

味度メーターを用いた水稻良食味系統の早期選抜

誌名	富山県農業技術センター研究報告
ISSN	0913915X
巻/号	18
掲載ページ	p. 1-11
発行年月	1998年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



味度メーターを用いた水稻良食味系統の早期選抜

蛭谷 武志

I. 緒 言

米の産地間競争が一段と厳しさを増す中にあって、良質米生産県を堅持すべく富山県の品種開発については、早生・中生・晩生といった熟期あるいは移植・直播といった栽培方法の如何に関わらず、食味においてコシヒカリ並であることが常に要求されるようになってきた。

食味選抜を行うための最も確実な方法は食味官能試験（以降、食味試験）であるが、これを実施するためには300~400gの玄米を確保する必要があり、また、1日に試食できる点数が限られていることから、実際に食味試験を実施できるのは、早くても生産力検定を行える雑種第6世代（F₆）あるいは蒔培養第3代（A₃）以降の系統に限られる。言い換えれば、F₆あるいはA₂までは食味に関して無選抜であり、食味が不良の系統であったならばそれまでの選抜過程は全く無駄になってしまう。

そこで、各育成地では育種の効率化を図るため、少量サンプルで早期系統あるいは個体レベルから食味を評価選抜する手法の開発を試み、選抜指標として、蛋白含有率（石間ら1972）、アミロース含有率（稲津ら1988）、糊化特性値（竹生ら1985）、Mg/K値（堀野ら1992）、米飯物性（大坪ら1992、東ら1994）等が考案されている。選抜指標の条件としてサンプル量が少ないこと、測定が簡便で多数の標本を処理できること、年次を越えて食味試験の総合評価値（以降、食味値）との相関が安定して高いことがあるが、先に述べた指標はこれら全てを満足させるものではない。一方、藤巻ら（1975）、松永ら（1975）、崔ら（1988）および川上ら（1992）が報告しているように、炊飯米の光沢と食味値との間には高い相関関係があることが明らかとなっており、系統や個体をピーカー法によって遠観評価する手法は従来から行われてきている。八木ら（1990）によれば、九州地方の主力品種となったヒノヒカリは、F₆世代において炊飯米光沢による選抜を経た品種である。そう

したなかで最近、米を一定時間炊飯し、その表面の光沢を電磁波によって測定する「味度メーター」（東洋精米機製作所製）の測定値（以降、味度）が食味値と高い相関関係を示すという報告がみられるようになってきた（田中ら1992、東ら1994、長沢ら1994）。

味度メーターは、米粒中から溶出してくる保水膜と呼ばれる物質の量を測定する機器で、表示する値は滋賀県産日本晴を70点としたときのメーカー独自の数式による換算値であり、保水膜の量が多いほど、炊飯米光沢が良く、また米の味が良いという理論に基づいている。富山県では、1994年に本機器を導入し、測定方法に関する基礎試験とともに選抜効果についても検討をおこなった。本報は大きく分けて3点からなっている。第1点は測定値の再現性と測定方法に関して、第2点は味度と食味値との相関関係について、第3点は味度を系統選抜および個体選抜に適用した場合の効果についてである。

II. 材料および方法

1. 測定方法の検討

1994年に、測定値の再現性を以下の方法で検討した。

1) 搗精後3日経過したコシヒカリの精米サンプルを、水分が変化しないよう密封し、10℃で保存しながら11月7日から11月22日の間に1日あたり2~8回、計36回測定した。

2) 130種類の精米サンプルを同一日に2回ずつ測定し、2測定値間の差のばらつきを求めた。

測定サンプルの条件については、精米の水分含量および搗精後日数について検討した。育種業務においては多種多様なサンプルを扱うためサンプルの状態を揃えることが困難であり、その許容範囲を把握するためである。精米水分については15.3%のサンプルを12.9~17.2%まで6段階に調整したものを用いた。水分の調整は以下の方法で

おこなった。水分を上げるときは、湿った脱脂綿を玄米と一緒に入れた後密封し、20℃の恒温器内におき、目標水分に達したら脱脂綿を取り除き、ビニール袋に入れ、冷蔵庫内で保管した。反対に下げるときは、玄米を開放状態のまま25℃の恒温器内におき、目標水分に達したサンプルをビニール袋に入れ、冷蔵庫内で保管した。精米後日数についてはアキヒカリ、コシヒカリ、日本晴を用いて、搗精したサンプルを常温で保存しながら、当日～81日後まで計7回測定した。精米水分、精米後日数いずれも各3回測定し、近い2回の平均値を採用した。

なお、本報の味度の測定は全て次に述べる方法によりおこなった。すなわち、一定歩留まりに搗精できる専用精米器（東洋精米機製作所製MC-90A）を用いて90%に搗精し、砕粒測定機（佐竹製作所製）によって砕米を除去した33gの精米を味度測定用セルに充填し、80℃の熱湯中に10分間浸漬し、1分間放冷した後、味度測定器本体（MB-90A）で測定した。

2. 味度と食味値との関係

味度と食味値との関係を確認するため、1994年と1995年の2ヶ年にわたり、富山県農業試験場圃場（礫質灰色低地土）において奨励品種決定調査（以降、奨決）の供試品種・系統の標肥栽培および多肥栽培のサンプルを用いて、食味試験および味度測定を実施した。標肥と多肥の施肥量の違いは、基肥窒素成分でそれぞれ4.5Kg/10a、7.0Kg/10aとし、それ以外は同一の管理とした。両年とも移植日は4月25日であった。供試系統・品種数は、1994年は標肥24、多肥26、1995年は標肥、多肥とも23でおこなった。なお、食味試験の基準には試験年の秋に農業試験場で生産されたコシヒカリを用い、パネラー数12～15人、1回の供試標本数10点で実施した。

3. 系統選抜への適用の効果

1995年に「ハナエチゼン／ひとめぼれ」のF₃ 33系統を栽培し、1系統当たり4個体の玄米を混合して搗精し、味度を測定した。その測定値に基づき、低味度（68.1～74.9）、中味度（77.6～78.0）、高味度（79.2～83.1）の3グループに分け、翌1996年、各グループから5系統を選び派生系統とし、1系統につき2～5個体をF₄系統として栽

培した。1996年においても1系統当たり4株の玄米を混合して搗精したサンプルの味度を測定し、F₃系統とF₄系統の味度を比較した。1995年、1996年ともに農業試験場内の圃場において、5月中旬に、1本/株で移植し、栽培管理は慣行に準じた。

4. 個体選抜への適用

1994年に「ハナエチゼン／ひとめぼれ」のF₂ 雑種集団144個体を養成し、収穫できた127個体について、個体別に味度を測定した。その結果を基に、集団を高味度・中味度・低味度の3グループに分け、各グループからそれぞれ11個体を選び、F₃単独系統として1995年に栽培した。味度の測定は系統毎に無作為に選んだ4株の混合サンプルを用い、F₂個体とF₃単独系統との比較をおこなった。

また、「富山36号（食味極良）／北陸162号（食味極不良）」を用いて同様の試験をおこなった。この組み合わせでは1995年にF₂雑種集団200個体を養成し、収穫できた182個体について、個体別に味度を測定した後、翌1996年、高・中・低味度の各グループからそれぞれ25系統、計75系統を作り、F₂個体とF₃系統との関係について検討した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 測定方法

コシヒカリの精米サンプルを用いた再現性試験の結果、平均値68.7、標準偏差1.20、最大値71.0、最小値65.4であった。数多くの検体を扱う育種業務において測定回数は非常に重要な要素であり、できれば1回の測定で安定した値を得たいところであり、今回の結果から、95%の信頼度で1回の測定値に含まれる誤差は2.43点 ($t(35, 0.05) * 1.20 / 1$)²であると推定された。このことから、おおむね5点 (2.43 * 2) 以上の差を目標にして選抜をおこなう場合には、測定回数は1回で妥当であると考えられた。

また、130の品種・系統についてそれぞれを2回ずつ測定したとき、2測定値間の差の標準偏差は、1.71であり、先述した2.43点よりも小さい値であった。このことから、1回の測定値の誤差は品種・系統に関係なく2.43点以内であると考えら

れた。

精米水分を数段階に変えて測定した結果、14.1%~15.6%の間では安定した値を得たが、12.9%以下および16.7%以上において低下した(図1)。16.7%以上の高水分サンプルを扱うことは現実にはほとんどないが、早生系統では12%台の過乾燥米となることは十分にあるので、注意が必要であると考えられた。

搗精後の経過日数と味度との関係をアキヒカリ、コシヒカリ、日本晴の3品種について検討したところ、19日までは大きな変化がなく、48日で日本晴がやや低下する傾向がみられ、81日では3品種

とも明らかに低下した(図2)。このことから、搗精後3週間以内に味度測定を実施する必要があると考えられた。

以上のことから、選抜における測定回数は、95%の信頼度で誤差の許容限界を2.43点としたときに1回であること、サンプルの条件については、過乾燥米に注意すること、搗精後3週間以内に測定すべきであるとの結論を得た。

2. 味度と食味値との関係

食味値と味度との関係を図3に示したが、1994年、1995年の2カ年にわたり標肥栽培、多肥栽培

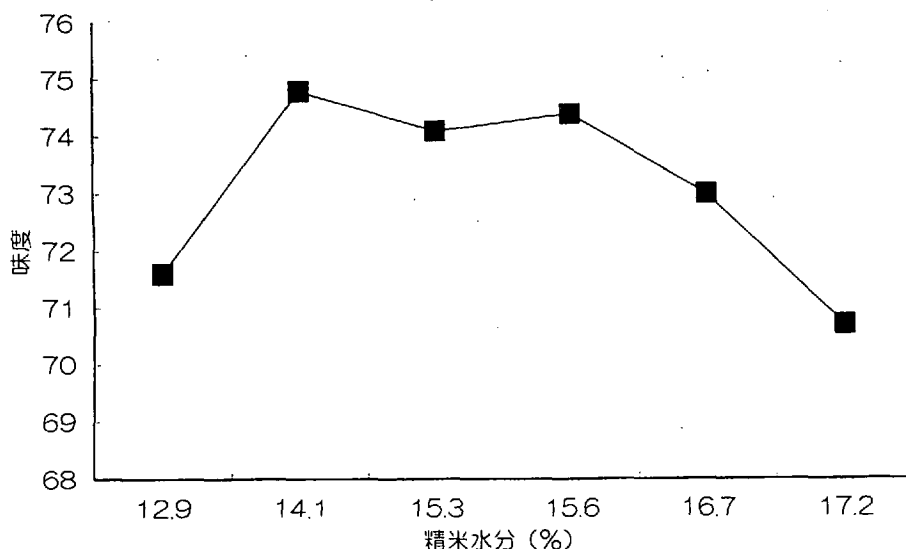


図1 精米水分と味度との関係

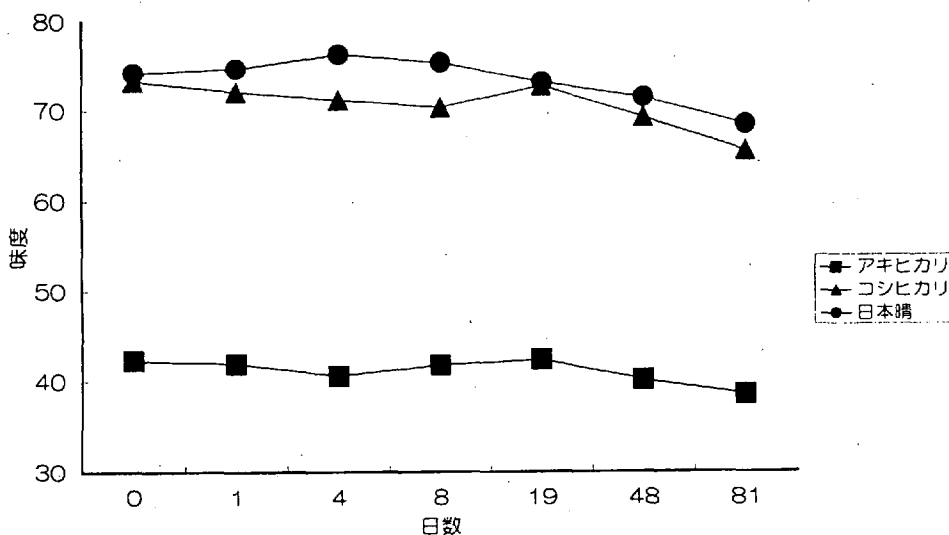


図2 搗精後日数と味度との関係

注) 試験期間: 1994年11月10日~1995年1月30日

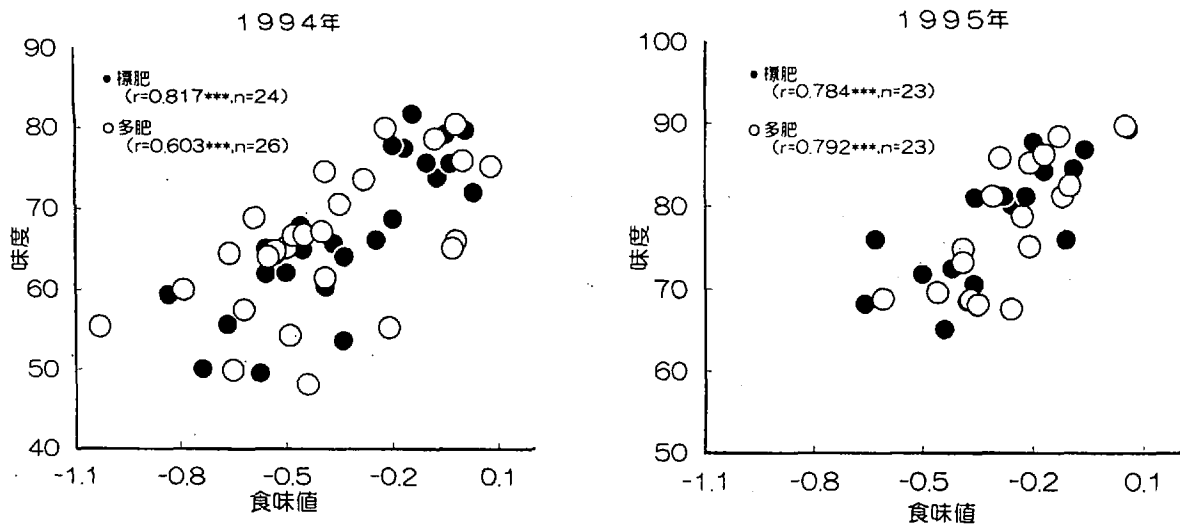


図3 施肥量、年次が異なった場合の食味官能値と味度との関係

ともに有意な正の相関が認められた。田中ら(1992)や東ら(1994)が指摘したように、味度と食味値との間には高い相関関係があることはよく知られているが、今回の結果から年次や施肥水準が異なる場合でも安定した食味指標であることを確認した。

3. 系統選抜への適用の効果

系統選抜への適用を試みるにあたり、次に述べる理由により予備試験を実施した。通常、系統育成圃場の栽培条件は奨決のような一般栽培とはその様式が大きく異なっている。その違いは、(1)1本植えである、(2)追肥時期が同一であるため、おのおのの系統に対して適期追肥とならない、(3)作業労力の制約から移植時期が遅い等であり、こうした環境条件の違いを越えて、系統育成(以降、育成)圃場の系統の味度が一般栽培条件下で栽培された場合と同様の傾向を示す必要がある。そこで、同一の品種・系統を用いて<育成>と<奨決>両栽培法で栽培をおこない、得られた玄米の味度を比較した。供試サンプルは、早生から晩生ま

で、および食味値不良から極良までを含めて85品種・系統を用いた。<奨決>と<育成>との栽培法の違いについては表1に示した。<育成>は<奨決>よりも移植日が遅いため、出穂期が単純平均で8日程度晩生方向に移動した。図4に<育成>と<奨決>の味度の関係を示した。85品種・系統について、<奨決>の味度を<育成>の味度で回帰すると回帰係数は0.746*** (寄与率0.557)となり、高い値であった。また、その関係は熟期を早生・中生・晩生に分けてみた場合でも同様の傾向を示した。このことから、育成系統の栽培条件がたとえ特殊なものであるとしても、そのサンプルの味度から一般栽培した場合の味度を推定できると考えられた。

そこで、実際に系統選抜への適用を行い、その効果について検討した。図5にはF₃単独系統とF₄派生系統との関係について示した。F₃で高味度グループであった系統由来のF₄系統の中に70点以下の味度を示す系統が4系統現れたように、F₃系統で低、中、高味度に分けたグループのF₄世代での味度はばらつきが大きいものとなり、3

表1 <奨決>圃場と<育成>圃場の栽培方法の違い

栽培法名	移植日	植付本数 (本/株)	基肥N量 (Kg/10a)	穂肥N量(施肥時期) (Kg/10a)
奨決	4月25日	4	4.5	3.0 (適期)
育成	5月20日	1	4.5	3.0 (必ずしも適期ではない)

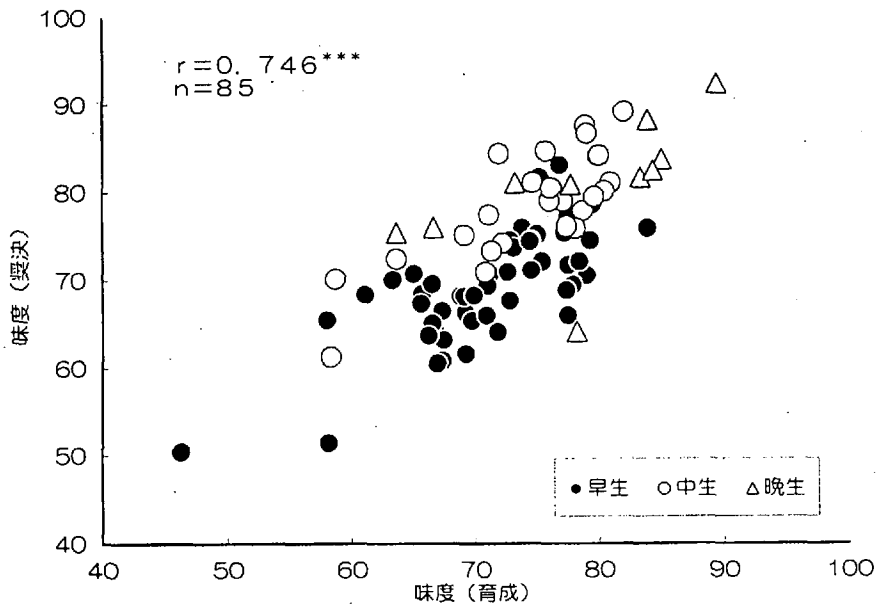


図4 栽培条件の違いと味度との関係

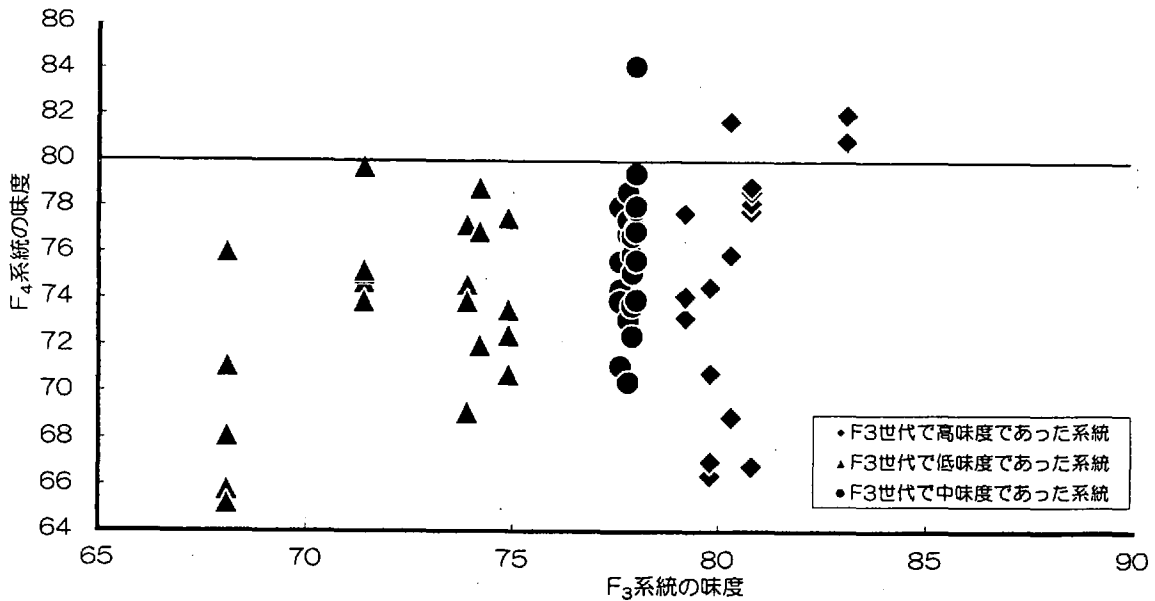


図5 F₃世代とF₄世代の味度の比較

注1) F₃およびF₄系統の味度は4個体混合して測定した値

注2) 供試組合せ: ハナエチゼン/ひとめぼれ

グループ間の差は明確でなかった。しかし、F₃で高および中味度グループであった系統由来のF₄世代では80点以上の味度を示す系統が3系統および1系統現れたのに対し、F₃で低味度グループであった系統由来のF₄系統では味度80点以上を示す系統は1系統も現れなかった。また、F₃で低味度グループであった系統由来のF₄5系統

のうち4系統は65.2~71.1で低い値であった。そこで、F₄系統について高味度と低味度グループのとの間でも検定をおこなったところ、5%水準で有意に高味度グループの味度が高かった。今回の試験では「ハナエチゼン/ひとめぼれ」を供試したが、年次による変動はあるもののハナエチゼンの味度が70~75点、ひとめぼれが75~80点で比

較的味度が接近した2品種を両親に用いているので後代系統の味度の変異幅は小さかったものと推察される。しかしながら、そのような組合せにおいても早い世代から味度測定を実施することにより、極高味度系統の選抜漏れ回避と味度不良系統の棄却が可能であると考えられた。

4. 個体選抜への適用の効果

味度の個体測定をおこなうにあたり予備試験として、星ら(1995)、中村ら(1996)の報告にしたがい混米・増量法を試みた。報告によれば、増量材は味度が低い米ほど品種・系統間の差をよく表し、サンプルの混合割合は50%が限度であるとしているが、本試験では低味度品種であるアキヒカリを用い、試験個体の玄米重が30g以下である個体が多かったため、アキヒカリの混合割合を60%として実施した。すなわち、個体サンプルの玄米26gにアキヒカリの玄米39gを混合することにより、精米器の最低必要量である65gに増量し、精米後、味度測定サンプルとした。図6に13品種・系統を用いて混米したサンプルと混米していないサンプルの味度を示したが、有意な直線回帰の関係が認められたことから、混米・増量による味度の個体測定は可能であると判断した。

味度を個体選抜の指標として用いた場合の効果

について、「ハナエチゼン／ひとめぼれ」および「富山36号／北陸162号」のF₂個体とF₃系統の関係を調査することにより検討した。図7、図8は「ハナエチゼン／ひとめぼれ」および「富山36号／北陸162号」のF₂個体集団における味度の頻度分布を示すが、前者では両親よりやや低い値をピークとして、後者では片親である富山36号と同等値をピークとして正規分布を示したことから、味度が量的形質であると示唆された。また、図7の127個体のうち低、中、高味度個体をそれぞれ11個体選び、F₃系統としてF₂個体との関係をみたものが図9である。同様に図8の182個体のうち75個体を選びF₃系統との関係をみたものが図10である。前者では1%水準で、後者では5%水準で世代間に有意性が認められた。F₂で低味度であった個体のなかにはF₃で高い味度を示す系統も出現したが、F₂で高味度であった個体のF₃系統の味度は全て高い値を示した。

さらに「富山36号／北陸162号」については、先述したF₂での個体別測定により高、中、低味度の3グループに分けF₃単独系統としたものについて、1系統あたり3個体の味度を個体別に測定した(図11)。高味度F₂個体由来のF₃個体グループと低味度F₂個体由来のF₃個体グループの分布ピークは明らかに異なり、高味度F₂個体由

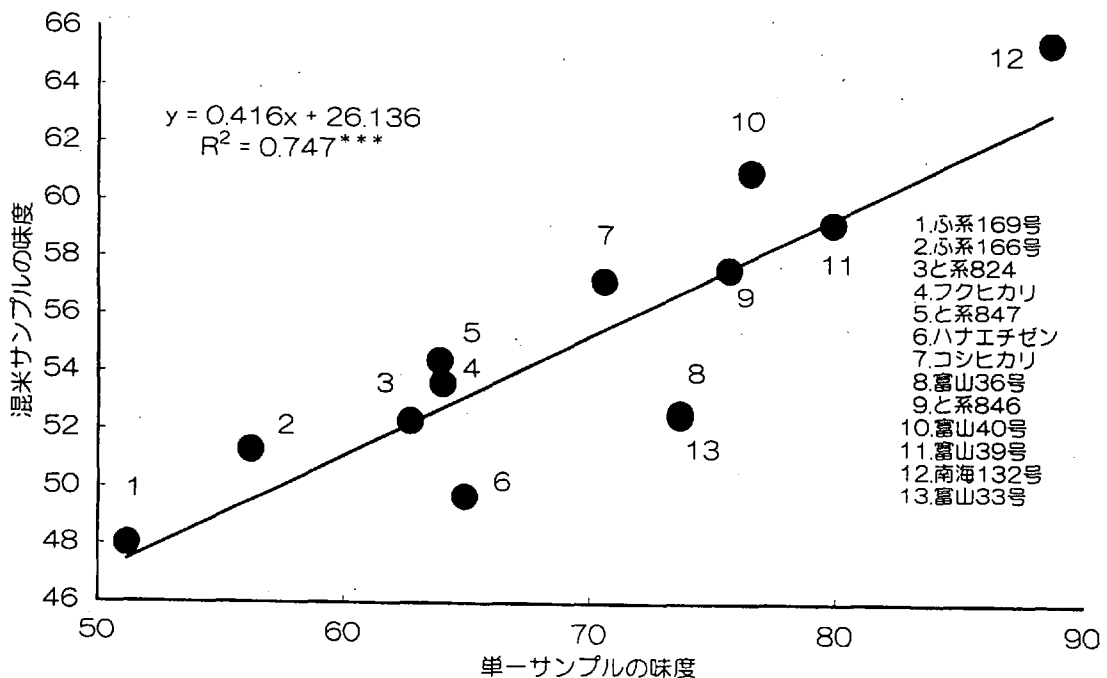


図6 アキヒカリを60%混米したサンプルの味度

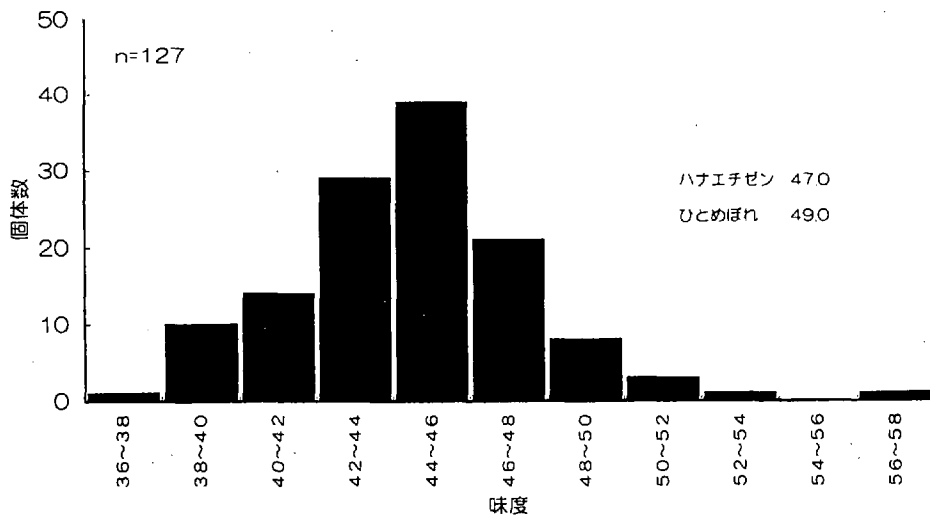


図7 F₂個体の味度の頻度分布

注) 供試組合せ: ハナエチゼン/ひとめぼれ

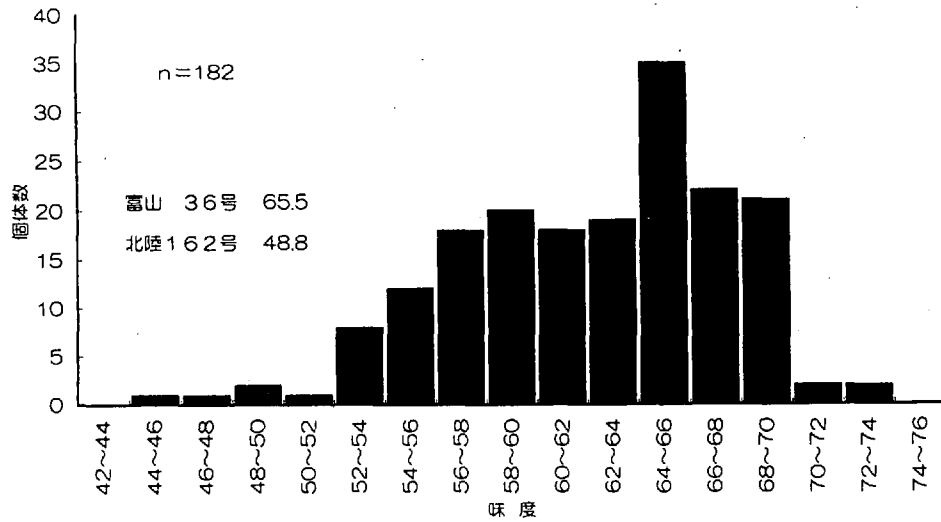


図8 F₂個体の味度の頻度分布

注) 供試験組合せ: 富山36号/北陸162号

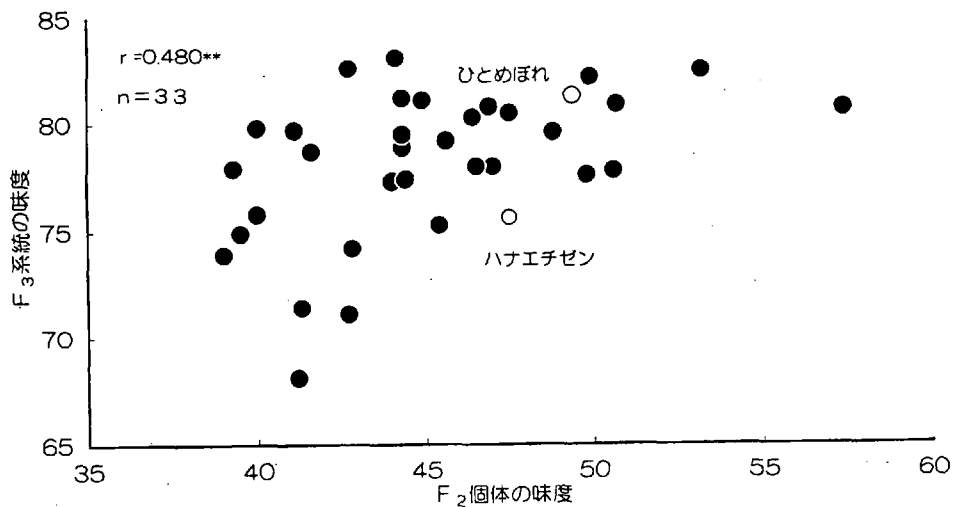


図9 F₂世代とF₃世代の味度の比較

注1) F₂個体の味度はアキヒカリを60%混米して測定した値

注2) F₃系統の味度は4個体混合して測定した値

注3) 供試組合せ: ハナエチゼン/ひとめぼれ

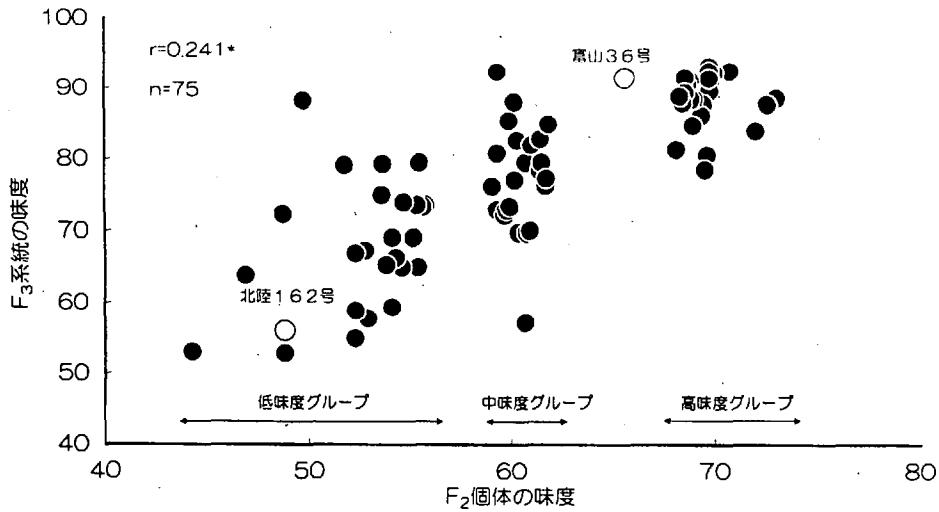


図10 F₂個体とF₃系統との味度の関係

注1) F₂個体の味度はアキヒカリを60%混米して測定した値

注2) F₃系統の味度は4個体混合して測定した値

注3) 供試組合せ: 富山36号/北陸162号

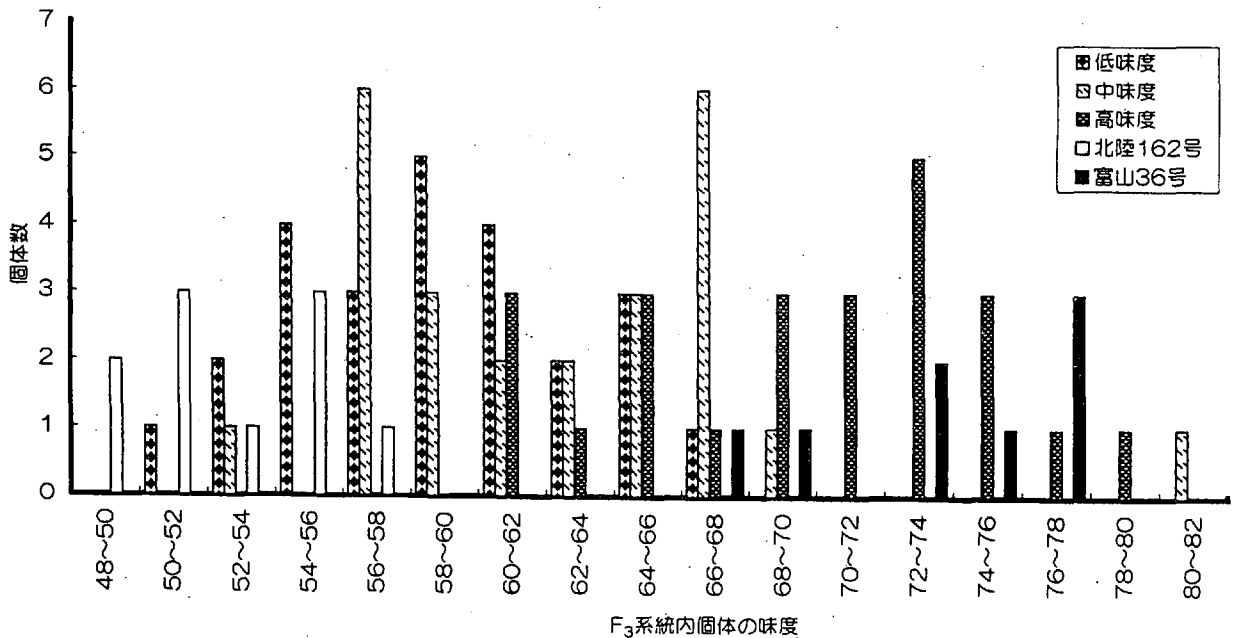


図11 F₂世代で味度の個体測定により高、中、低の3グループに分けたときのF₃系統内個体の味度の頻度分布

注1) 1系統あたり3個体の味度を個体別に測定した

注2) 供試組合せ: 富山36号/北陸162号

来のF₃個体は高味度側に分布し、低味度F₂個体由来のF₃個体は低味度側に分布した。また、中味度個体由来のF₃個体の分布はその中間となった。このことから、図10で示されたF₃系統の味度の高低差は系統内個体全体の味度の高低差に由来するものと判断できた。また、多くの個

体は、両親である富山36号と北陸162号との分布幅の間にはほぼ存在し、高味度側および低味度側ともに両親を超越した個体の出現は極めて少なかったことから、高味度系統を得ようとした場合、少なくとも片親には高味度品種・系統を選ばなければならないと考えられた。

以上のことから、味度による個体選抜を F_2 という最も早い世代から実施しても次世代に選抜効果が期待できるということが明らかとなった。実際の育種の場面では「富山36号と北陸162号」のように味度について極端に差のある組合せは少なく、「ハナエチゼン/ひとめぼれ」のように両親の味度に差が少ない場合の方が多い。しかし、そのような組み合わせにおいても世代間に有意な関係が認められると推測され、早期世代からの味度選抜は有効であると考えられた。ただし、選抜強度については、測定誤差や相関の程度を考慮すると、高味度個体を選抜するというよりも低味度個体を棄却するという方針で設定すべきであると思われた。

5. まとめ

育種を進めていく上ではさまざまな選抜指標が用いられる。食味についても、食味値を説明するために先に述べたいくつかの客観的測定法が考案されてきた。しかしながら、東ら(1994)が報告しているように、蛋白含有率、アミロース含有率および糊化特性値は、年次による相関係数の変動が大きく、年次によっては有意な相関関係が認められないことがある。また、アミロース含有率、 Mg/K 値、米飯物性は試料の準備や測定の煩雑さから労力を要する。一方、今回検討した味度は、食味との間に年次を越えて安定した相関関係が認められ、かつ、測定に要するサンプル量、時間についても十分実用的な範囲であった。さらに、系統および個体選抜への適用についても世代間に有意な相関関係が認められたことから、膨大な数の系統や個体の中から稀に出現する良食味系統・個体を確実にとらえ、または、食味不良系統・個体を早期に棄却するために、味度メーターによる測定値は有効な指標であると判断した。

IV. 摘 要

- 1) 味度メーターの再現性について検討したところ、反復を設けない1つのデータのもつ誤差はおおむね2~3点以内であると推測された。
- 2) 測定するサンプルの条件は水分含量14~16%であることおよび搗精後日数が3週間以内であることが望ましいと考えられた。

- 3) 味度と食味値との関係には施肥量、年次が異なっても安定して高い正の相関関係が認められた。
- 4) 味度の系統選抜への適用の効果について「ハナエチゼン/ひとめぼれ」の F_3 と F_4 系統を比較することによって検討したが、高味度系統の選抜漏れ回避と低味度系統の棄却が可能であった。
- 5) 味度を個体選抜の指標として用いるため、「ハナエチゼン/ひとめぼれ」および「富山36号/北陸162号」という2つの組み合わせについて検討したところ、両組み合わせにおいて選抜の効果が認められた。

引用文献

- 石間紀男・平 宏和・平 春枝・御子柴 穆・吉川誠次(1974) 米の食味に及ぼす窒素施肥及び精米中のタンパク含有率の影響, 食品総合研究所報告, 29: 9-15.
- 稲津 脩(1988) 第三章 食味特性と各種成分の相互関係の検討, 北海道立農業試験場報告, 66: 34-40.
- 堀野俊郎・岡本正弘(1992) 玄米の窒素ならびにミネラル含量と米飯の食味との統計的関連, 中国農業試験場研究報告, 10: 1-15.
- 大坪研一・小林明晴・清水 亘(1992) 北陸地域の米の食味特性及びその変動要因に関する研究, 北陸農業試験研究成績・計画概要集 水稻(育種・品質・栽培), 平成4年度: 水稻品質7
- 川上 修・長澤裕滋(1992) 食味関連成分および物理的食味測定値と米食味の関係, 北陸作物学会報, 27: 8-9.
- 藤巻 宏・櫛淵欽也(1975) 炊飯米の光沢による食味選抜の可能性, 農業および園芸, 50(2): 253-257.
- 松永和久・佐々木武彦・鈴木啓司(1975) 水稻品種の品質食味改善に関する育種的研究II 米の食味簡易検定法—炊飯米の光沢と粘りの関係について, 日本作物学会東北支部会報, 17: 18-19.
- 崔仁録・星 豊一(1988) 新潟県における水稻品種の品質・食味の向上 第1報 炊飯光沢による食味の簡易検定法の検討, 北陸作物学会

- 報. 23 : 25-27.
- 八木忠之・西山 壽・小八重 雅裕・轟 篤・日高秀光・黒木雄幸・吉田浩一・愛甲一郎・本部裕朗(1990) 水稻新品種“ヒノヒカリ”について, 宮崎県総合農業試験場報告. 25 : 1-18.
- 田中 良・猪野 亮・神名川真三郎(1992) 水稻の栽培法と食味の関係 第1報 味度メーターによる食味測定, 日本作物学会東北支部会報. 35 : 45-46.
- 東 聡志・佐々木行雄・石崎和彦・近藤 敬・星 豊一(1994) 新潟県における水稻品種の品質・食味の向上 第7報 効率的食味選抜のための各種測定法の比較, 北陸作物学会報. 29 : 35-36.
- 長沢裕滋・大源正明・阿部聖一(1994) 食味関連成分および物理的食味測定値と米食味の関係 第3報 味度値と食味及び蛋白含有率の関係, 北陸作物学会報. 29 : 29-31.
- 星 豊一・中村恭子・小林和幸・東 聡志・石崎和彦・阿部聖一(1995) 新潟県における水稻品種の品質・食味の向上 第9報 雑種集団における個体レベルの味度値の測定法, 北陸作物学会報. 30 : 4-6.
- 中村恭子・小林和幸・東 聡志・石崎和彦・阿部聖一・星 豊一(1996) 新潟県における水稻品種の品質・食味の向上 第10報 個体レベルの味度値測定のための混合品種について, 北陸作物学会報. 31 : 13-15.

Progeny Selection For High Eating Quality Lines Using
a Mechanical Tester "MIDO Meter"
In Rice Breeding Program

Takeshi EBITANI

(*Toyama Agricultural Research Center; Yoshioka, Toyama, 939-8153 Japan*)

Summary

I examined whether it is possible to use the measurement values with "MIDO METER" as an index of selection for eating quality in rice breeding program.

Results are summarized as follows;

- 1) To confirm the reliability of MIDO METER, some breeding lines were applied repeatedly. In the results of measurements, characteristic values were obtained at each line with less than 3 points of experimental errors.
- 2) As the condition of samples, 14~16% of moisture content and usage within 3 weeks from sample preparations were desired.
- 3) Even if the application amount of fertilizer are altered, high equilateral correlation was recognized between MIDO METER value and an actual eating quality.
- 4) In comparison of F_3 and F_4 lines of Hanaechizen / Hitomebore, in which each generation was grouped in 3 lines according to their MIDO METER values, good correspondence of values were obtained in the same lines through the generations. This result showing that MIDO METER is usable in the line selection method of breeding.
- 5) The effect of selection was recognized in progenies at both combinations of Hanaechizen / Hitomebore and Toyama 36 / Hokuriku 162 using the MIDO METER values as an index of individual selection.