

北部九州産米の食味に関する研究

第1報 移植時期、倒伏の時期が米の食味および理化学的特性に及ぼす影響

松江 勇次・水田 一枝・古野 久美・吉田 智彦

(福岡県農業総合試験場)

1991年1月28日受理

要旨 : 北部九州において栽培環境条件と米の食味と理化学的特性の関係を明らかにするために、移植時期、人為倒伏が食味と精米中のタンパク質含有率、アミロース含有率およびアミログラム特性に及ぼす影響について、近年育成の良食味品種を供試して検討した。移植時期の早晩の食味への影響が認められ、移植時期が遅れるにしたがい食味は低下した。特に晩植(7月5日植)では著しく食味が劣った。また、品種別にみると、移植時期の早晩による食味変動の大きい品種と小さい品種があった。移植時期が遅れるにしたがってタンパク質含有率、アミロース含有率は増加し、最高粘度、ブレイクダウンは低下し、それらの増減程度は特に晩植で著しく大きかった。移植時期が遅れることにより食味は低下したが、この場合タンパク質含有率、アミロース含有率の増加および最高粘度、ブレイクダウンの低下がみられた。倒伏による食味の低下程度は、倒伏時期が早いほど大きかった。また、倒伏によってタンパク質含有率およびアミロース含有率は増加するが、その増加程度は倒伏時期が早いほど大きく、逆に最高粘度、ブレイクダウンは倒伏によって低下し、倒伏時期が早いほど低下程度は大きかった。倒伏による食味低下の場合には、タンパク質含有率、アミロース含有率の増加および最高粘度、ブレイクダウンの低下がみられた。

キーワード : アミロース, 米, 最高粘度, 栽培環境条件, 食味, タンパク質, ブレイクダウン, 北部九州。

Studies on Palatability of Rice Grown in Northern Kyushu I. Effects of transplanting time and lodging time on palatability and physicochemical properties of milled rice: Yuji MATSUE, Kazue MIZUTA, Kumi FURUNO and Tomohiko YOSHIDA (*Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818, Japan*)

Abstract : This study was undertaken to find the effects of transplanting time and lodging time on palatability, protein content, amylose content and amylographic characteristics of milled rice in northern Kyushu. The palatability was low when time of transplanting was late, especially when planted on July 5. The range of variation in physicochemical properties due to different transplanting times was wide. Protein content and amylose content increased in the late transplants. They were especially high for plants planted on July 5. Maximum viscosity and breakdown values decreased with late transplanting. It was estimated that the deterioration of palatability by late-season culture was due to the increase of protein and amylose content and the decrease of maximum viscosity and breakdown values. Lodging about 5 days before maturing did not influence palatability. In addition protein content, amylose content and amylographic characteristics did not change. But lodging at early stages worsened the palatability. Under that condition, protein content and amylose content increased and maximum viscosity and breakdown values decreased. It was estimated that lodging time affected the palatability through changes in protein content, amylose content and amylographic characteristics.

Key words : Amylose content, Breakdown, Environmental conditions, Maximum viscosity, Northern Kyushu, Palatability, Protein content, Rice.

食味に関係の深い要因として、竹生らは13項目(品種、産地、気候、栽培方法、農薬、収穫・生脱穀、乾燥、貯蔵、くん蒸、搗精、浸漬、炊飯器、蒸らし)をあげており、その中でとくに品種、産地、栽培方法の3つが主要因であると述べている¹²⁾。

また、近年、米飯の食味を理化学的特性から解明しようとする試みがなされ、瀬戸ら¹⁴⁾、倉沢⁹⁾、谷ら¹⁷⁾、遠藤ら²⁾は、食味と理化学的特性との相関関係から、さらに竹生ら¹⁾は、多重回帰分析により食味判定式の設定を試み、食味の良否をタンパク質含有率、アミロース含有率、アミログラム特性等の理化学的特性である程度判定することができるとして

いる。また、松江ら¹⁰⁾は北部九州における水稲品種のアミログラム特性と食味との関係をみている。また、栽培方法との関係では、窒素施肥により玄米・精米中の窒素含有率が高まると食味は低下するという結果^{6,11,19)}がすでに得られている。しかし、作柄に強く影響を与える倒伏、作期幅の拡大に関する移植時期等の栽培環境条件の相違と食味および理化学的特性との関係を検討した報告は少ない^{3,7)}。また、現地では栽培適期をはずれるなど不良環境条件下で栽培されている場合も多くあり、その際の食味低下の実態をあらかじめ明らかにしておくことは、品種選定や育種、普及上重要と考えられる。

そこで本報告では移植時期、人為倒伏が食味と米の理化学的特性に及ぼす影響について、近年育成の良食味品種を供試して検討した。

材料と方法

材料は1988～1989年に福岡県農業総合試験場内の砂壤土水田において栽培した。栽培方法は稚苗を用いて、1株3本植えて、施肥量(基肥+第1回穂肥+第2回穂肥)は極早生、早生種(キヌヒカリ、コシヒカリ、日本晴)では10a当たり窒素成分で6+2+1.5kg、但し、1988年の極早生種(キヌヒカリ、コシヒカリ)は5+1.5+1.5kgとした。中生、晩生種(ヒノヒカリ、ツクシホマレ、ユメヒカリ)は7+3+2kgとした。リン酸、カリは各々10a当たり極早生、早生種は6、9kg、中生、晩生種は7、12kgとした。各試験とも材料はすべて刈取後ガラス室で天日乾燥し、玄米水分14～15%の状態ですタケ式ツーインワンパス搗精機(荷重3)により歩留り91%を目標にして搗精した。

食味の官能試験は食糧庁の食味試験実施要領^(注1)を参考とし、以下のように行った。パネル人数は15～16名で、各パネル構成員の品種をこみにした食味総合評価のLSD(0.05)は0.518であった。1回の試験は基準米を含めて10点の材料を試食した。試験は各試験年の12月から翌年の1月に実施した。評価の統計処理はダンカンの多重検定法を用いた。理化学的特性の測定には搗精歩合を91%台にした精米をブラベンダー小型テストミルで粉碎し、70メッシュの篩を通過させた米粉を以下の分析に用いた。

タンパク質含有率はケルダール法により全窒素を定量し、これにタンパク質換算係数5.95を乗じて求めた。アミロース含有率はテクニコン社製オートアナライザーII型を用いてJuliano⁸⁾の自動分析システムを応用した稲津の方法⁹⁾により比色定量した。タンパク質含有率、アミロース含有率とも測定は2連制で行い、平均値で示した。その際の測定値の相対誤差は各々1.0%、0.4%以内であった。なお、タンパク質含有率、アミロース含有率とも乾物ベースで換算した。アミログラム特性はブラベンダービスコグラフを用いて、精米粉40gを450mlの蒸留水で懸濁し、30℃から93℃まで一定速度(1.5℃/分)で加熱し、93℃に10分間保ち30℃ま

で加熱と同様の速度で冷却し、得られたアミログラムより最高粘度およびブレイクダウンを求めた⁴⁾。分析は1989年10月～1990年4月に実施した。

登熟期間中の平均温度は同場内の観測値を用いて算出した。

1. 移植時期試験

1988年はキヌヒカリ、コシヒカリを用いて、移植は①4月20日、②5月6日、③6月10日植の3時期とした。1989年はコシヒカリ、ヒノヒカリ、ツクシホマレ、ユメヒカリを用い、移植は①4月21日(コシヒカリのみ4月25日)、②5月19日、③6月20日、④7月5日植の4時期とした。各品種の移植時期別、出穂時期は第1表に示した。食味は1988年は5月6日植、1989年は6月20日植のコシヒカリを基準にして評価した。

2. 人為倒伏処理試験

コシヒカリ、日本晴、ツクシホマレを用い、1989年6月19日～22日に移植した。倒伏処理時期は成熟期22～21日前(ツクシホマレ、日本晴)または17日前(コシヒカリ)、14～10日前、7～5日目の3段階を設けた。倒伏は曲げ倒伏¹³⁾、倒伏処理はなるべく稈を折らないように地際から一定方向に手で

第1表 各品種の移植時期別、出穂期

試験年	品 種 名	移植時期		出穂期	
		月	日	月	日
1988	コシヒカリ	4	20	7	18
		5	6	7	23
		6	10	8	11
	キヌヒカリ	4	20	7	17
		5	6	7	22
		6	10	8	11
	コシヒカリ	4	25	7	25
		5	19	8	7
		6	20	8	23
1989	ヒノヒカリ	7	5	8	31
		4	21	8	12
		5	19	8	21
	ツクシホマレ	6	20	9	6
		7	5	9	9
		4	21	8	12
	ユメヒカリ	5	19	8	24
		6	20	9	8
		7	5	9	12
ユメヒカリ	4	21	8	17	
	5	19	8	28	
	6	20	9	11	
		7	5	9	14

注1) 食糧庁 1968. 米の食味試験実施要領. 1-24.

90度押し倒す方式で、できるだけ稲体が立ちあがらないように行った。なお、各品種とも、倒伏処理をしなかったものは成熟期に倒伏はなかった。食味官能試験は各品種の倒伏処理をしなかったものを基準にして評価した。品種間の評価は日本晴を基準にして行った。理化学的特性は各処理区とも成熟期刈取後に一括測定した。

結果と考察

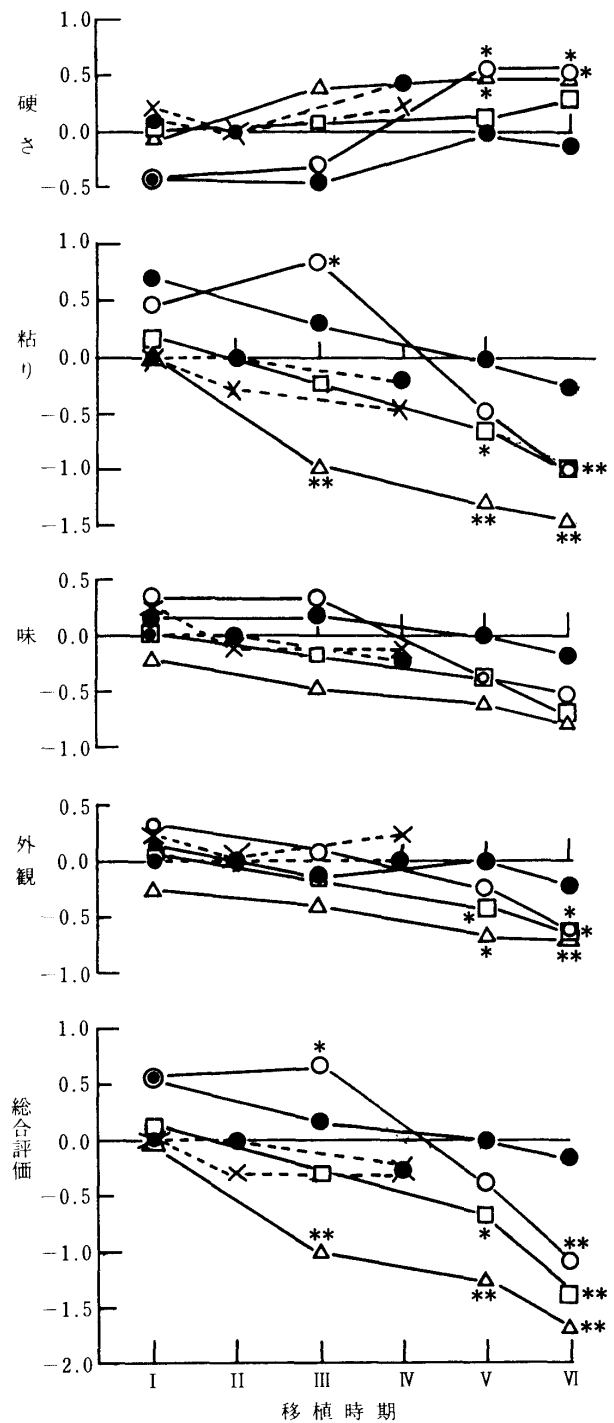
1. 移植時期が食味と理化学的特性に及ぼす影響

移植時期と食味との関係を第1図に示した。1988年、1989年の2カ年を通じて各品種とも基準に比較して評点は、4月20~21日植、5月6日植、5月19日植（ツクシホマレを除く）の早期栽培で外観、味はプラスとなり良く、粘りもプラスで強く、硬さはマイナスとなり軟く、総合評価はプラスとなった。しかし、移植時期が遅れるにしたがい外観、味の評点はマイナス値が大きくなり不良となり、粘りもマイナス値が大きくなって弱くなり、硬さはプラス値が大きくなって、総合評価は低下する傾向が認められた。特に7月5日植の晩期栽培では、基準米の6月20日植、コシヒカリ0.00に対して外観は-0.23~-0.75、味は-0.15~-0.63と不良で、粘りは-0.30~-1.50と弱く、かつ硬さは-0.08~0.54となって総合評価は-0.23~-1.64となり著しく劣った。

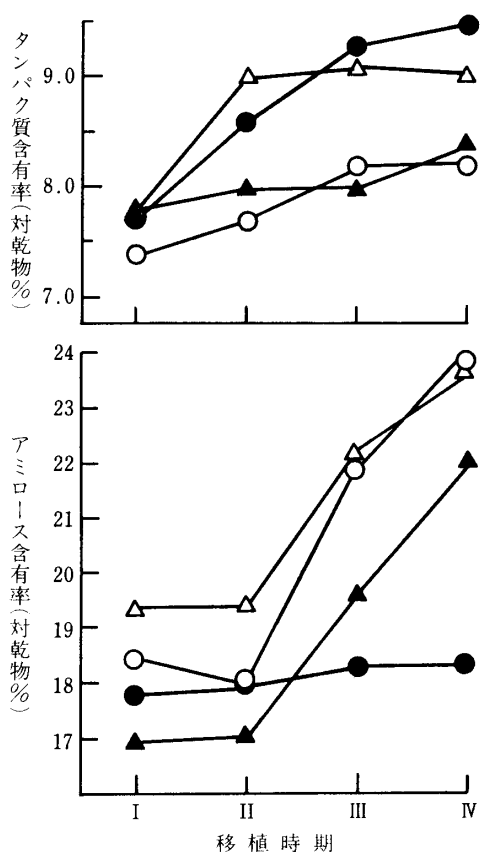
次に品種別にみると、移植時期と食味との関係には品種間差が認められ、1989年において移植時期の早晚による食味総合評価の変動は、コシヒカリでは0.54~-0.23と小さかった。これに対して、ヒノヒカリ、ツクシホマレ、ユメヒカリの変動は、各々0.54~-1.08, 0.04~-1.64, 0.06~-1.44となり大きかった。外観、味、粘り、硬さでも同様の傾向がみられた。

このようにコシヒカリは、晩植による食味の低下程度が比較的小さく、これに対して、ヒノヒカリ、ツクシホマレ、ユメヒカリは移植時期が遅れることによる食味の低下が大きかった。このことは遺伝変異によるものと考察されるが、後述するように（第4図）登熟期間中の気象条件の差によっている可能性もあると考えられる。

次に移植時期が理化学的特性に及ぼす影響についてみると、移植時期が遅くなるにしたがいタンパク質含有率は各品種とも増加した（第2図）。品種別にみると、ヒノヒカリは7.4%から8.2%、ユメヒ



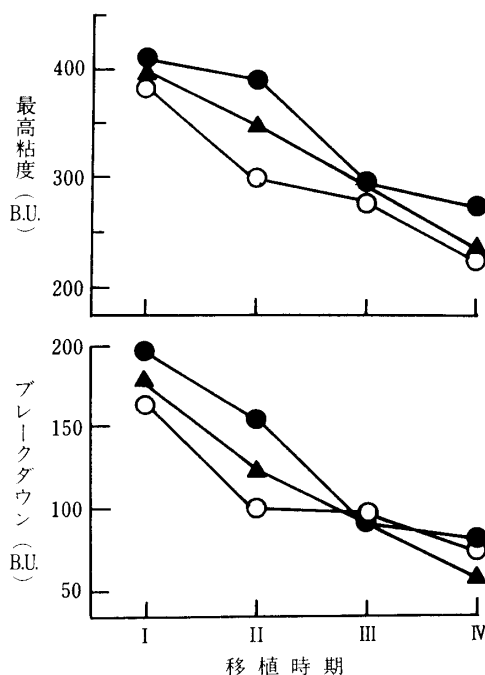
第1図 移植時期と食味との関係。
 I:4月20~21日植, II:5月6日植, III:5月19日植, IV:6月10日植, V:6月20日植, VI:7月5日植。
 ●:コシヒカリ, ○:ヒノヒカリ, □:ユメヒカリ, △:ツクシホマレ, ×:キノヒカリ。
:1988年, —:1989年。
 1988年は5月6日植, 1989年は6月20日植のコシヒカリを基準とした。
 *, **印は各々信頼水準95%, 99%の有意差を示す。



第2図 移植時期とタンパク質含有率、アミロース含有率との関係。
I: 4月21日植, II: 5月19日植, III: 6月20日植, IV: 7月5日植。
●: コシヒカリ, ○: ヒノヒカリ, △: ツクシホマレ, ▲: ユメヒカリ。

カは7.8% から8.4% へと低いレベルで漸増し、しかも増加程度は小さかった。これに対してコシヒカリは7.7% から9.5%、ツクシホマレは7.8% から9.0% へと高いレベルで漸増するとともにその増加程度も大きかった。特にコシヒカリは6月20日植以降、大きく増加した。これには成熟期12日前の倒伏(他の品種は倒伏はなかった)が影響した可能性があるが、しかし後述するように(第6図)倒伏によるタンパク質含有率の増加率はそれほど大きくないため、主として移植時期の違いによると判断される。

また、移植時期が遅くなるにしたがい、アミロース含有率は増加し、6月20日植以降で特に高まった(第2図)。移植時期の早晩によるアミロース含有率は4品種こみの平均値で4月21日植では18.1%、7月5日植では21.9%とこの間約4%増加した。品種別にみると、ヒノヒカリ、ツクシホマレ、ユメヒカリは移植時期の早晩によるアミロース



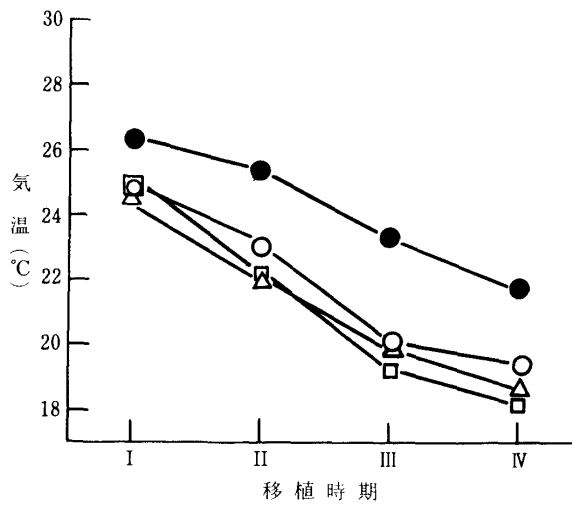
第3図 移植時期と最高粘度、ブレイクダウンとの関係。
I: 4月21日植, II: 5月19日植, III: 6月20日植, IV: 7月5日植。
●: コシヒカリ, ○: ヒノヒカリ, ▲: ユメヒカリ。

含有率の変動の差は約5%と大きかったが、コシヒカリではわずか0.4%で小さかった。

最高粘度は、早期で410~383 B.U., 晩期で275~223 B.U., ブレイクダウンは、早期で197~163 B.U., 晩期で80~58 B.U. となり、移植時期が遅くなるにしたがい両者とも低下した(第3図)。これは早期米は晩期米に比べて最高粘度およびブレイクダウンは大きいという鈴木らの報告¹⁵⁾と一致した。

移植時期別の食味総合評価と理化学的特性との相関関係を検討すると、食味総合評価とタンパク質含有率、アミロース含有率、最高粘度、ブレイクダウンとの相関関係は各々、コシヒカリ (n=4) では $r=-0.95$, $r=-0.98$, $r=0.91$, $r=0.96$, ヒノヒカリ (n=4) では $r=-0.99$, $r=-0.85$, $r=0.82$, $r=0.68$, ユメヒカリ (n=4) では $r=-0.96$, $r=-0.99$, $r=0.99$, $r=0.97$ となった。さらに全品種をこみにした場合でも、タンパク質含有率 (n=16) は $r=-0.53$, アミロース含有率 (n=16) は $r=-0.79$, 最高粘度 (n=11) は $r=0.73$, ブレイクダウン (n=11) は $r=0.69$ であった。

1989年の各品種の登熟期間における平均気温を第4図に示した。各品種とも移植時期が遅れるに



第4図 移植時期と登熟期間中の平均気温との関係 (1989年).
●: コシヒカリ, ○: ヒノヒカリ, △: ツクシホマレ, □: ユメヒカリ.

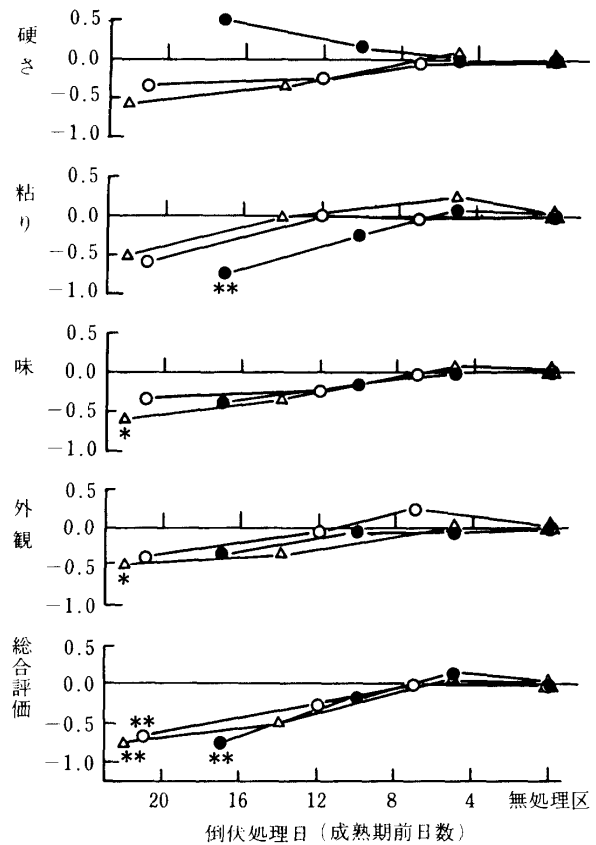
したがい出穂期は遅くなり (第1表), 登熟期間における平均気温は低下し, コシヒカリは極早生品種であり出穂が早いため登熟期間中は高日射, 高温となり約 26°C~22°C, 他の3品種は概ね 25°C~19°Cで推移した. このことがタンパク質含有率, アミロース含有率の増加および最高粘度, ブレークダウンの低下と関連しているものと考えられる.

よって品種別にみた場合, 移植時期がおくれることによる食味低下はタンパク質含有率の増加と登熟気温の低下によるアミロース含有率の増加, 最高粘度, ブレークダウンの低下によるものと云うことができる. また, コシヒカリが移植時期の早晚による食味の変動が小さいことは, 他の品種に比べて登熟温度が 1~3°C 高く推移したことによる理化学的特性の変動の差が他の品種に比べて小さかったことも一つの理由であると思われる.

このように, 移植時期の違いによる食味の変動幅が品種によって異なる. このことから各品種別に適した移植時期幅の存在することを考慮して, 今後良質米生産の拡大推進を図っていく必要があることが示唆される.

2. 人為倒伏が食味と理化学的特性に及ぼす影響

各品種の倒伏無処理区を基準として品種別に倒伏処理の食味への影響をみた場合, 倒伏処理区は倒伏無処理区に比べていずれの評価項目の評点もマイナスとなった. ただしコシヒカリの硬さはプラスとなった (第5図). すなわち外観, 味が不良で, 粘りが弱くなって総合評価も劣った. 食味総合評価の低



第5図 人為倒伏処理の時期と食味との関係.

●: コシヒカリ, ○: 日本晴, △: ツクシホマレ.
各品種の無処理区を基準とした.
*, **印は各々信頼水準95%, 99% の有意差を示す.

下程度は倒伏処理時期によって異なり, 成熟期前20日頃の倒伏処理区で, 基準区の倒伏無処理区 0.00 に比べて -0.67~-0.75 と有意な差で最も劣った. 成熟期前12日頃の処理区では -0.16~-0.25, 成熟期前5日頃の倒伏処理区は 0~0.17 となり食味の低下はほとんど見られなかった. さらに, 倒伏処理時期における食味低下程度の傾向には明らかな品種間差は認められなかったが, コシヒカリの早期倒伏区 (成熟期前17日) は粘りが -0.75 と著しく弱くなって総合評価も -0.75 と低下し, 無処理区の日本晴に比較して +0.08 (データ略) となりほぼ日本晴並の食味まで低下した. また, 硬さについては他の2品種が倒伏によりマイナスの値を示して柔らかくなったにもかかわらずコシヒカリではプラスの値となって硬くなった. この理由については現在のところ不明である. 日本晴およびツクシホマレの早期倒伏 (成熟期前21~22日) 区も, 各々外観が -0.42, -0.50, 味が -0.33,

-0.58, 粘りが-0.58, -0.50 となり, 外観, 味, 粘りとも無処理区より劣った。

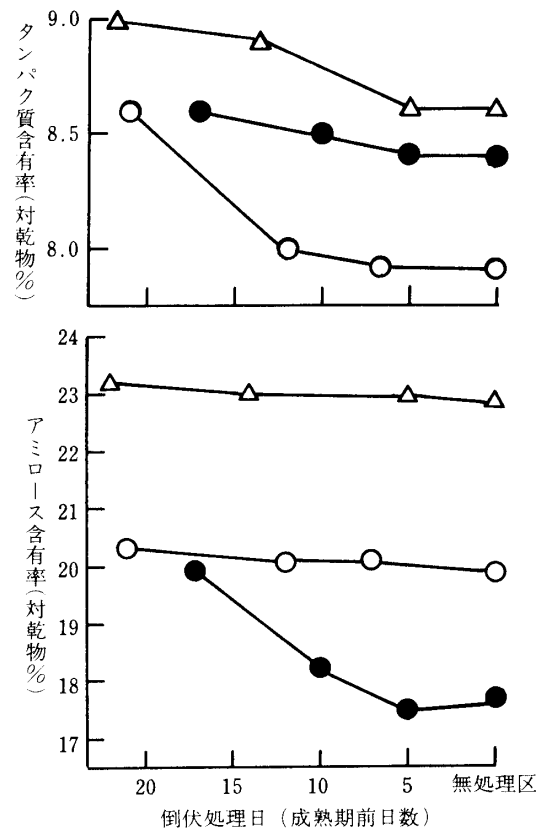
倒伏は食味の低下を招き, その程度は倒伏時期が早いほど大きく, 成熟前5日~成熟期の成熟直前倒伏ではほとんど食味に影響を与えなかった。これは収量・外観品質の倒伏時期による変動^{16,18)}と同じ傾向を示している。

次に倒伏処理による理化学的特性への影響について検討すると, 倒伏によってタンパク質含有率は増加し, その増加程度は倒伏処理時期によって異なり, 成熟直前の倒伏処理区ではほとんど変化しなかったが, 倒伏処理時期が早いほど増加し, 特に成熟期前20日倒伏処理区ではコシヒカリは8.6%, 日本晴は8.6%, ツクシホマレは9.0%であった(第6図)。これは倒伏処理によってコシヒカリは0.2%, 日本晴は0.7%, ツクシホマレは0.4%増加したことになる。コシヒカリは日本晴, ツクシホマレに比較して倒伏処理によるタンパク質の増加程度は小さかった。

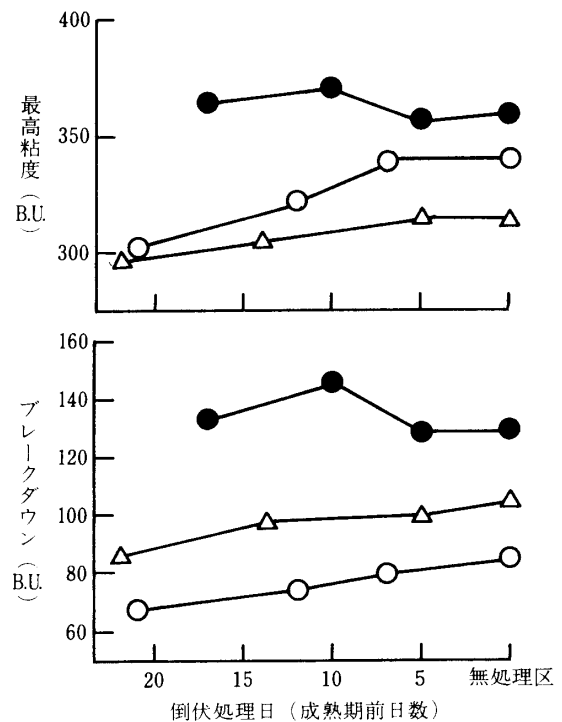
また, アミロース含有率も倒伏処理によって増加し, 倒伏処理時期が早いほど増加程度は大きかった(第6図)。品種別にみると, 日本晴, ツクシホマレは倒伏処理によるアミロース含有率の増加程度は各々0.4%, 0.3%と小さかったが, コシヒカリの増加程度は2.2%と大きく, 成熟期前5日の倒伏処理区以降, 17.5%から19.9%へと急激に増加した。成熟期前17日倒伏処理区でのコシヒカリの食味が日本晴並となったが, アミロース含有率も日本晴並の19.9%であった。

最高粘度およびブレイクダウンは無処理区に対し倒伏処理区では, 日本晴で最高粘度336 B.U. から303 B.U., ブレイクダウン84 B.U. から69 B.U., ツクシホマレで最高粘度313 B.U. から297 B.U., ブレイクダウン105 B.U. から85 B.U.へと低下し, その低下程度は倒伏処理時期が早いほど大きかったが, コシヒカリは最高粘度360 B.U. から365 B.U., ブレイクダウン130 B.U. から133 B.U.へと低下がみられず, 品種により最高粘度, ブレイクダウンへの影響は一定でなかった(第7図)。

以上の結果をもとに, 倒伏処理による食味と理化学的特性との相関関係を品種別に検討してみた。食味総合評価とタンパク質含有率, アミロース含有率, 最高粘度, ブレイクダウンとの相関係数は, コシヒカリ (n=4) では $r=-0.99$, $r=-0.96$, $r=-0.42$, $r=-0.16$, 日本晴 (n=4) では $r=-$



第6図 倒伏処理時期とタンパク質含有率, アミロース含有率との関係。
●: コシヒカリ, ○: 日本晴, △: ツクシホマレ。



第7図 倒伏処理時期と最高粘度, ブレイクダウンとの関係。
●: コシヒカリ, ○: 日本晴, △: ツクシホマレ。

0.86, $r = -0.97$, $r = 0.99$, $r = 0.97$, ツクシホマレ ($n=4$) では $r = -0.88$, $r = -0.99$, $r = 0.99$, $r = 0.81$ となり, コシヒカリのアミログラム特性は他の品種と傾向が異なった。

これらの結果をとりまとめると, 倒伏処理による食味低下はタンパク質含有率, アミロース含有率の増加と最高粘度, ブレークダウンの低下と関連していた。ただしコシヒカリ場合, 倒伏処理による食味低下と最高粘度, ブレークダウンとの関連はみられなかった。

引用文献

1. 竹生新治郎・渡辺正造・杉本貞三・真部尚武・酒井藤敏・谷口嘉廣 1985. 多重回帰分析による米の食味の判定式の選定. 澱粉化学 32: 51-60.
2. 遠藤 勲・竹生新治郎・鈴木 実・小林享一・中正三 1976. 理化学的測定による米の食味評価. 食総研報 31: 1-11.
3. 林 政衛・橋爪 厚・武市義雄・野溝次郎 1967. 千葉県に於ける早期栽培米の品質に関する研究. 千葉県農試研報 7: 84-105.
4. 堀内久弥・斉藤千保子・宮原千恵子・谷 達雄 1965. 第 1 部 早期・早植栽培米の品種・栽培地による品質変異. 第 1 報 でん粉に関する性状について. 食糧研報 20: 5-11.
5. 稲津 脩 1982. 米の食味の理化学性. 道農試資料 15: 49-64.
6. 石間紀男・平 宏和・平 春江・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質含有率の影響. 食総研報 29: 9-15.
7. 伊藤敏一・川口 漣 1975. 水稻の品質, 食味の向上に関する研究. 第 1 報 水稻の品質, 食味におよぼす作期の影響について. 三重県農業技術センター研究報告 5: 1-10.
8. Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Sci. Today 16: 334-360.
9. 倉沢文夫 1970. コメの味, (2) コメの味と精白米の構成成分. 遺伝 23: 42-47.
10. 松江勇次・吉野 稔・原田皓二 1989. 北部九州における水稻品種のアミログラム特性, N, Mg, K 含量と食味の関係. 日作九支報 56: 43-44.
11. 松崎昭夫・松島省三・富田豊雄 1973. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第 113 報 穂揃期窒素追肥が品質に及ぼす影響. 日作紀 42: 54-56.
12. 農林省食糧研究所 1963. 米の品質と貯蔵, 利用. 食糧技術普及シリーズ 第 7 号, 29-41.
13. 瀬古秀生 1962. 水稻の倒伏に関する研究. 九州農試彙報 7: 419-499.
14. 瀬戸良一・岡部 勇 1963. 北海道産米の品質に関する研究. 第 1 報 北海道産米の理化学的性状について. 道農試集報 11: 59-67.
15. 鈴木 裕・竹生新治郎・谷 達雄 1958. 早晩期栽培米に関する研究. 第 1 報 水稻稈早晩期栽培米とその澱粉の性状について. 農化誌 33: 275-280.
16. 瀧口義資 1934. 水稻の倒伏が収穫に及ぼす影響. 農及園 9: 2393-2395.
17. 谷 達雄・吉川誠次・竹生新治郎・堀内久弥・遠藤勲・柳瀬 肇. 1969. 米の食味評価に関する理化学的要因 I. 栄養と食糧 22: 452-461.
18. 山本健吾・氏家四郎 1958. 水稻倒伏の原因とその対策 [2]. 農及園 33: 901-903.
19. 山下鏡一・藤本堯夫 1974. 肥料と米の品質に関する研究. 2 窒素肥料が米の食味, 炊飯特性, デンプンの理化学的性質等に及ぼす影響. 東北農試報 48: 65-79.