

福岡県農業総合試験場特別報告

第 11 号

湛水直播用水稲品種の形質評価に関する研究

平成9年4月

福岡県農業総合試験場

(福岡県筑紫野市吉木)

SPECIAL BULLETIN
OF
THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

NO. 11

Evaluations of Characters in Rice Varieties Adapted for
Direct Sowing Culture in Flooded Paddy Fields

by

OGATA Takefumi

THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

Chikushino, Fukuoka 818, Japan

April 1997

湛水直播用水稻品種の形質評価に関する研究

尾 形 武 文

1 9 9 7

*九州大学審査学位論文

序

我が国の米をめぐる情勢は、ガット・ウルグアイ・ラウンド農業合意を受けた国際化の対応として、一層の低コスト生産が要請されているが、国内の状況をみると稲作経営の担い手の減少や高齢化が急速に進んでおり、極めて厳しい状況下にある。今後の打開策としては消費者の良食味米嗜好に伴う高品質化をも同時に満たした大規模稲作経営の成立に大きな期待が寄せられている。この局面を克服する技術的対策として、湛水直播栽培技術の開発・普及が期待されており、直播適性を備えた直播専用品種の育成・選定が大きな課題である。湛水直播栽培用品種の育成・選定に当たっては、耐倒伏性や良食味形質の付与が重要であるが、これらの形質の評価方法や選抜手法は明らかにされていない。

本研究は、以上の背景をもとに、湛水直播用水稲品種が具備すべき耐倒伏性と食味の2つの主要な形質の評価方法と選抜手法を明らかにしたものであり、貴重な成果を得ることができたのでここに特別研究報告として公表することとした。これらの研究成果は21世紀に向かっての稲作農業のキーテクノロジーとされている湛水直播栽培技術の定着・普及に貢献し、大規模稲作経営を可能にすると期待されるものである。

なお、本報告は福岡県農業総合試験場農産研究所において1991年から1996年にかけて、湛水直播栽培に適した水稻優良品種選定試験、国の助成事業である「地域基幹研究」の中で取り組んだ「直播栽培に適する水稻品種の特性と選定」および水稻品種の食味試験に関する一連の試験成績を取りまとめたものである。

本研究の取りまとめにあたって、ご指導、ご助言を頂いた九州大学教授岩田伸夫博士、同教授井之上 準博士ならびに同助教授吉村 淳博士に厚くお礼を申し上げます。また、福岡県農業総合試験場農産研究所作物品種研究室職員の方々の協力により、成果をあげることができたことを付記し、関係各位に深く感謝の意を表する。

平成9年4月

福岡県農業総合試験場長

松 本 明 芳

目 次

緒 言	1
第1章 押し倒し抵抗値による湛水直播栽培における耐倒伏性の評価	4
第1節 湛水直播栽培条件下における耐倒伏性の品種間差とその指標	5
第2節 湛水直播栽培における押し倒し抵抗値と移植栽培における 押し倒し抵抗値との関係	9
第3節 水稻移植栽培における押し倒し抵抗値の効率的な測定方法	12
摘 要	14
第2章 冠根の太さによる耐倒伏性の検定	16
第1節 幼苗期における生育時期別の冠根の太さと耐倒伏性との関係	16
第2節 良食味品種における幼苗期の冠根の太さと耐倒伏性との関係	21
第3節 幼苗期における冠根の太さを測定する場合の効率的育苗法	24
摘 要	25
第3章 湛水直播栽培における米の食味および理化学的特性	26
第1節 湛水直播栽培と移植栽培における米の食味および理化学的特性の比較	26
第2節 苗立ち密度が品質・食味に与える影響	35
第3節 播種様式が品質・食味に与える影響	39
摘 要	42
第4章 主成分分析による良食味品種の耐倒伏性の評価と 湛水直播用良食味品種・系統の選定	43
第1節 主成分分析による良食味品種の耐倒伏性の評価	43
第2節 湛水直播用良食味品種・系統の選定	48
摘 要	51
第5章 湛水直播関連主要形質の遺伝分析	52
第1節 幼苗期の冠根の太さに関与する遺伝子座の推定	52
第2節 米の食味および理化学的特性に関与する遺伝子座の推定	55
摘 要	60
第6章 総合考察	61
第7章 総合摘要	64
引用文献	67
サマリー	72
付 表	75
付 図	80

緒 言

世界の主要な米の生産地は、東南アジアのモンスーン地帯、熱帯アジアのインダス川流域、西アフリカ地域、南米地域、アメリカ合衆国、イタリアのポー河北岸およびオーストラリアなどの世界各地に分布している。これらの地域における稲の栽培様式をみると、昔から稲作が行われているモンスーンアジア地域においては水田での移植栽培が主であった。しかし、畑状態で稲を栽培する場合は他の畑作物と同様に直播されている。欧米諸国の稲作の栽培様式は、アメリカのカリフォルニアを例にすると数百haの経営規模のもとに大型農業機材の普及による整地・水管理技術の向上により、飛行機での直播栽培が行われている。また、イタリアにおいては、アメリカなどに比べると経営規模が小さいもののアメリカに類似した直播栽培が行われている（田中1987）。一方、日本国内においては経営規模が小さい上に、農業従事者の都市流出に伴う移植労力の不足と移植労力の軽減を図るために、特異的に移植機械の開発が行われた。このために、栽培様式はほぼ全国的に集約的な機械移植栽培に移行した。

近年、我が国の米を取り巻く国際的な状況は大きく変化し、ガット・ウルグアイ・ラウンドの農業合意によるミニマム・アクセスの受け入れにより、諸外国からの米の輸入が始まっている（増田1994）。国内では慢性的な米の生産調整があり、我が国における稲作は高品質化と低コスト化が同時に求められる厳しい条件下にある。特に、日本の米生産費は、5ha以上の中核的農家を対象とした場合、カリフォルニアの稲作農家の第2次生産費の約5倍と高くなっている（横山1990）。このように、農業の国際化、稲作労働力の高齢化や担い手の減少を背景として、全国的に大規模稲作経営を可能にするための低コスト化と高品質化を同時に満たす湛水直播栽培技術の開発・定着が緊急な課題となっている（櫛渕1987）。

我が国の水稲直播栽培に関する技術開発は長い歴史を持っている（渡邊ら1995）。第1の時期は麦間直播を中心とする1945年代、第2は1955年代後半から1975年代にかけて、田植え労働力の平準化を目標とした不耕起型直播あるいは折衷型直播の研究が実施されたが、機械移植栽培が普及・定着したことにより、直播研究は下火となった。第3の時期は、1975年代後半から1989年頃までの、湛水土壤中直播法の検証が行われた時期である。現在は第4の時期として位置付けられており、地域の農業形態に適合した大規模な稲作経営を可能にするための直播栽培様式の開発・定着が模索されている。

北部九州においても湛水土壤中直播栽培技術の確立・定着が1980年代初期以来再び期待されている。しかし、湛水直播栽培には出芽苗立ちが不安定であることや耐倒伏性が劣るなどのいまだ残された大きな問題がある。つまり、湛水直播栽培の普及・定着のためには、その残された問題を解決した直播適性を備えた直播専用品種の育成が大きなキーポイントとなっている。このうち出芽苗立ちについては、過酸化カルシウムを利用した酸素供給剤の開発（山田1951、太田・中山1970）や種子近傍の環境条件の影響（萩原ら1987、1990、HAGIWARA and IMURA 1993）など多くの知見が得られている。これらの知見により、湛水直播栽培においては安定した出芽苗立ちが得られるようになった。

一方、湛水直播栽培における倒伏の型は、なびき型倒伏や挫折型倒伏に加えて移植栽培では発生しないころび型倒伏が加わって複雑である（島山1962）。このころび型倒伏には根の太さが関与し、深い位置における根量と耐倒伏性との間に関連のあることが明らかにされている（芳賀ら、1977）。滝田・櫛渕（1983）は根の伸長角度と耐倒伏性との関連を検討し、伸長角度が小さい品種で耐倒伏性が強いと報告している。また、寺島ら（1994）は耐ころび型倒伏性の改善には、土壤密度の高い心土層へ根を多く分布させることが重要であるとしている。このように、湛水直播栽培における耐倒伏性と根の特性との生理生態的な関係が現在までに明らかにされてきた。ころび型倒伏の改善方策

として、三石（1975）や中村（1978）により、株基部の土壌による支持力を高めて倒伏を軽減しようとする湛水土壌中直播栽培が考案されている。しかし、水稻自体の耐倒伏性が不十分なため、安定した耐倒伏性を得るためには耐倒伏性の強い品種の育成が期待されている（鷲尾1989、山本1990、秋田1990）。

湛水直播用水稻品種を育成する場合、耐倒伏性の選抜手法についてはいくつかの報告がある。直播栽培における本田での耐倒伏性に関する選抜手法（上村ら1985、松尾ら1986、寺島ら1992、寺島1996）、耐倒伏性の幼苗検定（滝田・櫛淵1983）、ヒルプロット法（伊藤ら1965）、小区画（YAMAMOTO 1975）や不耕起直播栽培（八木・平林1995）を利用した育種法などである。しかし、直播栽培で重要なころび型倒伏の耐性を評価する場面において、ころび型倒伏が観察されない場合や倒伏が観察されない場合がある。倒伏が観察されない場合でも耐倒伏性の評価が行えるような育成・選抜方法は確立されていなかった。また、従来の報告には、良食味形質を具備した湛水直播栽培用品種の育成・選抜に関する報告は見あたらない。特に、近年では消費者の良食味米への嗜好と米の産地間競争が激化する中では、食味特性の向上は必要不可欠な要件である（松江ら1991、堀末1994）。

本研究では以上の背景と観点から、湛水直播栽培用水稻品種が具備すべき耐倒伏性と食味の2つの主要な特性を明らかにし、それらの選抜方法を確立しようとしたものである。さらに、湛水直播栽培用水稻品種の耐倒伏性に関与する幼苗期の冠根の太さや良食味形質などの有用農業形質に関与する遺伝子座の染色体領域の推定を試みた。

本論文の構成は以下の通りである。第1章では、耐倒伏性の評価方法の確立を目的に、押し倒し抵抗値（上村ら1985、松尾ら1986、寺島ら1992、1994、1995、寺島1996）を用い、移植栽培条件下で湛水直播栽培での耐倒伏性の評価の可能性を検討した。そして、湛水直播栽培用水稻品種を育成する場合、移植栽培条件下での押し倒し抵抗値の測定は、湛水直播栽培での耐倒伏性の選抜手法として有効であることを明らかにした。次に、第2章では、水稻の冠根の太さによる耐倒伏性の優れた品種の育成・選定方法を検討し、幼苗期の冠根の太さによる選抜が可能であることを明らかにした。さらに、第3章では湛水直播栽培における米の食味特性を明らかにする目的で、湛水直播栽培と移植栽培での米の食味および理化学的特性の違いを明らかにした。また、苗立ち密度や播種様式が生育や品質・食味特性に及ぼす影響についても検討した。さらに、栽培特性や米の食味からみた適切な湛水直播栽培法についても考察を加えた。第4章では、湛水直播用良食味品種・系統を育成・選定する場合、主成分分析手法を用いて耐倒伏性からみた理想的な草型を構築しようとした。また、現在栽培されている良食味品種および育成中の良食味系統の中から耐倒伏性が優れ、安定収量が得られる品種・系統の選定を行った。最後に、第5章では、将来のDNAマーカーを利用した育種法についての基礎的情報を得る目的で、湛水直播栽培用水稻品種の耐倒伏性の指標として有効な幼苗期の冠根の太さや米の食味および理化学的特性などの有用農業形質に関するQTL解析を行った。

本研究は著者が1991年から1996年にかけて、水稻奨励品種決定調査、湛水直播栽培に適した水稻優良品種選定試験、湛水直播栽培に適した水稻品種の選定方法に関する試験および水稻品種の食味試験に関する一連の研究として、福岡県農業総合試験場農産研究所作物品種研究室（福岡県筑紫野市大字吉木）で行ったものであり、一部は九州大学農学部附属農場（福岡県粕屋郡粕屋町）で行った。また、本研究の大半は日本作物学会（尾形ら1994a、尾形・松江1996b、1996c、1997a、1997b）、日本育種学会（尾形ら1996a、1996b）、日本作物学会九州支部（尾形ら1992、1994b、1995、尾形・松江1996a）、福岡県農業総合試験場研究報告（尾形・住吉1994）およびThe 2nd Asian Crop Science Conference（OGATA and MATSUE 1996d）に発表した。これらと未発表の成績も含めて体系的にまとめた。

本研究の遂行および本論文のとりまとめから作成にあたって、終始懇篤なる指導と激励を賜った福岡県農業総合試験場農産研究所作物品種研究室長松江勇次博士に衷心から感謝を申し上げる。

本論文の作成にあたって、懇切な指導と校閲を賜った九州大学農学部教授岩田伸夫博士に衷心から感謝し、厚くお礼を申しあげる。

本論文の校閲を賜った九州大学農学部教授井之上 準博士には深甚なる謝意を表明する。

本研究を遂行するにあたり、九州大学農学部育種学教室育成の組換え自殖系統を快く供与していただきQTL解析手法を教えていただくとともに、本論文の校閲を賜った九州大学農学部助教授吉村淳博士に深甚なる謝意を表明する。

本研究を遂行するにあたって、終始温情のある助言と激励を賜った九州大学農学部助教授吉田智彦博士に心から謝意を表明する。

本研究を着手するにあたって、研究の着手から途上において種々有益な助言と激励を賜った福岡県農業総合試験場農産研究所有種部水稻育種研究室長（現、豊前分場普通作物・野菜研究室長）浜地勇次博士、温情のある指導と助言を賜った前農産研究所長平川孝行（現、企画経営部長）氏、栽培部長原田皓二氏、育種部長今林惣一郎氏、元農産研究所長（現、生産環境研究所長）神屋勇雄氏、元農産研究所長須藤新一郎氏、元作物品種研究室長住吉 強氏の各位に衷心より謝意を捧げる。また研究を実施するにあたって労苦を共にし、協力を惜しまれなかった作物品種研究室職員一同に対し心から謝意を表す。さらに、研究の実施にあたっては、福岡県農業総合試験場の先輩、同僚の各位から多大なる援助と激励を頂き、特に食味試験に参加していただき協力を惜しまれなかったことをここに記して厚く感謝する。

第1章 押し倒し抵抗値による湛水直播栽培 における耐倒伏性の評価

水稻の湛水土壤中直播栽培（以下、湛水直播栽培）の定着・普及のためには、直播適性を備えた直播専用品種の育成・選定が不可欠である。湛水直播用品種として具備すべき重要な特性（鷺尾1989, 山本1990, 堀末1994）として、①出芽苗立ちが安定していること、特に、低酸素下の土中出芽性が優れること、②耐倒伏性に優れること、特に、ころび型倒伏の起こらないこと、③安定して収量が高いこと、④良質・良食味品種であることなどがあげられる。その中でも、耐倒伏性は特に具備すべき特性である。湛水直播栽培における倒伏の型は、なびき型倒伏や挫折型倒伏に加えて移植栽培では発生しないころび型倒伏が加わって複雑である（鳥山1962, 尾形ら1994a）。このため、湛水直播専用品種の育成・選定の場面において、簡易な耐倒伏性の評価方法を確立することが必要である。

湛水直播栽培における耐倒伏性の評価方法についての報告は少なく（坂井・伊藤1975, 滝田・櫛淵1983, 寺島ら1992）、湛水直播栽培用品種の育成・選定のための有効な耐倒伏性の評価方法はまだ確立されていない。また、水稻品種の耐倒伏性は地域によって大きく異なり、例えば移植栽培における日本晴は関東、西日本地方では極強～強とされているが、北部九州では中～弱（農林水産省農産園芸局1993）とされており、九州では倒伏しやすい（第1-1図）。このため耐倒伏性については地域による検討が必要である。

第1章では、北部九州における湛水直播栽培での耐倒伏性の品種間差を明らかにするとともに、上村ら（1985）や寺島ら（1992）が湛水直播栽培での耐ころび型倒伏性の評価に有効であるとしている押し倒し抵抗値を用いて、湛水直播栽培における押し倒し抵抗値と移植栽培における押し倒し抵抗値との関係を検討した。また、移植栽培における押し倒し抵抗値を用いて湛水直播栽培の耐倒伏性の評価を試みた。さらに、押し倒し抵抗値の効率的な測定方法を検討した。



第1-1図 現地における湛水直播栽培での倒伏の状態
上：福岡県朝倉郡夜須町、
下：宮崎県えびの市。
品種名：ヒノヒカリ。

第1節 湛水直播栽培条件下における耐倒伏性の品種間差とその指標

最近、全国的に大規模稲作経営を可能にするための省力・低コスト稲作技術の1つとして直播栽培が研究・検討されている（秋田1990，金1991，小池1993，楠淵1993，堀末1994，谷藤1994）。北部九州においても、1980年代初期以来、湛水直播栽培技術の実用化が期待されている。しかし、湛水直播栽培の普及・定着を図るためには、出芽苗立ちが不安定であることや耐倒伏性が劣る（鷺尾1989，山本1990，堀末1994）などのいまだ残された問題がある。なかでも耐倒伏性の評価方法の確立は、直播適性を備えた直播用品種を育成・選定する際の重要な前提条件の1つである。

そこで、北部九州における直播栽培用品種の育成・選定を行うための基礎的知見を得る目的で、北陸地域以南で現在栽培されている主要な粳品種、糯品種および直播適性に優れているとされているアメリカ品種の計54品種を用いて、湛水直播栽培条件下における耐倒伏性について検討した。

材料および方法

試験は1993年、1994年ともに福岡県農業総合試験場農産研究所の砂壤土水田（以下、農産研究所の水田圃場）で行った。

1993年における供試材料は、移植栽培条件下で育成されてきた福岡県の主要な奨励品種13および直播栽培条件下で選抜されてきたアメリカ品種3の計16品種を用いた。播種前処理は、浸種後ハト胸状になった種子に酸素供給剤（カルパー粉剤16）を乾籾の2倍量粉衣した。播種は1993年6月3日に行い、播種深度は地表面より0～0.5cm程度とした。苗立ち本数は m^2 当たり92～113本とした。窒素の施肥量は、10a当たり窒素成分量で、基肥に3.0kgと播種20日目に3.0kg、第1回目穂肥2.5kg、第2回目穂肥1.5kgとした。リン酸の施肥量は、10a当たり成分量で基肥に3.0kgと播種20日目に3.0kgとし、カリの施肥量は窒素の施肥量に同じとした。1区面積は5.25 m^2 で、2反復とした。

1994年における供試材料は、北陸地域以南から九州地域の府県で現在奨励品種として採用されている品種および将来奨励品種として有望視されている粳品種・系統48、糯品種1およびアメリカの品種5の計54品種（付表1）を用いた。播種前処理は、1993年と同様とし、1994年6月1日に本田へ播種した（第1～2図）。播種密度は条間15cm×株間3.3cmとして m^2 当たり133粒を播種し、出芽後は直ちに苗立ち本数を m^2 当たり100本に補正した（第1～3図）。試験規模は1993年と同様とした。窒素の施肥量（基肥＋第1回目穂肥＋第2回目穂肥）は10a当たり成分で、福岡県の熟期区分による極早生種は5.0＋2.0＋1.5kg、早生種は6.0＋2.0＋1.5kg、中生種は7.0＋2.5＋1.5kg、晩生種は7.0＋3.0＋2.0kgとした。リン酸は基肥のみに施用し、その施肥量は10a当たり成分で、極早生種は5.0kg、早生種は6.0kg、中生種および晩生種は7.0kgとした。カリの施肥量は窒素の施肥量に同じとした。

倒伏程度は0（無）、1（微）、2（少）、3（中）、4（多）および5（甚）の6段階として遠視調査した。倒伏関連形質は稈長（渡辺1985a, 1985b）、 N_3 節間における稈の太さおよび挫折重（瀬古1962，芳賀ら1977，八木1983，渡辺1985b）、押し倒し抵抗値（上村ら1985，寺島ら1992）ならびに冠根の太さ（滝田・楠淵1983）を調査した。稈長、稈の太さおよび挫折重は、成熟期前3日～成熟期に採取した稲株について調査した。稈長は1株の中で最長稈の根際から穂首までの長さを1区10株ずつ計測した。稈の太さおよび挫折重は、採取後ただちに葉鞘1枚をつけた新鮮な稈について測定した。葉鞘付きの稈の太さは N_3 節間中央の長径と短径の積で表し、 N_3 節間の挫折重は支点間距離を5cmとして測定した。稈の太さと挫折重は主稈10本について測定した（第1～4図）。また、押し倒し抵抗値は寺島ら（1992）の方法により、稲株の地表面上10cmの高さの部位に倒伏試験器（大起理化社製）をあて、出穂14～21日後に1区15株（寺島1995）について測定した。この時、押し倒した株の穂数を調査して1穂当たりの押し倒し抵抗値として表した。冠根の太さは出穂14～21日後の主稈の冠根の太

いものから10本について、冠根基部より1cmの部位の直径を、拡大鏡を用いて5倍に拡大し、デジタルノギスで計測した。試験区は2反復とした。



第1-2図 湛水直播栽培試験での播種作業



第1-3図 湛水直播栽培における播種直後と苗立ちの状況
左：播種直後（覆土前），
右：播種後27日目の苗立ち。

結果および考察



第1-4図 押し倒し抵抗値の測定方法

- 上：稲株の地表面上から10cmの高さの部位に倒伏試験器を直角にあてる。
- 下：稲株が90度（直立）から45度に傾くまで押し倒すのに要した応力を1穂当りに換算する。押し倒す時は稲株に対し、倒伏試験器は常に直角に保つ。

湛水直播栽培における倒伏程度と倒伏関連形質との関係を見ると、稈長とは正の、稈の太さ、稈の挫折重および冠根の太さとは負の有意な相関関係が認められた（第1-1表）。この結果は、乾田直播栽培における倒伏程度は稈長や挫折重と相関が高いとした宮坂・高屋（1982）や高屋・宮坂（1983）、根の太さと相関が高いとした滝田・櫛淵（1983）の報告を支持するものである。

次に、根の支持力を表すとされている押し倒し抵抗値（寺島ら1992）と倒伏程度との関係を見ると、1993年と1994年の2カ年とも押し倒し抵抗値と倒伏程度には有意な負の相関関係（1993年： $r=-0.71^{**}$ 、1994年： $r=-0.76^{**}$ ）が認められた（第1-5図）。したがって、押し倒し抵抗値が小さい値を示す品種は倒伏程度が大きく、押し倒し抵抗値が大きい値を示す品種は倒伏程度が小さいことを表している。また、押し倒し抵抗値における1993年と1994年の年次間にも有意な正の相関関係（ $r=0.58^{*}$ ）が認められた。

以上のことから、押し倒し抵抗値は年次を越えて、湛水直播栽培における倒伏程度の品種間差を評価できる方法であるといえる。

次に、上述の倒伏関連形質が湛水直播栽培における倒伏程度に關与する度合を明らかにするために、倒伏関連形質を説明変数とした重回帰分析を行った。押し倒し抵抗値の標準偏回帰係数および偏相関係数の値は、他の形質に比べて最も大きかった（第1-2表）。このことは、押し倒し抵抗値が倒伏程度に対して最も大きく寄与することを示しており、北部九州における湛水直播用品種の育成および選定の際の耐倒伏性の評価には、押し倒し抵抗値が有効であることを示している。

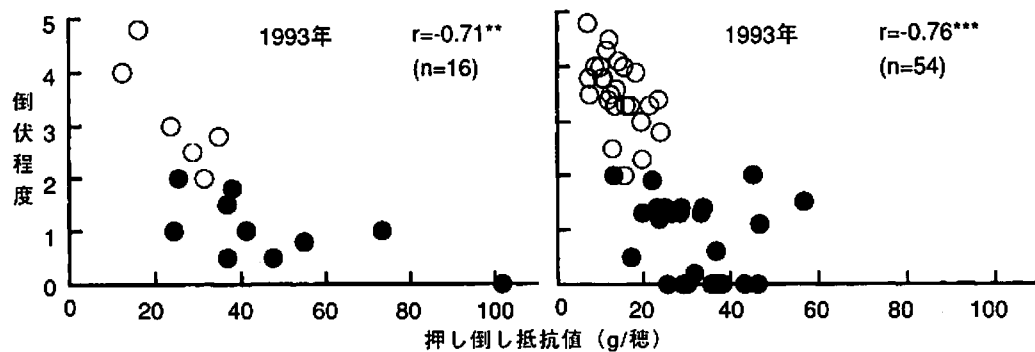
また、寺島ら（1992）が関東地域で測定した押し倒し抵抗値と著者らが北部九州で測定した押し倒し抵抗値とを同じ品種で比較すると、栽培年が違ふものの北部九州の測定値は関東地域の約40～70%であった。このことは同一品種に対する耐倒伏性が北部九州では関東地域に比べて劣ることを示している。つまり、耐倒伏性は北部九州地域における直播栽培用品種として具備すべききわめて重要な特性であると考えられる。

第1-1表 湛水直播栽培における倒伏程度と
各形質との相関係数 (1994年)

稈 長	稈の太さ	稈の挫折重	冠根の太さ
0.44**	-0.42**	-0.53***	-0.49***

1)**、***は各々1%、0.1%水準で有意であることを示す。

2)n=54。



第1-5図 湛水直播栽培における押し倒し抵抗値と倒伏程度との関係

1) ○：ころび型倒伏が観察された品種， ●：ころび型倒伏が観察されなかった品種。

2) 倒伏程度：0（無）、1（微）、2（少）、3（中）、4（多）、5（甚）の6段階で示す。

3) **、***は各々1%、0.1%水準で有意であることを示す。

第1-2表 倒伏程度に対する各倒伏関連形質の
重回帰分析 (1994年)

独立変数	標準偏回帰係数	偏相関係数	重相関係数
押し倒し抵抗値	-0.55***	-0.59***	0.81***
稈長	0.26*	0.35*	
稈の太さ	0.18	0.18	
稈の挫折重	-0.18	-0.21	
冠根の太さ	-0.21	-0.25	

1)*、***は各々5%、0.1%水準で有意であることを示す。

2)n=54。

第2節 湛水直播栽培における押し倒し抵抗値と移植栽培における押し倒し抵抗値との関係

耐倒伏性を有した湛水直播栽培用品種育成の効率化を進めるために、移植栽培条件下での押し倒し抵抗値を用いて、湛水直播栽培条件下における耐倒伏性の評価を行えるか否かを検討した。

材料および方法

試験は1993年と1994年に農産研究所の水田圃場で行った。供試材料は、1993年は前節と同じで福岡県で奨励品種として栽培されている日本品種13とアメリカ品種3の計16品種、1994年は日本品種9とアメリカ品種1の計10品種を用いた。湛水直播栽培と移植栽培の浸種時期は水稻の生育ステージを同じにして生育期間中の気象の影響を同一にするために、両年ともに5月27日に行った。播種は1993年においては両栽培ともに6月3日、1994年においては湛水直播栽培では6月1日、移植栽培では6月2日に行った。移植栽培は両年ともに、稚苗を6月21日に本田へ機械で移植した。湛水直播栽培の播種密度は両年ともに前節と同じで、条間15cm×株間3.3cmとして㎡当たり133粒とし、出芽後は直ちに苗立ち本数を㎡当たり100本に補正した。移植栽培の栽植密度は両年とも条間30cm×株間15cmの㎡当たり22.2株で、1株4～5本植えとした。湛水直播栽培における施肥量は1993年、1994年とも第1節に同じとした。移植栽培における窒素の施肥量（基肥＋第1回穂肥＋第2回穂肥）は10a当たり成分で、極早生種は5.0＋2.0＋1.5kg、早生種は6.0＋2.0＋1.5kg、中生種7.0＋2.5＋1.5kg、晩生種7.0＋3.0＋2.0kgとした。リン酸は基肥のみに施用し、その施肥量は10a当たり成分で、極早生種は5.0kg、早生種は6.0kg、中生種および晩生種は7.0kgとした。カリの施肥量は、窒素の施肥量に同じとした。

また、移植栽培における植え付け深度の違いによる押し倒し抵抗値の変化をみるために、1994年には、植付深度を標準植えの約3cmと浅植えの約1cmとした試験区を設けた。調査規模は湛水直播栽培では1区15株、移植栽培では1区10株の各々2反復とし、1穂当たりの押し倒し抵抗値として示した。

結果および考察

湛水直播栽培の成熟期における倒伏程度は1993年が0～4.8、1994年が0～3.6と2カ年とも広い変異を示し、移植栽培に比べて大きかった（第1～3表）。一方、移植栽培では倒伏程度は小さく、変異の幅も狭かった。移植栽培においてはなびき型倒伏のみであったが、湛水直播栽培ではころび型、挫折型倒伏も認められ、移植栽培に比べて複雑な倒伏形態を示した。品種別にみると、‘コシヒカリ’、‘日本晴’、‘ヒノヒカリ’のように倒伏程度が移植栽培では小さいが、湛水直播栽培では大きくなる品種と、‘キヌヒカリ’、‘ちくし7号’、‘黄金晴’、‘ツクシホマレ’、‘ニシホマレ’、‘レイホウ’、‘ユメヒカリ’、‘トヨタマ’ およびアメリカ品種のように移植、直播栽培とも小さい品種が認められた。1993年と1994年の両年を通じて直播栽培で倒伏程度が2.0以下を示し、耐倒伏性の優れた良食味品種（付表1）は‘キヌヒカリ’と‘ユメヒカリ’であった。直播栽培条件下で育成されてきたアメリカ品種の耐倒伏性は、移植栽培条件下で育成されてきた日本品種よりも優ることを芳賀ら（1977）や寺島ら（1992）が指摘しているが、北部九州では‘ツクシホマレ’や‘ユメヒカリ’はアメリカ品種に近い耐倒伏性を示したが、その他の品種はアメリカ品種よりも耐倒伏性は劣った。

湛水直播栽培条件下の耐倒伏性を移植栽培条件下で評価するための指標としては、間接的な倒伏関連形質による耐倒伏性の評価よりも移植栽培での倒伏程度を直接利用の方が確実と考えられた。

第1-3表 栽培方法が異なる場合の倒伏の程度と種類

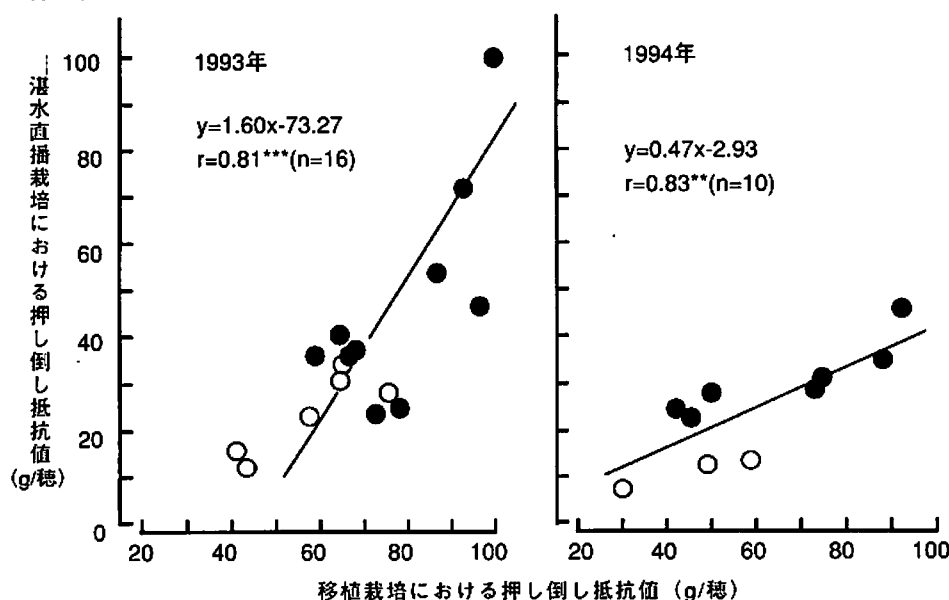
年	品種名	湛水直播栽培		移植栽培	
		倒 伏		倒 伏	
		程度	種類	程度	種類
1993	コシヒカリ	4.8	nkz	1.8	n
	キヌヒカリ	2.0	nk	0.5	n
	ミネアサヒ	2.5	nk	0.5	n
	夢つくし	2.8	nk	0.5	n
	ちくし7号	1.8	n	0	-
	日本晴	3.0	nk	1.0	n
	黄金晴	2.0	n	0	-
	ヒノヒカリ	4.0	nk	0	-
	ツクシホマ	0.5	n	0	-
	ニシホマレ	1.0	n	0	-
	レイホウ	1.5	n	0	-
	ユメヒカリ	0.8	n	0	-
	トヨタマ	0	-	0	-
	M-302	1.0	n	0	-
	M-7	0.5	n	0	-
	L-202	1.0	n	0	-
1994	コシヒカリ	3.5	nk	1.2	n
	キヌヒカリ	1.4	n	0.5	n
	ミネアサヒ	1.3	n	0.5	n
	夢つくし	1.4	n	0.5	n
	日本晴	3.6	nk	0.2	n
	ヒノヒカリ	2.5	nk	0	-
	ツクシホマ	0	-	0	-
	レイホウ	0.2	n	0	-
	ユメヒカリ	0	-	0	-
	M-302	1.1	n	0	-

- 1)倒伏程度：0(無)～5(甚)。
- 2)倒伏の種類：なびき(n)，ころび(k)，挫折(z)型倒伏の3種類およびその複合型として示した。
- 3)移植栽培の植付深度：苗の根基部が地表面より約3cmの深さ。
- 4)湛水直播栽培の植付深度：種子が地表面より0～0.5cmの深さ。

しかし、移植栽培での倒伏程度の品種間差異は1993年は0～1.8、1994年は0～1.2（第1-3表）と小さく、移植栽培条件下ではなびき型倒伏しか観察されなかったが、湛水直播栽培においては様々な倒伏形態がみられたことから、移植条件下の倒伏程度による選抜では倒伏の形態が見逃される可能性が考えられた。

そこで、移植栽培の押し倒し抵抗値によって湛水直播栽培の耐倒伏性の評価を試みた。まず、両栽培間における押し倒し抵抗値と湛水直播栽培における倒伏程度との関係を検討するために、湛水直播栽培の場合と移植栽培の場合とで押し倒し抵抗値の関係についてみると、両栽培間の押し倒し抵抗値の相関は、1993年は $r=0.81^{***}$ 、1994年は $r=0.83^{**}$ と両年とも有意に高く、年次によって回帰式が異なるものの、両年ともに移植栽培で押し倒し抵抗値が大きい品種は湛水直播栽培においても押し倒し抵抗値は大きかった（第1-6図）。次に、移植栽培における押し倒し抵抗値と湛水直播栽培における倒伏程度との関係をみると、1993年と1994年の両年とも両形質の相関は有意に高く、移植栽培での押し倒し抵抗値が大きい品種は湛水直播栽培における倒伏程度は小さかった（第1-7図）。

以上のことから、移植栽培条件下における押し倒し抵抗値を測定することにより、湛水直播栽培条件下の耐倒伏性を評価することが可能と考えら

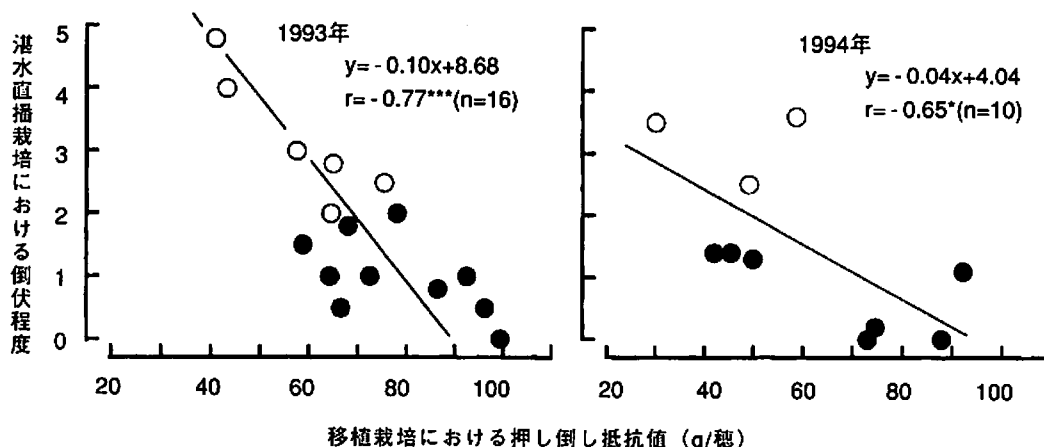


第1-6図 移植栽培と湛水直播栽培における押し倒し抵抗値の関係

- 1)**、***は各々1%，0.1%水準で有意であることを示す。
- 2)その他図中の記号は第1-5図を参照。

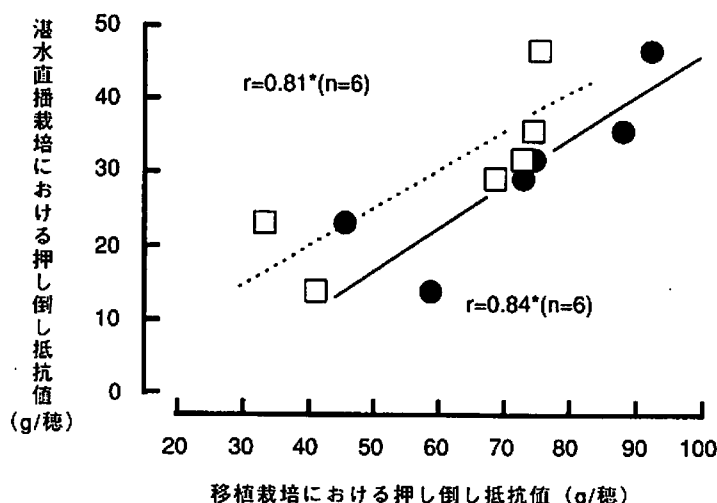
れる。さらに、植付深度が異なる場合の移植栽培における押し倒し抵抗値と湛水直播栽培における押し倒し抵抗値との関係を見ると、押し倒し抵抗値の絶対値は浅植えは標準植えよりも小さいが、いずれの場合も湛水直播栽培における押し倒し抵抗値との相関は高かった（第1－8図）。つまり、移植栽培での植付深度にばらつきがあっても1～3cm程度の範囲内であれば、移植栽培での押し倒し抵抗値の大きい品種を選ぶことにより、湛水直播栽培で倒伏しにくい品種を選ぶことができると考えられる。

湛水直播栽培用品種の育成・選定のために、多数の系統を用いて湛水直播試験区を作成し、倒伏抵抗性品種・系統を選抜することは困難である。したがって、本研究で明らかにしたように移植栽培条件下で押し倒し抵抗値を測定することによって湛水直播栽培条件下での耐倒伏性の検定・選抜が可能となるため、湛水直播用水稲品種の育成および選定の効率化が図られる。ただし、本研究では1株植え付け本数は4～5本であるが、品種育成の段階で系統栽培を行うときは、通常1株1本植えで行われる。このため、植え付け本数の違いが押し倒し抵抗値に及ぼす影響が考えられる。しかし、寺島ら（1992）は、押し倒し抵抗値は湛水直播栽培では播種密度の違いよりも品種間差の方が大きいことを報告している。このことから、1株植え付け本数の影響は小さいと考えられ、1株の植え付け本数が異なる場合にも本研究の評価方法により耐倒伏性の品種間差を評価することが可能であろう。



第1－7図 移植栽培での押し倒し抵抗値と湛水直播栽培での倒伏程度との関係

- 1) 図中の記号は第1－5図を参照。
- 2) *, ***は各々5%, 0.1%水準で有意であることを示す。



第1－8図 移植栽培における押し倒し抵抗値と湛水直播栽培における押し倒し抵抗値との関係

- 1) *は5%水準で有意であることを示す。
- 2) ...□...：浅植え $y = 0.48x + 0.86$, —●—：標準植え $y = 0.53x - 8.30$ 。

第3節 水稲移植栽培における押し倒し抵抗値の効率的な測定方法

前節において、耐倒伏性を付与した湛水直播栽培用品種の育成や選定を行う場合、移植栽培条件下で1穂当たりの押し倒し抵抗値を測定することによって、湛水直播栽培条件下での耐倒伏性を評価することができることを明らかにした。しかし、押し倒し抵抗値の測定位置や適正調査株数などについて十分な統計的検討を行った報告はなく、統一的な測定方法は確立されていない。そこで、直播用水稲品種の育成および選定を行う場合の押し倒し抵抗値の効率的な測定方法を確立するために、押し倒し抵抗値の適切な測定位置および適正標本数について検討した。

材料および方法

試験は1995年に農産研究所の水田圃場で、水稲品種‘ほほえみ’と‘ちくし18号’を供試して行った。市販の粒状培土を充填したみのる式育苗ポット（プラスチック製、1箱の大きさ：縦×横×高さ＝62.0×31.5×2.5cm、1箱当たり448穴、穴の直径1.5cm×深さ2.5cm）に1穴に1粒ずつ播種し、‘ほほえみ’は6月19日に、‘ちくし18号’は6月17日に1株1本植えとし、機械移植した。栽植密度は18.6株/m²、移植深度は2～3cm、移植面積は1区500m²、反復なしとした。施肥量（基肥＋第1回穂肥＋第2回穂肥）は10a当たり窒素成分で、‘ほほえみ’は5.0＋2.0＋1.5kg、‘ちくし18号’は6.0＋2.0＋1.5kgとした。

押し倒し抵抗値の正規性の検定（スネデカー・コ克蘭1967）や適正標本数の推定（楠田1994、津村・築林1986）を行うために、出穂後15日の押し倒し抵抗値を調査した。その測定は寺島（1995）の方法に準じ、稲株の地表面上10cmの高さの部位に倒伏試験器（大起理化社製）を直角に当てて行った。押し倒し抵抗値は、稲株が90度（直立）から45度に傾くまで押し倒すのに要した応力を1穂当たりで表した（第1～4図）。正規性の検定や適正標本数の推定を目的とする調査では100株以上の標本数が必要である（津村1956）ことから、調査株数は120株とした。

また、押し倒し抵抗値の適切な測定位置を明らかにするために、出穂後15日に稲株の地表面上10cm、20cmおよび30cmの3部位の押し倒し抵抗値を測定し、平均値と変動係数を算出した。調査株数は各測定位置とも50株とした。

結果および考察

1. 移植栽培における押し倒し抵抗値の正規性

1株1本植えの移植栽培における出穂後15日の押し倒し抵抗値のヒストグラムを第1～9図に示した。押し倒し抵抗値の正規性を検定すると、 $\chi^2=13.97$ （自由度は7）となり、5%水準で正規分布とみなすことができた。また、歪度検定（ $g_1=0.34$ ）においても正規分布とみなすことができたが、尖度検定（ $g_2=0.42$ ）ではやや尖った分布を示した。一方、分布の位置と形を同時に検定できるコルモゴロフスミルノフ検定（SOKAL and ROHLF 1995）では、5%水準で正規性が証明された。これらのことから、1株1本植えの移植栽培における出穂後15日の押し倒し抵抗値は正規分布を示し、統計的解析が可能であることが判明した。

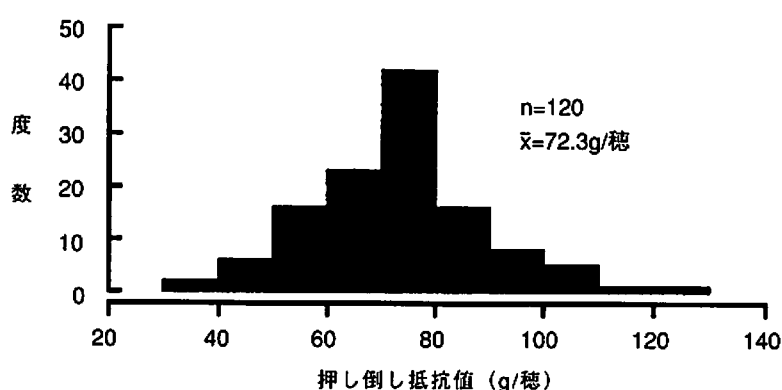
2. 押し倒し抵抗値の適正な測定位置

稲株の調査位置が異なる場合の押し倒し抵抗値の平均値と変動係数を第1～4表に示した。測定位

置が低いほど押し倒し抵抗値の平均値は高く、変動係数が小さくなり、地表面上10cmの高さでの測定が最も安定した値を示した。

測定位置については、上村ら（1985）は地表面上20cmの高さで押し倒し抵抗値を測定している。また、寺島（1995）は10～20cmの範囲では測定位置の高さを一定にすればその高低の影響はほとんどないと述べているものの、稈質の影響を極力小さくするために10cmの位置で抵抗値を測定している。

したがって、耐ころび型倒伏性の優れた直播用水稲品種の育成・選定を目的として、稈の太さや挫折強度などのような稈質の異なる（渡辺1985b）品種・系統を多数供試した場合の押し倒し抵抗の測定位置は、押し倒し抵抗値の変動係数が最も小さく、稈質の影響が小さい地表面上10cmの高さが適正と考えられる。



第1－9図 押し倒し抵抗値のヒストグラム

- 1) 供試系統名：ちくし18号。
- 2) 測定位置：地表面上10cmの部位を測定。

第1－4表 測定位置が異なる場合の押し倒し抵抗値

測定位置	平均値	変動係数
cm	g/穂	%
10	79.2	12.2
20	49.3	18.0
30	21.2	27.6

- 1) 供試品種名：ほほえみ。
- 2) 調査株数：各調査位置とも50株。
- 3) 測定位置：地表面上の高さ。

3. 押し倒し抵抗値の適正な標本数の推定

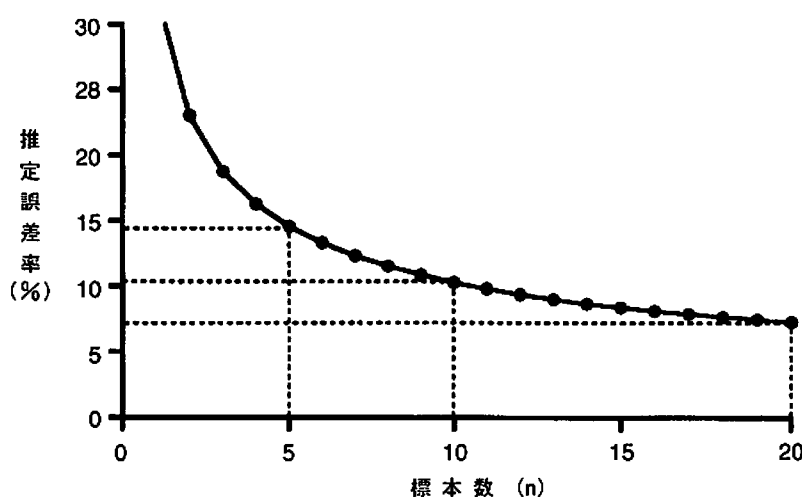
押し倒し抵抗値の測定標本数に対応した5%水準における推定誤差率を津村・築林（1986）の式から求めて、第1－10図に示した。5%水準における推定誤差率は、標本数が5株の場合は14.4%、10株では10.6%、20株では7.3%となり、標本数が多くなるにしたがって推定誤差率は低くなった。

寺島（1995）が行った播種密度30cm×15cm、1株5粒播種の直播栽培における1区15株の測定では、5%水準とした場合、推定誤差率は概ね15%であり、本調査で行った1株1本植えの移植水稻で

の約5株に相当する。その際、5株における押し倒し抵抗値の測定誤差は $\pm 10.8\text{g}/\text{穂}$ （平均値 $72.3\text{g}/\text{穂}$ ）である。この5株という少ない調査標本数は、多数の供試品種・系統の中から直播適性の高い品種・系統を選抜する場合には、測定の効率化に有効と判断される。

以上のことより、耐倒伏性の優れた直播用品種を育成・選定する場合、1株1本植えて多数の品種・系統を供試する場合における押し倒し抵抗値の測定方法が明確となった。その押し倒し抵抗値の測定方法は、出穂後15日頃に、倒伏試験器を用いて、稲株の地表面上10cmの高さの部位に倒伏試験器を直角に当てて行う。その稲株が90度（直立）から45度に傾くまで押し倒すのに要した応力を1穂当たりで表し、調査標本数は5株とする。

本測定方法により耐倒伏性品種の選抜が効率的に進むことが期待される。



第1—10図 押し倒し抵抗値 (g/穂) を測定する場合の5%水準における許容誤差率

1) 供試系統名：ちくし18号。 2) 測定位置：地表面上10cmの部位。

摘 要

北部九州における湛水直播栽培用品種の育成・選定を行うための基礎的知見を得る目的で、北陸地域以南で現在栽培されている主要な粳品種、糯品種および直播適性に優れているとされているアメリカ品種の計54品種を用いて、湛水直播栽培条件下における耐倒伏性の有効な評価方法を検討した。また、直播用水稲品種の育成・選定を行う場合の押し倒し抵抗値の効率的な測定方法を確立するために、押し倒し抵抗値の適切な測定位置および適正標本数について検討した。

- 1) 湛水直播栽培においては倒伏程度と稲体の支持力を表す押し倒し抵抗値とは相関が高く、押し倒し抵抗値を用いて立毛状態で、耐倒伏性の品種間差を評価できる。したがって、北部九州においても湛水直播用品種育成および選定の際の耐倒伏性の評価方法として、押し倒し抵抗値が有効であることが確認された。
- 2) 移植栽培における押し倒し抵抗値と湛水直播栽培における倒伏程度の相関は高かった。このことから、移植栽培条件下で押し倒し抵抗値を測定することにより、湛水直播栽培条件下における倒伏程度を判定することが可能である。
- 3) 1株1本植えの移植栽培における出穂後15日の押し倒し抵抗値は正規分布を示し、統計的解析が可能である。
- 4) 耐倒伏性の優れた湛水直播用品種を育成・選定するための、1株1本植えて多数の品種・系統を供試する場合には、1品種・系統につき5株の押し倒し抵抗値の測定で系統間差を表せること

が明らかとなった。この5株という少ない標本数は、多数の供試品種・系統の中から直播適性の高い品種・系統を選抜する場合には、測定の効率化のために有効と判断される。

以上のことから、移植栽培において耐倒伏性を評価する場合の押し倒し抵抗値の測定は、1株1本植えて移植栽培を行い、出穂後15日頃に稲株の地上10cmの部位に倒伏試験器を当て、90度（直立）から45度まで倒したときの応力を1穂当たりに換算する。押し倒し抵抗値の調査標本数は1品種・系統につき5株とし、その平均値を耐倒伏性の指標とする。このように、移植栽培における押し倒し抵抗値の測定方法の評価基準が設定できた。

第2章 冠根の太さによる耐倒伏性の検定

第1章では、移植栽培条件下で出穂15日前後に押し倒し抵抗値を測定することによって湛水直播栽培条件下での耐倒伏性品種の選抜が可能であることを明らかにした。しかし、育種の効率化の観点からは、より早期に耐倒伏性の検定ができればなお望ましい。

本章では、湛水直播栽培用の良食味水稻品種を育成・選定する際の耐倒伏性の早期検定法を確立するために、幼苗期における冠根の太さと耐倒伏性との関係について検討するとともに、冠根の太さを調査するための効率的な育苗方法についても検討した。

第1節 幼苗期における生育時期別の冠根の太さと耐倒伏性との関係

水稻の湛水直播栽培における耐倒伏性を評価するには、出穂・成熟期頃の圃場観察によって行うのが最も的確である。しかし、圃場で倒伏程度を観察するには倒伏を発生させるような条件を設定した圃場づくりと、一定規模以上の集団の大きさと面積が必要となるため、直播圃場において多数の品種・系統を扱うことは困難である。このような背景のもとに、幼苗期（出芽期～6.3葉期、播種後51日）（星川1974）に耐倒伏性の選抜が可能であれば、耐倒伏性を有した個体だけを圃場に展開して育種年限の短縮および育種効率を高めることが可能となる。

これまでの直播栽培における耐倒伏性の評価方法に関する研究は、すべてが幼苗期以降の生育ステージで行われた（MIYASAKA1970, 芳賀ら1977, 宮坂・高屋1982, 滝田・櫛淵1983, 渡辺1985a, 1985b, 寺島ら1992, 1995）ものである。それらの中で、滝田・櫛淵（1983）は、播種後75日の根の太さと成熟期の根の太さは高い正の相関を示すことから、播種後75日の苗を用いて耐倒伏性と相関の高い成熟期の根の太い品種・系統を選抜できるということを示唆した。しかし、前述したように効率的な早期選抜を図るためには、さらに若い苗の時期に本田での耐倒伏性を評価することが望ましい。播種後51日までの幼苗期間における冠根の太さによる耐倒伏性の評価方法の妥当性について検討した報告はないようである。

本節では、暖地で稚苗～中苗を得るまでの一般的な育苗期間である播種後30日頃までの幼苗期における冠根の太さと耐倒伏性との関係を検討した。

材料および方法

試験は1992年～1994年の3年間、農産研究所の水田圃場で行った。供試材料は、第2-1表に示したように福岡県で栽培されている主要な日本品種と直播適性の優れたアメリカ品種を用いて、1992年は11品種、1993年と1994年は13品種とした。播種前処理は第1章に準じた。播種は、1992年は6月8日、1993年は6月3日、1994年は6月1日に行った。播種密度は条間15cm×株間3.3cmの点播として1㎡当たり133粒を播種し、出芽後は直ちに苗立ち本数を㎡当たり100本に補正した。播種深度は地表面より0～0.5cm程度とし、試験規模は1区5.25㎡の2反復とした。窒素、リン酸およびカリの施肥量は熟期群別に、第1章第1節に準じて施用した。

幼苗期における冠根の太さの調査に供試した苗は、1992年～1994年の3カ年とも、播種密度の違いによる冠根の太さの不均一性（滝田・櫛淵1983）をなくすために、市販の粒状培土を充填したみの式育苗ポット（第1章第3節と同じ育苗箱）に浸種後ハト胸状に催芽した種子を1穴1粒ずつ播種し、育苗した。幼苗期における冠根の太さの調査は、1992年は6月25日に播種し、播種後10日と18日の2回、1993年と1994年は6月27日に播種し、播種後12日、20日、30日の3回にわたって行った。調査方法は、1株当たり太い冠根から5本の冠根の直径を測定し、その内太い冠根3本を選定し、冠

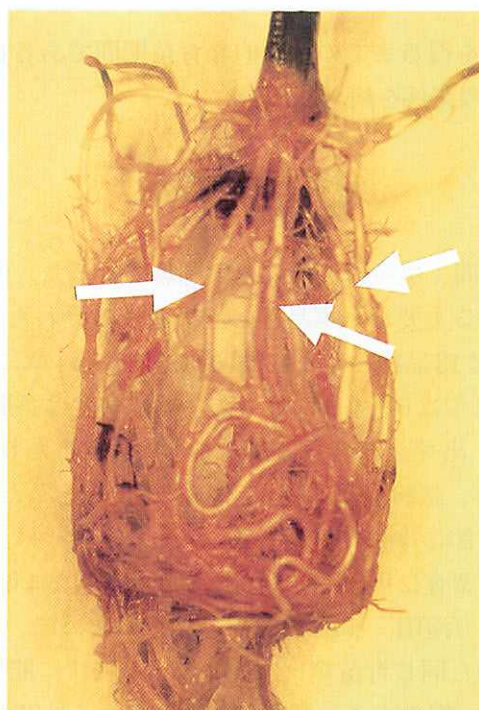
根の太さとした。ただし、播種後12日の苗は鞘葉節の冠根は3～5本しか発根しないため、太い冠根から3本のみを計測した。測定部位は、根基部より1cmの部位（柳田・芝山1985）の直径を計測し（第2-1図）、1品種当たり10株の2反復で行った。計測方法は、拡大鏡を用いて5倍に拡大し、デジタルノギスで計測した。なお、本論文では、苗齢は鞘葉の次に出る葉を不完全葉とし、その次の葉を第1葉とした（片山1951）。

また、登熟期の冠根の太さの調査は、出穂後15日頃に1株当たり主稈の冠根の太いものから観察により10本について、根基部より1cmの部位の太さを計測し、1品種当たり5株の2反復で行った。計測方法は、幼苗期の場合と同様、拡大鏡を用いて5倍に拡大し、デジタルノギスで計測した。

本田での倒伏程度の調査は0（無）～5（甚）の6段階評価による達観で行った。稲体の支持力を表す押し倒し抵抗値（寺島ら1992）は出穂後14～21日目に調査し、調査方法については第1章に準じた。

第2-1表 湛水直播栽培における供試材料

試験年	早晚性	日本品種	アメリカ品種	計
1992年	極早生	コシヒカリ	L-202	11品種
	早 生	日本晴	M-302, M-7	
	中 生	ヒノヒカリ, 葵の風, ツクシホマレ	Lemont	
	晩 生	ユメヒカリ, 西海190号		
1993年 ～ 1994年	極早生	コシヒカリ, キヌヒカリ, ミネアサヒ, 夢つくし	L-202	13品種
	早 生	日本晴	M-302, M-7	
	中 生	ヒノヒカリ, ツクシホマレ	Lemont	
	晩 生	レイホウ, ユメヒカリ		



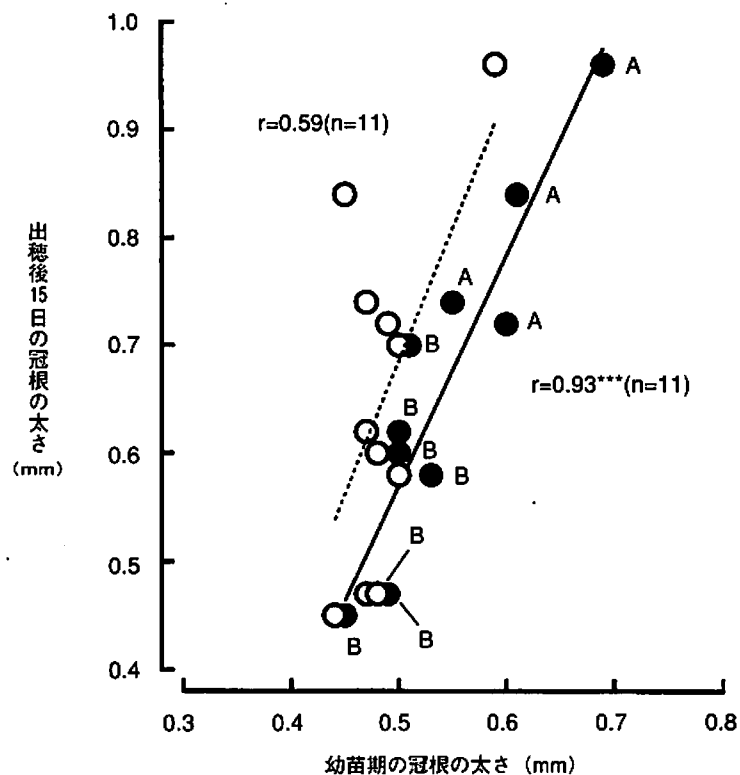
第2-1図 水稻幼苗期の冠根の太さの測定位置
矢印：1株当たり太い冠根から3本について、根基部より1cmの測定部位を表す。

結果および考察

幼苗期の生育時期別の冠根の太さと出穂後15日頃の冠根の太さとの関係を第2-2図に示した。直播適性の優れたアメリカ品種（秋田1990）の冠根の直径は、日本品種の冠根の直径よりも太い傾向を示した。日本品種とアメリカ品種を含めて、幼苗期の冠根の太さと出穂後15日頃の冠根の太さの関係をみると、播種後10日（苗齢1.2～1.6葉）の冠根の太さと出穂後15日頃の冠根の太さの間には有意な相関関係は認められなかった。一方、苗齢が2.0～2.9葉であった播種後18日の冠根の太さは、出穂後15日頃の冠根の太さと高い正の相関（ $r=0.93^{***}$ ）を示した。この播種後18日の冠根の太さと出穂後15日の冠根の太さとの回帰式（ $y=2.13x-0.49$ ）から、播種後18日の冠根の太さが0.60mmの時、出穂後15日頃の冠根の太さは約0.79mmで、播種後18日の冠根の太さは出穂後15日頃の冠根の太さに比べて約24%細いことを示した。

暖地で稚苗を得るまでの一般的な育苗期間である播種後20日を中心として、播種後12日（苗齢1.5～1.9葉）、20日（苗齢2.2～3.0葉）および30日（苗齢4.5～5.2葉）の3時期の間における冠根の太さの相関関係を第2-2表に示した。これら3時期における冠根の太さの間にはそれぞれ有意な正の相関関係が認められた。特に、播種後20日の冠根の太さと播種後30日の冠根の太さとの間には高い相関（ $r=0.98^{***}$ ）が認められ、播種後20日で冠根の太い品種は播種後30日でも冠根は太いことを示した。

以上の結果から、播種後10日頃の冠根の太さは品種間差が不明瞭な時期であると推察され、この時期に発生した冠根は鞘葉節からの3～5本のみであった。一方、播種後18日の冠根の太さは出穂後15日頃の冠根の太さと高い相関関係にあり、播種後20日の冠根の太さは播種後30日の冠根の太さと



第2-2図 幼苗期の冠根の太さと出穂後15日の冠根の太さとの関係（1992年）

- 1) ○：播種後10日の根の太さ $Y=2.32X-0.48$,
●：播種後18日の根の太さ $Y=2.13X-0.49$ 。
- 2) A)：アメリカ品種, B)：日本品種。
- 3) ***は0.1%水準で有意であることを示す。

第2-2表 幼苗の生育時期が異なる場合の冠根の太さの相関係数 (1993年)

		幼苗期の冠根の太さ	
		播種後20日	播種後30日
幼苗期の冠根の太さ	播種後12日	0.68**	0.65*
	播種後20日	—	0.98***

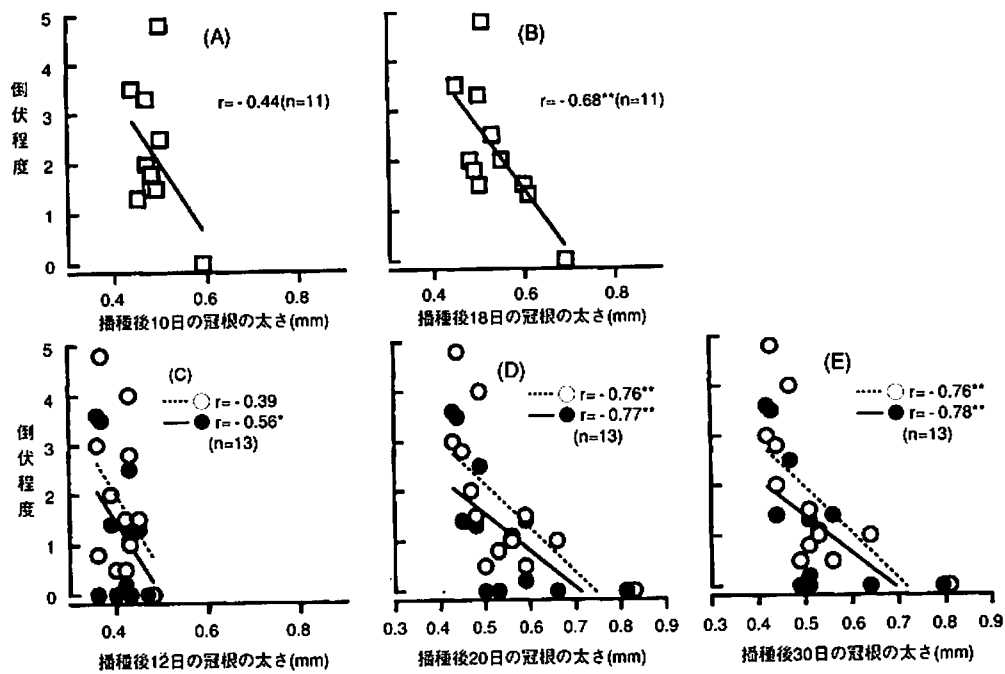
1) *, **, ***は各々5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを示す。
2) n=13。

高い相関関係にあったことから、播種後18～20日以降の時期は出穂後15日頃の冠根の太さの品種間差を判別できる時期であると考えられる。

次に、幼苗期における生育時期別の冠根の太さと湛水直播栽培における倒伏程度との関係を第2-3図に示した。1992年において、播種後10日の冠根の太さと倒伏程度との間には相関関係は認められなかったが、播種後18日の冠根の太さは倒伏程度との間に有意な負の相関 ($r=-0.68^{**}$) を示した。1993年と1994年においては、播種後12日の冠根の太さは、両年とも倒伏程度と有意な相関関係を示さなかったが、播種後20日と播種後30日の冠根の太さは両年とも倒伏程度と負の有意な相関関係を示し、播種後20日と30日の幼苗期で冠根の太い品種は登熟期での倒伏程度が小さいことが明らかとなった。このように、幼苗期の冠根の太さと湛水直播栽培における倒伏程度との関係は、播種後日数の違いによる冠根の太さによって異なるが、播種後18～20日以降の冠根の太さは倒伏程度と負の相関関係を示した。また、3カ年を通じて、播種後18～20日以降において冠根の太さが0.51mmより細い品種の中に、倒伏程度が2.0以上の耐倒伏性の劣る品種がすべて含まれていた。

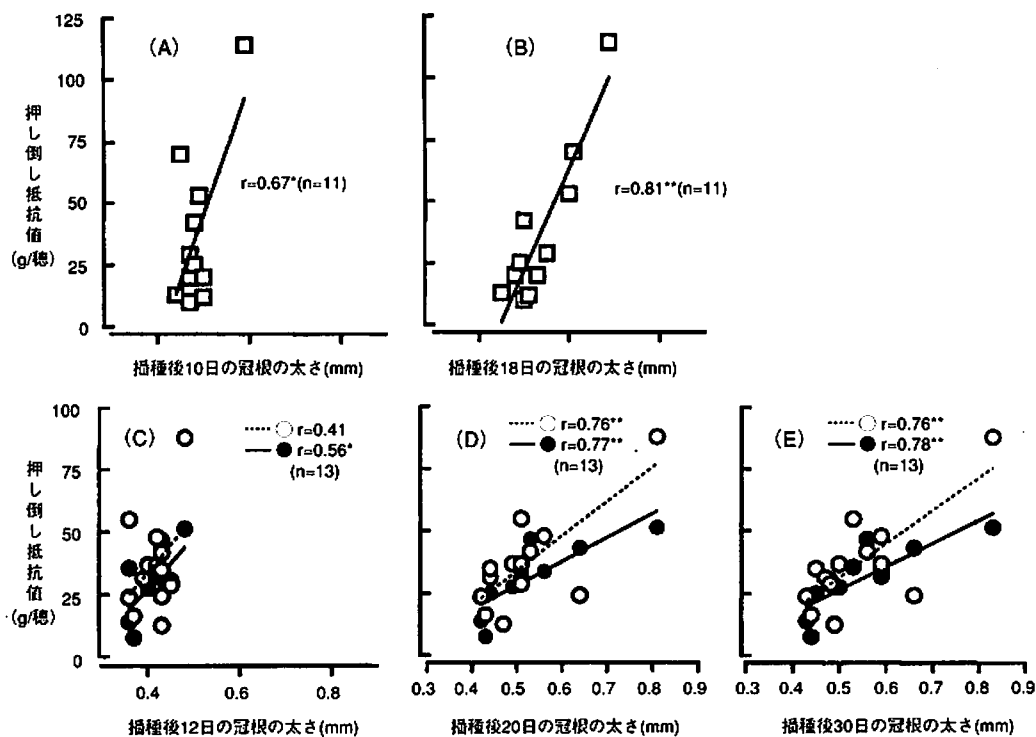
幼苗期における生育時期別の冠根の太さと湛水直播栽培における押し倒し抵抗値との関係を第2-4図に示した。1992年において、播種後10日の冠根の太さと播種後18日の冠根の太さは、湛水直播栽培における押し倒し抵抗値とそれぞれ正の相関関係を示した。1993年と1994年においては、播種後12日の冠根の太さと、押し倒し抵抗値との関係は年次によって異なり、1993年では相関関係は認められなかったが、1994年では有意な正の相関関係が認められた。播種後20日と播種後30日の冠根の太さは、両年とも押し倒し抵抗値と高い正の相関関係を示し、これらの幼苗期で冠根の太い品種は、登熟期の押し倒し抵抗値も大きいことが明らかとなった。このように、幼苗期の冠根の太さと湛水直播栽培における押し倒し抵抗値との関係は、前述の倒伏程度との結果と同様に、播種後日数の違いによる冠根の太さによって異なり、播種後18日～20日以降の冠根の太さは押し倒し抵抗値と高い正の相関関係を示した。

以上の幼苗期における生育時期別の冠根の太さと倒伏程度および押し倒し抵抗値との関係から、播種後18～20日および30日苗における冠根の太さを計測することにより、湛水直播栽培における耐倒伏性の評価が可能であることが判明した。以上の結果は、播種後75日の苗の根の太さによる直播栽培での耐倒伏性の評価の可能性を提唱した滝田・櫛渕 (1983) の報告より、さらに45～57日も早い生育時期で湛水直播栽培での耐倒伏性の評価を示したものである。よって、湛水直播栽培で押し倒し抵抗値が大きく、耐倒伏性に優れる品種の早い生育時期からの選抜の可能性が示唆された。



第2-3図 幼苗期における生育時期別の冠根の太さと湛水直播栽培における倒伏程度との関係

- 1) □ : 1992年, ○ : 1993年, ● : 1994年。
- 2) (A): $Y = -14.4X + 9.2$, (B): $Y = -12.5X + 8.9$, (C): $Y = -15.1X + 7.5$,
(D): ○ $Y = -9.0X + 6.5$, ● $Y = -7.2X + 5.0$, (E): ○ $Y = -8.7X + 6.5$, ● $Y = -7.3X + 5.2$ 。
- 3) 倒伏程度: 0 (無), 1 (微), 2 (少), 3 (中), 4 (多), 5 (甚)。
- 4) *, ** は各々5%, 1%水準で有意であることを示す。



第2-4図 幼苗期における生育時期別の冠根の太さと湛水直播栽培における押し倒し抵抗値との関係

- 1) □ : 1992年, ○ : 1993年, ● : 1994年。
- 2) (A): $Y = 534.7X - 222.5$, (B): $Y = 411.2X - 183.9$, (C): ○ $Y = 221.5X - 54.7$, ● $Y = 205.4X - 54.7$,
(D): ○ $Y = 138.5X - 35.2$, ● $Y = 94.9X - 19.2$, (E): ○ $Y = 133.0X - 35.0$, ● $Y = 92.3X - 19.7$ 。
- 3) *, ** は各々5%, 1%水準で有意であることを示す。

第2節 良食味品種における幼苗期の冠根の太さと耐倒伏性との関係

前節では、供試した品種の範囲内では播種後18日（2.0～2.9葉）以降の幼苗の冠根の太さで湛水直播栽培における耐倒伏性を評価できることを明らかにしたが、この関係が現在の良食味品種においてもみられるかどうかについての検討が必要である。

そこで、本節では北部九州において耐倒伏性の優れた湛水直播用良食味品種の育成・選定のための効率的な早期選抜方法の確立を目的として、良食味品種の幼苗期の冠根の太さによる耐倒伏性の評価方法について検討した。

材料および方法

試験は1994年と1995年に農産研究所の水田圃場で行った。供試品種は兩年とも、北陸地域以南で栽培されている良食味粳品種・系統39（以下、良食味日本品種）と、参考として耐倒伏性の優れる日本の粳品種6と糯品種1（以下、参考の日本品種）、およびアメリカ品種4の計50品種・系統を用いた（付表2）。ここでいう良食味品種とは、水稻・麦類奨励品種特性表（農林水産省農産園芸局1993）において、食味が「上の中」以上、または「良食味」と記されている品種である。なお、育成系統については農産研究所で実施した食味官能試験で、食味総合評価が日本晴より優れたものを良食味系統とした。さらに、良食味日本品種においては、耐倒伏性「強」の品種（実際の生産場面で許容できる範囲の倒伏で、倒伏程度が2.0未満の品種）と耐倒伏性「弱」の品種（倒伏程度が2.0以上の品種）の2つの品種群に分けた。

これらの4品種群50品種・系統を用いて、1994年は本田において湛水直播栽培を前節に準じて行った。調査項目は倒伏程度、押し倒し抵抗値および出穂後15日頃の冠根の太さ（直径）とし、これらの評価方法や測定方法は、前節に準じた。また、これら50品種・系統について、1995年に幼苗期の冠根の太さの調査を行った。供試した苗は、目標室内温度を25℃としたガラス温室において、市販の粒状培土を充填したみのる式育苗ポットを用いて、9月1日～30日までの30日間育苗した。冠根の太さの調査は、1株の中で太い冠根から観察により3本の冠根について1品種当たり5株の2反復で行った。冠根の計測方法は実体顕微鏡を用いて20倍に拡大し、マイクロメーターで計測した。苗齢は第1章と同じく不完全葉の次の葉を第1葉として調査した。

結果および考察

耐倒伏性「強」および「弱」の良食味日本品種群と参考の日本品種群、アメリカ品種群の4品種群について、倒伏程度、押し倒し抵抗値、出穂後15日頃の冠根の太さおよび播種後30日の冠根の太さを第2～3表に示した。

湛水直播栽培での倒伏程度は、耐倒伏性「強」の良食味日本品種群は1.0、耐倒伏性に優れる参考の日本品種群は0.8で、ともにアメリカ品種群の0.6に比べて小さかったが有意な差はなかった。一方、耐倒伏性「弱」の良食味日本品種群の倒伏程度は3.3と他の品種群に比べて有意に大きかった。押し倒し抵抗値は、耐倒伏性「強」の良食味日本品種群では28.8g/穂で、アメリカ品種群の37.4g/穂には及ばなかったが参考の日本品種群の30.7g/穂に近い値を示した。一方、耐倒伏性「弱」の良食味日本品種群では16.4g/穂と最も小さい値を示した。湛水直播栽培における出穂後15日頃の冠根の太さは、耐倒伏性「強」の良食味日本品種群では0.99mmで参考の日本品種群の1.01mmと同程度の太さであったが、耐倒伏性「弱」の良食味日本品種群では0.94mmと最も細かった。また、アメリカ品種群は1.22mmで最も太かった。播種後30日の冠根の太さは、出穂後15日頃の冠根の太さと同

じ関係となり、耐倒伏性「強」の良食味日本品種群では0.66mmで参考の日本品種群と同程度の太さであったが、倒伏「弱」の良食味日本品種群は0.59mmで最も細く、逆にアメリカ品種群は0.76mmで最も太かった。以上のことから、耐倒伏性「強」の良食味品種群はアメリカ品種群には及ばないが、耐倒伏性の優れる参考の日本品種群と同程度の耐倒伏性を示した。

そこで、耐倒伏性「強」と「弱」の良食味日本品種群を含む39品種・系統について、播種後30日の冠根の太さと押し倒し抵抗値との関係を第2-5図に示した。両者間には正の相関 ($r=0.36^*$) が認められ、播種後30日において冠根の太い品種・系統は押し倒し抵抗値も大きいことを示している。耐倒伏性「強」の良食味日本品種群は、おおむね押し倒し抵抗値が20g/穂以上のところに分布した。

次に、播種後30日における冠根の太さと湛水直播栽培での倒伏程度との関係を第2-6図に示した。その結果、両者の間には負の相関関係 ($r=-0.53^{***}$) が認められ、播種後30日において冠根の太い品種・系統は耐倒伏性が優れることが判明した。倒伏程度が2.0未満を示した耐倒伏性の優れた良食味日本品種群の播種後30日（苗齢4.4～5.0葉）の冠根の太さは、すべて0.60mm以上に分布した。供試した全39品種・系統においては、約6割程度の品種・系統の冠根の太さは0.60mm以上であり、その中にはすべて耐倒伏性の優れた良食味品種が含まれていた。つまり、耐倒伏性品種・系統の選抜基準として播種後30日の冠根の太さを0.60mm以上とした場合、理論上は約4割程度の品種・系統を廃棄できることとなり、圃場へ展開する労力が省略でき、育種の効率化が図れることが推察される。

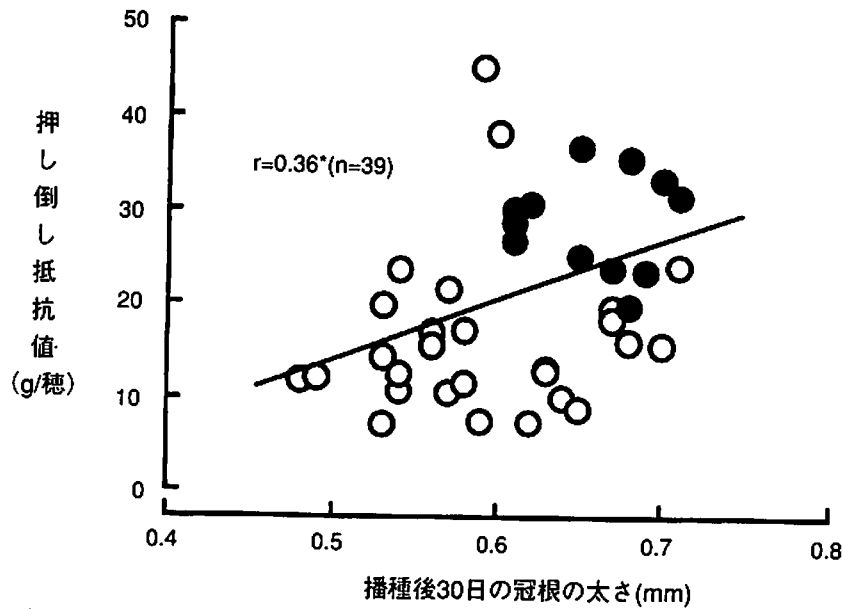
以上のことから、良食味の日本品種においても、播種後30日の幼苗期で冠根が太い品種は湛水直播栽培での押し倒し抵抗値も大きく、耐倒伏性が優れている可能性が高いことが明らかとなった。また、冠根の太さの絶対値が、年次、育苗期間によって異なることから、幼苗期の冠根の太さによる耐倒伏性の検定を行う場合は、苗齢が揃った個体を選んで測定に供試するとともに、耐倒伏性が判明している品種を指標品種として用いることが必要である。

第2-3表 耐倒伏性が異なる品種群別の倒伏程度、押し倒し抵抗値
および冠根の太さ（平均値±標準偏差）

品 種 群	倒伏程度	押し倒し抵抗値	出穂後15日の 冠根の太さ	播種後30日の 冠根の太さ
		g/穂	mm	mm
倒伏強の良食味品種 (n=12)	1.0±0.5b	28.8± 5.2b	0.99±0.07b	0.66±0.04b
倒伏弱の良食味品種 (n=27)	3.3±0.8a	16.4± 8.7c	0.94±0.07c	0.59±0.06c
参考の日本品種 (n=7)	0.8±1.4b	30.7±10.6ab	1.01±0.12b	0.66±0.09b
アメリカ品種 (n=4)	0.6±0.7b	37.4± 9.5a	1.22±0.12a	0.76±0.05a

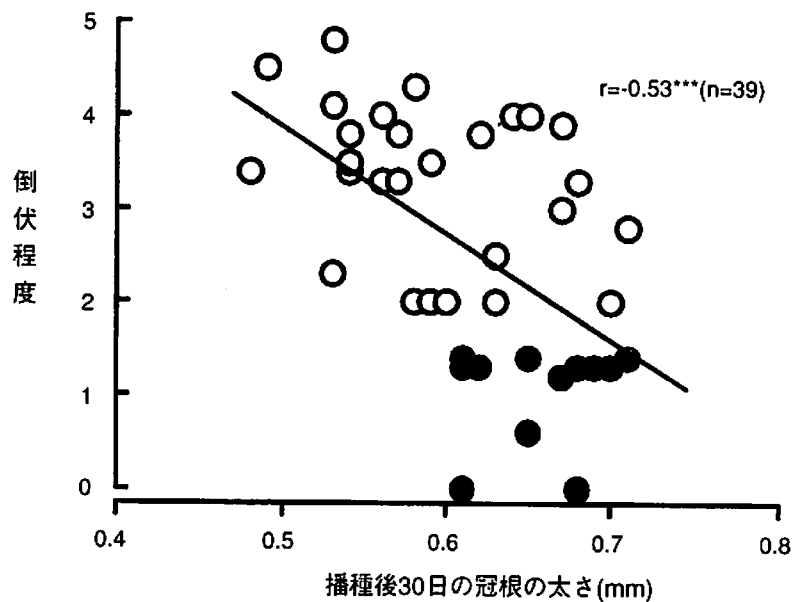
1) 試験年次：播種後30日の冠根の太さは1995年、その他は1994年。

2) Scheffeの多重検定により異文字間では5%水準で有意であることを示す。



第2-5図 良食味日本品種の播種後30日の冠根の太さと湛水直播栽培における倒伏程度との関係 (1994年)

- 1) ●：倒伏程度2.0未満の良食味品種，
○：倒伏程度2.0以上の良食味品種。
- 2) $y=55.5x-13.7$ 。
- 3) *は5%水準で有意であることを示す。



第2-6図 良食味日本品種における播種後30日の冠根の太さと湛水直播栽培における押し倒し抵抗値との関係 (1994年)

- 1) 凡例は第2-5図に同じ。
- 2) $y=-10.9x+9.3$ 。
- 3) ***は0.1%水準で有意であることを示す。
- 4) 倒伏程度：第2-3図に同じ。

第3節 幼苗期における冠根の太さを測定する場合の効率的育苗法

本節では、幼苗期の冠根の太さの調査を一定水準以上の信頼性を確保して、簡易で効率的に行うための育苗方法を検討した。

材料および方法

試験は1995年に農産研究所で行った。供試品種としては、‘キヌヒカリ’、‘日本晴’、‘ユメヒカリ’を用いた。種子は比重1.13の塩水で選別した後、25℃の定温器内で4日間浸種しハト胸状に催芽させた。育苗はポット育苗とマット育苗の2種類の方法で行った。ポット育苗は、みのる式育苗ポットを用いて第1章第3節と同じ方法で行い、対照区のマット育苗は、稚苗育苗箱（プラスチック製、縦×横×高さ＝61.0×30.5×4.0cm）に1箱当たりハト胸状に催芽した種子125g（乾籾100g）を播種して行った。この2種類の育苗方法での播種は、市販の粒状培土を床土として使用し、1995年11月1日に行った。播種後は温度を25℃に設定したガラス室において育苗した。苗齢は不完全葉の次の葉を第1葉として調査した。播種後30日の冠根の太さ（直径）の計測は、前節の方法に準じ、1株の中で太い冠根から観察により3本の冠根について、1品種当たり5株の2反復で行った。冠根の太さの計測方法は実体顕微鏡を用いて20倍に拡大し、マイクロメーターで計測した。調査の精度を検証するために、冠根の太さの変動係数を算出した。

結果および考察

育苗期間が同じで、育苗方法が異なる苗の冠根の太さとその変動係数を第2－4表に示した。ポット育苗の苗はマット育苗の苗に比べて各品種とも苗齢は0.4～1.0葉進み、冠根は太く、その変動係数は小さかった。苗齢の進んでいる苗の冠根の太さは品種間差が現れやすい（柳田・芝山1985）ことから、同じ育苗期間でも苗齢の進んだ苗が得られるポット育苗はマット育苗に比べ品種間差が現れやすいことが推察される。また、ポット育苗の苗の冠根の太さの変動係数が小さかったことは、播種密度が一定となることによる個体間の生育に及ぼす密度効果がマット育苗の苗に比べて均一であるためと考えられる。

このように、ポット育苗はマット育苗に比べて個体変異の小さい冠根を持つ苗が得られ、冠根の

第2－4表 育苗方法が異なる場合の苗（播種後30日）の冠根の太さと変動係数

品 種 名		ポット育苗		マット育苗	
		葉 齢	冠根の太さ	葉 齢	冠根の太さ
		L	mm	L	mm
キヌヒカリ	平均値	3.6	1.05	2.8	0.74
	変動係数(%)	(5.0)	(8.77)	(7.5)	(10.54)
日 本 晴	平均値	3.5	0.96	3.1	0.66
	変動係数(%)	(5.6)	(5.73)	(6.6)	(6.02)
ユメヒカリ	平均値	3.9	1.14	2.9	0.76
	変動係数(%)	(4.1)	(5.82)	(5.3)	(8.48)

1) 試験年次：1995年。

2) 供試本数：各品種ともに30個体を調査した。

太さの品種間差が現れやすいことから、幼苗期における冠根の太さの調査に際しては、ポット育苗の方が適することが確認された。

摘 要

耐倒伏性を付与した直播用良食味品種を育成・選定するための効率的な早期選抜方法の確立を目的として、幼苗期の冠根の太さと耐倒伏性との関係および幼苗期における冠根の太さによる耐倒伏性の評価方法を検討した。

- 1) 播種後18日（苗齢2.0～2.9葉）の幼苗期の冠根の太さは、出穂後15日頃の冠根の太さと高い正の相関関係を示した。
- 2) 播種後18日（苗齢2.0～2.9葉）、20日（苗齢2.2～3.0葉）および30日（苗齢4.5～5.2葉）の冠根の太さは、それぞれ湛水直播栽培における倒伏程度と負の相関関係を示し、押し倒し抵抗値とは正の相関関係を示した。一方、播種後10日および12日で、苗齢が2.0葉未満の苗の根は鞘葉節からの冠根であり、鞘葉節からの冠根の太さと倒伏程度および押し倒し抵抗値との間には一定の関係は認められなかった。さらに、良食味品種を多数供試した場合においても、播種後30日の冠根の太さは倒伏程度および押し倒し抵抗値とそれぞれ負と正の有意な相関関係を示した。

これらの結果より、播種後18～30日、苗齢2.0～5.2葉の苗の冠根の太さを計測することにより、湛水直播栽培での耐倒伏性が評価できるとともに、耐倒伏性の優れた良食味品種の選定が可能であることが示唆された。

- 3) 播種密度が均一であるポット育苗はマット育苗に比べて、個体変異の小さい冠根をもつ苗が得られるとともに苗齢の進んだ苗が得られやすいため、冠根の太さの品種間差が現れやすい。このため幼苗期における冠根の太さの調査に際しては、ポット育苗の方が適することが確認された。

第3章 湛水直播栽培における米の食味および理化学的特性

良食味形質は消費者の良食味米嗜好の高まりにより、新食糧法下における産地間競争の激化や米の自由化に対応して、湛水直播用品種としても具備すべき極めて重要な形質の一つと考えられる。

本章においては、湛水直播栽培における米の食味特性について検討した。

第1節 湛水直播栽培と移植栽培における米の食味および理化学的特性の比較

浅井ら(1993)や鍋島・沼田(1994)によれば、移植栽培に比べて直播栽培した米の食味は劣ると報告されているが、湛水直播栽培における食味に関しての報告は極めて少ない。ところが、浅井ら(1993)や鍋島・沼田(1994)の報告はいずれも湛水直播栽培の出穂期が移植栽培に比べて大きく異なった条件下での食味の比較検討である。一般に、登熟期間中の気象条件は、米の食味および食味に関連する理化学的特性に大きく影響を及ぼすことが報告(茶村ら1979, 前重1984, 稲津1985, 松江ら1991)されているが、米の食味や理化学的特性を比較検討するためには、湛水直播栽培と移植栽培との登熟時期を同じにすることが重要である。しかし、出穂期を揃えて湛水直播栽培と移植栽培とを比較して論じた報告はない。

本報告では、北部九州における湛水直播用良食味品種の育成・選定に当たっての基礎的な知見を得る目的で、稲一麦二毛作体系を前提とした場合の6月上旬播種における湛水直播栽培と登熟時期を揃えた移植栽培との米の食味および理化学的特性について比較検討した。

材料および方法

試験は1994年と1995年の2カ年にわたって、農産研究所の水田圃場で行った。供試品種は、1994年は極早生種の‘コシヒカリ’、‘キヌヒカリ’、‘ミネアサヒ’、‘夢つくし’、早生種の‘日本晴’、中生種の‘ヒノヒカリ’、‘ツクシホマレ’、晩生種の‘レイハウ’、‘ユメヒカリ’の計9品種、1995年は、1994年の供試品種に早生種の‘ほほえみ’と‘ちくし15号’を加えた計11品種を用いた。湛水直播栽培と移植栽培の水稲の出穂期を揃えて登熟期間中の気象の影響を同一にするために、浸種は両年ともに5月27日に行った。湛水直播栽培において使用する種子の播種前処理は、約3日間の浸種後、ハト胸状になった種子に酸素供給剤(カルパー粉剤16)を乾籾の2倍量粉衣した。本田への播種は6月1日に行った。播種密度は、条間15cm×株間3.3cmとして1㎡当たり133粒を播種し、出芽後は直ちに苗立ち本数を㎡当たり100本に補正した。播種深度は地表面より0～0.5cmとした。

移植栽培においては、浸種後ハト胸状になった種子を湛水直播栽培と同じ6月1日に播種した。使用した苗箱は、植え傷みの少ないと考えられたみのる式短冊苗箱(プラスチック製、1箱の大きさ：縦×横×高さ=60.0×27.0×2.6cm、1箱当たり37溝)に市販の粒状培土を充填して、1株4～5本植えるように播種・育苗した。得られた稚苗は6月20～21日に本田へ機械移植し、1株当り3～5本植えとし、栽植密度は22.2株/㎡とした。

窒素の施肥量(基肥+第1回穂肥+第2回穂肥)は、10a当たり成分で、極早生種は5.0+2.0+1.5kg、早生種は6.0+2.0+1.5kg、中生種は7.0+2.5+1.5kg、晩生種は7.0+3.0+2.0kgとした。リン酸は基肥のみに施用し、その施肥量は10a当たり成分で、極早生種は5.0kg、早生種は6.0kg、中生種および晩生種は7.0kgとした。カリの施肥量は、窒素の施肥量に同じとした。この施肥量は湛水直播栽培と移植栽培で同じとし、穂肥の施用時期は両栽培で同じであった。試験規模は湛水直播栽培では1区3.6㎡、移植栽培では1区4.7㎡のそれぞれ2反復とした。登熟期間中の平均気温は試験場内

の観測値を用いて算出し、収量は粒厚1.8mm以上の精玄米重で表した。穂相形質である1次枝梗着生
粒数割合は成熟期に1区10株中、遅れ穂を除いた全穂について調査し、1穂当たりの全粒数に対する
1次枝梗着生粒数の比率で算出した。食味官能試験による食味評価は、1994年と1995年の兩年とも移
植栽培の‘日本晴’を基準にして各品種別に評価し、パネル構成員19～21名で行った（第3－1図）。
精米のタンパク質含有率はケルダール法で求めた乾物当たり窒素含有率にタンパク換算係数5.95を乗
じて求めた。乾物当たりアミロース含有率はオートアナライザーⅡ型（ブランルーベ社製）で、アミ
ログラム特性の最高粘度とブレイクダウンはビスコグラフE型（ブラベンダー社製）（第3－2図）を
用いて測定した。測定値は各々3反復の平均で示した。食味評価のための試料の調製、評価方法は松
江ら（1991）に準じた。



第3－1図 食味官能試験の様子



第3－2図 ブラベンダー社製のビスコグラフE型
アミログラム特性の最高粘度とブレイクダウンを計測する機械。

結 果

1. 年次別気象概況と生育、収量

1994年と1995年の2カ年における移植栽培に比較した湛水直播栽培の生育および収量を第3-1表に示した。1994年は水稻の生育期間を通じて記録的な高温多照条件下で経過したため、出穂期は早まり、史上最高の収量を示し、作柄は「良」であった。湛水直播栽培は移植栽培に比較して、出穂期は全品種の平均で1.7日早く、登熟期間の平均気温は0.4℃高かった。地上部重は3%軽かったが、倒伏程度は大きかった。登熟歩合は高く、千粒重は重かったが、 m^2 当たり粒数が約13%少なかったため、精玄米重は6%低かった。

1995年は7月以降高温条件で経過したため出穂期が早まり、登熟期間中の天候は概ね良好であったため、作柄は平年に比較して「やや良」であった。湛水直播栽培は移植栽培に比較して、出穂期および登熟期間中の平均気温はおおむね同程度であった。生育量および収量形質は1994年と同様な傾向を示し、登熟歩合は高く、千粒重は重かったが、 m^2 当たり粒数が10%少なかったため、精玄米重は5%低かった。

2. 湛水直播栽培における穂相

湛水直播栽培と移植栽培の穂相の相違を第3-2表に示した。湛水直播栽培は移植栽培に比較して、穂長は短く、1次および2次枝梗数はともに少なく、1穂粒数も少なかったが、粒重が重い強勢穎花が多く含まれている1次枝梗着生粒（三浦1932）の数の割合は高かった。1次、2次枝梗別の千粒重については、1次枝梗着生粒の千粒重は湛水直播栽培の方が有意に重かったが、2次枝梗着生粒の千粒重は、両栽培法間に差はなかった。

3. 湛水直播栽培における米の食味

湛水直播栽培における食味総合評価と移植栽培における食味総合評価との相関を第3-3図に示した。湛水直播栽培と移植栽培との食味総合評価の相関は、2カ年とも高く（1994年： $r=0.96^{***}$ ，1995年： $r=0.86^{***}$ ），移植栽培で食味総合評価が優れる品種は湛水直播栽培においても優れていた。次に、湛水直播栽培と移植栽培における食味総合評価の比較を第3-3表に示した。各栽培間の全品種の食味総合評価の平均は、1994年において湛水直播栽培は0.27、移植栽培は0.16であり、1995年において湛水直播栽培では0.50、移植栽培では0.30であった。このように湛水直播栽培の食味総合評価は移植栽培に比べて、平均値の差で1994年では10%水準で0.11優れる傾向にあり、1995年では1%水準で0.20有意に優れていた。

4. 湛水直播栽培における米の理化学的特性

湛水直播栽培と移植栽培における米の理化学的特性値の相関関係を第3-4図に示した。湛水直播栽培と移植栽培における米の理化学的特性値の相関は高く、移植栽培でタンパク質含有率、アミロース含有率、最高粘度やブレイクダウンなどの理化学的特性が大きい値を示した品種は、湛水直播栽培においても大きい値を示した。

湛水直播栽培と移植栽培における米の理化学的特性の比較を第3-4表に示した。湛水直播栽培における米のタンパク質含有率は、1994年は7.2%、1995年は7.8%で、両年ともに千粒重が重かったにもかかわらず移植栽培に比較して0.2%高い傾向にあった。湛水直播栽培における米のアミロース含有率は、1994年は18.7%、1995年は18.8%で、移植栽培に比較して1%水準でそれぞれ0.4%、0.3%有意に低かった。湛水直播栽培におけるアミログラム特性の最高粘度は、1994年は449B.U.、1995年は392B.U.で、移植栽培に比較してそれぞれ、34B.U.、9B.U.有意に高かった。湛水直播栽培におけるブレイクダウンは1994年は188B.U.、1995年は168B.U.で、移植栽培に比較してそれぞれ1%水準で19B.U.、7B.U.有意に大きい値を示した。

第3-1表 移植栽培に比較した湛水直播栽培の生育・収量

生産年	品 種 名	出穂期		平均気温		初数/m ²		地上部重		精玄米重		発熟歩合		千粒重		倒伏程度	
		直播	差	直播	差	直播	比	直播	比	直播	比	直播	比	直播	比	直播	移植
1994	年	月・日	H	℃	℃	×100	%	kg/a	%	kg/a	%	%	%	g	%		
		8.12	-1	25.9	+0.3	294	84	139	93	55.2	92	78.2	108	24.0	105	3.5	1.2
		8.11	-2	26.1	+0.5	252	75	136	98	57.2	99	90.7	118	24.1	107	1.4	0.5
		8.13	-3	25.8	+0.9	333	93	131	91	52.9	97	74.7	102	22.4	110	1.3	0.5
		8.12	-1	25.9	+0.4	302	94	145	100	61.3	104	82.1	107	24.4	106	1.4	0.5
		8.20	-1	23.1	+0.2	259	76	160	101	56.1	92	89.2	118	23.5	102	3.6	0.2
		8.26	-2	22.0	+0.1	287	93	166	98	56.4	87	86.2	99	23.9	98	2.5	0
		8.29	-1	21.6	+0.3	273	91	163	103	61.6	91	86.8	95	24.9	102	0	0
		8.31	-2	20.5	+0.3	307	90	169	95	63.9	91	88.4	104	24.5	102	0.2	0
		9.1	-3	20.6	+0.5	314	88	172	97	64.0	96	90.0	111	23.6	102	0	0
		8.21	-1.7	23.5	+0.4	291	87	153	97	58.7	94	85.1	106	23.9	103	1.5	0.3
		6.40**		5.04**		5.01**		2.35*		3.24*		2.51*		3.36**		3.00*	
1995	年	8.13	-1	26.2	+0.1	231	97	117	99	44.3	95	82.1	95	23.1	99	3.0	1.3
		8.13	0	26.4	0	229	96	118	96	44.8	98	86.7	106	23.9	102	0.5	0
		8.15	-1	25.7	+0.3	241	81	120	91	45.2	99	85.0	119	22.0	103	0	0
		8.14	0	26.1	0	226	94	121	98	48.0	103	89.2	113	23.8	99	1.0	0
		8.21	+1	23.9	-0.1	231	92	127	96	46.4	95	87.1	104	23.9	101	1.9	0.5
		8.16	-2	24.9	+0.2	216	75	127	97	46.8	90	94.2	113	22.4	103	0.3	0
		8.25	+1	23.1	-0.1	225	83	142	103	52.0	96	87.6	105	25.6	102	0	0
		8.26	0	22.0	0	288	98	-	-	50.9	99	79.5	101	23.5	100	2.8	0.5
		8.27	-1	21.9	+0.2	277	95	157	103	58.4	102	87.7	109	24.3	102	0.5	0
		8.30	-1	21.2	+0.1	250	86	144	89	53.6	85	88.5	101	24.1	101	1.3	0.5
		8.30	-2	21.2	+0.3	288	92	144	86	55.9	91	87.2	100	23.3	101	0.9	0
		8.20	-0.5	23.9	+0.1	246	90	132	95	49.7	95	86.8	106	23.6	101	1.1	0.3
		1.75		2.09		4.14**		2.24		2.55*		2.97*		2.34*		3.95**	

1) 平均気温は登熟期間中の平均気温を表す。

2) 表中の直播とは、湛水直播栽培を意味する。

3) 表中の差および比は、移植栽培に対する湛水直播栽培の差および比で表した。

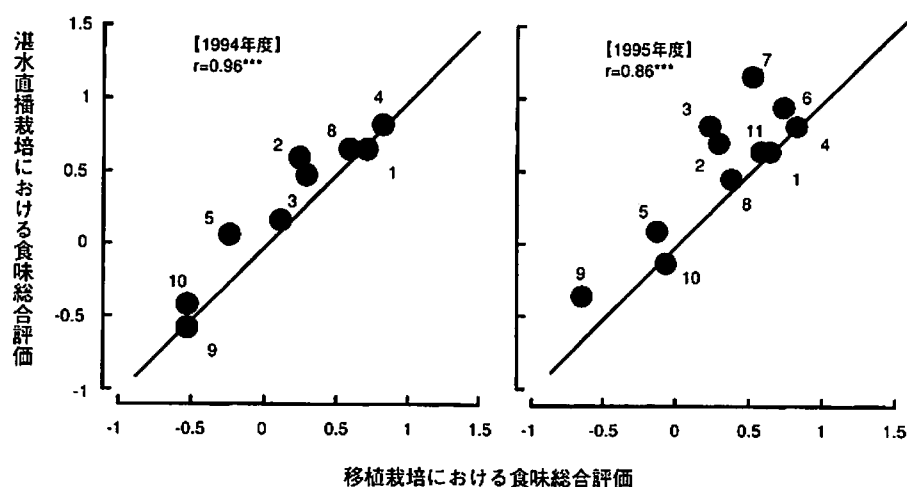
4) **, *は各々5%, 1%水準で有意であることを示す (t検定)。

5) 倒伏程度は無(0)〜甚(5)の6段階で示した。

第3-2表 湛水直播栽培および移植栽培における穂相の比較

生産年	品 種 名	穂 長		枝 梗 数		1次枝梗数割合		玄米千粒重	
		直播		1次		直播		1次枝梗粒	
		cm	移植	直播	移植	直播	移植	g	移植
1994	コシヒカリ	19.5	20.0	9.0	10.4	14.6	17.3	71.3	77.7
	キヌヒカリ	18.3	17.9	9.1	12.1	14.6	17.0	67.4	84.4
	ミネアサヒ	20.7	21.2	9.0	10.8	16.0	19.0	89.1	86.3
	夢つくし	18.6	18.2	9.7	11.8	13.0	16.5	72.4	76.8
	日本晴	19.0	20.0	8.3	9.1	14.3	19.5	65.1	83.4
	ヒノヒカリ	18.5	19.0	9.1	8.2	11.5	12.6	73.1	77.3
	ツクシホマレ	18.8	20.7	9.0	9.6	12.5	16.7	64.3	82.5
	レイホウ	19.3	20.8	8.7	9.9	14.8	18.3	73.6	83.2
	ユメヒカリ	19.0	19.4	8.9	9.3	16.6	18.2	81.1	87.8
	平 均 値	19.0	20.2	8.9	10.1	14.2	17.2	73.0	82.2
	t 値	2.20		3.10*		7.17**		3.72**	
								2.83*	
1995	コシヒカリ	18.5	18.9	-	-	-	-	69.8	82.2
	キヌヒカリ	17.1	17.7	-	-	-	-	68.4	80.7
	ミネアサヒ	19.2	19.6	-	-	-	-	67.4	88.1
	夢つくし	17.2	17.8	-	-	-	-	64.6	75.7
	日本晴	18.8	19.4	-	-	-	-	62.6	77.2
	ほほえみ	18.5	19.7	-	-	-	-	66.8	88.4
	ちくし15号	18.8	20.0	-	-	-	-	69.9	77.2
	ヒノヒカリ	18.1	19.3	-	-	-	-	73.1	85.5
	ツクシホマレ	20.7	21.1	-	-	-	-	58.8	70.6
	レイホウ	20.3	20.5	-	-	-	-	77.6	79.0
	ユメヒカリ	18.1	19.8	-	-	-	-	69.5	84.8
	平 均 値	18.7	19.4					68.0	80.9
	t 値	5.41**						7.58**	
								3.63**	
								3.27**	
								24.6	24.3
								21.9	21.7
								1.47	

- 1) 枝梗数および初数は退化したものを含まない現存数で示した。
2) □の部分の数値は、退化1次枝梗初数が多いため、小さい値となった。
3) *, **は各々5%, 1%水準で有意であることを示す (t検定)。



第3-3図 湛水直播栽培における米の食味総合評価と移植栽培における食味総合評価との関係

- 1) 1：コシヒカリ，2：キヌヒカリ，3：ミネアサヒ，4：夢つくし，
5：日本晴，6：ほほえみ，7：ちくし15号，8：ヒノヒカリ，
9：ツクシホマレ，10：レイホウ，11：ユメヒカリ。
- 2) 食味総合評価の基準米は隔年の移植栽培の日本晴とした。
- 3) ***は0.1%水準で有意であることを示す。
- 4) 図中の線 ($y=x$) は、両栽培法間の食味総合評価が等しい線を表す。

第3-3表 湛水直播栽培と移植栽培における食味総合評価の比較

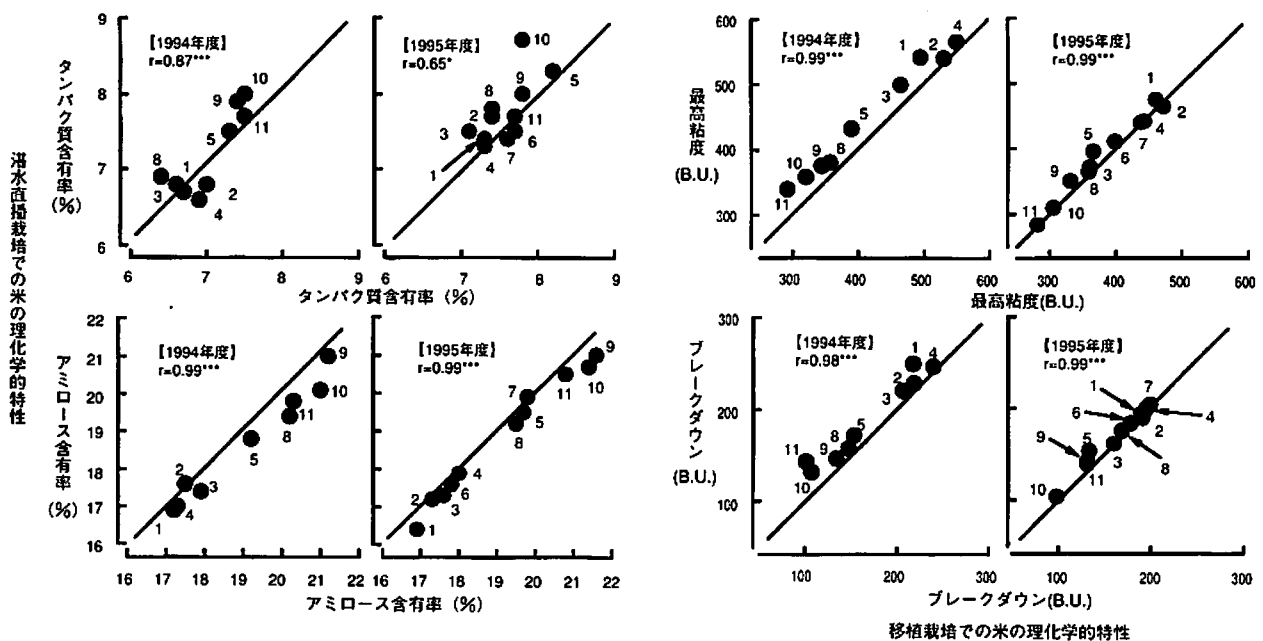
	年 産	栽培法	平 均	t 値
食味総合 評 価	1994	湛水直播	0.27	2.12 †
		移 植	0.16	
	1995	湛水直播	0.50	3.16**
		移 植	0.30	

- 1) †, **は湛水直播栽培と移植栽培の間で各々10%, 1%水準で有意であることを示す。
- 2) 1994年は9品種，1995年は11品種・系統を用いた。

第3-4表 湛水直播栽培と移植栽培における米の理化学的特性の比較

年産	理化学的特性	栽培法	平均	t 値
1994	タンパク質含有率	湛水直播	7.2%	1.95
		移植	7.0	
	アミロース含有率	湛水直播	18.7%	4.18**
		移植	19.1	
	最高粘度	湛水直播	449 B.U.	7.30**
		移植	415	
	ブレイクダウン	湛水直播	188 B.U.	4.88**
		移植	169	
1995	タンパク質含有率	湛水直播	7.8%	1.91
		移植	7.6	
	アミロース含有率	湛水直播	18.8%	4.12**
		移植	19.1	
	最高粘度	湛水直播	392 B.U.	3.01*
		移植	383	
	ブレイクダウン	湛水直播	168 B.U.	3.97**
		移植	161	

- 1) *, **印は各形質の直播と移植の間でその差が各々5%, 1%水準で有意であることを示す。
 2) 1994年は9品種, 1995年は11品種・系統を用いた。



第3-4図 湛水直播栽培と移植栽培における米の理化学的特性の関係

- 1) 図中の番号は第3-3図に同じ。
 2) *, ***は各々5%, 0.1%水準で有意であることを示す。
 3) 図中の線 ($y=x$) は、両栽培法間の食味総合評価が等しい線を表す。

5. 食味と各要因との関係

湛水直播栽培と移植栽培における全供試品種を含めて、食味総合評価と食味総合評価に影響を与える要因である登熟期間中の平均気温および1次枝梗着生粒数割合との関係を第3-5表に示した。単相関係数でみると1994年、1995年の両年とも、食味総合評価は登熟期間中の平均気温および1次枝梗着生粒数割合と正の相関にあった。さらに、要因相互間の影響を取り除いた偏相関係数をみると、1994年、1995年の両年において登熟期間中の平均気温は5%水準で、1次枝梗着生粒数割合はそれぞれ10%水準、5%水準で有意であった。

第3-5表 食味総合評価と各要因との単相関係数および偏相関係数

年 産		登熟期間中の 平均気温	1次枝梗着粒 粒数割合
1994	単相関(n=18)	0.70**	0.60**
	偏相関(n=18)	0.56*	0.40†
1995	単相関(n=22)	0.48*	0.53*
	偏相関(n=22)	0.47*	0.53*

†, *, **は各々10%, 5%, 1%水準で有意であることを示す。

考 察

本研究は、湛水直播栽培における米の食味と理化学的特性について、登熟時期をほぼ同じに揃えた移植栽培と比較して検討を行った。登熟時期が移植栽培と異なる場合の湛水直播栽培の米の食味総合評価は、移植栽培に比べて劣る傾向にあるという報告（浅井ら1993, 鍋島・沼田1994）がある。ところが、本研究のように、登熟時期がほぼ同じ場合には、湛水直播栽培は移植栽培に比較して、食味総合評価は優れ、米のタンパク質含有率は高く、アミロース含有率は低く、アミログラム特性の最高粘度は高く、ブレイクダウンは大きいことが判明した。

湛水直播栽培のタンパク質含有率に関して、浪花ら（1970）は枝梗剪除による粒数の減少は、玄米の千粒重を高めるとともに窒素含有率を高めることを明らかにしている。また、東ら（1974）は、窒素施肥量が一定の場合、生育量が小さい品種は、生育量の大きい品種に比べて相対的に多窒素条件におかれたことになり、玄米タンパク質含有率は二次的に高くなると指摘している。

本試験の結果においても、同一栽培条件下で湛水直播栽培は移植栽培に比較して、 m^2 当たり粒数が少なく全乾物重は小さかったことから、湛水直播栽培で千粒重は重くなったが、タンパク質含有率が高くなったものと考えられる。

アミロース含有率について、稲津（1985）は登熟期間中の平均気温を23℃から13℃まで変化させた実験において、登熟期間中の日平均気温が2.8℃異なるとアミロース含有率が1%変動すると報告している。この報告によると、湛水直播栽培のアミロース含有率は移植栽培に比べて、日平均気温が0.4℃高かった1994年では0.1%、0.1℃高かった1995年では0.03%変動したことになる。しかし、本試験の結果では1994年は0.4%、1995年は0.3%（第3-4表）の変動で、稲津（1985）のいう登熟期間中の日平均気温とアミロース含有率との関係とは異なるようである。また、アミロース含有率は米粒の充実によって低下することが報告されている（TAMAKI *et al.* 1989, 松江1995）。これらのことから、本研究における湛水直播栽培のアミロース含有率の低下は、登熟期間の平均気温より1次枝

梗着生初数割合の増加によって千粒重および登熟歩合の向上など米粒が充実したことによる影響が大きいと考えられる。

アミログラム特性の最高粘度やブレイクダウンは、一般に登熟期の高温によって高い値を示す（茶村ら1979, 松江ら1991）。しかし、これらの報告の高温区は対照区より登熟期間中の温度が5～7℃高い処理条件での結果である。また、千粒重が大きい玄米は千粒重が小さい玄米に比較して、アミログラム特性値は大きいという報告がある（MATSUE *et al.* 1994）。本試験では、登熟期間の温度差は両栽培法間で0.4℃～0.1℃と小さく、湛水直播栽培では千粒重が大きく、1次枝梗着生初数割合が高かった。このため、湛水直播栽培でアミログラム特性値が優れたのはアミロース含有率と同様に、穂相の違いによる米粒の成熟度の差によるものと考えられる。

次に、登熟期間中の平均気温の影響を取り除いて、食味総合評価と1次枝梗着生初数割合との関係を見ると、この両者には偏相関関係が認められ、食味総合評価に対して1次枝梗着生初数割合が影響を与えていることが示唆される。また、MATSUE *et al.* (1994) によれば1次枝梗着生粒の食味総合評価は、2次枝梗着生粒の食味総合評価に比較して優ることが報告されており、1次枝梗着生初数割合が食味総合評価に大きく影響を及ぼしていることが推察される。

本研究では、水稻の登熟時期がほぼ同じで、施肥量が同じ場合の湛水直播栽培と移植栽培との食味を比較した。その結果、湛水直播栽培における収量は移植栽培に比較して全品種の平均で5%低かったが、米の食味総合評価は湛水直播栽培の方が優れた。この要因は、1次枝梗着生初数割合が多くなり、千粒重や登熟歩合が向上したことによって、アミロース含有率の低下とアミログラム特性の最高粘度が高くなり、ブレイクダウンが大きくなったことによるものと考えられる。なお、両栽培法間において収量レベルが同じ場合（1994年産‘キヌヒカリ’、1995年産‘キヌヒカリ’、‘ミネアサヒ’、‘ヒノヒカリ’、‘ツクシホマレ’）でも、米の食味総合評価は湛水直播栽培において優っていた。一方、食味とタンパク質との関係は明らかではなかったが、この原因は、精米中のタンパク質含有率よりも、アミロース含有率の低下とアミログラム特性の向上が食味に影響を及ぼしているものと推察された。

さらに、米の食味と理化学的特性に関しては、湛水直播栽培と移植栽培の間に高い正の相関関係が存在し、移植栽培において米の食味と理化学的特性値が優れている品種は、湛水直播栽培においても優れていることが認められた。このことから、湛水直播栽培用の良食味品種の育成・選定に当たっては、試験区作成に労力や時間を多く必要とする湛水直播栽培を実施することなく、移植栽培条件下で食味官能試験を行い、米の理化学的特性値を測定することにより、湛水直播用の良食味品種の育成・選定が可能であることを示している。

第2節 苗立ち密度が品質・食味に与える影響

湛水直播栽培における適正な苗立ち密度については数多くの報告がある（花見・阿部1984，加賀山ら1984，小山・田中1984，中村ら1984，1985，1986，青木ら1988，浅井ら1988，土居ら1988，上山ら1989，三石ら1990，佐々木・鶴田1990，西垣ら1991，渡部ら1994）が，適正な苗立ち密度は品種，播種期，播種様式，施肥法などの諸要因によって異なる。既往の報告は，いずれも収量性や耐倒伏性からみた結果であり，食味や理化学的特性をも加味した総合的な苗立ち密度を検討した報告はないようである。

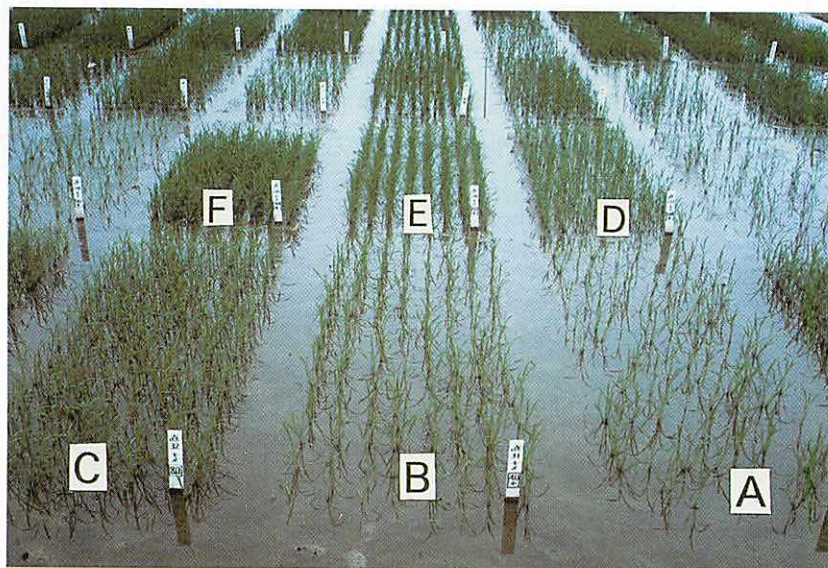
そこで，湛水直播栽培における米の食味からみた最適苗立ち密度を明らかにするために，苗立ち密度が水稻の生育や収量および外観品質や食味に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

試験は1995年に，農産研究所の水田圃場で行った。供試品種は，福岡県の奨励品種である‘キヌヒカリ’を用いた。湛水直播栽培における播種前処理は前節に準じ，ハト胸状になった種子に酸素供給剤（カルパー粉剤16）を乾粃の2倍量粉衣した。本田への播種は6月1日に行った。播種密度は，苗立ち密度の目標を20，40，80，100，150，200本/㎡として，目標苗立ち密度の約30%増の種子を点播した（第3～5図）。出芽後はただちに20～200本/㎡の6段階の苗立ち密度に補正した。播種深度は地表面より0～0.5cmとした。

窒素の施肥量（基肥＋第1回穂肥＋第2回穂肥）は10a当たり成分で，5.0＋2.0＋1.5kgとした。リン酸は基肥のみに施用し，その施肥量は10a当たり成分で5.0kgとした。カリの施肥量は，窒素の施肥量に同じとした。

試験規模は1区3.6㎡のそれぞれ3反復とし，出穂期，1株穂数，稈長および倒伏程度を調査した。倒伏程度は0（無）～5（甚）の6段階として達観調査した。倒伏関連形質は，葉鞘を1枚つけたN3節間における稈の太さおよび挫折重（瀬古1962，芳賀ら1977，渡辺1985b），出穂後14～21日の押し倒



第3～5図 苗立ち密度試験の様子
播種後27日目の苗立ち状態。

A：	苗立ち密度20本/㎡，	D：	苗立ち密度100本/㎡，
B：	〃 40本/㎡，	E：	〃 150本/㎡，
C：	〃 80本/㎡，	F：	〃 200本/㎡。

し抵抗値（上村ら1985，寺島ら1992）ならびに冠根の太さを調査した。調査方法は第1章に準じた。収量は粒厚1.8mm以上の精玄米重で表した。さらに，玄米の外観品質を調査し，食味の基準米を‘コシヒカリ’とした食味官能試験による食味評価（以下，食味官能評価），米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の最高粘度とブレイクダウンは前節の方法に準じて調査した。

結果および考察

1. 苗立ち密度が生育および耐倒伏性に及ぼす影響

苗立ち密度が生育および耐倒伏性に及ぼす影響を第3－6表に示した。福岡県の標準苗立ち密度とされる80本／㎡区に比較して，出穂期および成熟期（略）は20本／㎡区では2日遅くなり，150本／㎡，200本／㎡区では1日早くなり，苗立ち密度が低いほど遅くなった。1株穂数は苗立ち密度が低いほど多く，最も苗立ち密度が低い20本／㎡区では14.9本／株，最も苗立ち密度が高い200本／㎡区では1.4本／株であった。稈長は苗立ち密度の影響を受けず，ほぼ一定であった。稈の太さは，苗立ち密度が低いほど太くなった。挫折重も稈の太さと同様な傾向を示し，苗立ち密度が低い区で大きく，苗立ち密度が高い区で小さかった。冠根の太さにおいても同様な傾向を示し，苗立ち密度が低くなると太くなった。押し倒し抵抗値は，苗立ち密度が200本／㎡区から40本／㎡区までの間では苗立ち密度が低くなれば大きくなり，40本／㎡区で最も大きな値を示した。しかし，苗立ち密度が低い20本／㎡区の押し倒し抵抗値は小さかった。倒伏程度は40本／㎡～150本／㎡区は有意な差は認められなかったが，苗立ち密度が最も低い20本／㎡区と最も高い200本／㎡区で倒伏程度は大きくなった。

このように，苗立ち密度の低い20本／㎡区で倒伏程度が2.0を示したのは1株穂数が極端に多くなり，1穂当たりの押し倒し抵抗値が小さくなったためと考えられる。一方，苗立ち密度が最も高い200本／㎡区で倒伏程度が2.2を示したのは，稈の太さ，挫折重や冠根の太さが小さくなり，押し倒し抵抗値が小さくなったためと考えられる。土居ら（1988）は，福岡県の筑後重粘土地域においては生育や収量から判断して88本／㎡が安定した苗立ちであるとしている。

以上の結果から，生育，倒伏関連形質および耐倒伏性からみた好適な苗立ち密度は，40本～100

第3－6表 苗立ち密度が生育および耐倒伏性に及ぼす影響

苗立ち 密 度	出穂期	1株穂数	稈長	稈の太さ	挫折重	冠根の 太 さ	押し倒し 抵抗値	倒伏程度
本／㎡	月日	本／株	cm	cm ¹	g	mm	g／穂	
20	8.15a	14.9a	77	36.5a	1044a	1.25a	26.2b	2.0ab
40	8.14b	6.8b	77	36.3a	1061a	1.20ab	44.9a	0.2d
80	8.13c	3.4c	78	30.6b	930a	1.10ab	31.2ab	0.4d
100	8.13c	2.7ce	78	29.4b	847ab	1.06b	27.4b	0.6cd
150	8.12d	1.8deg	78	21.5c	631c	0.96c	26.5b	1.2bcd
200	8.12d	1.4fg	75	21.8c	701b	0.97c	20.3b	2.2ab
F 値	66.40**	499.9***	1.71	42.40**	15.79**	13.00**	5.97**	6.71**

1) *, **, ***は各々5%，1%，0.1%水準で有意であることを示す。

2) 異文字間では，Tukeyの多重検定で5%水準で有意であることを示す。

本/㎡の範囲にあるものと考えられる。

2. 苗立ち密度が収量および玄米品質に及ぼす影響

苗立ち密度が収量および玄米品質に及ぼす影響を第3-7表に示した。㎡当たり穂数は苗立ち密度が低くなると少なくなり、逆に苗立ち密度が高くなると多くなる傾向を示した。1穂穂数は㎡当たり穂数と逆の傾向を示し、苗立ち密度が低くなると多くなった。一方、㎡当たり穂数は苗立ち密度の高低による影響が小さく、一定の傾向を示さなかった。登熟歩合は20本/㎡区で76.3%と低かったが、40本/㎡区と200本/㎡区で90.0%および87.0%と高かった。千粒重は苗立ち密度が高くなると重くなった。収量は、80本/㎡区の55.1kg/aが最も高く、前述したように倒伏程度が大きかった20本/㎡区と200本/㎡区で低収となった。玄米の外観品質において、乳白米は20本/㎡や40本/㎡区で多くなり、検査等級は劣った。長戸・江幡(1965)や木戸・梁取(1968)は乳白米発現の原因は1穂内における各穎花の養分吸収の競合の激化によると推定した。20本/㎡区と40本/㎡区において乳白米が多く発生し、検査等級が劣ったのは、1穂穂数が有意に多くなったことによる各穎花の養分吸収における競合の激化のためと考えられる。

以上の結果より、収量からみた好適な苗立ち密度は40本~150本/㎡であり、玄米品質からみた好適な苗立ち密度は80本~150本/㎡であると考えられる。

3. 苗立ち密度が米の食味と理化学的特性に及ぼす影響

苗立ち密度が米の食味および理化学的特性に及ぼす影響を第3-8表に示した。苗立ち密度と米のタンパク質含有率との関係を見ると、苗立ち密度100本/㎡区の7.4%に比べて、苗立ち密度が20本/㎡区(8.0%)で高くなる傾向にあった。これは、東ら(1974)が報告しているように、窒素施肥量が一定の場合、生育量が小さい品種は、生育量の大きい品種に比べて相対的に多窒素条件におかれることになり、玄米タンパク質含有率が二次的に高くなるためであると考えられる。アミロース含有率は100本/㎡区は17.8%で、同区より苗立ち密度が高い150本/㎡区と200本/㎡区でやや高くなる傾向がみられ、苗立ち密度が低い区で低くなる傾向がみられた。最高粘度は、100本/㎡区に比較して20本/㎡区と200本/㎡区がやや低くなり、ブレイクダウンは苗立ち密度の違いによる大きな変化はなかった。

次に、苗立ち密度と食味官能評価との関係を見ると、食味総合評価は基準米に比較して、20本/㎡区が0.47、200本/㎡区が0.47と有意に劣り、150本/㎡区が0.40と劣った。一方、40本/㎡区~100本/㎡区の苗立ち密度では食味総合評価の有意な差は認められなかった。また、20本/㎡区、150本/㎡区や200本/㎡区は基準米と比較して、外観に大きな差はなかったが、味や粘りがやや劣る傾向がみられた。

苗立ち密度が異なる場合の食味官能評価と理化学的特性との関係を見ると、20本/㎡区ではタンパク質含有率が高く、最高粘度が低くなり、食味総合評価は劣った。200本/㎡区ではアミロース含有率がやや高く、最高粘度はやや低くなったため、食味官能評価の粘りは劣り、食味総合評価は劣った。松江ら(1991)は、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し、逆に最高粘度、ブレイクダウンは低下し、そのため食味は劣ると報告している。本結果においては、倒伏程度2.0を示した20本/㎡区が倒伏程度0.4~1.2を示した80本~150本/㎡区よりもアミロース含有率は低い値を示したが、その他の理化学的特性は松江ら(1991)の報告と同様な傾向を示した。

食味からみた好適な苗立ち密度は、40本/㎡~100本/㎡の範囲にあると考えられる。

以上のことから、‘キヌヒカリ’における好適な苗立ち密度は、耐倒伏性からは40本~100本/㎡、収量からは40本~150本/㎡、玄米品質からは80本~150本/㎡、食味からは40本~100本/㎡であった。これらの結果から、耐倒伏性、収量、玄米品質および食味などの形質が安定して優れる好適な苗立ち密度は80本~100本/㎡にあると考えられ、最適な苗立ち密度は80本/㎡辺りにあるよう

ある。

好適な苗立ち密度は地域によって異なることが報告されており、東北・北陸地域では㎡当たり90本～140本（小山・田中1984，中村ら1984，1985，1986），関東・東海地域では5月上旬播では㎡当たり60本～100本，5月中旬の晩播では100本～140本（青木ら1988），近畿地方では5月下旬播では㎡当たり60本，6月上・中旬播では約80本（西垣ら1991）が好適な苗立ち密度とされている。また，近畿地方の5月下旬播では㎡当たり約40本（上山ら1989）が好適な苗立ち密度とした結果もある。このように，全国的にみた好適な苗立ち密度は㎡当たり50本～150本であることがうかがえるが，‘キヌヒカリ’を使用した本研究の結果では，収量とともに食味に視点を置いて考えると北部九州における好適な苗立ち密度は，東北・北陸地域や関東地域よりもやや低いようである。

したがって，湛水直播栽培用の水稻品種を育成・選定する最終段階での生産力検定試験において，品種特有の生育，収量性，外観品質，食味および理化学的特性を良く現す苗立ち密度を約80本／㎡として，生産力検定試験を行えば，効率的な品種選定が期待できる。

第3-7表 苗立ち密度が収量および玄米品質に及ぼす影響

苗立ち 密 度	穂 数	1穂初数	㎡当り 初 数	登熟歩合	千粒重	収 量	乳白米	検査等級
本／㎡	本／㎡	粒	×100粒	%	g	kg/a		
20	338c	88.2a	298	76.3c	22.1c	50.6c	2.7a	5.3a
40	345c	78.7bc	271	90.0ab	22.2bc	52.0c	1.8a	5.0a
80	360bc	76.6bc	276	83.7bc	22.7bc	55.1ab	0.8b	3.6b
100	364bc	74.5cd	271	85.7bc	22.7bc	52.3cb	0.8b	3.6b
150	411ab	67.0de	275	86.0bc	23.0ab	52.5cb	0.4b	3.6b
200	417ab	64.3e	268	87.0ab	23.0ab	50.7c	0.8b	4.3a
F 値	4.99*	27.06**	0.90	4.35*	4.30*	7.36**	46.17**	3.73*

1) 乳白米：達観調査による乳白米の発生程度を表し，0(無)～5(甚)の6段階で示す。

2) 検査等級：1(1等上)～4(2等上)～7(3等上)～9(3等下)の9段階で表す。

3) *は5%水準で有意であること，異文字間はTukeyの多重検定で5%水準で有意であることを示す。

第3-8表 苗立ち密度が米の食味および理化学的特性に及ぼす影響

苗立ち 密 度	食味官能評価				タンパク 質含有率	アミロー ス含有率	最高粘度	ブレーク ダウン
	食味総合評価	外 観	味	粘 り				
本／㎡					%	%	B.U.	B.U.
20	-0.47*	-0.13	-0.27	-0.33	8.0	17.5	439	202
40	-0.13	-0.13	-0.07	-0.07	7.7	17.3	462	209
80	-0.20	-0.13	-0.27	-0.20	7.6	17.6	471	208
100	-0.13	-0.07	-0.07	-0.13	7.4	17.8	465	204
150	-0.40	0.07	-0.33	-0.40	7.4	18.1	466	202
200	-0.47*	-0.27	-0.33	-0.53*	7.6	18.0	458	204

食味の基準米は‘コシヒカリ’で，*は基準米に対して5%水準で有意であることを示す。

第3節 播種様式が品質・食味に与える影響

湛水土壤中直播栽培は、三石（1975）や中村（1978）らによって開発された栽培法である。この直播栽培における播種様式には条播、点播、散播がある。これらの播種様式間にはそれぞれ生育・収量に違いがあることが報告されている（相川・森脇1982, 世古ら1983, 下坪・富樫1996a, 1996b）が、播種様式の違いが米の食味や理化学的特性に及ぼす影響については検討がなされていないようである。良食味米生産を前提とした直播栽培の普及・定着を図るためには、播種様式と食味との関係を明らかにしておくことも大切であると考えられる。

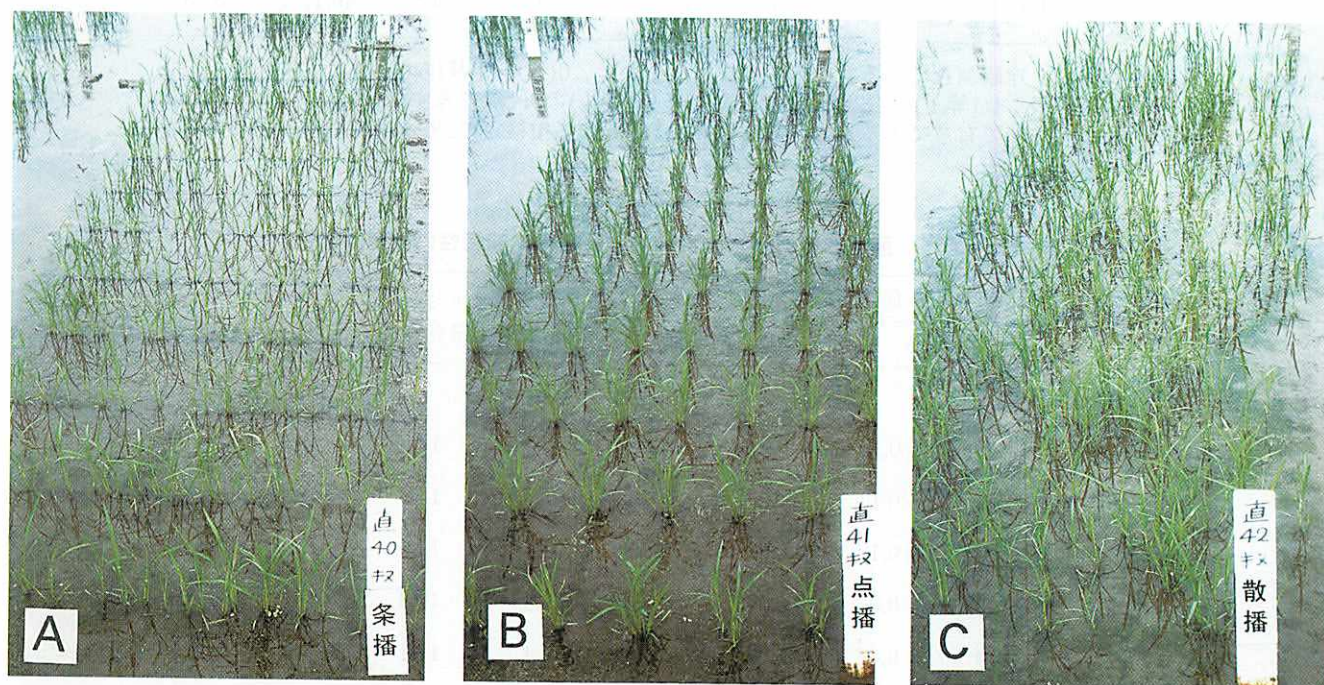
そこで、北部九州における水稻の湛水直播栽培における播種様式が水稻の生育、収量、玄米品質、食味や理化学的特性に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

試験は1995年に、農産研究所の水田圃場で行った。供試品種は、福岡県の奨励品種である極早生種‘キヌヒカリ’と早生種‘黄金晴’を用いた。湛水直播栽培における播種前処理は第3章第1節に準じ、浸種後ハト胸状になった種子に酸素供給剤（カルパー粉剤16）を乾籾の2倍量粉衣した。本田への播種は6月1日に行った。播種様式は、条播、点播および散播の3様式（第3－6図）とした。条播区は条間30cmですじ状に播種し、点播区は条間30cm×株間15cmの1点4～5本立てとし、散播区は手播により播種した。播種密度は、苗立ち目標を100本/㎡と想定し、各処理区ともに目標の約30%増を播種した。出芽後直ちに苗立ち本数の補正を行い両品種100本/㎡とした。播種深度は地表面より0～0.5cmとした。

窒素の施肥量（基肥＋第1回穂肥＋第2回穂肥）は10a当たり成分で、‘キヌヒカリ’は5.0＋2.0＋1.5kg, ‘黄金晴’は6.0＋2.0＋1.5kgとした。リン酸は基肥のみに施用し、施肥量は10a当たり成分で‘キヌヒカリ’は5.0kg, ‘黄金晴’は6.0kgとした。カリの施肥量は、窒素の施肥量に同じとした。

出穂期、稈長、穂長、穂数および収量性を調査した。収量は粒厚1.8mm以上の精玄米重で表した。



第3－6図 播種様式試験の様子

A：条播区，B：点播区，C：散播区。 品種：キヌヒカリ。 播種後日数：27日。

倒伏程度は0（無）～5（甚）の6段階として遠視調査した。倒伏関連形質は第3章第2節と同じで、N3節間の稈の太さおよび挫折重、出穂14～21日後の押し倒し抵抗値ならびに冠根の太さを調査した。調査方法は第1章第1節に準じた。さらに、外観品質、食味の基準米を‘コシヒカリ’とした食味官能試験による食味評価、米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の最高粘度とブレイクダウンを本章第1節に準じて調査した。

結果および考察

1. 播種様式が生育および耐倒伏性に及ぼす影響

湛水直播栽培における播種様式が生育および耐倒伏性に及ぼす影響を第3－9表に示した。散播区は処理区内で苗立ち密度が高い箇所と低い箇所がみられたが、条播区と点播区は均一な苗立ちであった（第3－6図）。播種様式の違いによって出穂期や稈長に差はみられなかった。倒伏関連形質において、稈の太さや挫折重には播種様式の違いによる差はみられなかったが、冠根の太さは黄金晴で差がみられ、条播区や点播区より散播区が細くなった。一方、押し倒し抵抗値は両品種ともに播種様式間で有意な差がみられ、点播区が最も大きな値（‘キヌヒカリ’：38.1g／穂，‘黄金晴’：48.0g／穂）を示し、条播区は中間的な値を示し、散播区が最も小さい値を示した。また、倒伏程度は両品種ともに点播区が小さく、散播区が大きかった。これらのことから、耐倒伏性は点播区が優れていた。

世古ら（1983）は、条播、点播および散播水稻を比較し、散播水稻は耐倒伏性は弱いとしている。また、下坪・富樫（1996b）は点播と条播水稻の耐倒伏性を比較して、点播水稻が優れるとしている。本実験の結果においても、散播区は点播区や条播区よりも押し倒し抵抗値が小さくなって、倒伏程度が大きくなることが明らかとなった。

2. 播種様式が収量性および玄米品質に及ぼす影響

湛水直播栽培において播種様式が収量性および玄米品質に及ぼす影響を第3－10表に示した。穂数は播種様式の違いによる差はみられなかったが、1穂穂数は点播区が多く、散播区が少なかった。㎡当たり穂数は、散播区が点播区、散播区に比べて少ない傾向がみられた。登熟歩合と千粒重は播種様式の違いによる差はみられなかった。収量は、散播区が㎡当たり穂数が少なかったため条播区および点播区に比べて劣った。乳白米の発生は‘キヌヒカリ’に多くみられたものの、播種様式間に差はなく、検査等級にも差はなかった。

3. 播種様式が食味に及ぼす影響

条播、点播および散播などの播種様式が米の食味や理化学的特性に及ぼす影響を第3－11表に示した。食味官能評価において、食味総合評価、外観、味、粘りでは品種間で差がみられるものの、播種様式間に差はみられなかった。米のタンパク質含有率は散播区がやや低い傾向にあるものの、その他の理化学的特性に差はみられなかった。

以上のことから、湛水直播栽培における播種様式の違いによる玄米品質や米の食味や理化学的特性に有意な差は認められなかった。しかし、松江ら（1991）は、倒伏により食味が低下すると報告しており、倒伏程度が大きく、押し倒し抵抗値も小さかった散播様式は他の播種様式に比べて食味の低下が懸念される。

第3-9表 湛水直播栽培における播種様式が生育および耐倒伏性に及ぼす影響

品種名	播種様式	出穂期	稈長	稈の太さ	挫折重	冠根の太さ	押し倒し抵抗値	倒伏程度
		月日	cm	cm ²	g	mm	g/穂	
キヌヒカリ	条 播	8.13	79	29.6	849	1.06	28.0b	1.5b
	点 播	8.13	80	28.5	896	1.07	38.1a	0.7b
	散 播	8.12	80	28.1	841	1.02	19.5c	2.2a
	F 値	1.00	0.10	0.10	0.18	0.66	18.35**	5.81*
黄 金 晴	条 播	8.22	74	21.6	900	0.91a	29.6b	0.2ab
	点 播	8.22	77	25.8	980	0.90a	48.0a	0.0b
	散 播	8.22	73	21.6	870	0.81b	18.7c	0.6a
	F 値	0.50	1.88	1.17	1.31	10.50*	46.61**	5.73*

1) F 値は品種別の結果。

2) *, **は各々5%, 1%で有意であること, 異文字間はTukeyの多重検定で5%水準で有意であることを示す。

第3-10表 湛水直播栽培における播種様式が収量性および玄米品質に及ぼす影響

品種名	播種様式	穂 数	1穂初数	m ² 当り 初 数	登熟 歩合	千粒重	収量	乳白米	検査 等級
		本/m ²	粒	×100粒	%	g	kg/a		
キヌヒカリ	条 播	346	74.9ab	259	84.6	22.5	52.8a	0.8	3.3
	点 播	342	76.7a	263	85.6	22.3	52.0a	0.8	3.3
	散 播	349	69.6b	249	84.1	22.7	49.0b	1.2	4.0
	F 値	0.05	5.33*	0.96	0.07	1.74	4.98*	2.38	0.80
黄 金 晴	条 播	317	77.1a	244a	83.9	22.9	48.1a	0	2.0
	点 播	325	78.1a	254a	80.8	22.9	47.5a	0	3.0
	散 播	323	72.2b	233b	82.1	22.9	45.9b	0	3.0
	F 値	0.24	8.06*	3.94	0.77	0.02	5.96*	—	—

1) 乳白米：遠観調査による乳白米の発生程度を表し, 0(無)～5(甚)の6段階で示す。

2) 検査等級：1(1等上)～4(2等上)～7(3等上)～9(3等下)の9段階で表す。

3) *は5%水準で有意であること, 異文字間はTukeyの多重検定で5%水準で有意であることを示す。

第3-11表 湛水直播栽培における播種様式が米の食味および理化学的特性に及ぼす影響

品種名	播種様式	食味官能評価				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
		食味総合評価	外観	味	粘り				
						%	%	B.U.	B.U.
キヌヒカリ	条 播	-0.10	-0.10	-0.10	-0.30	7.41	17.4	472	204
	点 播	0.05	0.10	0.00	-0.25	7.68	17.5	464	212
	散 播	-0.20	-0.15	-0.15	-0.20	6.96	17.6	478	216
黄 金 晴	条 播	-0.75*	-0.35*	-0.45*	-0.65*	7.17	20.2	368	158
	点 播	-0.70*	-0.35*	-0.45*	-0.80*	7.24	20.3	358	154
	散 播	-0.70*	-0.20	-0.50*	-0.55*	7.06	20.4	365	155

食味の基準米は「コシヒカリ」で、*は基準米に対して5%水準で有意であることを示す。

摘 要

北部九州における水稻の湛水直播栽培用良食味品種の育成・選定上の基礎的知見を得る目的で、湛水直播栽培における米の食味と理化学的特性について登熟時期をほぼ同じに揃えた移植栽培と比較検討した。また、苗立ち密度や播種様式が水稻の生育、収量、玄米の外観品質および米の食味に及ぼす影響を検討した。

- 1) 移植栽培で食味総合評価が優れた品種は湛水直播栽培でも優れ、湛水直播栽培の食味総合評価は移植栽培に比較して優れていた。
- 2) 食味に関連した米のタンパク質含有率やアミロース含有率およびアミログラム特性などの理化学的特性値が移植栽培で高い値を示す品種は湛水直播栽培でも高い値を示した。
- 3) 湛水直播栽培の米の理化学的特性値は、移植栽培に比較してタンパク質含有率はやや高く、アミロース含有率は低く、アミログラム特性の最高粘度は高く、ブレイクダウンは大きかった。
- 4) 湛水直播栽培の収量性は、移植栽培に比較して、 m^2 当たり籾数が減少して低かったが、1次枝梗着生籾数が多くなり、千粒重が重く、登熟歩合が高かった。登熟期間中の平均気温の影響を除いた偏相関係数を求めた結果、食味総合評価と1次枝梗着生籾数割合の間には有意な相関が認められた。
- 5) 湛水直播栽培で食味総合評価が優れたのは、米粒の充実度が向上したことによるアミロース含量の低下と、最高粘度およびブレイクダウンの増大によるためと考えられた。
- 6) 倒伏、収量、玄米の外観品質、精米の食味および理化学的特性から総合的に判断すると、北部九州の湛水直播栽培における6月上旬播種の好適な苗立ち密度は80本～100本/ m^2 で、最適な苗立ち密度は80本/ m^2 であることが明らかとなった。
- 7) 湛水直播栽培における点播、条播や散播の3つの播種様式と生育、収量、玄米の外観品質および米の食味に及ぼす影響を検討した結果、点播と条播様式は散播様式に比較して耐倒伏性や収量性は優れ、食味にとっても安定した播種様式であることが明らかとなった。

第4章 主成分分析による良食味品種の耐倒伏性の評価と 湛水直播用良食味品種・系統の選定

移植栽培における倒伏抵抗性に関する研究には、栽培生理的な見地からは瀬古（1962）、また水稻の倒伏機構については氷高（1968）、多数の品種を用いて品種生態的見地からは松尾（1952）、主成分分析手法を用いた品種群別については渡辺（1985a, 1985b）が報告している。しかし、湛水直播栽培における品種間の形態的特性の比較については、芳賀ら（1977）や寺島ら（1992）が報告している程度で少ない。

前章までにおいて、移植栽培条件下での押し倒し抵抗値を用いた湛水直播用品種・系統の選抜法、幼苗期の冠根の太さによる耐倒伏性の選抜法、あるいは、移植栽培条件下においての良食味形質の選抜法などについての知見が得られ、総合的に判断すれば耐倒伏性の優れた湛水直播用良食味品種の育成・選定が可能であることをほぼ明らかにした。

本章では、現在、北陸地域以南で栽培されている良食味品種・系統を主に供試して、第1章や第2章で明らかにした湛水直播栽培での耐倒伏性に関与する形質について、主成分分析手法を用いた品種の分類を試みた。この分類により、今後の湛水直播用良食味品種の育成・選定の際の耐倒伏性に関与する形質の関連性が明らかになるものと期待される。

さらに、これらの耐倒伏性の指標形質を用いて、現在の良食味品種・系統の中で、湛水直播栽培条件下においてこび型倒伏に強い品種・系統の選定を行った。

第1節 主成分分析による良食味品種の耐倒伏性の評価

北陸地域以南で栽培されている良食味品種を供試し、湛水直播栽培条件下での耐倒伏性に関与する形質について、主成分分析手法による分類を試みた。

材料および方法

試験は1994年と1995年の2カ年にわたって、農産研究所の水田圃場で行った。供試材料は、1994年は北陸地域以南で栽培されている良食味粳品種・系統41（以下、日本の良食味品種）と耐倒伏性の優れた日本の粳品種・系統7と糯品種1（以下、参考の日本品種）および直播条件下で育成されてきたアメリカ品種5の計54品種・系統（付表1）を用いた。ここでいう良食味品種とは、水稻・麦類奨励品種特性表（農林水産省農産園芸局1993）において、食味が「上の中」以上、または概評に「良食味」と記されている品種である。なお、育成系統については、農産研究所で実施した食味官能試験で食味総合評価が「日本晴」より優れたものを良食味系統とした。1995年は、1994年の供試系統54品種・系統の中から倒伏程度が2.0未満を示した日本の良食味品種13と参考の日本の品種6およびアメリカ品種2の計21品種・系統および良食味の耐倒伏性品種として、「ちくし7号」を加えた計22品種・系統（付表3）を用いた。播種前処理は第1章第1節に準じ、ハト胸状になった種子に酸素供給剤（カルパー粉剤16）を乾粳の2倍量粉衣した。播種は1994年、1995年ともに6月1日に行った。播種密度は条間15cm×株間3.3cmとして㎡当たり133粒を播種し、出芽後は直ちに苗立ち本数を㎡当たり100本に補正した（第1－3図）。窒素の施肥量（基肥＋第1回穂肥＋第2回穂肥）は、10a当たり成分で極早生種は5.0＋2.0＋1.5kg、早生種は6.0＋2.0＋1.5kg、中生種は0＋2.5＋1.5kg、晩生種は7.0＋3.0＋2.0kgとした。リン酸は基肥のみに施用し、その施肥量は10a当たり成分で、極早生種は5.0kg、

早生種は6.0kg、中生種および晩生種は7.0kgとした。カリの施肥量は、窒素の施肥量に同じとした。水管理としては、芽干しを播種後11日目に1日間行い、その後は強い中干しは行わず、登熟中期まで湛水状態とした。1区面積は5.25 m²で、2反復とした。

倒伏程度は0（無）～5（甚）の6段階として成熟期頃に達観調査を行った。倒伏に関連する形態的指標形質としては、比較的簡易に測定が可能な稈長、稈の強さを表すN3節間の稈の太さ（氷高1968、松尾1952、瀬古1962、渡辺1985b、八木1983）、N3節間の挫折重（氷高1968、松尾1952、瀬古1962、渡辺1985b）および湛水直播栽培において耐ころび型倒伏に深く関与する冠根の太さ（芳賀ら1977、滝田・櫛淵1983）を選び、第1章第1節や第2章第1節の方法に準じて調査を行った。

結果および考察

1. 倒伏関連形質とそれらの相互関係

1994年に供試した54品種・系統について、品種群別に北部九州の湛水直播栽培における稈長、稈の太さ、挫折重および冠根の太さの4つの倒伏関連形質の平均値を第4-1表に示した。

日本の良食味品種は参考の日本品種に比較して、稈長と稈の太さおよび冠根の太さは有意な差はなかったが、挫折重は有意に小さい値を示した。さらに、耐倒伏性に優れるアメリカ品種と比較すると、稈長と挫折重は有意な差はなかったが、稈の太さと冠根の太さは有意に小さい値を示した。これらのことから、日本の良食味品種の倒伏関連形質は、耐倒伏性が優れる参考の日本品種およびアメリカ品種に比較して、稈長は有意な差はなかったが、挫折重は小さく、稈の太さおよび冠根の太さはやや細い傾向にあるようである。

次に、倒伏関連形質間の相互関係を検討するために、1994年と1995年の年次別に、供試した日本の良食味品種、参考の日本品種およびアメリカ品種を含む全54品種の倒伏関連形質間の相関係数を第4-2表に示した。1994年では、稈長は稈の太さとの間に有意な負の相関が認められたが、稈の強さを表す挫折重や稲体の支持力と関係のある冠根の太さとの間には、一定の関係は認められなかった。稈の太さは挫折重や冠根の太さとの間に、挫折重は冠根の太さとの間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた。1995年では、稈長は稈の太さ、挫折重および冠根の太さとの間に一定の関係は認められなかった。一方、稈の太さは挫折重と冠根の太さとの間に、挫折重は冠根の太さとの間にそれぞれ有意な正の相関が認められ、1994年の結果と同様な傾向を示した。

以上の結果は、稈が太くなれば稈の強さを表す挫折重は大きくなり、稲体の支持力を表す冠根は太くなる傾向にあることを示している。また、本試験での稈の太さと挫折重との関係は氷高（1968）や芳賀ら（1977）の報告と一致し、稈の太さと根の太さとの関係は滝田・櫛淵（1983）の報告と一致した。一方、稈長は2カ年ともに挫折重や冠根の太さとの間に一定の関係が認められなかったことから、稈長の長短が挫折重や冠根の太さに与える影響は小さいものと考えられる。なおこの結果は、稈長と挫折重との間には一定の関係は認められなかったとする氷高（1968）の報告と一致するものである。

参考の日本品種やアメリカ品種を除外した日本の良食味品種41品種における倒伏関連形質間の相互関係を第4-1図に示した。稈長と稈の太さとの間には有意な負の相関（ $r=-0.44^{**}$ ）が認められたが、稈長と挫折重および冠根の太さとの間には一定の関係は認められなかった。一方、稈の太さと挫折重（ $r=0.51^{***}$ ）との間には有意な正の相関関係が認められた。これは前述した参考の日本品種やアメリカ品種を含んだ計54品種の解析結果と一致した。

これらの相互関係から、北陸地域以南で栽培されている日本の良食味品種においては、稈長が高い品種は稈は細い傾向にあるが、稈長が挫折重や冠根の太さに及ぼす影響は小さいことを示している。したがって、日本の良食味品種においても稈長の長短に関係なく稈が太ければ挫折重は大きく、冠根は太い傾向にあることを示している。

第4-1表 品種群別の倒伏関連形質値 (1994年)

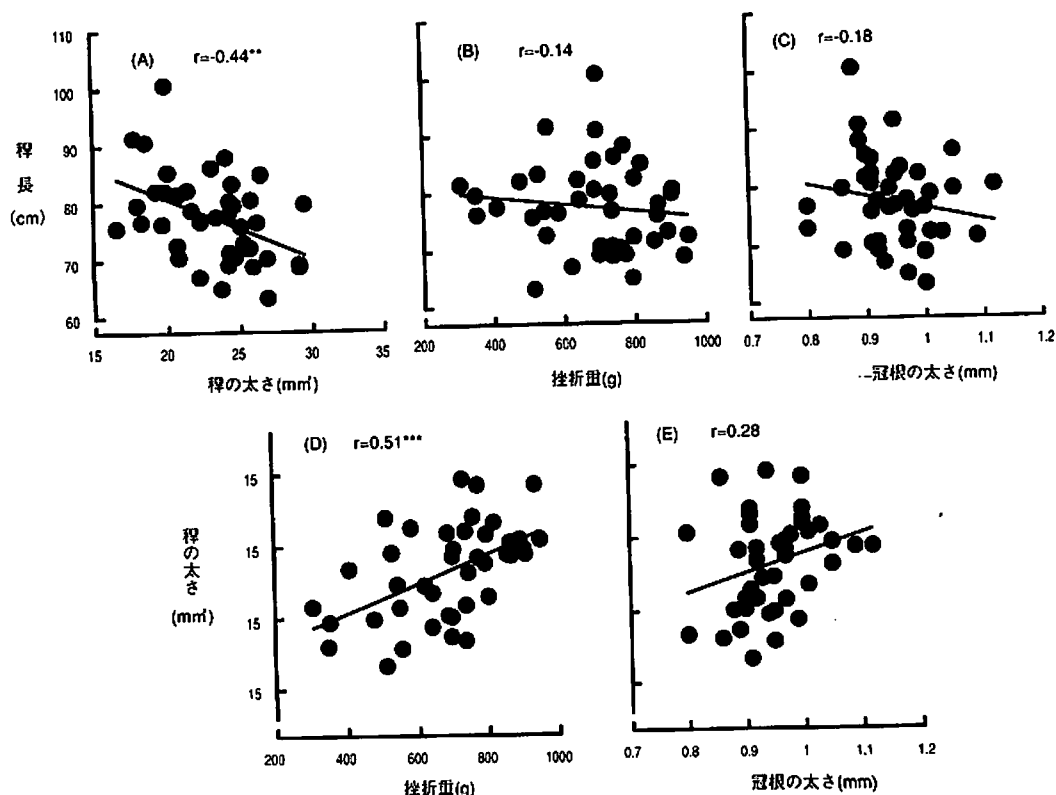
品種群	穂 長	穂の太さ	挫折重	冠根の太さ
	cm	mm ²	g	mm
日本の良食味品種	4177±8a	23±4b	687±166b	0.95±0.07b
参考の日本品種	876±9a	26±7ab	854±192a	1.01±0.11b
アメリカ品種	572±13a	31±7a	843±80ab	1.21±0.10a

- 1) 各形質の数値は、平均値±標準偏差を表す。
- 2) Scheffeの多重検定により異文字間では5%水準で有意であることを示す。

第4-2表 全供試品種の各倒伏関連形質間の相関係数

試験年		穂の太さ	挫折重	冠根の太さ
1994(n=54)	穂 長	-0.49***	-0.21	-0.25
	穂の太さ		0.60***	0.63***
	挫 折 重			0.43***
1995(n=22)	穂 長	-0.16	-0.14	0.05
	穂の太さ		0.81***	0.69***
	挫 折 重			0.64***

***は0.1%水準で有意であることを示す。



第4-1図 日本の水稻良食味品種における各倒伏関連形質間の相互関係 (1994年)

- 1) (A): $y = -1.05x + 101.69$, (B): $y = -0.01x + 81.82$, (C): $y = -20.55x + 96.87$,
(D): $y = -0.01x + 16.28$, (E): $y = 13.20x + 10.66$,
- 2) **, ***は各々1%, 0.1%水準で有意であることを示す (n=41)。

2. 主成分分析による耐倒伏性の評価

耐倒伏性の優れた良食味品種の形態的特性を総合的に判断するために、倒伏関連形質の相関行列をもとに、主成分分析を用いて倒伏関連形質による良食味品種の耐倒伏性の総合的な評価を1994年と1995年の結果に基づいて試みた。この分析によって得られた第1～第3主成分と各成分に対応する固有ベクトル、固有値、寄与率および累積寄与率を第4-3表に示した。1994年においては、第1～第2主成分による固有値の累積寄与率は80.0%になったことから、耐倒伏性の総合的な評価に必要な情報は第1～第2主成分によって大部分が説明できることがわかった。第1主成分は稈の太さ、挫折重および冠根の太さの固有ベクトル値の絶対値が大きく、これら3つの形質間で正の相関を示したことから、第1主成分は稲体の支持力を表す形態を示すshape factor (滝田・櫛淵1983, 渡辺1985a) であると考えられる。第2主成分は稈長の固有ベクトル値の絶対値が大きく、稈長は挫折重および冠根の太さとの間に相関は認められなかったことから、第2主成分は稲体の大きさ(作物体の高さの程度)を示すsize factor (滝田・櫛淵1983, 渡辺1985a) と考えられる。1995年においても1994年と同様の結果で、第1～第2主成分による固有値の累積寄与率は86.7%であったことから、耐倒伏性の総合的な評価に必要な情報は第1～第2主成分によって大部分が説明できることがわかった。第1主成分は稈の太さ、挫折重および冠根の太さの固有ベクトル値の絶対値が大きく正の値を示したことから、稲体の支持力を表す要因であり、第2主成分は稈長の固有ベクトル値が大きかったことから、稲体の大きさ(作物体の高さの程度)に関する要因と考えられる。

1994年と1995年における、第1、第2主成分のスコアに基づく散布図を第4-2図に示した。両年ともに、第1主成分軸(Z_1)は稲体の支持力を表し、正の値が大きいほど稈が太く、挫折重が大きく、冠根が太いことを表す。第2主成分軸(Z_2)は稲体の大きさを表し、正の値が大きいほど稈が長いことを表す。直播適性に優れるアメリカ品種は1994年、1995年の両年とも第1象限と第4象限に分布した。しかも、アメリカ品種は日本の良食味品種や参考の日本品種よりも Z_1 が大きいところに分布していることから、アメリカ品種は日本の良食味品種や参考の日本品種よりも稲体の支持力が強いことを示している。

第4-3表 倒伏関連形質の主成分分析による固有ベクトルと固有値

試験年	形 質	主 成 分		
		第 1	第 2	第 3
1994 (n=54)	稈 長	-0.387	0.866	-0.092
	稈の太さ	0.595	-0.017	-0.013
	挫 折 重	0.489	0.412	0.689
	冠根の太さ	0.507	0.283	-0.719
	固 有 値	2.356	0.825	0.563
	寄与率(%)	58.9	21.1	13.6
	累積寄与率(%)	58.9	80.0	93.6
1995 (n=22)	稈 長	-0.101	0.968	-0.227
	稈の太さ	0.597	-0.023	-0.254
	挫 折 重	0.584	-0.038	-0.511
	冠根の太さ	0.541	0.247	0.789
	固 有 値	2.448	1.021	0.349
	寄与率(%)	61.2	25.5	8.7
	累積寄与率(%)	61.2	86.7	95.4

日本の良食味品種は、1994年は第1～第4象限のすべてに幅広く分布したが、耐倒伏性の優劣でみると、倒伏程度が2.0以上で耐倒伏性が劣る良食味品種は、主として第2象限と第3象限に分布したのに対して、倒伏程度が2.0未満の耐倒伏性が優れる良食味品種は主として第1象限と第4象限に分布した。このことから、耐倒伏性が優れる良食味品種は稈長の長短に関係なく、稈が太く、挫折重が大きく、稲体を支持する冠根が太い形質を有していることがうかがえる。

1995年は倒伏程度が2.0未満の良食味品種は、第2象限、第3象限、第4象限に分布し、1994年の分布結果と異なったものの、耐倒伏性の優れる参考の日本品種と概ね同様な分布を示した。また、倒伏程度が2.0未満の耐倒伏性が優れる良食味品種の分布する象限が年次によって異なったことは、1995年に供試した耐倒伏性の優れた日本の良食味品種の倒伏関連形質値の変異の幅が小さかったためと考えられる。

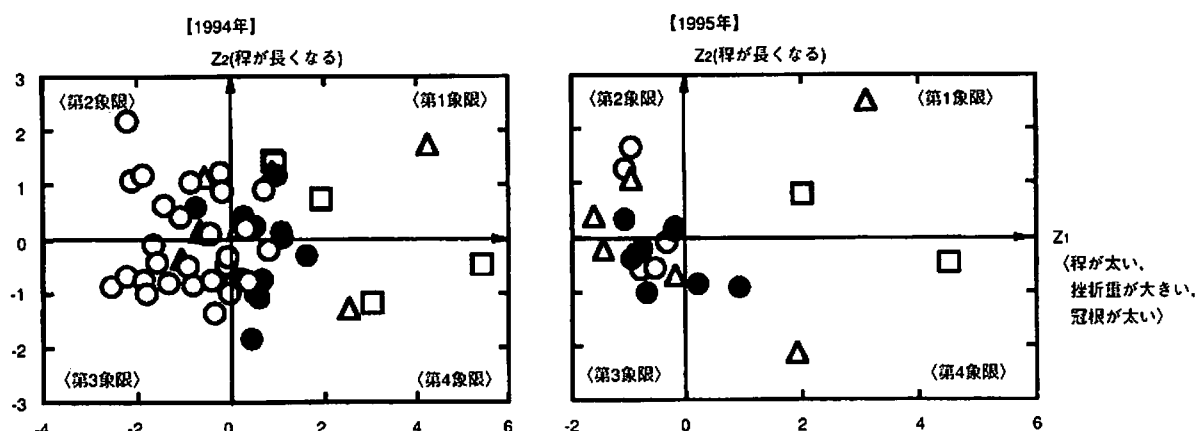
以上、2カ年を通して、倒伏関連形質を用いた主成分分析の結果、日本の良食味品種の中にも、稈の太さ、挫折重および冠根の太さを表す第1主成分スコアが、参考の日本品種と同程度に高く、倒伏程度が2.0未満と安定して耐倒伏性の優れる品種の存在が確認された。

次に、1994年の日本の良食味品種について、稈の太さ、挫折重および冠根の太さの要素が入った Z_1 スコアおよび稈長の要素が入った Z_2 スコアと湛水直播栽培における倒伏程度との関係を第4-3図に示した。 Z_1 スコアと倒伏程度との間には有意な負の相関関係が認められ、稲体の支持力を表す Z_1 スコアが大きい品種は耐倒伏性が優れることを示した。一方、 Z_2 スコアと倒伏程度との間には、相関関係は認められず、稲体の高さを表す Z_2 スコアは耐倒伏性には強く関与しないことが判明した。

芳賀ら（1977）は、湛水直播栽培におけるろび型倒伏と稈長は関係が小さく、耐倒伏性を向上させるためには、冠根の支持力を増大させる必要があることを述べている。

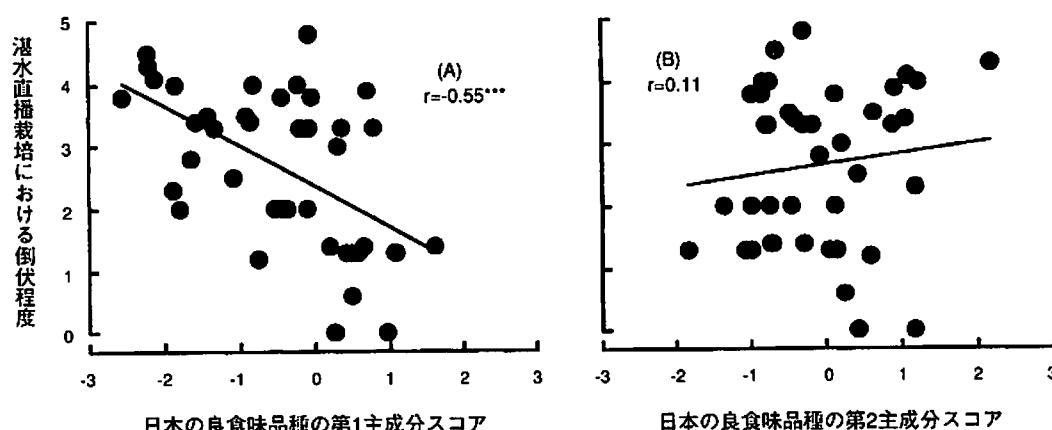
したがって、湛水直播栽培においては、稈の太さ、挫折重および冠根の太さは耐倒伏性と関係が大きく、稈長は耐倒伏性と関係が小さいことが考えられる。

以上のことから、北部九州において耐倒伏性を付与した直播専用の良食味品種を育成・選定する場合の耐倒伏性を評価する指標形質としては、稲体を支持する稈の太さ、稈の強さを表す挫折重および稲体の支持力を表す冠根の太さがなり得る。



第4-2図 湛水直播栽培における倒伏関連形質の第1、第2主成分のスコア散布図

- ：倒伏程度が2.0以上の日本の良食味品種、
- ：倒伏程度が2.0未満の日本の良食味品種、
- △：日本の参考品種、□：アメリカ品種。



第4-3図 湛水直播栽培における倒伏程度と第1および第2主成分スコアとの関係（1994年）

- 1) (A): $y = -0.65x + 2.36$, (B): $y = 0.18x + 2.66$.
- 2) 倒伏程度：0（無）、1（微）、2（少）、3（中）、4（多）、5（甚）。
- 3) ***は0.1%水準で有意であることを示す（ $n=41$ ）。

第2節 湛水直播用良食味品種・系統の選定

耐倒伏性の優れる湛水直播用品種の育成・選定において、第1章では押し倒し抵抗値を利用した耐倒伏性の選抜法を、第2章では幼苗期の冠根の太さによる耐倒伏性の選抜法を明らかにした。第3章では湛水直播用品種において良食味形質を選定する場合には、移植栽培条件下での選定ができることを明らかにした。また、前節では、直播専用の良食味品種の耐倒伏性を評価する指標形質としては、稲体を支持する稈の太さ、稈の強さを表す挫折重および稲体の支持力を表す冠根の太さがなり得ることを明らかにした。

そこでこれらの指標形質を用いて、現在、北陸地域以南で栽培されている良食味品種および育成中の良食味系統の中から耐倒伏性が強く、安定収量が得られる品種・系統の選定を行った。

材料および方法

試験は1994年と1995年の2カ年にわたって、農産研究所の水田圃場で行った。1994年の供試材料は、湛水直播栽培において倒伏程度が2.0未満を示した良食味品種11品種と北部九州で代表的な良食味品種‘コシヒカリ’と‘ヒノヒカリ’を含む計13品種・系統と耐倒伏性の参考の日本品種5およびアメリカ品種2の計20品種・系統を用いた（第4-4表）。また、1995年の供試材料は、移植栽培で耐倒伏性が優れた良食味系統である‘ちくし17号’と食味は劣るが移植栽培で耐倒伏性が優れた‘西海218号’を加えた22品種・系統を用いた。

湛水直播栽培における播種前処理、播種方法、苗立ち本数、施肥量およびその他の栽培管理は前節に準じた。

供試品種・系統の選定に当たっては、倒伏程度、押し倒し抵抗値、倒伏関連形質の指標として N_3 節間の稈の太さ、 N_3 節間の挫折重および冠根の太さを利用した第4章第1節で用いた第1主成分およびa当たり精玄米重を用いて行った。

第4-4表 供試品種・系統の倒伏程度

区 分	品種・系統名	倒伏程度	
		1994年	1995年
良食味品種	キヌヒカリ	1.4	0.5
	ミネアサヒ	1.3	0
	ちくし7号	1.3	0.1
	とくひかり	1.3	0.1
	朝の光	1.4	0
	ほほえみ	1.3	0.3
	ちくし15号	1.3	0
	葵の風	0.6	0
	ユメヒカリ	0	0.9
	コシヒカリ	3.5	3.0
	夢つくし	1.4	1.0
	ヒノヒカリ	2.5	2.8
	ちくし17号	—	1.0
参考の日本品種	ミナミヒカリ	0	1.3
	日本晴	3.6	1.9
	愛知98号	0	0
	ツクシホマレ	0	0.5
	レイホウ	0.2	1.3
	西海210号	0	0
アメリカ品種	西海218号	—	1.0
	M-302	1.1	0.5
	Lemont	0	0

倒伏程度は0(無)～5(甚)の6段階で示す。

結果および考察

1. 倒伏程度と押し倒し抵抗値からみた品種・系統の選定

1994年および1995年に湛水直播栽培において供試した耐倒伏性の優れた良食味品種、その他の日本品種およびアメリカ品種の倒伏程度を第4-4表に示した。1995年の倒伏程度は1994年よりもやや小さい傾向を示したが、品種間の倒伏程度は両年間で同様な傾向を示した。耐倒伏性の優れた良食味品種の倒伏程度は1994年において、2.0未満を示し、1995年では1.0未満であり、年次を越えて安定した耐倒伏性を示した。特に、1995年において、'ミネアサヒ'、'朝の光'、'ちくし15号'、'葵の風'の倒伏程度は0であり、湛水直播栽培において耐倒伏性が安定して優れていた。

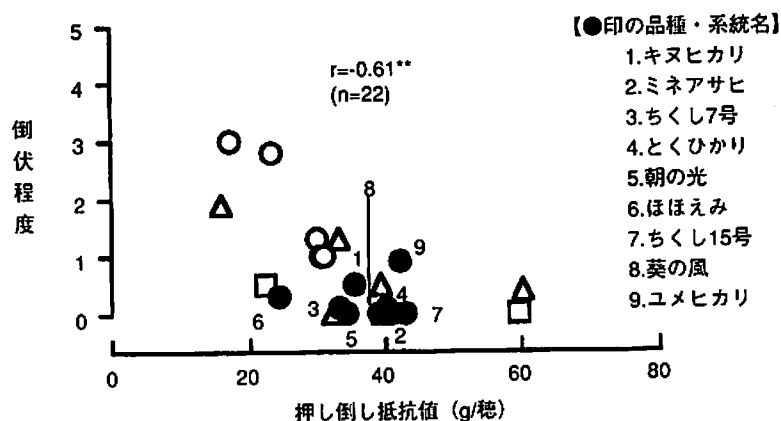
次に、1994年の湛水直播栽培における押し倒し抵抗値と倒伏程度との関係を第4-4図に示した。押し倒し抵抗値と倒伏程度は高い負の相関関係にあり、押し倒し抵抗値が大きい品種は倒伏程度は小さかった。特に、倒伏程度が1.0未満を示した良食味品種の中で'ミネアサヒ'、'とくひかり'、'ちくし15号'および'ユメヒカリ'の押し倒し抵抗値は大きく、耐倒伏性は優れていた。

2. 押し倒し抵抗値および第1主成分スコアと収量性からみた品種・系統の選定

1995年における湛水直播栽培での押し倒し抵抗値と収量性との関係を第4-5図（左）に示した。押し倒し抵抗値が40g/穂以上を示し、湛水直播栽培での倒伏程度が1.0未満で収量が50kg/a以上を示した品種は3品種は'とくひかり'、'ちくし15号'および'ユメヒカリ'であった。

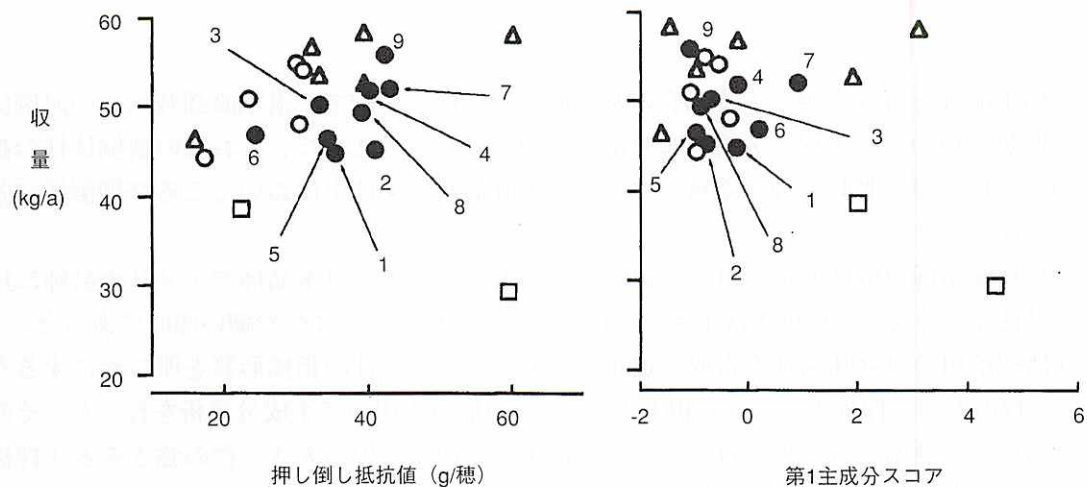
次に、第4章第1節での主成分分析で解析した1995年における供試品種の第1主成分スコアと収量性との関係を第4-5図（右）に示した。第1主成分スコアが正の値を示し、湛水直播栽培での倒伏程度が1.0未満で収量が50kg/aを示した品種は'ちくし15号'のみであった。

以上のことから、北部九州において耐倒伏性が安定して優れる品種は'キヌヒカリ'、'ミネアサヒ'、'ちくし7号'、'とくひかり'、'朝の光'、'ほほえみ'、'ちくし15号'、'葵の風'および'ユメヒカリ'の9品種・系統である。特に、早生種である'ちくし15号'は、稲体の支持力を示す押し倒し抵抗値が優れ、稈は太く、N3節間の挫折重は大きく、冠根が太い品種であるとともに、多収性を示す品種である（第4-6図）。



第4-4図 湛水直播栽培における押し倒し抵抗値と倒伏程度との関係（1995年）

- 1) ●：倒伏程度が1.0以上の良食味品種、
○：倒伏程度が1.0未満の良食味品種、
△：日本の参考品種、□：アメリカ品種。
- 2) **は1%水準で有意であることを示す。



第4-5図 良食味品種の倒伏関連形質と収量性 (1995年)

- 1) 第1主成分スコアは第4-2図 (1995年) と同じで、稈・根の太さ成分を表す。
- 2) 図中の記号および数字は第4-4図に同じ。



第4-5図 湛水直播栽培における‘ちくし15号’の立毛状態
上：ちくし15号、
下：日本晴。
撮影時：成熟期。

摘 要

湛水直播栽培用品種を育成・選定する場合の基礎的知見を得る目的で、湛水直播栽培での耐倒伏性に関与する形質を用いて、主成分分析により品種分類を行った。さらに、これらの耐倒伏性の指標形質を用いて、現在の良食味品種・系統の中で、湛水直播栽培条件下においてころび型倒伏に強い品種・系統の選定を行った。

- 1) 日本の良食味品種の倒伏関連形質は、耐倒伏性が優れる参考の日本品種やアメリカ品種に比較して、稈長はやや長く、挫折重は小さく、稈の太さや冠根の太さはやや細い傾向にあった。
- 2) 湛水直播栽培用の良食味品種を育成・選定する場合の耐倒伏性の指標形質を明らかにするため、稈長、稈の太さ、挫折重および冠根の太さの4つの形質を用いて主成分分析を行った。その結果、耐倒伏性を評価する指標形質としては、稲体を支持する稈の太さ、稈の強さを表す挫折重および稲体の支持力を表す冠根の太さがなり得ることが明らかとなった。
- 3) 北部九州において耐倒伏性が安定して優れていた湛水直播栽培用の良食味品種は‘キヌヒカリ’、‘ミネアサヒ’、‘ちくし7号’、‘とくひかり’、‘朝の光’、‘ほほえみ’、‘ちくし15号’、‘葵の風’および‘ユメヒカリ’の9品種・系統であった。特に、早生種である‘ちくし15号’は、稲体の支持力を示す押し倒し抵抗値が優れ、稈は太く、 N_3 節間の挫折重は大きく、冠根が太い品種であるとともに、多収を示す品種であった。

第5章 湛水直播関連主要形質の遺伝分析

湛水直播用品種の耐倒伏性に関与する形質としては、前章までにおいて押し倒し抵抗値や冠根の太さなどがあると指摘した。また、湛水直播用品種においても良食味形質は重要な具備すべき形質であることを指摘した。これらの形質は年次間や栽培法が異なっても再現性のある形質であることから遺伝的形質であり、多くの遺伝子座に関与する量的形質であることが推察される。これらの量的形質の遺伝分析に際しては、従来は統計遺伝学的手法で行われてきた。

近年、分子生物学的手法の進歩により、高等植物のDNA多型を容易かつ多数検出することが可能となり、この多型(RFLP)を分子マーカーとする育種事業が模索されている(矢野1991)。水稻育種事業においても、選抜形質に関与する遺伝子に連鎖するDNAマーカーの同定ならびにDNAマーカーを利用した効率的育種技術の開発がなされようとしている(矢野1996)。今後のDNAマーカーを利用した育種の基礎的な知見を得るためには、有用農業形質の遺伝的な解析を行い、その形質と染色体上に高密度に散在するRFLPマーカーの遺伝子型との関連性を調べることが重要である。つまり、関連性の高い染色体領域として量的形質の発現に関する量的形質遺伝子座(Quantitative trait loci: QTL)の数や染色体上での位置を決定し、QTLの実態を詳細に解明していくことが必要である。

有用農業計量形質に関与する遺伝子座の染色体領域の推定は、RFLP、RAPDといった表現型の影響を受けないDNAマーカーの使用によって行われ、多くの作物種で多くの計量形質に関するQTLが遺伝子地図上に位置付けられている(LANDER *et al.* 1987, TANKSLEY *et al.* 1989, 鶴飼 1993, 矢野・清水 1993)。本研究でとり上げてきた湛水直播関連主要形質についても、このようなアプローチが期待される。

そこで、本章では直播用良食味品種の育種場面において、将来のDNAマーカーを利用した育種法の基礎的情報を得る目的で、耐倒伏性に深く関与する冠根の太さや、米の食味および理化学的特性に関与する遺伝子座の染色体領域の推定を試みた。

第1節 幼苗期の冠根の太さに関与する遺伝子座の推定

湛水直播栽培用水稻品種の育成・選定に当たって、耐倒伏性品種の評価指標として幼苗の冠根の太さが有効であることを第2章で明らかにした。日本型品種‘あそみのり’とインド型品種‘IR24’との交配から単粒系統法で九州大学農学部育種学教室において作成された組換え自殖系統(Recombinant inbred lines: RI lines; TSUNEMATSU *et al.* 1996)と同集団における375個のRFLPマーカーの分離データを基に、湛水直播栽培において重要な形質である耐ころび型倒伏性に深く関係する水稻の幼苗期における冠根の太さに関与する遺伝子座の染色体領域の推定を行った。

材料および方法

RI linesはF₉世代の71系統を用い、1995年に農産研究所において8月(35日苗)と11月(ガラス温室にて育苗, 35~38日苗)の大きく環境条件の異なる2時期に育苗した。両播種時期ともに播種密度の違いによる冠根の太さの不均一性を解消するために、市販の粒状培土を充填したみのる式育苗ポット(第1章第3節と同じ育苗箱)に1穴1粒ずつ播種した。播種・出芽後の管理は、8月育苗は圃場において、11月育苗は温室内において行った。冠根の太さは、1株の中で太い冠根から3本について、冠根基部より1cmの部位の直径を実体顕微鏡を用いて20倍に拡大し、マイクロメーターで計測した。1系統当たり5株の2反復とした。

QTL解析の方法は、九州大学でRI linesを用いて作成したRFLP連鎖地図 (TSUNEMATSU *et al.* 1996) (付図1) に基づき、各RFLP遺伝子座について、幼苗期の冠根の直径を‘あそみのり’型と‘IR24’型の2つの遺伝子型に分けて、両者の冠根の直径の平均値をt検定により比較した。

結果および考察

育苗時期が異なる場合のRI linesの冠根の直径の度数分布を第5-1図に示した。8月育苗の冠根の直径は0.68mmから1.10mmまで、11月育苗は0.42mmから0.86mmまでといずれも幅広い範囲を示し、育苗期間中の平均気温が高い8月育苗(育苗期間中の平均気温: 28.4℃)の方が11月育苗(ガラス室内温度25℃)よりも太い傾向を示した。‘IR24’の冠根の直径は、‘あそみのり’よりも約0.2mm太かった。

RI linesにおいて、育苗時期が異なる場合の冠根の直径の相関関係を第5-2図に示した。8月育苗と11月育苗の冠根の直径の間には有意に高い正の相関 ($r=0.60^{**}$) がみられた。

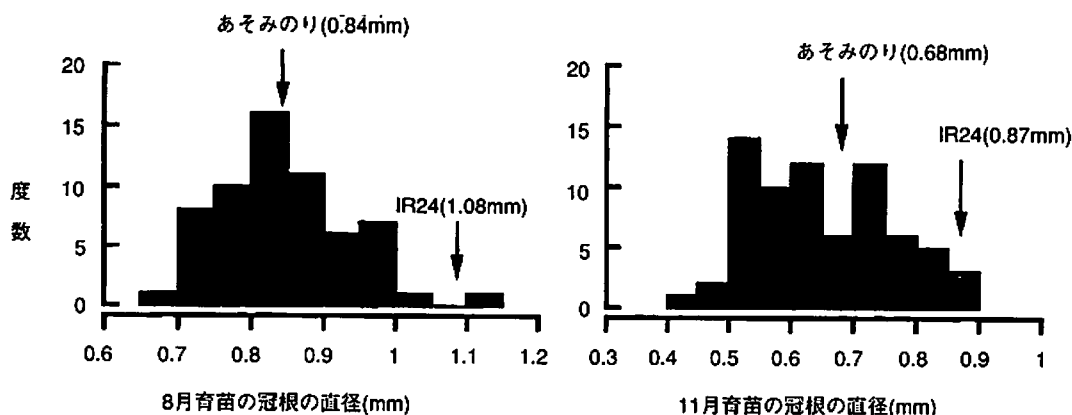
以上のように、8月育苗と11月育苗においては冠根の太さは異なるものの、両育苗時期における冠根の太さは高い正の相関があり、育苗時期や方法を変えても冠根の太さの傾向は変わらなかった。これらの両育苗時期のRI linesの冠根の太さを用いて、水稻苗の冠根の太さに関与するQTLの解析を以下試みた。

8月育苗および11月育苗において、‘あそみのり’と‘IR24’の遺伝子型間に1%水準で有意差がみられた遺伝子座を第5-3図(付表4)に示した。

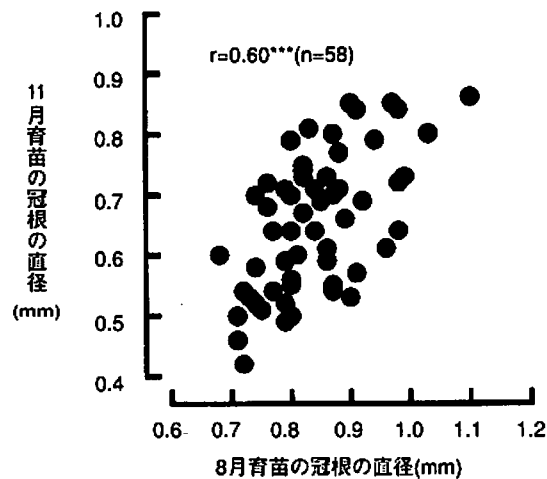
8月育苗において、冠根の直径は染色体1と染色体7で‘あそみのり’と‘IR24’の遺伝子型間に1%水準で有意差がみられた。

11月育苗においては、冠根の直径は染色体7と染色体11で、それぞれ1%水準で両遺伝子間で有意差がみられた。2つの栽培条件における冠根の直径において両遺伝子間でともに1%水準で有意差がみられたのは染色体7のC924の領域であった。これは‘あそみのり’型を示すものが根の直径を細くする方向に働いていた。

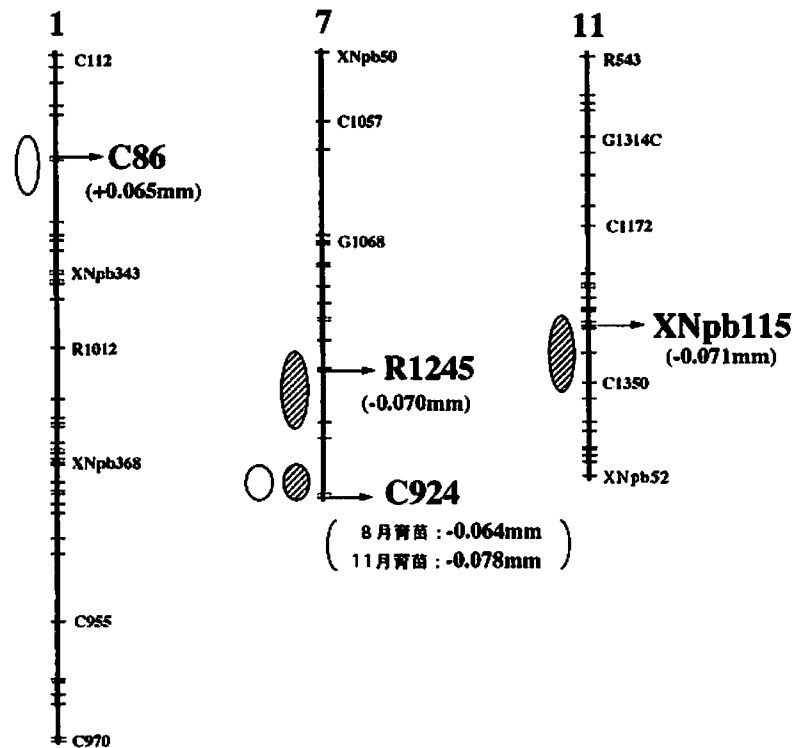
以上のことより、少なくとも染色体7のC924の領域が冠根の太さに関与することが強く示唆された。CHAMPOUX *et al.* (1995) は、イネの耐旱性の指標として、根の太さの遺伝子座の推定を行っているが、本節で得られた遺伝子座とは異なっていた。今後は出穂期頃の冠根の太さとの関連を調査するとともに、この領域に関する近似同質遺伝子系統の育成を行い、QTLの存在の実証を行う必要がある。



第5-1図 育苗時期が異なる場合におけるRI linesの冠根の直径の度数分布



第5-2図 育苗時期が異なる場合の冠根の直径の相関関係
***は0.1%水準で有意であることを示す。



第5-3図 8月および11月育苗におけるRI linesを用いた冠根の太さのQTL解析

注) 1. ○ : 8月育苗の苗の冠根の直径が‘あそみのり’と‘IR24’の遺伝子型間の平均値に1%水準で有意差がみられた染色体領域。

● : 11月育苗の苗の冠根の直径が‘あそみのり’と‘IR24’の遺伝子型間の平均値に1%水準で有意差がみられた染色体領域。

2. 大文字のマーカーが最もその領域で影響の強いマーカーであり、()内の数字はそのRFLP遺伝子座について‘あそみのり’型を示した系統の平均値から‘IR24’型を示した系統の平均値を減じた効果を表す。

第2節 米の食味および理化学的特性に関与する遺伝子座の推定

水稻の食味特性の評価に当たっては、米の食味官能評価および米の理化学的特性の分析を行い、総合的に判断している。湛水直播用良食味品種を育成するに当たって、湛水直播栽培と移植栽培での食味官能評価値は高い正の相関にあることを第3章第1節で明らかにした。ここでは日本型品種‘あそみのり’とインド型品種‘IR24’との交配から単粒系統法で育成したRI linesを移植栽培し、同集団における375個のRFLPマーカーの分離データを基に、水稻良食味品種の育成・選定の際の重要な形質である米の食味官能評価と米の理化学的特性に関与する遺伝子座の染色体領域の推定を行った。

材料および方法

RI linesは、 F_9 世代と F_{10} 世代の各々71系統を用いた。 F_9 世代は、1994年に九州大学農学部付属農場で7月2日に移植し窒素無施用条件で養成し、 F_{10} 世代は1995年に農産研究所の水田で基肥のみ窒素成分で5.0kg/10aを施用して6月22日に移植して養成した。食味官能評価と米の理化学的特性の分析は F_9 世代では1995年3月～5月に、 F_{10} 世代では1996年3月～5月に行った。食味官能評価は食味総合評価とねばりの2項目について、 F_9 世代は米50gのピーカー炊飯によりパネル5名で、 F_{10} 世代は米300gについてほぼ食糧庁方式に基づいてパネル15名により、両世代ともに農産研究所産の‘日本晴’を基準に行った。理化学的特性については、米中のタンパク質含有率とアミロース含有率およびアミログラム特性である最高粘度とブレイクダウンの4項目を調査した。タンパク質含有率は近赤外分光分析計を用いて窒素含有率を測定し、その値にタンパク換算係数5.95を乗じて求めた(尾形ら1992, 尾形・住吉1994)。アミロース含有率、最高粘度およびブレイクダウンの3項目は第3章第1節に準じて調査し、解析に供した。

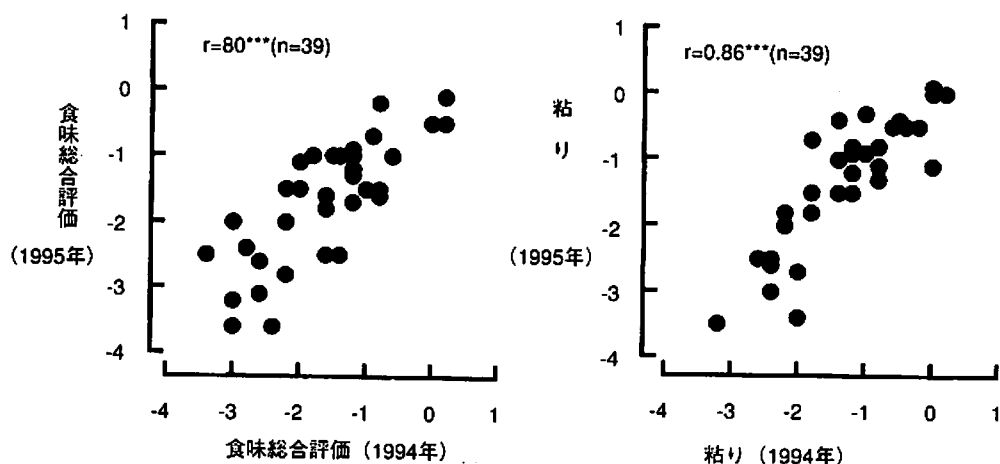
QTL解析の方法は、九州大学で作成したRFLP連鎖地図(TSUNEMATSU *et al.*1996)(付図1)に基づき、各RFLP遺伝子座について、食味総合評価、粘り、米の理化学的特性であるタンパク質含有率、アミロース含有率、アミログラム特性である最高粘度およびブレイクダウンを‘あそみのり’型と‘IR24’型の2つの遺伝子型に分けて、両者の平均値を t 検定により比較した。

結果および考察

農産研究所産の‘日本晴’を基準米としたRI linesの食味官能評価値の関係を第5-4図に示した。1994年と1995年に共通したRI linesは39系統であった。1994年と1995年の両年間における食味総合評価および粘りは、ともに高い正の相関(食味総合評価： $r=0.80^{***}$ 、粘り： $r=0.86^{***}$)を示した。

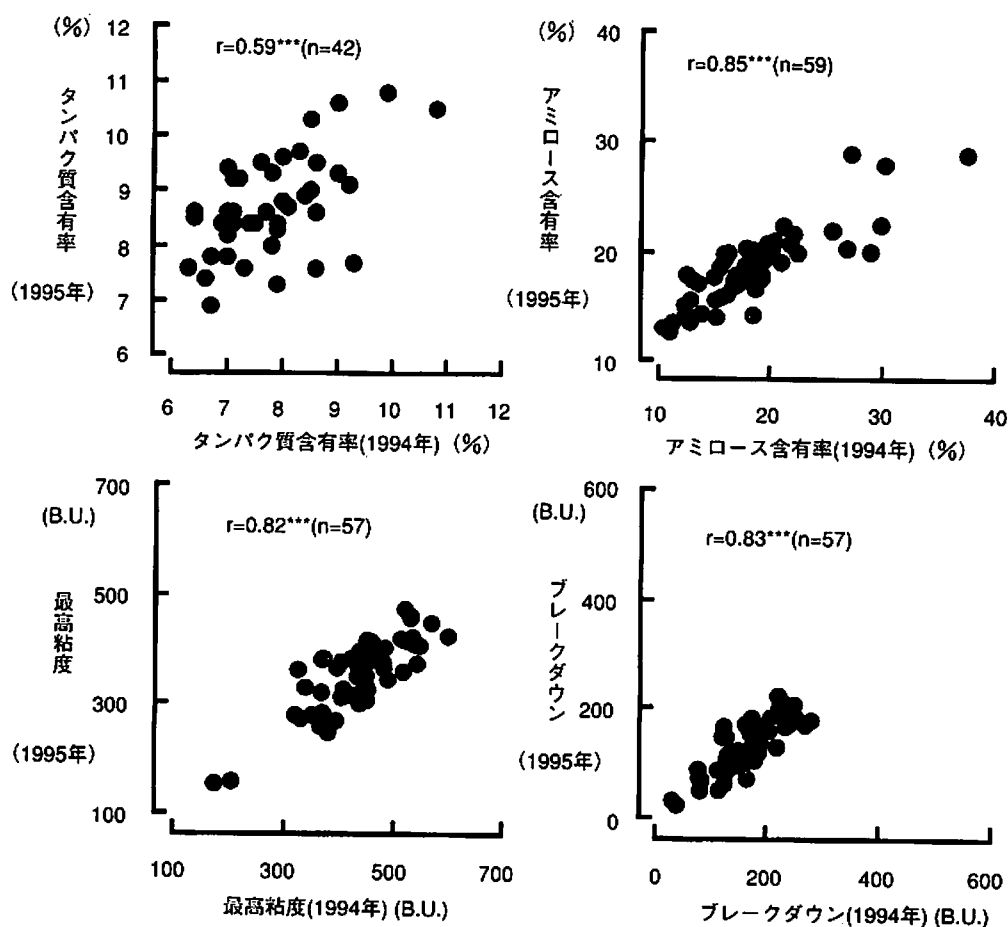
次に、両年のRI linesの米の理化学的特性の関係を第5-5図に示した。両年における米の理化学的特性は高い正の相関を示し、タンパク質含有率は $r=0.59^{***}$ 、アミロース含有率は $r=0.85^{***}$ 、最高粘度およびブレイクダウンはそれぞれ $r=0.82^{***}$ と $r=0.83^{***}$ であった。このように年次および産地が異なる場合でも米の理化学的特性は同一の傾向であった。

1995年に養成したRI linesの食味官能評価値である食味総合評価と粘りについての度数分布を第5-6図に示した。RI linesの食味総合評価は4.1から0.3まで幅広い分布を示したが、‘あそみのり’の0.5を上回るものはみられなかった。粘りでは4.2から0.6の分布を示し、‘あそみのり’の0.21を上回るものがみられた。‘IR24’は食味総合評価、粘りともRI linesの分布のほぼ中央に位置し、‘あそみのり’よりも食味官能評価値は劣った。



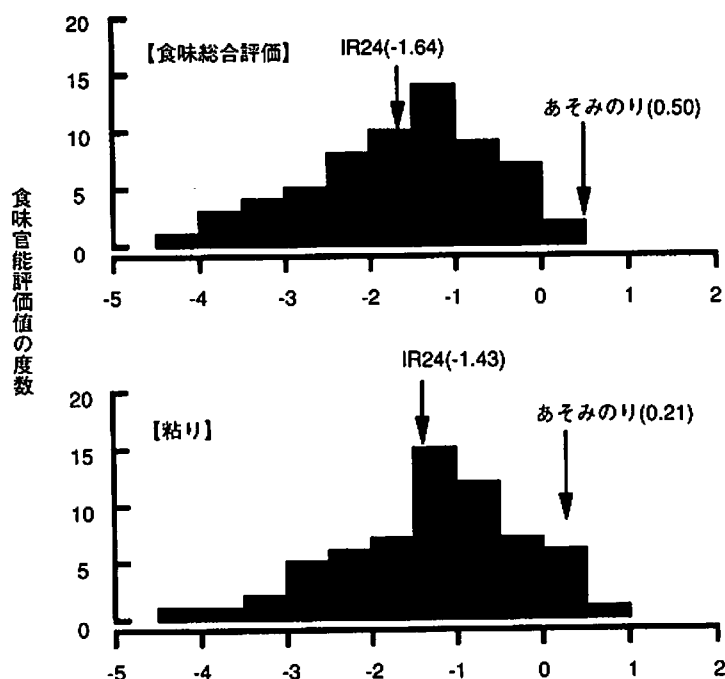
第5-4図 RI linesの生産年および産地が異なる場合の食味官能評価の関係

- 1) 1994年産：九州大学農学部附属農場で養成，
1995年産：福岡県農業総合試験場で養成。
- 2) 基準米：両年ともに福岡県農業総合試験場産の‘日本晴’を用いた。
- 3) ***は0.1%水準で有意であることを示す。



第5-5図 RI linesの生産年および産地が異なる場合の理化学的特性の関係

- 1) 1994年産：九州大学農学部附属農場で養成，
1995年産：福岡県農業総合試験場で養成。
- 2) 基準米：両年ともに福岡県農業総合試験場産の‘日本晴’を用いた。
- 3) ***は0.1%水準で有意であることを示す。



第5-6図 RI linesの食味官能評価の度数分布

- 1) 1995年産のRI linesを用いた。
- 2) 基準米は福岡県農業総合試験場産の‘日本晴’を用いた。
- 3) $n=63$ 。

1995年に養成したRI linesにおける米の理化学的特性値の度数分布を第5-7図に示した。4項目の理化学的特性は、それぞれ幅広い連続的な分布を示した。タンパク質含有率は、6.4%から11.1%までの分布を示し、ほとんどのRI linesにおいて両親よりも高いタンパク質含有率を示す分布をした。アミロース含有率においては、12.6%から28.7%までの分布を示し、両親の値はほぼ中央に位置した。アミログラム特性の最高粘度においては、153B.U.から462B.U.までの分布を示し、両親の値はほぼ中央に位置した。ブレイクダウンにおいては、23B.U.の小さな値から221B.U.までの分布を示し、‘あそみのり’は‘IR24’よりも59B.U.大きな値を示した。

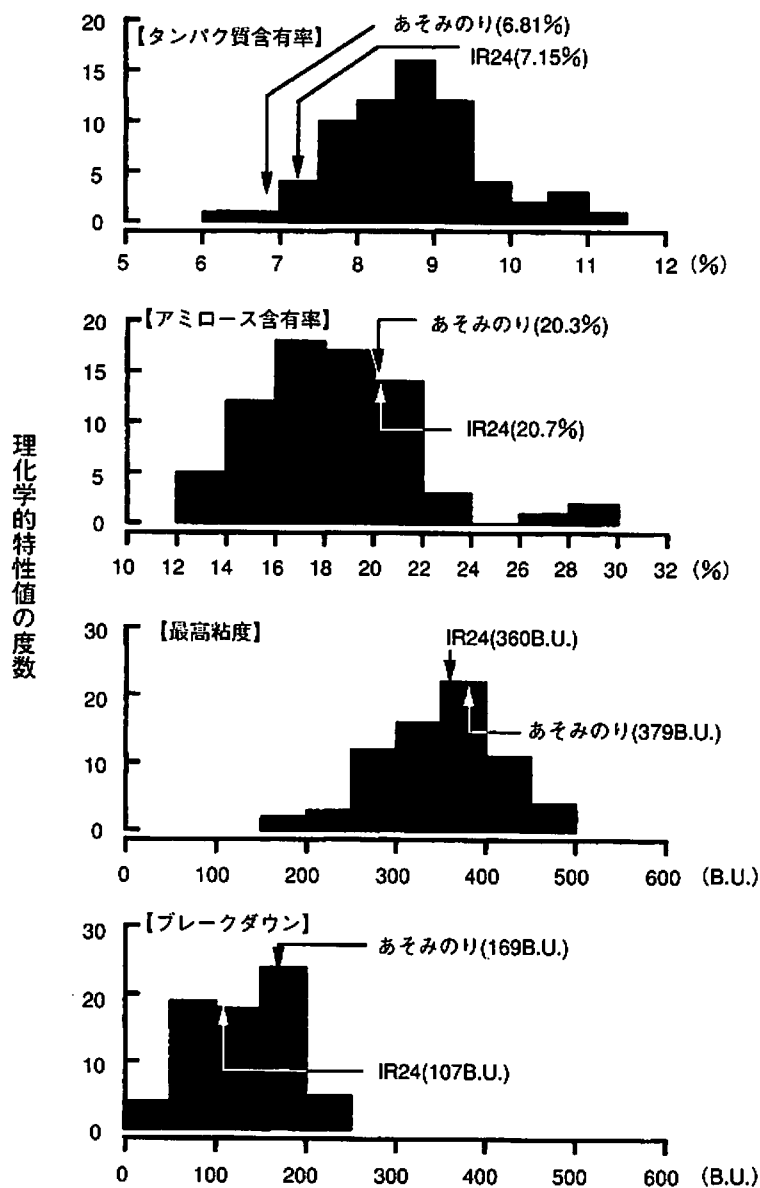
次に、1994年と1995年に養成したRI linesを用いて、食味官能評価および米の理化学的特性に関するQTLの推定を試みた。

1994年産と1995年産の2カ年を通じて‘あそみのり’と‘IR24’の遺伝子型間に1%水準で差がみられた染色体領域について第5-8図（付表5, 6）に示した。

食味総合評価は染色体5で、ねばりは染色体2、染色体5と染色体12でそれぞれ有意差がみられた。米の理化学的特性についてみると、タンパク質含有率は染色体5で、アミロース含有率は染色体5と染色体8で、アミログラム特性の最高粘度は染色体9で、ブレイクダウンは染色体8でそれぞれ有意差がみられた。染色体8のXNpb41の近傍は出穂期に関与する領域で‘あそみのり’型を示すものが出穂期を遅くする方向に働いていることが明らかにされている（常松ら1994, 1995）。松江ら（1991）は出穂期の変動によりアミロース含有率やアミログラム特性の最高粘度やブレイクダウンが変化すると報告している。本結果では‘あそみのり’型を示すものがアミロース含有率を高くし、最高粘度を低くし、ブレイクダウンを小さくしており、この染色体領域は出穂期に関与する領域であることが強く示唆された。

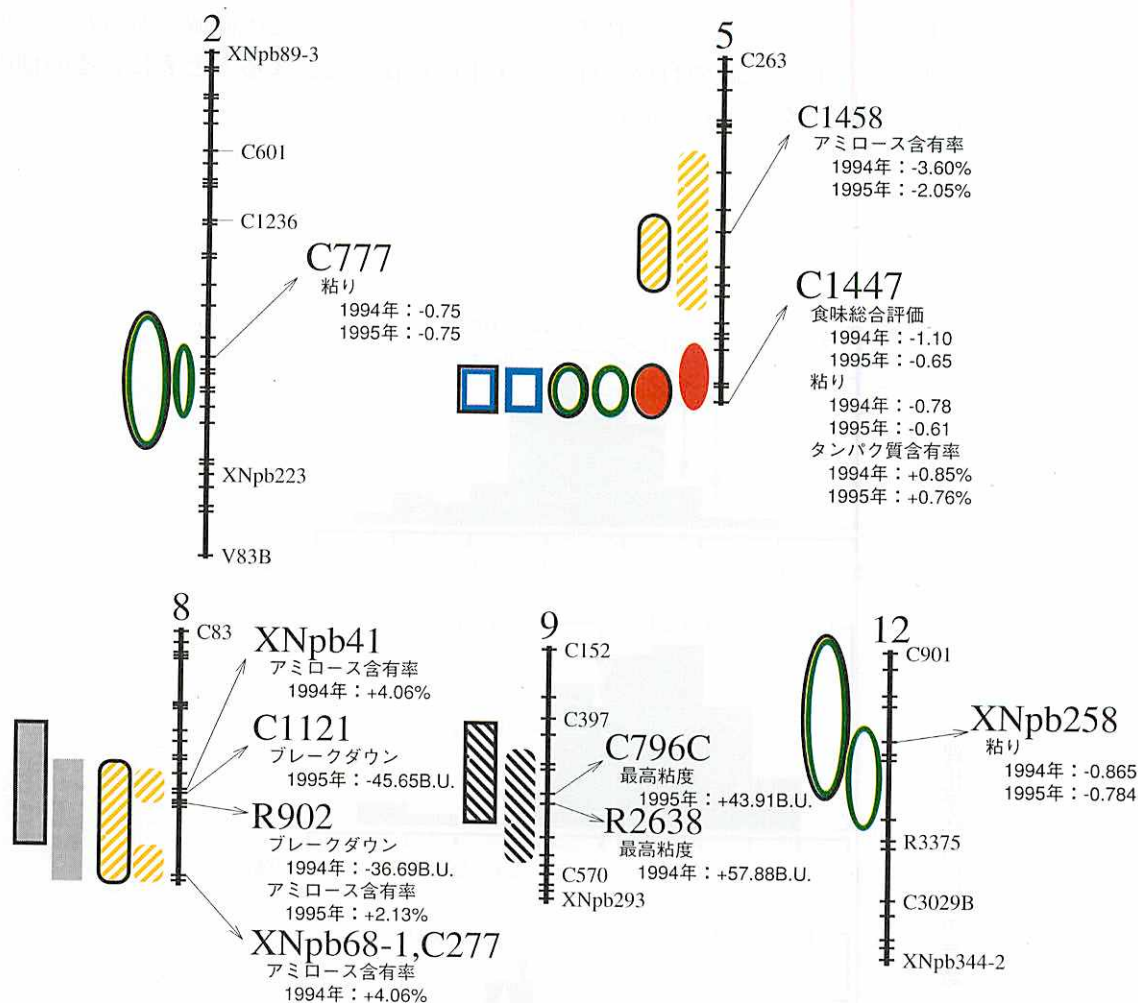
本研究の結果から、食味官能評価値と米の理化学的特性値が2年間共通に関与する染色体領域は染色体5のC1447の近傍であることが強く示唆された。この染色体領域は、‘IR24’型を示すものがタ

ンパク質含有率を低くし、粘りを強くし、食味総合評価を良くする染色体領域であった。今後はこの領域に関する近似同質遺伝子系統の育成を行い、QTLの存在を実証するとともに、その他の染色体領域についてもさらに解析を行う必要がある。



第5-7図 RI linesの米の理化学的特性値の度数分布

- 1) 1995年産のRI linesを用いた。
- 2) タンパク質含有率：n=66,
アミロース含有率：n=72,
最高粘度、ブレイクダウン：n=70。



第5-8図 米の食味および理化学的性状のQTL解析

注) 1) 供試材料
 1994年: 九州大学農学部附属農場で栽培したRI lines。
 1995年: 福岡県農業総合試験場で栽培したRI lines。
 2) 凡 例

(1994年) (1995年)

- : 食味総合評価が「あそみのり」と「IR24」の遺伝子型間の平均値に1%水準で有意差がみられた染色体領域。
- : 粘りが「あそみのり」と「IR24」の遺伝子型間の平均値に1%水準で有意差がみられた染色体領域。
- : 精米中のタンパク質含有率が「あそみのり」と「IR24」の遺伝子型間の平均値に1%水準で有意差がみられた染色体領域。
- : 精米中のアミロース含有率が「あそみのり」と「IR24」の遺伝子型間の平均値に1%水準で有意差がみられた染色体領域。
- : アミログラム特性の最高粘度が「あそみのり」と「IR24」の遺伝子型間の平均値に1%水準で有意差がみられた染色体領域。
- : アミログラム特性のブレイクダウンが「あそみのり」と「IR24」の遺伝子型間の平均値に1%水準で有意差がみられた染色体領域。

3) 大文字のマーカーが最もその領域で影響の強いマーカーであり、各形質の数値はそのREL P遺伝子座について「あそみのり」型を示した系統の平均値から「IR24」型を示した系統の平均値を減じた効果を表す。

摘 要

直播用良食味品種の育種場面において、将米のDNAマーカーを利用した育種方法の確立のための基礎的な情報を得る目的で、日本型品種‘あそみのり’とインド型品種‘IR24’との交配から単粒系統法で作成した組換え自殖系統（Recombinant inbred lines：RI lines；TSUNEMATSU *et al.* 1996）と同集団における375個のRFLPマーカーの分離データを基に、有用な農業計量形質に關与する遺伝子座の染色体領域の推定を試みた。

- 1) 湛水直播栽培において重要な形質である耐ころび型倒伏性に深く關係する幼苗期における冠根の太さに關与する遺伝子座の染色体領域の推定を行った。その結果、染色体7のC924の近傍が冠根の太さに關与することが強く示唆された。この染色体領域は、‘あそみのり’型を示すものが根の太さを細くする方向に働いていた。
- 2) 良食味品種の育成・選定の際の重要な形質である食味官能評価と米の理化学的特性に關与する遺伝子座の染色体領域の推定を行った。その結果、米の理化学的特性についてみると、1994年産と1995年産に共通して關与した染色体領域は、タンパク質含有率は染色体5で、アミロース含有率は染色体5と染色体8で、アミログラム特性の最高粘度は染色体9で、ブレイクダウンは染色体8であった。

また、食味官能評価値と理化学的特性値に2年間共通に關与する染色体領域は、染色体5のC1447の近傍であることが強く示唆された。この染色体領域は、‘IR24’型を示すものがタンパク質含有率を低くし、粘りを強くし、食味総合評価を良くする領域であった。

以上のように、RI linesを用いて耐ころび型倒伏性に深く關与する冠根の太さと米の食味に關連する遺伝子座の領域の推定を行った。今後はこれらの領域に關する近似同質遺伝子系統の育成を行い、QTLの存在を実証することが必要がある。

第6章 総合考察

全国的に大規模稲作経営を可能にするための低コスト化と高品質化を同時に満たす生産技術の開発・定着が緊急な課題となっている（櫛淵1987）。こうした背景の中で、省力、コスト低減技術である直播栽培に対する期待は以前にも増して強くなってきており、なかでも湛水直播用良食味品種の開発が今後の大規模稲作経営を可能にするための重要なキーポイントである。

湛水直播用水稲品種の具備すべき特性として、①出芽・苗立ちが安定していること。②耐倒伏性に優れること。③安定して収量が高いこと。④良質・良食味であることなどがあげられる。このうち出芽・苗立ちについては、過酸化カルシウムを利用した酸素供給剤の開発と利用法の確立により飛躍的に安定した。一方、耐倒伏性については、水稻の生理生態的な面からの解明はなされてきているが、湛水直播栽培で重要なころび型倒伏に対する抵抗性の評価が行えるような育成・選抜方法は確立されていない。また、米の食味は消費者の良食味米嗜好の高まり、新食糧法下における産地間競争の激化や米の自由化に対応して湛水直播栽培用品種にとっても重要な形質であるが、良食味を前提とした湛水直播栽培用品種の育成・選抜に関する報告は見あたらない。

本研究は以上のような背景と観点から、湛水直播栽培用良食味品種が具備すべき主要な2つの特性である耐倒伏性と米の食味形質を中心に、その選抜手法や食味特性を明らかにしようとした。

まず、湛水直播栽培における耐倒伏性の評価方法の確立を目的に、ころび型倒伏の評価指標として有効とされている押し倒し抵抗値（上村ら1985、松尾ら1986、寺島ら1992、1994、寺島1996）を移植栽培条件下で出穂後15日に測定することによって、直播栽培の耐倒伏性の評価が可能であることを明らかにした。この結果、湛水直播用水稲品種の育種事業において湛水直播栽培することなく移植栽培条件下でも耐倒伏性の選抜手法として押し倒し抵抗値の測定が有効であることを示した。この結果、耐倒伏性の優れる湛水直播用の水稻品種の育成・選定が従来にも増して、効率的かつ的確に行えるであろう。

一方、今日、育種年限の短縮が求められている中で、湛水直播用品種の早い生育時期からの育成・選定のために、播種後18～30日、苗齢2.0～5.2葉の苗の冠根の太さを計測することにより、湛水直播栽培での耐倒伏性の評価が可能であることを明らかにし、より短い育成期間での耐倒伏性の評価方法を確立した。この評価方法は、播種後75日苗の根の太さで選抜できるとする滝田・櫛淵（1983）の方法より、さらに短い育苗期間で行うため、耐倒伏性の優れる品種の育成・選定が圃場での選抜に加えて早期から効率的に行えることが期待される。

次に、米の食味について検討した。湛水直播用品種としても米の食味は具備すべき極めて重要な形質の一つである。登熟期間中の気象条件は、米の食味および食味に関連する理化学的特性に大きく影響を及ぼすため、湛水直播栽培における米の食味と理化学的特性を明らかにするためには、移植栽培と登熟期間を同じにして比較検討することが重要である。この点に関して、出穂期を揃えて湛水直播栽培と移植栽培とを比較して論じた報告はなかった。

そこで、北部九州における稲・麦二毛作体系を前提とした6月上旬播種の湛水直播栽培における米の食味および理化学的特性について、登熟期間がほぼ同じになるようにした移植栽培と比較して検討した。その結果、移植栽培で米の食味が優れた品種は湛水直播栽培においても優れ、しかも湛水直播栽培での米の食味は移植栽培に比較して優れていることが判明した。この湛水直播栽培で食味が優れた一つの理由は、穂相の変化により1次枝梗着生粒数が多かったことに起因することを明らかにした。以上のことから、湛水直播栽培での良食味形質の選抜は移植栽培条件下でも可能であることが判明した。

さらに、湛水直播栽培における良食味生産の視点から、湛水直播栽培での苗立ち密度と点播、条

播および散播などの播種様式が食味に及ぼす影響を検討した。その結果、米の食味および理化学的特性、耐倒伏性、収量性や外観品質から総合的に判断して、最適な苗立ち密度は80本/m²であることを明らかにした。播種様式の違いによる食味の差は明らかでなかったが、点播や条播様式は散播様式に比較して、耐倒伏性は優れることが明らかとなった。以上のことから、ここで明らかにされた湛水直播栽培における適正な播種密度および播種様式は品種選定試験に利用できるとともに、生産現場において湛水直播栽培の安定生産技術として普及に移され、水稻の高品質安定生産に寄与することが期待される。

耐倒伏性の優れる湛水直播用良食味品種の育成・選定のためには、耐倒伏性からみた理想的な草型を構築することが重要である。一方、湛水直播条件下で、耐倒伏性を評価する指標形質について、多くの良食味品種を供試して明らかにした報告は見あたらない。そこで、本研究では、北陸地域以南で栽培されている良食味品種を供試し、湛水直播栽培条件下での耐倒伏性に影響を及ぼす形質および形質間の関連性を検討するとともに、耐倒伏性に関与する形質を用いて主成分分析による良食味品種の耐倒伏性の総合的な耐倒伏性の評価を試みた。

その結果、耐倒伏性を付与した湛水直播専用品種を育成・選定する場合、稲体を支持する稈の太さ、稈の強さを表す挫折重および稲体の支持力を表す冠根の太さが耐倒伏性を評価する指標形質になり得ることが明らかとなった。つまり、湛水直播用良食味品種を育成する場合には稈が太く、挫折重が大きく、冠根が太い品種が耐倒伏性の強い草型を示すことが判明した。これらの情報は品種の育成・選定の際に利用されることが期待される。

本研究においては、現在良食味品種として栽培されている品種や新しく育成された系統を用いて、湛水直播栽培における耐倒伏性の検定を行ってきた。現在の良食味品種の耐倒伏性は、直播栽培条件下で育成・選抜が行われてきたアメリカ品種に比較すると劣り、更なる耐倒伏性の付与のためにはアメリカ品種のもつ耐倒伏性を有する品種の育成が必要である。湛水直播用良食味品種の育成に当たっては、幼苗期では冠根の太さにより早い生育時期からの耐倒伏性の選抜を行い、本田では草型と地下部の株支持力を推定できる押し倒し抵抗値を用いて移植栽培条件下で耐倒伏性の優れた品種の選抜が効率的に行える。また、良食味形質は移植栽培条件下で選抜できるため、従来からの移植栽培での食味評価でよいと考える。収量性は後期世代での湛水直播栽培の生産力検定試験において選定を加えて、総合的に湛水直播用良食味品種としての評価を行うこととなる。

以上、本研究により湛水直播用の良食味品種の育成・選定や湛水直播栽培技術の理論的根拠が得られ、これらの根拠により、速やかで的確な選抜・育成の方策をとることが可能になったと考えられる。この選抜・育成のためには、遺伝的変異の存在が必要であり、変異の作出や拡大のためにはその遺伝様式に関する知識と遺伝資源の探索が今後の課題である。

一方、現在の水稻の育種事業においては、望ましい形質をもつ品種・系統を交配し、その雑種後代から表現型として現れる有用形質を目標にして、育種家の経験と客観的な理化学的特性値に基づいて緻密な選抜がなされている。このような特性評価や選抜にかかる時間と労力をいかに少なくするかが、育種の効率化を進める上で重要な問題となる。かりに選抜個体の遺伝子型すなわち望ましい特性を決定している遺伝子の違いが簡単に調査でき、さらには最も望ましい遺伝子型個体を選ぶことができれば、育種期間の短縮や選抜方法の簡易化など育種を飛躍的に効率化することができる。

有用農業計量形質の遺伝分析に際しては、従来は統計遺伝学的手法で行われてきた。近年、分子生物学的手法の進歩により、高等植物のDNA多型を容易かつ多数検出することが可能となり、この多型(RFLP)を分子マーカーとする育種事業が模索されている。水稻育種事業においても、選抜形質に関与する遺伝子に連鎖するDNAマーカーの同定ならびにDNAマーカーを利用した効率的育種技術の開発がなされようとしている(矢野1996)。今後のDNAマーカーを利用した育種の基礎的な知見を得るためには、有用農業形質の遺伝的な解析を行い、その形質と染色体上に高密度に散在する

RFLPマーカーの遺伝子型との関連性を調べるのが重要である。つまり、関連性の高い染色体領域として量的形質の発現に関与する量的形質遺伝子座 (Quantitative trait loci : QTL) の数や染色体上での位置を決定し、QTLの実態を詳細に解明していくことが必要である。そこで、湛水直播用良食味品種の育種場面において、将来のDNAマーカーを利用した育種法の基礎的な情報を得る目的で、九州大学農学部育種学教室で‘あそみのり’と‘IR24’の交配組合せから育成された組換え自殖系統 (Recombinant Inbred lines : RI lines) を用いて、湛水直播栽培における耐倒伏性に深く関与する冠根の太さや米の食味および理化学的特性に関与する遺伝子座の染色体領域の推定を試みた。

その結果、湛水直播栽培における耐ころび型倒伏性に深く関係する冠根の太さの遺伝子座の一つは染色体7にあることが明らかとなった。また、食味総合評価や粘りおよび精米中のタンパク質含有率に関連する遺伝子座の一つは染色体5にあることが強く示唆された。有用農業形質は量的な形質が多く、これまで遺伝子座の推定は困難であるとされてきた。しかし、このRI linesにおいては、量的形質に関与する遺伝子座の染色体領域の推定が可能であることが明らかとなった。この結果は、今後のDNAマーカーを利用した量的形質の育種の基礎的情報となり、さらには、冠根の太さや食味の決定に関わる遺伝子を見出す可能性を提示している。今後は、ここで明らかにした冠根の太さや米の食味の遺伝子座に関する近似同質遺伝子系統の育成を行いながらQTLの存在を実証するなどの基礎的研究が必要である。

本研究で用いたRI linesは‘あそみのり’と‘IR24’に由来したもので、この交配組合せで検出された各形質に関与する推定領域は第1～4章で調査された品種を素材とした育種に情報を与えないという指摘が当然あると予想される。しかしながら、最近のQTL解析においてはイネ科の種間においても、ある形質に対する関与領域は保存されているという報告 (PATERSON *et al.* 1995) もあり、第5章で推定したQTLの染色体領域は、今後のこれらの形質の遺伝分析において着目されるべき領域であると考えられる。特に、食味形質は湛水直播用品種ばかりでなく、移植用品種の育種目標として我が国では最も重要な形質と考えられている。本研究で明らかにした食味に関与する染色体領域の推定は最初の報告であるため、将来の米の食味に関する遺伝分析に重要な情報になると考える。

第7章 総合摘要

近年、農業の国際化、稲作労働力の高齢化や担い手の減少を背景として、全国的に大規模稲作経営を可能にするための低コスト化と高品質化を同時に満たす直播生産技術の開発・定着が緊急な課題となっており、その中でも直播用良食味品種の開発・普及は重要な課題である。本論文は、湛水直播栽培における耐倒伏性の選抜手法や湛水直播栽培での米の食味特性について検討した。特に、耐倒伏性の評価に当たっては、押し倒し抵抗値や幼苗期の冠根の太さによる早期選抜方法の開発、湛水直播栽培における食味特性の解明、有用農業形質のQTL解析、良食味品種の主成分分析による耐倒伏性の分類を行った。さらに、明らかにした耐倒伏性の指標形質を用いて、現在の良食味品種・系統の中で、湛水直播栽培条件下においてころび型倒伏に強い品種・系統の選定を行った。以下、その成果の概要を述べる。

- 1) 湛水直播栽培においては倒伏程度と稲体の支持力を表す押し倒し抵抗値と相関が高く、押し倒し抵抗値を用いて立毛状態で、耐倒伏性の品種間差を評価できる。
- 2) 移植栽培における押し倒し抵抗値と湛水直播栽培における倒伏程度の相関が高かったことから、移植栽培条件下で押し倒し抵抗値を測定することにより、湛水直播栽培条件下における倒伏程度を判定することが可能である。
- 3) 1株1本植えの移植栽培における出穂後15日の押し倒し抵抗値は正規分布をし、統計的解析が可能であることが明らかとなった。1株1本植えで多数の品種・系統を供試して育成・選定を行う場合、1系統5株の押し倒し抵抗値の測定で系統間差を表せることが明らかとなった。この5株という少ない調査標本数は、多数の供試品種・系統の中から直播適性の高い品種・系統を選抜する場合には、測定の効率化に有効と判断された。特に、雑種後代の分離集団での選抜に有効と考えられる。湛水直播用の耐倒伏性の優れた水稻品種を育成・選定する方法は、1株1本植えで移植栽培を行い出穂後15日頃に稲株の地上10cmの部位に倒伏試験器を当て、90度（直立）から45度まで倒したときの応力を1穂当たりに換算する。
- 4) 水稻苗の播種後18日、20日および30日の冠根の太さは、湛水直播栽培における倒伏程度と負の相関を示し、押し倒し抵抗値とは正の相関関係を示した。一方、播種後10日および12日の冠根の太さと倒伏程度および押し倒し抵抗値との間には一定の関係は認められなかった。さらに、良食味品種を多数供試した場合においても、播種後30日の冠根の太さは倒伏程度と負の相関関係を、押し倒し抵抗値とは正の相関関係を示した。

これらの結果より、播種後18～20日および30日の幼苗期における冠根の太さを計測することにより、湛水直播栽培での耐倒伏性の評価が可能であり、したがって、耐倒伏性の優れた良食味品種の育成・選定が可能であることが示唆された。

- 5) さらに、水稻苗の冠根の調査を行う場合の効率的な育苗法を検討した。ポット育苗はマット育苗に比べて個体変異の小さい冠根が得られ、冠根の太さの品種間差が現れやすいことから、幼苗期における冠根の太さの調査に際しては、ポット育苗の方が適することが確認された。
- 6) 米の食味と理化学的特性に関しては、湛水直播栽培と移植栽培との間において高い正の相関関係が存在し、移植栽培において米の食味と理化学的特性値（精米中のタンパク質含有率、アミロース含有率、アミログラム特性である最高粘度およびブレイクダウン）が優れている品種は湛水直播栽培においても優れていることが認められた。
- 7) 湛水直播栽培の米の理化学的特性値は、移植栽培に比較してタンパク質含有率はやや高くなるもののアミロース含有率は低く、最高粘度は高く、ブレイクダウンは大きかった。
- 8) 湛水直播栽培の収量は、移植栽培に比較して、 m^2 当たり初数が減少して低かった。また、湛水

直播栽培では1次枝梗着生糊数が多くなり、千粒重が重く、登熟歩合が高くなった。湛水直播栽培で米の食味が優れたのは、米粒の充実度が向上したためアミロース含量が低く、最高粘度は高く、ブレークダウンは大きくなったためと考えられた。

- 9) 水稻の湛水直播栽培において苗立ち密度と生育・収量および食味に及ぼす影響を検討した。その結果、倒伏、収量性、外観品質、米の食味および理化学的特性から総合的に判断して、好適な苗立ち密度は80～100本/㎡で、最適な苗立ち密度は80本/㎡にあることが明らかとなった。

- 10) 水稻の湛水直播栽培における点播、条播や散播の3つの播種様式が水稻の生育、収量性、玄米品質、食味や理化学的特性に及ぼす影響を検討した。

その結果、点播と条播は散播に比較して耐倒伏性や収量性は優れ、食味にとっても安定した播種様式であることが明らかとなった。

- 11) 日本の良食味品種の倒伏関連形質は、アメリカ品種に比較して、稈長はやや長く、挫折重は小さく、稈の太さおよび冠根の太さはやや細い傾向にあった。

- 12) 湛水直播栽培用の良食味品種を育成・選定する場合の耐倒伏性の指標形質を明らかにするため、稈長、稈の太さ、挫折重および冠根の太さの4つの形質を用いて主成分分析を行った。その結果、耐倒伏性を評価する指標形質としては、稲体を支持する稈の太さ、稈の強さを表す挫折重および稲体の支持力を表す冠根の太さがなり得ることが明らかとなった。

- 13) 北部九州において耐倒伏性が優れた良食味品種は‘キヌヒカリ’、‘ミネアサヒ’、‘ちくし7号’、‘とくひかり’、‘朝の光’、‘ほほえみ’、‘ちくし15号’、‘葵の風’および‘ユメヒカリ’の9品種・系統であった。特に、早生種である‘ちくし15号’は、稲体の支持力を示す押し倒し抵抗値が優れ、稈は太く、N₃節間の挫折重は大きく、冠根が太い品種であるとともに、多収を示す良食味品種であった。

- 14) 以上の結果から、湛水直播栽培用の良食味品種を育成・選定する場合の、耐倒伏性の選抜手法や湛水直播栽培における食味特性が明らかとなった。特に、耐倒伏性の評価に当たっては、移植栽培条件下での押し倒し抵抗値の測定による選抜や幼苗期の冠根の太さによる早期選抜方法が確立された。また、湛水直播栽培における食味特性の解明、有用農業形質の遺伝子座の推定、良食味品種の主成分分析による耐倒伏性の分類により、育成・選定上の重要な興味ある指標や事実が明らかとなった。これらの結果は、湛水直播用良食味品種の育成・選定や、栽培技術の確立などに大いに寄与し、湛水直播栽培における良食味米生産のための理論的基礎になると考えられる。

- 15) 水稻の湛水直播栽培において重要な形質である耐ころび型倒伏性に深く関係する幼苗期の冠根の太さのQTL解析を行った。解析に用いたRI lines (‘あそみのり’ × ‘IR24’) はF₉世代の71系統を用い、解析の方法はRFLP連鎖地図に基づき、各RFLP遺伝子座について両親の遺伝子型に分けて、冠根の太さの平均値を比較し、有意差がみられた遺伝子座をそのQTLと推定した。

その結果、冠根の太さに関与する1つの染色体領域として、染色体7のC924の近傍が関与することが強く示唆された。この領域は、‘あそみのり’型を示す遺伝子型が根の太さを細くする方向に働いていた。今後は、この遺伝子座に関する近似同質遺伝子系統の育成を行い、QTLの存在の実証を行う必要がある。

- 16) 水稻良食味品種の育成・選定の際の重要な形質である食味官能評価と精米の理化学的特性に関与する遺伝子座の推定をRI linesを用いて行った。QTLの解析に用いたRI lines (‘あそみのり’ × ‘IR24’) はF₉およびF₁₀世代の71系統を用いた。解析の方法はRFLP連鎖地図に基づき、各RFLP遺伝子座について両親の遺伝子型に分けて、食味官能評価と精米の理化学的特性の平均値を比較し、有意差がみられた遺伝子座をそのQTLと推定した。

その結果、米の食味官能評価と理化学的特性値がF₉世代とF₁₀世代に共通に関与する領域は染

色体5のC1447の近傍であることが強く示唆された。この染色体領域は、'IR24'型を示す遺伝子型がタンパク質含有率を低くし、粘りを強くし、食味総合評価を良くする領域であった。今後は、この領域に関する近似同質遺伝子系統の育成を行い、QTLの存在の実証を行う必要がある。

引用文献

- 相川宗蔵・森脇良三郎 1982. 水稻湛水直播栽培における播種様式が生育相と収量に及ぼす影響. 日育・日作北海道談話会報 22: 12.
- 秋田重誠 1990. アメリカ合衆国の稲作を支える技術と研究(1)ーわが国の稲作研究へのインパクトー. 農業技術 45: 337~341.
- 青木岳央・荒井忠夫・大和田輝昌・山口正篤 1988. 湛水直播栽培における出芽苗立・播種期及び肥培管理法. 栃木農試研報 35: 9~20.
- 浅井辰夫・永井 衛・青木包雄・西川浩二 1988. 静大農場における水稻の晩期湛水土壌中直播栽培についてー実際栽培に見られた2, 3の問題点ー. 日作東海支部報 106: 1~5.
- 浅井辰夫・西川浩二・青木包雄・中井弘和 1993. 水稻の晩期湛水土壌中直播栽培における良質多収性獲得技術の模索. 日作東海支部報 116: 17~21.
- CHAMPOUX, M.C, G. WANG, S. SARKARUNG, D.J. MACKILL, J.C. O'TOOLE, N. HUANG and S. R. McCOUCH 1995. Locating genes associated with root morphology and drought avoidance in rice via linkage to molecular markers. Theor. Appl. Genet. 90: 969-981.
- 茶村修吾・金子平一・斉藤祐幸 1979. 登熟期の気温と米の食味との関係ー登熟期間を一定温度とした場合ー. 日作紀 48: 475~482.
- 土居健一・真鍋尚義・佐藤寿子・千蔵昭二 1988. 重粘土水田における水稻湛水土壌中直播栽培技術 第2報 作柄安定化のための播種量・施肥法・水管理. 福岡農総試研報 A7: 25~30.
- 芳賀光司・香村敏郎・高松美智則・朱宮昭男・釈 一郎 1977. 水稻直播用品種の育成に関する研究(第1報) 湛水直播における稲品種の耐ころび型倒伏性. 愛知農総試研報 A9: 13~23.
- 萩原素之・井村光夫・三石昭三 1987. 湛水土壌中に播種した水稻種籾近傍の酸化還元状態. 日作紀 56: 356~362.
- 萩原素之・井村光夫・三石昭三 1990. 酸素発生剤を被覆した水稻種籾の近傍で起こる局所的土壌還元と発芽・出芽との関係. 日作紀 59: 56~62.
- HAGIWARA, M. and M. IMURA 1993. Varietal difference and temperature response of local soil-reduction around germinating rice seed. Jpn. J. Crop Sci. 62: 105~110.
- 花見 厚・阿部貞尚 1984. 湛水土中直播栽培の実用化に関する研究 第1報 出芽・苗立におよぼす播種深度の影響. 日作東北支部会報 27: 21~22.
- 東 正昭・櫛淵欽也・伊藤隆二 1974. 高蛋白米品種の育種に関する基礎的研究. I. 玄米蛋白含有率の品種間差異および諸形質とくに収量との関係について. 育種 24: 88~96.
- 氷高信雄 1968. 水稻の倒伏と被害の発生機構に関する実験的研究. 農技研報 A15: 1~175.
- 堀末 登 1994. 直播適性. 農業技術体系2②. 農文協, 東京. 334の4~334の8.
- 星川清親 1974. 機械移植栽培のための水稻育苗の理論と技術(21). 農及園 49: 1549~1552.
- 稲津 脩 1985. 北海道産米の食味特性. 土肥誌 56: 446~448.
- 伊藤隆二・櫛淵欽也・谷口 晋・中根 晃 1965. 直播水稻育種のためのヒルプロット利用. 農事試験場研究報告 7: 27~34.
- 加賀山文雄・鍛冶原俊夫・坂井定義 1984. 暖地における水稻湛水直播栽培に関する研究 第1報 湛水土壌中直播の出芽苗立について. 九州農業研究 46: 24.
- 片山 佃 1951. 稲・麦の分蘖研究 ー稲・麦の分蘖秩序に関する研究ー. 養賢堂, 東京. 1~117.
- 木戸三夫・梁取昭三 1968. 腹白, 基白, 心白状乳白, 乳白米の穂上における着粒位置と不透明部

- のかたちに関する研究. 日作紀 37: 534~538.
- 小池俊吉 1993. 二毛作地帯における水稲乾田直播技術開発の今日的意義と開発方向. 中国農研報 12: 1~20.
- 金 忠男 1991. 北陸地域における水稲直播栽培の現状と将来. 植調 25: 52~57.
- 小山懸雄・田中孝幸 1984. 湛水直播水稲の播種密度と施肥反応. 北陸作物学会報 19: 41~43.
- 櫛渕欽也 1987. 日本の稲作. 農及園. 62 (増刊号): 1~11.
- 櫛渕欽也 1993. 期待される技術革新の方向と課題 一稲作の省力化を中心に. 植調 27: 92~97.
- 楠田 宰 1994. 水稲の圃場試験調査法の改善に関する基礎的研究. 中国農研報 13: 1~60.
- LANDER, E. S., P. GREEN, J. ABRAHAMSON, A. BARLOW, M. J. DALY, S. E. LINCOLN and L. NEWBURG 1987. MAPMAKER: An interactive computer package for constructing primary genetic linkagemaps of experimental and natural populations. Genomics 1: 174-181.
- 前重道雅 1984. 米の食味関与要因の変動に関する研究. 第5報糊化特性並びに炊飯特性に及ぼす登熟気温の影響. 広島農試報告 48: 17~22.
- 増田萬孝 1994. コメの部分開放と緊急輸入. 農及園 69: 743~750.
- 松江勇次・水田一枝・古野久美・吉田智彦 1991. 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. 日作紀 60: 490~496.
- MATSUE, Y., K. ODAHARA and M. HIRAMATSU 1994. Differences in protein content, amylose content and palatability in relation to location of grains within rice panicle. Jpn. J. Crop Sci. 63: 271~277.
- 松江勇次 1995. 北部九州産米の食味に関する研究. 第6報 1993年の低温, 寡照条件下における米の食味および理化学的特性に対する苗の種類の効果. 日作紀 64: 714~716.
- 松尾孝嶺 1952. 栽培稲に関する種生態学的研究. 農技研報 D3: 1~111.
- 松尾喜義・小松良行・上村幸正 1986. 簡易な水稲倒伏抵抗性測定装置—その試作と湛水直播試験への応用例—. 農業技術 41: 223~225.
- 三石昭三 1975. 水稲の湛水直播における土壤中埋没播種に関する作物学的研究. 石川農短大特報 4: 1~59.
- 三石昭三・森田 脩・中島敦司・服部 健 1990. 水稲の湛水土壤中散播栽培における苗立ち密度が生育・収量におよぼす影響. 三重大生物資源付属農場研報 8: 1~10.
- 三浦肆玖樓 1932. 水稲種子の熟度, 穂上の位置並に比重に関する二三の実験 (要旨). 日作紀 4: 144~149.
- MIYASAKA, A. 1970. Studies on the strength of rice root. II. On the relationship between root strength and lodging. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 39: 7~14.
- 宮坂 昭・高屋武彦 1982. 乾田直播水稲における倒伏防止に関する研究第1報密播条件下での倒伏抵抗性の品種間差異. 日作紀 51: 360~368.
- 鍋島 学・沼田益朗 1994. 播種期を異にする直播水稲の食味. 富山県農技セ研報 14: 9~17.
- 長戸一雄・江幡守衛 1965. 登熟期の高温が穎果の発育ならびに米質に及ぼす影響. 日作紀 34: 59~66.
- 中村喜彰 1978. 湛水土壤中直播機に関する研究. 石川農短大特報 7: 1~137.
- 中村喜彰・村瀬治比古・渋谷 栄・前田 衛・蔵 義明 1984. 水稲の湛水土壤中直播栽培の研究—播種密度と生育特性—. 農機学会関西支部報 56: 8~9.
- 中村喜彰・村瀬治比古・渋谷 栄・中嶋 洋・浦野 衛・松田友仁 1985. 水稲の湛水土壤中直播栽培の研究—栽植密度と管理技術の検討—. 農機学会関西支部報 58: 83~85.
- 中村喜彰・村瀬治比古・渋谷 栄・桶 敏・岡田耕一・岸田道生 1986. 湛水土壤中直播栽培技

- 術の研究—播種条間、株間および密度—。農機学会関西支部報 60:54~55,59.
- 浪花 勲・横山俊一・三鍋昌俊 1970. 米質に及ぼす窒素施肥条件の影響. 2. 出穂前期の窒素追肥量および初数を異にした場合における玄米の蛋白質含有率について. 福井大学教育学部紀要 第V部 応用科学 第8号(農学編) 第1:1~11.
- 西垣誠二・浦田敏業・松下美郎・山田倫章・潘 耀平 1991. 水稻湛水土壤中直播の作期と生育収量についての研究. 大阪農技セ研報 27:31~37.
- 農林水産省農産園芸局 1993. 水稻・麦類奨励品種特性表. 農業技術協会, 東京. 66~131.
- 尾形武文・川村富輝・原田皓二 1992. 近赤外分光分析計を利用した米の食味関連成分の測定 第1報 精米中窒素, アミロース含量及びアミログラム特性の測定. 日作九支報 59:41~42.
- 尾形武文・住吉 強 1994. 近赤外分光法による米の品質評価法 第1報 精米中窒素含量測定のための検量線の作成. 福岡農総試研報 A-13:1~4.
- 尾形武文・石丸知道・住吉 強 1994a. 西南暖地における水稻湛水土壤中直播栽培での耐倒伏性の評価について. 日作紀 63(別2):31~32.
- 尾形武文・川口哲也・住吉 強 1994b. 暖地の水稻湛水直播栽培における耐倒伏性の品種間差. 日作九支報 60:3~4.
- 尾形武文・石丸知道・住吉 強 1995. 暖地における湛水直播栽培に適した水稻品種選定に関する研究 第1報 幼苗期の根の太さと耐倒伏性. 日作九支報 61:16~17.
- 尾形武文・松江勇次 1996a. 水稻湛水直播栽培における主成分分析による良食味品種の耐倒伏性の評価. 日作九支報 62:11~12.
- 尾形武文・松江勇次 1996b. 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究 第1報 耐倒伏性の評価方法. 日作紀 65:87~92.
- 尾形武文・松江勇次 1996c. 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究 第2報 幼苗期の冠根の太さによる耐倒伏性の評価方法. 日作紀 65:502~508.
- OGATA, T. and Y. MATSUE 1996d. Palatability and physicochemical properties of rice grown under direct sowing cultivation in flooded paddy field. The 2nd Asian Crop Science Conference: 746-747.
- 尾形武文・吉村 淳・松江勇次・常松浩史・岩田伸夫 1996a. イネの幼苗期における根の太さのQTL解析. 育雑 46(別1):434.
- 尾形武文・吉村 淳・松江勇次・常松浩史・岩田伸夫 1996b. イネの食味および理化学的特性のQTL解析. 育雑 46(別2):435.
- 尾形武文・松江勇次 1997a. 水稻移植栽培における押し倒し抵抗値の効率的な測定方法. 日作紀 66:129~130.
- 尾形武文・松江勇次 1997b. 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究 第3報 湛水直播栽培における米の食味と理化学的特性. 日作紀 66:214~220.
- 太田保夫・中山正義 1970. 湛水条件における水稻種子の発芽におよぼす過酸化石灰粉衣処理の影響. 日作紀 39:535~536.
- PATERSON, A. H., Y.-R. LIN, Z. LI, K. F. SCHERTZ, J. F. DOEBLEY, S. R. M. PINSON, S.-C. LIU, J. W. STANSEL and J. E. IRVINE 1995. Convergent domestication of cereal crops by independent mutations at corresponding genetic loci. Science 269:1714-1718.
- 坂井定義・伊藤延久 1975. 水稻湛水散播栽培に関する研究 第1報 倒伏要因と栽培法について. 日作九支報 42:89~91.
- 佐々木次郎・鶴田広身 1990. 条播き水稻湛水直播栽培における苗立数と分けつ体系. 東北農業研究 43:9~10.
- 世古晴美・佐村 董・越生博次 1983. 水稻湛水土中直播栽培の播種様式と生育収量. 近畿中国

- 農研 66 : 9 ~ 12.
- 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.
- 下坪訓次・富樫辰志 1996a. 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究 1. 点播直播について (予報). 日作紀 65 (別1) : 12 ~ 13.
- 下坪訓次・富樫辰志 1996b. 水稻の代かき同時土中直播栽培の確立に関する研究 2. 点播水稻と条播水稻の押倒し抵抗の比較. 日作紀 65 (別1) : 14 ~ 15.
- SOKAL, R. R. and F. J. ROHLF 1995. Biometry : the principles and practice of statistics in biological research. 3d ed. W. H. FREEMAN and COMPANY, U.S.A. 1 ~ 887.
- スネデカー, G.R.・W.G. コ克蘭 1967. 統計的方法 原書第6版. 畑村又好・奥野忠一・津村善郎訳. 岩波書店, 東京. 1 ~ 546.
- 高屋武彦・宮坂 昭 1983. 乾田直播水稻における倒伏防止に関する研究 第2報 出穂後における稲体諸形質の推移と倒伏抵抗性との関係. 日作紀 52 : 7 ~ 14.
- 滝田 正・櫛渕欽也 1983. 直播栽培適応型水稻品種育成における根の太さの選抜の意義と選抜法. 農研センター研報 1 : 1-8.
- TAMAKI, M., M.EBATA, T.TASHIRO and M.ISHIKAWA 1989. Physico-ecological studies on quality formation of rice kernel. II. Changes in quality of rice kernel during grain development. Jpn. J. Crop Sci. 58 : 659 ~ 663.
- 田中 明 1987. 世界の稲作風土. 農及園. 62 (増刊号) : 23 ~ 32.
- 谷藤雄二 1994. 寒冷地における水稻直播定着化への技術的課題 一山形県農試直播研究40年の歩みから一. 農業技術 49 : 246 ~ 250.
- TANKSLEY, S.D., N.D. YOUNG, A.H. PATERSON and M.W. BONIERBALE 1989. RFLP mapping in plant breeding : New tools for an old science. Bio/Technology 7 : 257-264.
- 寺島一男・秋田重誠・酒井長雄 1992. 直播水稻の耐倒伏性に関与する生理生態的形質第1報押し倒し抵抗測定による耐ころび型倒伏性の品種間比較. 日作紀 61 : 380 ~ 387.
- 寺島一男・尾形武文・秋田重誠 1994. 直播水稻の耐倒伏性に関与する生理生態的形質 第2報耐ころび型倒伏性品種の根の生育特性. 日作紀 63 : 34 ~ 41.
- 寺島一男・秋田重誠・酒井長雄 1995. 直播水稻の耐倒伏性に関与する生理生態的形質 第3報根の土壤中分布特性と耐ころび型倒伏性との関係. 日作紀 64. 243 ~ 250.
- 寺島一男 1995. 直播関連特性. 山本隆一・堀末 登・池田良一編. イネ育種マニュアル. 農業研究センター研究資料 第30号 : 104 ~ 109.
- 寺島一男 1996. 稲における転び型倒伏抵抗性品種の生理・生態特性. 農業技術 51 : 156 ~ 162.
- 鳥山国士 1962. 湛水直播用水稲品種の改良と問題点. 農業技術 17 : 305 ~ 309.
- 津村善郎 1956. 標本調査法. 岩波書店, 東京. 1 ~ 215.
- 津村善郎・築林昭明 1986. 標本調査法. 岩波書店, 東京. 1 ~ 279.
- 常松浩史・吉村 淳・矢野昌裕・土井一行・岩田伸夫 1994. RI(Recombinant Inbred)集団と分子マーカーを利用したイネの量的形質の解析 I. 出穂期について. 育種 44 (別1) : 236.
- 常松浩史・吉村 淳・矢野昌裕・岩田伸夫 1995. RI(Recombinant Inbred)集団と分子マーカーを利用したイネの量的形質の解析 III. 出穂期について(2). 育種 45 (別1) : 83.
- TSUNEMATSU, H., A. YOSHIMURA, Y. HARUSHIMA, Y. NAGAMURA, N. KURATA, M. YANO, T. SASAKI and N. IWATA 1996. RFLP framework map using recombinant inbred lines in rice. Breeding Science. 46 : 279 ~ 284.
- 上村幸正・松尾喜義・小松良行 1985. 湛水直播水稻の倒伏抵抗性について. 日作四国支部紀事 22 : 25 ~ 31.

- 上山 泰・秋田謙司・松井範義・石田 薫・尾崎 武・南條 巖・丸山正晴・飯尾恵二・三宅幹男
1989. 湛水土壤中直播栽培水稻の生育, 収量に及ぼす播種量の影響. 神戸大農場報告 2 :
12~18.
- 鶴飼保雄 1993. DNAマーカー連鎖地図の作成と利用における統計的解析法. 育種学最近の進歩
34 : 37~45.
- 鷺尾 養 1989. 水稻湛水土壤中直播栽培における最近の動向(1)―栽培技術の成立経過と現状―.
農業技術 44 : 150~153.
- 渡部 隆・桃木信幸・石川哲也・寺島一男 1994. 栽植密度の異なる散播水稻における生育特性
について. 日作紀 63 (別2) : 33~34.
- 渡辺利通 1985a. イネの倒伏抵抗性に関する育種学的研究 第1報 倒伏抵抗性関連形質による
品種の群別. 農技研報 D36 : 147~196.
- 渡辺利通 1985b. イネの倒伏抵抗性に関する育種学的研究第2報倒伏抵抗性におよぼす関連形質
の寄与. 農技研報 D36 : 197~218.
- 渡邊 泰・姫田正美・鷺尾 養・宮田 悟・堀内久太郎 1995. 直播稲作研究の回顧と展望(1).
農業技術 50 : 363~368.
- 八木忠之 1983. 水稻の強稈性に関する育種学的研究 1. 強稈性および関連形質の品種間差異.
育種 33 : 411~422.
- 八木忠之・平林秀介 1995. 水稻育種における不耕起直播栽培による生産力検定試験. 日作九支
報 61 : 4~6.
- 山田 登 1951. 過酸化石灰による作物に対する酸素の給供 (予報). 日作紀 21 : 65~66.
- 山本隆一 1990. 水稻直播栽培用品種開発の道標. 農業技術 45 : 385~391.
- YAMAMOTO, T. 1975. Studies on the breeding procedure of the high yielding variety for direct seeding
in rice plant. Bull. Chugoku Natl. Agric. Exp. Stn., Ser. A24 : 1~75.
- 柳田敏文・芝山秀次郎 1985. 水稻苗の発根様相の品種間比較. 日作紀 54 (別1) : 4~5.
- 矢野昌裕 1991. 遺伝子地図の作成と育種への利用. 農業技術 46 : 98~102.
- 矢野昌裕・清水博之 1993. 制限酵素断片長多型 (RFLP) を利用したイネ日印交雑後代系統の図
式遺伝子型の推定. 北陸農試報 35 : 63~71.
- 矢野昌裕 1996. 作物育種の新戦略―DNAマーカーを指標とした選抜法の確立にむけて―. 農業
技術 51 : 385~389.
- 横山繁樹 1990. 世界の米生産と日本・アメリカにおける米生産比較. 農業研究センター研究資
料 第21号 : 1~72.

Evaluations of Characters in Rice Varieties adapted for Direct Sowing Culture in Flooded Paddy Fields

by

OGATA Takefumi

This study was undertaken to find, 1) The evaluation of lodging tolerance under direct sowing culture by pushing resistance of rice plants under transplanting culture. 2) The evaluation of lodging tolerance under direct sowing culture by crown root thickness during seedling stage. 3) The explanation of palatability and physicochemical properties of milled rice under direct sowing culture. 4) The estimating of lodging tolerance based on principal component for a highly palatable rice cultivar under direct sowing culture and the selection of the rice varieties with good eating-quality adapted for direct sowing culture in Northern Kyushu. 5) Quantitative trait loci (QTL) analysis for the leading characters (crown root thickness and palatability of milled rice) of rice under direct sowing culture.

1. Under direct sowing culture, lodging degree showed a significant positive correlation with pushing resistance. This result indicates that it is possible to use pushing resistance as an indicator of lodging tolerance under direct sowing in Northern Kyushu.
2. Pushing resistance under transplanting culture showed a significant positive correlation with the lodging tolerance under direct sowing culture. Therefore, this result indicates that the lodging degree under direct sowing culture can be evaluated by pushing resistance under transplanting culture.
3. The pushing resistance of rice plants, which were transplanted by a seedling per hill, at fifteen days after heading was normally distributed. In the case of selecting rice varieties with high lodging tolerance adapted for direct sowing culture under transplanting culture, varietal difference of pushing resistance could be showed by 5 hills per a variety for sample numbers. It was concluded that this small sample numbers for survey as 5 hills per a variety was extremely efficient in selecting rice varieties with high lodging tolerance.
4. Crown root thickness of seedlings at 18, 20 and 30 days after sowing showed a significant negative correlation with lodging degree, and showed a significant positive correlation with the pushing resistance under direct sowing culture. On the other hand, there was no correlation between crown root thickness of seedlings at 10 or 12 days after sowing and lodging degree and pushing resistance. Furthermore, in the case of testing many good eating quality rice cultivars, crown root thickness of seedling at 30 days after sowing showed a significant negative correlation with lodging degree and a significant positive correlation with pushing resistance. In conclusion, we found that the lodging tolerance of the cultivars with thick roots at the seedling stage was generally resistant. This leads us to suppose the varieties with good eating-quality adapted for direct sowing culture could be selected at the juvenile stage

based on crown root thickness of seedlings.

5. Individual variation of seedling which was grown in seedling pot was smaller than that in nursery box. In the case of carrying out investigation into crown root thickness of seedling, seedling raising in pot was superior to that in box.
6. It was undertaken to clarify the palatability and physicochemical properties of milled rice under direct sowing culture in comparison with those under transplanting culture, which had mostly the same ripening period with direct sowing culture. The correlation coefficient between direct sowing culture and transplanting culture was 0.958*** for palatability, 0.868** for protein content, 0.985*** for amylose content, 0.992*** for maximum viscosity and 0.976*** for breakdown value. Therefore, highly palatable cultivars under transplanting culture showed a relatively high palatability for the milled rice under direct sowing culture.
7. The milled rice under direct sowing culture showed a higher protein content, lower amylose content, and higher maximum viscosity and breakdown values than those under transplanting culture.
8. The direct sowing culture was about 5% lower yielding than the transplanted rice due to the decreased number of panicles per m², although it showed heavier 1000-grain weight and a higher percentage of ripened grains than those of the transplanted rice. Therefore, it was concluded that the amelioration of palatability under direct sowing culture was caused by the decrease of amylose content and an increase in the maximum viscosity and breakdown values, which was closely related to the extent of grain filling under direct sowing culture.
9. When the lodging tolerance, yielding ability, grain quality, palatability and physicochemical properties of milled rice were put together, the suitable density range of seedling establishment under direct sowing culture in flooded paddy fields was 80 ~ 100 seedlings/m². And the optimum density was 80 seedlings/m².
10. A comparative study with three sowing forms under direct sowing culture was made on the lodging tolerance, yielding ability and palatability of milled rice. The forms of hill and row sowing were superior to the broadcast sowing in the lodging tolerance, yielding ability and palatability of milled rice.
11. It was undertaken to identify and map quantitative trait loci (QTL) associated with crown root thickness of young seedlings. Recombinant inbred (RI) lines developed at the Kyushu University (Tsunematsu *et al.* 1996). RI lines, which were used for QTL analysis, of rice were developed from a cross between a *japonica* variety, Asominori, and an *indica* variety, IR24, by the single seed descent method. A statistical analysis was used to evaluate mean differences between Asominori type and IR24 type by *t*-test. It was concluded that a putative locus, marker C924, on chromosome 7 was indicated for crown root thickness of young seedlings. In this putative locus, the Asominori allele reduced crown root thickness. In the future, the QTL of crown root thickness of young seedlings must be proved by using near-isogenic lines in connection with this putative locus.

12. The QTL for palatability (overall eating-quality and stickiness) and physicochemical properties (protein content, amylose content, maximum viscosity and breakdown value) of milled rice using DNA markers were detected from the analyses of F_9 and F_{10} population derived from the crosses between Asominori and IR24. Stastical analyses was used to evaluated mean differences of palatability and physicochemical properties of milled rice between Asominori type and IR24 type by *t*-test. In the examination by the analyses of F_9 and F_{10} population, a putative locus, marker *C1447*, on chromosome 5 was greatly indicated for palatability and protein content of milled rice. In this locus, IR24 allele reduced protein content and improved the palatability. In the future, the QTL for palatability of milled rice must be proved by using near-isogenic lines in connection with this putative locus.
13. Under direct sowing culture in Northern Kyushu, most of Japanease good eating-quality rice cultivars tended to be longer culm length, smaller breaking strength of culm, thinner culm and crown root thickness than USA varieties, which were improved with direct sowing culture in USA.
14. It was undertaken to classify highly palatable rice cultivars based on principal component analysis for plant characters. It was possible to use culm thickness, breaking strength of culm and crown root thickness as an indicator of estimating characters of lodging tolerance under direct sowing culture for the selecting of good eating-quality rice cultivar with high lodging tolerance well adapted to direct sowing culture in Northern Kyushu.
15. Good eating-quality rice cultivars with high lodging tolerance well adapted to direct sowing culture in Northern Kyushu were 'Kinuhikari', 'Mineasahi', 'Chikushi 7', 'Tokuhikari', 'Asanohikari', 'Hohoe-mi', 'Chikushi 15', 'Aoinokaze' and 'Yumehikari'. Especially, an early-maturing 'Chikushi 15' was the cultivar with high pushing resistance, thick culm, high breaking strength of culm and thick crown root. This cultivar has high palatability of milled rice and high yielding ability.
16. These results obtained in this study will provide for practical informations for selecting highly palatable rice varieties with high lodging tolerance adapted for direct sowing culture and for establishment their cultivation methods, and will contribute to production of good eating-quality rice under direct sowing culture in Northern Kyushu.

付表1 渇水直播栽培において耐倒伏性の評価を試みた品種・系統 (1994年)

番 号	品種・系統名	食 味	番 号	品種・系統名	食 味
1	コシヒカリ	上の上, 中	42	日本晴	中の上
2	ぴかいち	上の上	43	ツクシホマレ	中の上
3	ササニシキ	上の上	44	レイホウ	中の上
4	大空	上の中	45	金南風	上の下
5	ひとめぼれ	上の上	46	西海210号	—
6	チヨニシキ	上の中, 下	47	愛知98号	—
7	あきたこまち	上の中	48	九系753	—
8	ハナエチゼン	上・良食味			
9	ほほほの穂	上の上	49	ミヤタマモチ	—
10	越路早生	上の中, 下			
11	能登ひかり	上の上	50	M-302	—
12	扇早生	上の中	51	Lemont	—
13	白雪姫	上の中	52	M-7	—
14	おくひかり	上の中	53	L-202	—
15	ヤマヒカリ	上の上, 下	54	M-401	—
16	晴々	上の中, 下			
17	ヒノヒカリ	上の上	1) No1～45は、北陸地域以南で、現在栽培されている主要な梗品種。 No46～48は耐倒伏性の優れる梗系統。 No49は耐倒伏性の優れる糯品種。 No50～54はアメリカ品種。 アメリカ品種は直播栽培条件下で育成されてきたため、直播栽培での耐倒伏性は優れる。		
18	ひめのまい	良食味			
19	中生新千本	上の中, 下	2) 食味は、水稻・麦類奨励品種特性表（農林水産省農産園芸局1993）の食味の項目および概評における採用県の評価。		
20	吉備の華	上の上			
21	ゆめみのり	上の中			
22	ヤマビコ	上の中, 上			
23	ミヤコ95	上・良食味			
24	松山三井	良食味			
25	朝日	上の上			
26	せとこがね	上の上			
27	月の光	上, 中の上			
28	キヌヒカリ	上の上, 中			
29	ミネアサヒ	上の上			
30	夢つくし	上の上			
31	ちくし7号	上の上			
32	とくひかり	上の中			
33	朝の光	上・良食味			
34	ほほえみ	上の上			
35	ちくし15号	上の上			
36	あいちのかおり	上の上			
37	ユメヒカリ	上の上, 中			
38	ミナミヒカリ	上の中, 下			
39	葵の風	上の上			
40	初星	上の上, 中			
41	コガネマサリ	上の中			

付表2 幼苗期の冠根の太さによる耐倒伏性の評価を試みた品種・系統 (1994年, 1995年)

番 号	品種・系統名	食 味	番 号	品種・系統名	食 味
1	コシヒカリ	上の上, 中	40	ツクシホマレ	中の上
2	ぴかいち	上の上	41	レイホウ	中の上
3	ササニシキ	上の上	42	金南風	上の下
4	大空	上の中	43	西海210号	—
5	ひとめぼれ	上の上	44	愛知98号	—
6	チヨニシキ	上の中, 下	45	九系753	—
7	あきたこまち	上の中			
8	ハナエチゼン	上・良食味	46	ミヤタマモチ	—
9	ほほほの穂	上の上			
10	越路早生	上の中, 下	47	M-302	—
11	能登ひかり	上の上	48	Lemont	—
12	扇早生	上の中	49	M-7	—
13	白雪姫	上の中	50	L-202	—
14	おくひかり	上の中			
15	ヤマヒカリ	上の上, 下	1) No1～39は、北陸地域以南で、現在栽培されている主要な粳品種。 No40～45は耐倒伏性の優れる粳品種・系統。 No46は耐倒伏性の優れる糯品種。 No47～50はアメリカ品種。 アメリカ品種は直播栽培条件下で育成されてきたため、直播栽培での耐倒伏性は優れる。 2) 食味は、水稻・麦類奨励品種特性表（農林水産省農産園芸局1993）の食味の項目および概評における採用県の評価。		
16	晴々	上の中, 下			
17	ヒノヒカリ	上の上			
18	ひめのまい	良食味			
19	中生新千本	上の中, 下			
20	吉備の華	上の上			
21	ゆめみのり	上の中			
22	ヤマビコ	上の中, 上			
23	ミヤコ95	上・良食味			
24	松山三井	良食味			
25	朝日	上の上			
26	せとこがね	上の上			
27	月の光	上, 中の上			
28	キヌヒカリ	上の上, 中			
29	ミネアサヒ	上の上			
30	夢つくし	上の上			
31	ちくし7号	上の上			
32	とくひかり	上の中			
33	朝の光	上・良食味			
34	ほほえみ	上の上			
35	ちくし15号	上の上			
36	あいちのかおり	上の上			
37	ユメヒカリ	上の上, 中			
38	ミナミヒカリ	上の中, 下			
39	葵の風	上の上			

付表3 主成分分析による耐倒伏性の分類を試みた品種・系統（1995年）

番 号	品種・系統名	食 味	番 号	品種・系統名	食 味
1	コシヒカリ	上の上, 中	15	日本晴	中の上
2	キヌヒカリ	上の上, 中	16	ツクシホマレ	中の上
3	ミネアサヒ	上の上	17	レイホウ	中の上
4	夢つくし	上の上	18	西海210号	—
5	ちくし7号	上の上	19	愛知98号	—
6	とくひかり	上の中	20	九系753	—
7	朝の光	上・良食味			
8	ほほえみ	上の上	21	M-302	—
9	ちくし15号	上の上	22	Lemont	—
10	ちくし17号	良食味			
11	ヒノヒカリ	上の上			
12	ユメヒカリ	上の上, 中			
13	ミナミヒカリ	上の中, 下			
14	葵の風	上の上			

- 1) No1～14は、北陸地域以南で現在栽培されている粳品種および有望系統であり、1994年に湛水直播栽培で倒伏程度2.0未満を示した日本の良食味品種・系統。
No15～20は参考の日本品種。
No21と22はアメリカ品種。
- 2) 食味は、水稻・麦類奨励品種特性表（農林水産省農産園芸局1993）の食味の項目および概評における採用県の評価。

付表4 RFLP連鎖地図上における水稻幼苗の冠根の太さに関与する染色体領域とその効果（1995年）

形 質	育苗時期	染色体番号	RFLPマーカー ¹⁾	P ²⁾	効 果 ³⁾
冠根の直径	8月	1	C86	0.009	+0.065mm
		7	C924	0.009	-0.064
	11月	7	R1245	0.006	-0.070mm
		7	C924	0.003	-0.078
		11	XNpb115	0.009	-0.071

- 1) RFLPマーカー：RFLP連鎖地図に基づき、各RFLP遺伝子座について‘あそみのり’型と‘IR24’型を2つの遺伝子型に分けて、両者の冠根の直径の平均値をt検定により比較した際、1%水準で有意差がみられた領域の内、最も影響の強いマーカーを示す。
- 2) P：RFLP連鎖地図に基づき、各RFLP遺伝子座について‘あそみのり’型と‘IR24’型の2つの遺伝子型に分けて、両者の冠根の直径の平均値をt検定により比較した際の確率。
- 3) 効果：RFLP遺伝子座について、‘あそみのり’型を示した系統の平均値から‘IR24’型を示した系統の平均値を減じた値を表す。

付表5 RFLP連鎖地図上における米の食味および理化学的特性に 関与する染色体領域とその効果
(1994年)

形 質	染色体番号	RFLPマーカー ¹⁾	P ²⁾	効 果 ³⁾
食味総合評価	2	C777	0.003	-0.95
	4	R2737	0.002	+0.97
	5	XNpb251	0.001	-1.05
	5	C1447	0.0003	-1.10
	6	G2028	0.009	+0.98
	7	R2677	0.001	-1.02
	11	R1957B	0.003	+0.95
	12	XNpb88	0.002	-1.02
粘 り	2	C777	0.006	-0.75
	4	R2737	0.001	+0.86
	5	XNpb251	0.001	-0.87
	5	C1447	0.002	-0.78
	11	R1957B	0.001	+0.86
	12	XNpb258	0.002	-0.86
タンパク質含有率	1	XNpb54	<0.001	-1.24%
	4	R738	0.002	-0.99
	5	C1447	0.003	+0.85
	7	R2677	0.002	+0.97
	8	XNpb397	0.006	+0.93
	12	C1069	0.005	+1.03
アミロース含有率	2	Ky6	0.004	+3.66%
	3	XNpb232	0.002	-3.58
	5	G1458	0.003	-3.60
	6	C607	0.008	+3.43
	8	XNpb41	<0.001	+4.06
	8	XNpb68-1,C277	0.007	+4.06
	12	R1957	0.003	-4.17
最高粘度	7	G1068,C383,C145	<0.001	-64.26B.U.
	9	R2638	0.001	+57.88
ブレイクダウン	7	G1068,C383,C145,C479,C39	0.003	-40.06B.U.
	8	R902	0.008	-36.69
	12	R1957	0.001	+48.51

- 1) RFLPマーカー：RFLP連鎖地図に基づき、各RFLP遺伝子座について‘あそみのり’型と‘IR24’型を2つの遺伝子型に分けて、両者の各形質の平均値をt検定により比較した際、1%水準で有意差がみられた領域の内、最も影響の強いマーカーを示す。
- 2) P：RFLP連鎖地図に基づき、各RFLP遺伝子座について‘あそみのり’型と‘IR24’型の2つの遺伝子型に分けて、両者の米の食味および理化学的特性の平均値をt検定により比較した際の確率。
- 3) 効果：RFLP遺伝子座について、‘あそみのり’型を示した系統の平均値から‘IR24’型を示した系統の平均値を減じた値を表す。

付表6 RFLP連鎖地図上における米の食味および理化学的特性に關与する染色体領域とその効果
(1995年)

形 質	染色体番号	RFLPマーカー ¹⁾	P ²⁾	効 果 ²⁾
食味総合評価	1	C970	0.005	+0.67
	3	C1677	0.004	+0.70
	5	C1447	0.004	-0.65
	10	C1361,R844B	0.002	-0.72
	12	C901	0.007	-0.66
粘 り	2	C777	<0.001	-0.75
	3	C1677	<0.001	+0.84
	5	C1447	0.006	-0.61
	10	C1361,R844B	0.003	-0.65
	12	XNpb258	<0.001	-0.78
タンパク質含有率	2	C370	<0.001	-0.79%
	5	C1447	0.001	+0.76
	6	XNpb172	0.007	-0.71
アミロース含有率	2	R418	0.008	+1.65%
	4	C621B	0.007	-1.62
	5	G1458	<0.001	-2.05
	8	R902	<0.001	+2.13
	9	C506	0.009	+1.58
最高粘度	8	C259G	0.001	-45.14B.U.
	9	C796C	0.002	+43.91
ブレイクダウン	8	C1121	<0.001	-45.65B.U.

- 1) RFLPマーカー：RFLP連鎖地図に基づき、各RFLP遺伝子座について‘あそみのり’型と‘IR24’型を2つの遺伝子型に分けて、両者の各形質の平均値を、検定により比較した際、1%水準で有意差がみられた領域の内、最も影響の強いマーカーを示す。
- 2) P：RFLP連鎖地図に基づき、各RFLP遺伝子座について‘あそみのり’型と‘IR24’型の2つの遺伝子型に分けて、両者の米の食味および理化学的特性の平均値を、検定により比較した際の確率。
- 3) 効果：RFLP遺伝子座について、‘あそみのり’型を示した系統の平均値から‘IR24’型を示した系統の平均値を減じた値を表す。

福岡県農業総合試験場特別報告
第11号

湛水直播用水稲品種の
形質評価に関する研究

発 行 平成9年4月
福岡県農業総合試験場
(福岡県筑紫野市吉木)

著 者 尾 形 武 文

印刷所 城島印刷有限会社