子, 宮原千枝子, 谷 達雄: 農林省食研報告, **20**, 5 (1965)
- 2) 竹生新治郎: 食糧技術普及シリーズ, 7号, 農林省食研 (1965)
- 3) 竹生新治郎, 渡辺正造, 杉本貞三, 酒井藤敏, 谷口嘉広: 澱粉科学, **30**, 333 (1983)
- 4) 谷 達雄, 竹生新治郎, 堀内久弥: 澱粉科学, **17**, 139 (1969)
- 5) 高橋静枝, 木原芳次郎: 澱粉工誌, **4**, 10 (1957)
- 6) 堀内久弥, 竹生新治郎, 谷 達雄: 農化, **35**, 543 (1961)
- 7) 庄司一郎, 倉沢文夫: 家政誌, **30**, 292 (1979)
- 8) 辻昭二郎: 食品の物性 第12集 (松本幸雄, 山野善正編), 食品資材研究会, 東京, 151～175 (1986)
- 9) 辻昭二郎: 食品の物性 第14集 (松本幸雄, 山野善正編), 食品資材研究会, 東京, 119～143 (1988)
- 10) 辻昭二郎: 日食工誌, **27**, 265 (1980)
- 11) 辻昭二郎: 日食工誌, **28**, 48 (1981)
- 12) 辻昭二郎: 日食工誌, **28**, 278 (1981)
- 13) Juliano, B.O. *et al.*: *J. Texture Stud.*, **12**, 17 (1981)
- 14) Tsuji, S.: *J. Texture Stud.*, **12**, 93 (1981)
- 15) 辻昭二郎: 日食工誌, **32**, 386 (1985)
- 16) 辻昭二郎: 日食工誌, **35**, 40 (1988)
- 17) 辻昭二郎: 日食工誌, **35**, 742 (1988)
- 18) 辻昭二郎, 望月義範: 日食工誌, **34**, 513 (1987)
- 19) 辻昭二郎: 日食工誌, **35**, 748 (1988)
- 20) 辻昭二郎: 家政誌, **37**, 985 (1986)
- 21) Kim, J.B., Kim, Y.S., Lee, S.Y. and Ryun, T.R.: *Han'guk Sikp'am Kwahakkoechi*, **16** (4), 451 (1984)
- 22) Sandhya Rani, M.R. and Bhattacharya, K.R.: *J. Texture Stud.*, **20**, 127 (1989)
- 23) 安松克治, 森高眞太郎, 石井清文, 島蘭平雄, 藤田栄一郎: 栄食と食糧, **18**, 55 (1965)
- 24) 澁谷直人, 岩崎哲也, 竹生新治郎: 澱粉科学, **24**, 67 (1977)
- 25) Villareal, M.R., Resurrecion, A.P., Suzuki, L.B. and Juliano, B.O.: *Stärke*, **28**, 88 (1976)
- 26) 澁谷直人, 岩崎哲也, 竹生新治郎: 澱粉科学, **24**, 55 (1977)
- 27) 庄司一郎, 倉沢文夫: 家政誌, **32**, 350 (1981)
- 28) 庄司一郎, 倉沢文夫: 家政誌, **39**, 159 (1988)
- 29) 澁谷直人, 鈴木信隆, 岩崎哲也: 澱粉科学, **30**, 284 (1983)
- 30) Horiuchi, H.: *Agric. Biol. Chem.*, **31**, 1003 (1967)
- 31) Del Mundo, A.M. *et al.*: *IRRI Research Data*
- 32) 辻昭二郎, 中谷文子: 日食工誌, **37**, 524 (1990)