

研究論文

栽培

栃木県水稻の品質変動要因と地域間差異

— 数 10 年の現地試験データを用いた検討 —

大谷和彦^{1,2)}・吉田智彦³⁾

⁽¹⁾ 栃木県農業試験場, ⁽²⁾ 東京農工大学連合農学研究科, ⁽³⁾ 宇都宮大学農学部

要旨: 数 10 年間の栃木県内の現地試験結果から, 玄米外観品質の変動要因と, 県内の水稻栽培の地域間差異を検討した。播種期, 出穂期, 成熟期, 基肥窒素量, 稈長, 倒伏, 穂もち病, 玄米重, 玄米千粒重及び日照時間が, 地域間差異を生じる要因であった。外観品質の変動要因は調査地により異なり, 播種期を遅らせるか成熟期を早めると外観品質が向上する調査地や, 通常は高品質で安定した品種が不安定に変動する調査地があった。倒伏や玄米重は適正域がありその前後では品質が不安定になっていた。いくつかの隣接調査地間で類似性を認めた。

キーワード: 現地調査, 玄米外観品質, 水稻, 地域間差異。

栃木県の耕地面積は 13 万 ha で, 水田率と乾田率が全国平均に比べて高く, 米麦, 園芸, 畜産の産出額のバランスが良く, 作物種, 品種及び作型の選択幅は広い (栃木県水田農業推進協議会 2006)。しかし, 水稻の作付は単一品種に集中し, 県中・北部のコシヒカリ栽培面積は 95% を占めている (栃木県農政部生産振興課 2006)。また, 近年の気象変動により, 玄米品質や収量も変動し, 2001 年は日照不足, 2002 年は 7, 8 月の高温と乾燥風による白未熟粒, 胴割粒などの発生により, 著しく外観品質が低下した (大谷ら 2003)。玄米品質の変動要因は, 調査地や栽培年次により異なり地域性が強く, そのような現地の米生産において, 実需者や消費者からは品質の安定が求められている。

これまで, 松江ら (1991, 1992) の食味の安定性に関する品種・地域間差異や石塚・田中 (1956) の生育相による全国規模での地域特異性の報告, 平 (1977) の栽培・貯蔵と玄米品質に関する研究や松本 (1991) の外観品質とタンパク質及びアミロース含量の関係, 近藤・岡村 (1931), 楠谷ら (1992), 小泉・藤 (1993) などの個々の要因と外観品質の関係の報告, 町村・高橋 (1990) による地方都市を変動要因により分類した報告はあるが, 極長期間におよぶ現地データを用いた, 農業分野における変動要因と調査地の分類に関する報告はこれまでない。そこで, 県内の生産環境ごとの細やかな技術指導の指針を得るために, 水稻奨励品種決定現地調査のデータを用いて, 外観品質の変動要因と生育, 収量の地域間差異を検討した。その結果, 現地調査の重要性と外観品質に影響を及ぼす地域特異性を明らかにしたので報告する。

材料と方法

第 1 表に供試品種とその品種の調査年次を, また第 2 表に調査地とその調査年次を示した。調査年次が第 1, 2 表と異なる場合はその都度本文に記した。この試験は主に水稻奨励品種決定現地調査 (以下, 現地調査) によるもので, 特に記さない限り, 現地の慣行法で栽培されている。水稻の形態・収量に関する調査項目とその調査方法は, 農林水産省の調査基準に準じ, 病害虫及び倒伏程度は 0 (無)~5 (甚) の 6 段階で評価した (主要農作物種子問題研究会 1987)。関東農政局栃木農政事務所が, 玄米の外観品質を, 関東農政局栃木農政事務所の方法に基づき 1 (上上)~9 (下

第 1 表 供試品種。

品種名	調査年 (年)	到穂日数 (日)	標本数 (年×調査地)
初 星	1976~1998	103	187
ひとめぼれ	1989~2005	108	120
コシヒカリ	1956~2005	112	4593
アキニシキ	1971~2005	120	244
月の光	1984~2005	121	120
あさひの夢	1996~2005	122	56
その他			
早生 81 品種	1956~2005	106	824
コシヒカリ級 51 種	1956~2005	113	881
中生 98 品種	1956~2005	121	1859

到穂日数は播種日~出穂期までの日数を表し, 5 月 10 日より早く播種した試験の平均値。その他は, 奨励品種と育成途上の品種で, 到穂日数 110~115 日をコシヒカリ級, それより早い品種を早生, 遅い品種を中生とし 3 つに分類した。

第2表 調査地とその調査年次, 標高.

番号	調査地名	栽培時期	調査年	標高
1	那須:	早植	1968~2005年	480~500 m
2	那須塩原:	〃	1967~72年, 1995年	250~280 m
3	大田原:	〃	1956~2005年	180~250 m
4	日光:	〃	1956~2005年	290~360 m
5	矢板:	〃	1956~99年	180~210 m
6	那珂川:	〃	1956~77年, 1996~2002年	110~200 m
	那須烏山:	〃	1978~95年, 2003~05年	110~130 m
7	さくら:	〃	1997~2005年	120~160 m
	高根沢:	〃	1959~96年	110~160 m
8	宇都宮 (農業試験場):	〃	1956~2005年	150~170 m
9	宇都宮 (国本):	〃	1956~62年	120~130 m
10	鹿沼:	普通植	1956~99年	80~120 m
11	宇都宮 (上籠谷):	〃	1956~64, 1975~87年	90~100 m
	河内:	〃	1965~74, 1988~90年	150~160 m
	上河内:	〃	1991~93年	165 m
	上三川:	〃	1994年	60 m
	下野:	〃	1995~2005年	50~60 m
12	芳賀:	早植	1956~2004年	70~100 m
13	真岡:	〃	1956~99年	60~90 m
14	益子:	〃	1956~66年	80~90 m
15	旧国分寺:	〃	1956~67年	20~30 m
16	小山:	〃	1956~99年	30~50 m
17	栃木:	普通植	1974~2005年	40~50 m
18	佐野:	〃	1972~2005年	20~30 m
19	足利:	〃	1972~1999年	25~30 m
20	藤岡:	早植	1968~73年	20~30 m

調査年はコシヒカリ. 同一番号に複数調査地は, 市町村の範囲を超えた変更を年次間で行った. 栃木, 佐野の1997~2005年及び足利の1997~1999年の供試品種は, コシヒカリ以外のもの. 宇都宮 (上籠谷) の1987年と下野の2000~2005年は早植栽培.

下)の9段階評価で行った. 期間中に調査基準の変更があったため, 1977年以前の玄米検査等級1~3等を現1等に, 1968年以前の病害虫及び倒伏程度, 無, 微, 少少~多多, 甚の12段階評価を, 0 (無)~5 (甚)の6段階に換算した (注: 栃木県農業試験場水稻品種試験成績書 1955-2005). 期間中の調査地は, 隣接地内で地域を代表するほ場への変更があり, 栽培法も調査地や年次により変更した. 移植期の平均は5月26日 (4月30日~7月7日), 基肥窒素量は0.6 kg/a (0~2.0 kg/a)であった. 育苗は, 1971年以前は育苗日数38日程度の中苗~成苗, それ以後の早植は育苗日数25日程度の稚苗, 普通植は育苗日数27日程度の稚苗~中苗とした.

1. 外観品質の調査地別の変動要因

コシヒカリの外観品質の変動要因を, 各調査地別に, 重回帰分析 (注: Excel 多変量解析 ver 4.0) により抽出した. 説明変数に用いた形質は, 第3表に示したもので, その中からF値が1.5を規準とした増減法により選択し, 変数

第3表 外観品質の変動要因を検討した項目.

1. 栽培法
播種期, 移植期, 栽植密度, 基肥窒素量, リン酸施用量
2. 生育
到穂日数, 出穂期, 成熟期, 稈長, 穂長, 穂数, 倒伏, 病害虫 (穂いもち病, 紋枯病, 縞葉枯病)
3. 収量
玄米重, 玄米千粒重

相互の相関関係が強い場合は, 外観品質と相関関係が弱い方を除いた (管 1996). 調査地は, 第1表の内的那須, 大田原, 日光, 矢板, 那須烏山 (那珂川), さくら (高根沢), 芳賀, 真岡, 小山 (以上早植), 鹿沼, 栃木, 佐野, 足利 (以上普通植), 下野 (1987, 2000~2005年は早植で, それ以外の年は普通植) の計14か所とした. 調査年は, 第2表に示した.

また, 倒伏程度と外観品質の関係について, 上記14か

第4表 調査地別の外観品質の変動要因.

調査地	外観品質の変動要因			自由度	外観品質 変動係数%	重相関 係数	決定係数 検定P値
那須	成熟期を早く	基肥窒素少なく	倒伏少ない	29	51	0.75	0.00**
	+0.60	+0.46	+0.32				
大田原	播種期を遅く	穂長を短く	紋枯病多い	19	43	0.90	0.00**
	-0.52	+0.54	-0.29				
矢板			多収	23	48	0.81	0.00**
			-0.37				
日光				27	44	0.38	0.04*
			玄米千粒重重い				
さくら	成熟期を遅く	倒伏をやや多く	穂いもち病少	36	40	0.31	0.19
	-0.21	-0.21	+0.35				
那須烏山	到穂日数を長く	稈長を短く	紋枯病多	21	53	0.62	0.03*
	-0.26	+0.28	-0.38				
芳賀	播種期を遅く	稈長を長く	穂数を少	21	41	0.83	0.00**
	-0.34	-0.31	+0.72				
真岡	移植期を早く	成熟期を遅く	稈長を短く	28	54	0.55	0.03*
	+0.51	-0.37	+0.27				
小山	基肥窒素少ない	倒伏を少なく	葉いもち病少	21	51	0.83	0.00**
	+0.32	+0.57	+0.35				
鹿沼		穂いもち病少	紋枯病少	26	44	0.82	0.00**
		+0.32	+0.19				
下野	到穂日数を短く			28	47	0.63	0.01**
	+0.50		玄米千粒重重い				
栃木	基肥窒素少なく		多収	23	51	0.88	0.00**
	+0.86		-0.19				
佐野	穂数を多く	倒伏を少なく	穂いもち病少	23	40	0.66	0.02*
	-0.37	+0.35	+0.39				
足利	到穂日数を長く	登熟日数を短く	稈長を短く	26	31	0.64	0.02*
	-0.26	+0.24	+0.22				

品種はコシヒカリ。変動要因は、重回帰分析による調査地ごとのF値が1.5を規準とした増減法で選択した項目で、外観品質が優れるのはどの場合かを付記した。下段は外観品質と各要因の標準化偏回帰係数。決定係数検定のP値**は99%、*は95%の分析精度を示す。

所を込みにした1980～2005年のコシヒカリを用いて検討した。

2. 玄米千粒重の変動要因

玄米千粒重の変動要因を、コシヒカリとあさひの夢を用いて重回帰分析を行い、1.と同様な基準で検討した。調査地はコシヒカリが那須、大田原、日光、矢板、那須烏山（那珂川）、さくら（高根沢）、芳賀、真岡、小山（以上早植）、鹿沼（普通植）と下野（河内）の11か所、あさひの夢は栃木、佐野、足利（以上普通植）の3か所、合計14か所とした。調査年は、第2表に示した。

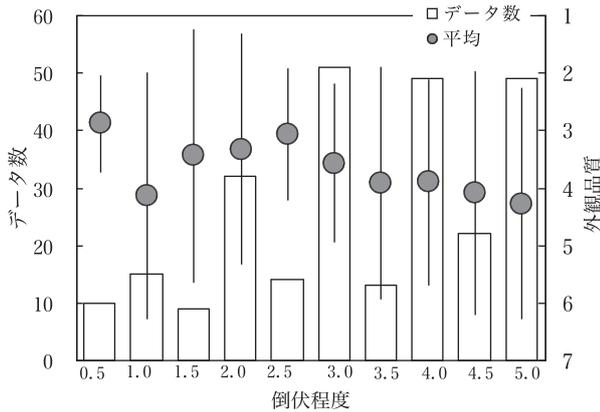
3. 日照時間と品質の関係

出穂前20日間は、籾の数や大きさが決定する時期であることから、出穂前20日間の日照時間とコシヒカリの玄米千粒重の関係をみた。年次は1986～2005年とし、農業

試験場（宇都宮市）産コシヒカリを用いた。この20年間のコシヒカリの出穂期は7月25日～8月15日で、年ごとの出穂前20日間の日照時間を宇都宮地方気象台（1986～2005年）のデータを用いて算出した。玄米千粒重は粒厚1.75mm以上の玄米について測定した。基肥窒素量は0.3kg/aで、追肥窒素は出穂前18日に0.3～0.4kg/a施用した。

4. 安定性と年次推移

品種別に外観品質の安定性をみるため、初星の8調査地（鹿沼、下野、芳賀、真岡、小山、栃木、佐野、足利）、ひとめぼれの6調査地（那須、大田原、日光、矢板、那須烏山、さくら）、コシヒカリの14調査地（那須、大田原、日光、矢板、那須烏山、さくら、鹿沼、下野、芳賀、真岡、小山、栃木、佐野、足利）、アキニシキの3調査地（大田原、日光、矢板）、月の光の9調査地（那須烏山、さくら、鹿沼、下野、



第1図 倒伏程度別の外観品質頻度。
品種はコシヒカリで、バーは±標準偏差。倒伏程度は0(無)～5(甚)、外観品質は1(上上)～9(下下)。

芳賀, 真岡, 小山, 栃木, 足利) 及びあさひの夢の2調査地(栃木, 佐野)の外観品質の年次間の変動係数(標準偏差/平均)を調査地別に計算した。また, コシヒカリ以外の全品種全調査地の外観品質平均値を, 1956~2005年の年次別に計算し, 経年的にコシヒカリと比較した。

5. 栽培法, 水稻の生育及び収量による地域間差異

先記1.の14か所に宇都宮(農業試験場)を加えた調査地間の類似性を, 1980~2000年コシヒカリの播種期, 到穂日数, 出穂期, 成熟期, 稈長, 穂長, 穂数, 穂いもち病, 紋枯病, 倒伏, 玄米重, 玄米千粒重及び外観品質別に, 年次を反復してチューキーの多重比較(注: Excel統計ver 5.0対比較法)を用いて検討した。同比較法において, 有意水準 $\alpha=0.05$ で調査地間に有意差が認められたとき地域間差異があると判定した。さらに, 上記で用いた項目の年平均値を用いて, 調査地の類似性をワード法によるクラスター分析(注: Excel多変量解析ver 4.0)で検討した。

次に, 初星, コシヒカリ及び月の光の播種期~出穂期の日数(以下, 到穂日数)やその年次による変動を移植期の異なる地域別に検討した。早植の大田原(県北), 宇都宮(県中), 小山(県南)と, 普通植の佐野(県南)における

1977~1999年の初星(早生)とコシヒカリ, 1984~99年のコシヒカリと月の光(中生)の到穂日数差の平均を比較した。

6. 栃木県内水稻栽培の特徴づけとグループ分け

栽培年次や各調査地別の栽培法, 生育, 収量, 外観品質などの変化や特徴を概観するために, コシヒカリの調査年次(1956~2005年), 第2表の調査地を県北:1(那須)~県南:20(藤岡)に数値化したもの, 第3表の項目(育苗日数, 外観品質を加え, 不詳な調査地があったリン酸施用量は除いた)計20項目を用いて, 主成分分析(注: Excel多変量解析ver 4.0)を行った。計485の標本を, 主成分分析の結果からグラフ化して分類した。

結果と考察

1. 外観品質の調査地別変動要因

コシヒカリの1956~2005年の結果を用いて調査地別に重回帰分析を行い, 外観品質の変動に影響を及ぼす項目を, 外観品質が優れるのはどの場合かを付記して, 第4表に示した。県北の那須, 大田原では, 播種期の平均4月15日の平均気温は9.6℃, コシヒカリの成熟期10月初めの平均気温は16℃であり(表は略), 播種期と成熟期の気温によって生育期間が制限されており, 播種期を遅らせるか成熟期を早めた方が外観品質が向上する傾向であった。真岡では移植期を早く, 成熟期を遅くすることで外観品質が向上した。県中部のさくら, 那須烏山及び芳賀のコシヒカリの出穂期は, 3調査地とも8月6日で(表は略), この調査地は生育期間を遅らせる方が玄米品質は向上した。その他の調査地の播種期, 成熟期は変動要因になっていなかった。

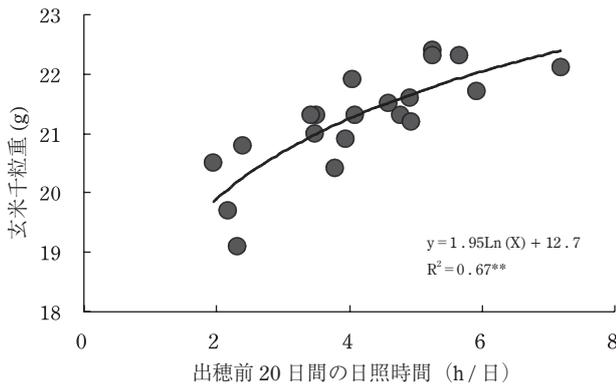
基肥窒素量, 稈長あるいは倒伏は, 大部分の調査地の外観品質の変動要因になっていた。穂いもち病が変動要因になっているのはさくら, 鹿沼及び佐野の3調査地であった。小泉・藤(1993)は, 穂いもち病の発生程度が多くなるに従い, 外観品質が劣ると述べている。

多収なほど外観品質は良好な所と, 要因になっていない調査地があった。収量を上げた方が良い調査地は, 矢板,

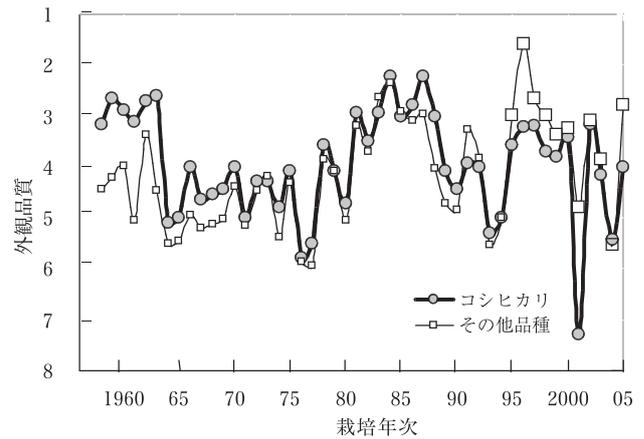
第5表 玄米千粒重の向上要因。

要因	調査地数	調査地名
基肥窒素量を少なく	7	那須, 大田原, 日光, さくら, 鹿沼, 栃木, 佐野
穂いもち病を少なく	6	日光, 矢板, さくら, 那須烏山, 芳賀, 小山
穂長を長く	4	日光, 芳賀, 真岡, 下野
穂数を少なく	3	那須烏山, 芳賀, 小山
基肥リン酸量を少なく	2	那須烏山, 鹿沼
倒伏を少なく	2	大田原, 鹿沼
成熟期を早く	2	那須, 下野

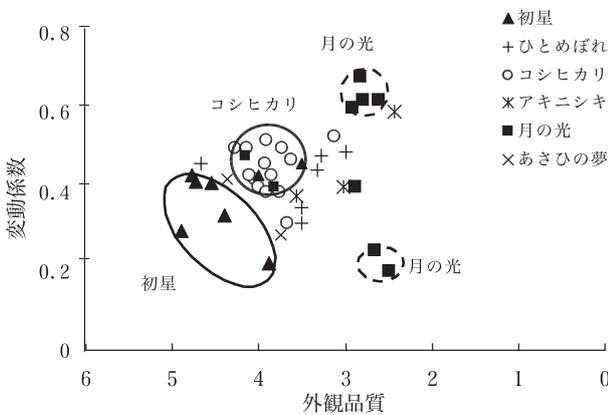
要因は, コシヒカリ11か所, あさひの夢3か所の重回帰分析により, F値が1.5を規準とした増減法で選択された項目。コシヒカリ, あさひの夢を込みにして示した。



第2図 出穂前20日間の日照時間と玄米千粒重の関係。
品種はコシヒカリ、調査地は宇都宮で、20年間の値。t検定により1%水準で有意差があるとき**を付した。



第4図 コシヒカリとその他品種の外観品質の推移。
その他品種は235で、全品種、全調査を平均した。外観品質は第1図参照。



第3図 品種別外観品質の平均値と変動係数。
各点は調査地別の値で、栽培年次間の変動係数を計算した。外観品質は第1図参照。

栃木及び佐野であった。矢板の玄米重は49.5 kg/a、栃木の玄米重は42.2 kg/a、佐野の玄米重は38.9 kg/aで、コシヒカリの県平均玄米重53.7 kg/aに比べると各調査地とも低収であった(表は略)。これらのことから、外観品質が安定する適正な玄米収量レベルがあると推察できた。玄米千粒重も多くの変動要因になっていた。

第1図に倒伏程度別の外観品質頻度を示した。コシヒカリの倒伏程度が4.0(多)より増すと、外観品質は4.0(中上)より劣る傾向が見られた。倒伏が1(微)で外観品質が劣った要因は、主に1980、1988、1993年の冷害といもち病による充実不足で(表は略)、外観品質が良好な倒伏程度は2.5(中)までであった。

2. 玄米千粒重の変動要因

玄米千粒重を目的変数とした1.と同様な重回帰分析では、コシヒカリとあさひの夢を込みにしてみると、基肥窒素量、穂もち病が多くの変動要因になっていた(第5表)。各地の玄米千粒重の変動要因数は1~4個で、各要因と玄米千粒重の重回帰係数は0.49~0.98、決定係

数の検定P値は0.00~0.04となった(表は略)。品種別に見るとコシヒカリの基肥窒素量が要因になっている調査地は、県中・北部の那須、大田原、日光、さくら及び鹿沼の5か所で、強靱なあさひの夢には栃木、佐野の2か所あった(第5表)。

3. 日照時間と玄米千粒重の関係

コシヒカリの出穂前20日間の日照時間と玄米千粒重の間には正の相関関係が認められた(第2図)。玄米千粒重は外観品質の主要な変動要因であることから、出穂前の日照時間は、玄米千粒重を介して外観品質の良否に影響を及ぼすと考えられた。

4. 安定性と年次推移

品種別、調査地別の外観品質の平均と変動係数(安定性)の値を第3図に示した。品種をグループ別にみると、4グループに分けられ、コシヒカリ、あさひの夢及びひとめぼれは中程度の外観品質で中程度の安定性であった。初星の外観品質は安定して劣っていた。一方、月の光は高品質で安定していることも、調査地によって高品質だが不安定なこともあった。アキニシキの分布も月の光に似ていた。

コシヒカリとその他品種の外観品質の年次による推移を比較すると、1993年頃までは、コシヒカリの外観品質が全供試品種の平均を上回っていたが、1994年以降は、コシヒカリの外観品質が供試品種の平均を下回るようになった(第4図)。このように、外観品質とその安定性には品種間差異があり、近年の品種は、コシヒカリより外観品質が向上する傾向であった。松江ら(1992)は米の食味について品種や産地間に差が認められ、良食味で安定性がある品種や調査地、食味・安定性とも劣る品種や調査地に分類できると報告しており、ここでも同様なことが認められた。

第6表 調査地間の類似性.

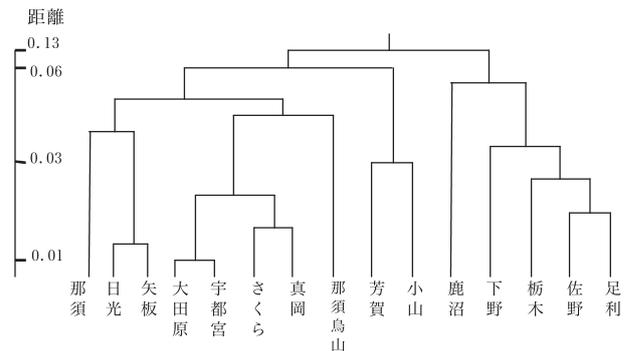
	播種期	到穂日数	出穂期	成熟期	倒伏	穂 いもち病	紋枯病	稈長	穂長	穂数	玄米重 千粒重	玄米 品質	
那須	a	g	de	f	a	ab	a	a	ab	d	d	ab	a
日光	a	fg	bc	cde	abc	ab	a	ab	abcde	cd	cd	ab	a
矢板	a	efg	cd	de	abcd	b	a	ab	abcde	abcd	bcd	ab	a
大田原	a	defg	bcd	bcd	abc	ab	a	b	cde	d	d	ab	a
宇都宮	a	cde	ab	abcd	abcd	ab	a	ab	bcde	bcd	d	ab	a
さくら	a	cdef	abc	abcd	abc	ab	a	ab	bcde	bcd	d	ab	a
真岡	a	defg	abc	abc	ab	ab	a	ab	bcde	bcd	cd	ab	a
那須烏山	a	cd	ab	ab	abc	ab	a	ab	bcde	d	bcd	a	a
芳賀	a	cdef	abc	abcd	abc	ab	a	ab	e	abc	d	ab	a
小山	a	c	a	a	ab	ab	a	ab	de	abc	cd	ab	a
鹿沼	b	ab	def	ef	abcd	ab	a	ab	abcd	a	a	ab	a
下野	c	ab	f	f	bcd	ab	a	ab	a	abcd	ab	ab	a
栃木	c	a	f	f	bcd	ab	a	ab	ab	ab	abc	b	a
佐野	c	ab	f	f	cd	ab	a	ab	abc	ab	a	ab	a
足利	c	ab	f	f	d	a	a	ab	abc	abcd	a	ab	a
自由度 (全体)	280	280	292	292	292	266	282	294	294	293	292	292	292
P 値	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.07	0.03*	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.01*	0.99

品種はコシヒカリで、チューキーの多重比較を行い、5%水準で各項目の平均値間に有意差がないとき同じアルファベットを付した。

5. 栽培法, 生育及び収量による地域間差異

コシヒカリの播種期, 生育, 収量, 外観品質などの値について, 調査地別の平均値を多重比較した (第6表). 播種期, 到穂日数, 出穂期, 成熟期, 倒伏, 穂長, 穂数及び玄米重に関して, 地域間差異が認められた. 紋枯病と外観品質に有意差は認められなかった. 一方, 穂いもち病, 稈長, 玄米千粒重に関しては地域間差異はあるものの, 有意差のない地域が広範囲にあった.

これらを総合したクラスター分析の結果を第5図に示す. 調査地間の距離0.03を規準に分けると, 県北部山沿い (日光, 矢板), 県平野部 (大田原~真岡), 早植の県南部 (芳賀, 小山), 普通植の県南部 (栃木, 佐野, 足利) 及び1調査地だけの所 (那須, 那須烏山, 鹿沼, 下野) に分けられた. 第7表にグループ別の平均値を示した. 県北部山沿いの日光と矢板は, 厚層多腐植質多湿黒ボク土が多く台地間の低地には地下水位の高い黒ボクグライ土があり, 生育初期は冷涼で地温の上昇に伴って窒素溶出量が多くなる調査地 (栃木県農業試験場 1978) で, 到穂日数は120日と長く, 穂いもち病がやや多い. 県中部の大田原, 宇都宮, さくら及び真岡の土壌は厚層あるいは表層多腐植質多湿黒ボク土が多く, 鉄含量が多く, 湛水透水性がやや大きく (栃木県農業試験場 1978), 玄米重は55.2 kg/aと多収である. 6月移植の県南部の栃木, 佐野及び足利は稲麦二毛作地帯で, 礫質あるいは細粒灰色低地土が多く, 鉄含量が少~中で還元による根の生育障害のおそれが多い調査地で, 出穂前の高温も加わり倒伏が4.2と多い. 第6, 7表からも那須の出穂期, 那須烏山の穂数及び鹿沼の播種期などは, 他の調査地との類似性が比較的なく, 特徴がある調査地であった.



第5図 クラスター分析による調査地間の類似性.

品種はコシヒカリで, 各調査地の播種期, 出穂期など13項目の年次平均値を用いた.

調査地の標高の範囲は20~500mで出穂期の差は11日程度あり, 栽培時期によるは出穂期の差は20日程度あった (第2, 7表). この知見は, 現地試験の調査地数の合理化を図らねばならない時の参考になるものと考えられる.

地域別の品種間の到穂日数差を第8表に示した. 細井 (1981) は, 日本水稻の早生, 中生, 晩生品種の出穂特性が気象要因で変動すると報告しており, 松村ら (2000) は幼穂形成期前の葉身窒素濃度が窒素条件による出穂期変動と関連すると報告している. このように出穂期は各種の要因で変動するが, 数品種の到穂日数の差を見ることでそれらの要因を消去して, より正確な調査地間の差を見られることが期待できる. 本調査において, 早生品種初星とコシヒカリの到穂日数差は7.8~8.6日と, 早植の大田原, 宇都宮, 小山においては調査地によらず安定していた. しか

第7表 類似した調査地ごとの生育, 収量.

調査地名	播種期 月/日	到穂日数 日	出穂期 月/日	成熟期 月/日	穂いもち病	紋枯病	倒伏	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	玄米重 kg/a	玄米千粒重 g	外観品質
日光, 矢板	4/12	120	8/11	9/26	1.4	1.3	2.7	94	18.6	367	50.9	20.9	3.6
大田原, 宇都宮, さくら, 真岡	4/14	116	8/8	9/20	1.0	0.9	2.7	95	19.0	407	55.2	21.0	3.4
芳賀, 小山	4/16	111	8/5	9/17	0.8	1.0	2.6	95	19.4	365	54.1	21.2	3.5
栃木, 佐野, 足利	5/24	93	8/25	10/10	1.0	1.2	4.2	96	18.1	363	39.8	21.2	3.9
那須	4/15	120	8/16	10/6	0.9	0.9	2.0	91	18.1	423	53.5	21.6	3.4
那須烏山	4/15	112	8/6	9/15	1.1	1.4	2.7	93	18.7	423	50.9	20.5	3.4
鹿沼	5/13	99	8/20	10/3	1.3	1.2	3.2	92	18.3	344	38.1	21.1	3.6
下野	5/22	93	8/23	10/8	1.3	1.0	3.8	95	17.5	383	41.8	20.8	3.4

品種はコシヒカリで, 下野の1987年と2000年は早植栽培. 穂いもち病, 紋枯病, 倒伏は0(無)~5(甚). 外観品質は1(上上)~9(下下).

第8表 到穂日数差による調査地間差異.

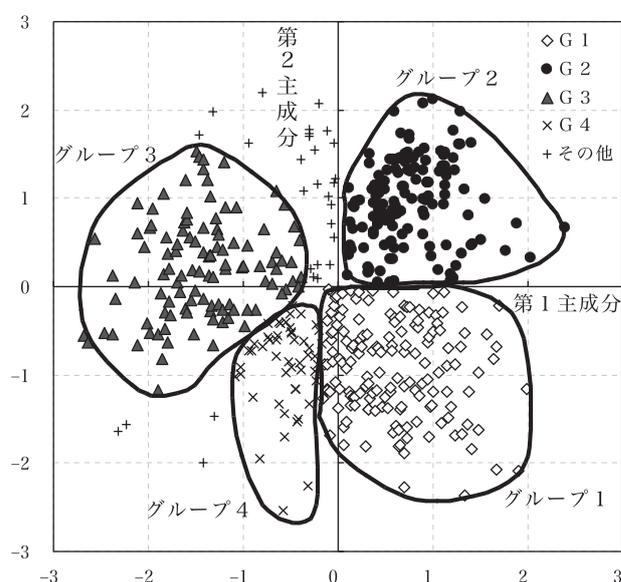
調査地	移植期 月/日	到穂日数差			
		初星-コシヒカリ		コシヒカリ-月の光	
		標準 偏差	標準 偏差	標準 偏差	標準 偏差
大田原	5/9~11	8.6	1.9	12.0	2.8
宇都宮	5/8	7.8	1.5	6.2	1.7
小山	5/9~10	7.9	1.7	9.9	3.7
佐野	6/18~19	2.1	2.0	6.0	3.7

し, この到穂日数差は, 栽培時期が普通植の佐野では縮まった. 一方, コシヒカリと月の光(中生)の到穂日数差は, 早植栽培においては6.2~12.0日と調査地による変動が大きかった. これらのことから, 品種ごとに基本栄養生長性, 感温性及び感光性の程度が異なることも予想され(片山1987), 現地適応性を把握するためには, 早植, 普通植の数か所の試験地が必要と考えられた.

6. 栃木県内水稻栽培の特徴づけとグループ分け

コシヒカリを対象として, 栽培年次, 調査地, 栽培法, 生育, 収量, 外観品質などを総合して栃木県内の水稻栽培を, 主成分分析でグループ分けすることを試みた. 第1主成分は, 播種期は早く, 到穂日数は長く, 出穂期は早く, 収量が多いほど大きく, 寄与率は23%であった. 第2主成分は, 栽培年次は近年で, 栽植密度は疎らで, 基肥窒素量は少なく, 病虫害(穂いもち病, 紋枯病, 縞葉枯病)が少ないほど大きく, 寄与率は14%で, 第1, 第2主成分の累積寄与率は37%であった. グループは大きく4つに分けられた(第6図). ここでのグループ分けの大まかな規準は, グループ1が第1主成分: -0.17以上, 第2主成分: 負, (以下同), グループ2が正, 正, グループ3が-0.4以下, -1.3~1.5, グループ4は-1.1~-0.17, 負で, 図中に点線で囲まれる範囲とした. 第9表にグループ別の平均値を示した.

グループ1の栽培年次の平均は1973年で現在のおおよそ



第6図 栃木県水稻栽培のグループ分け.

品種はコシヒカリで, 栽培年次, 調査地別に(標本数は計485), 栽培法, 生育, 収量など20項目を変量とした. 第2主成分までの累積寄与率は37%である.

30年前と古く, 調査地は県中・北部地域が多かった. このグループの特徴は, 基肥窒素量が0.8 kg/aと多く, 栽植密度も現在よりやや多い22.9株/m², 穂数も411本/m²と多かった. しかし, 必要茎数確保後(6月下旬)に中干しを行っていたため, 稈長はあまり伸びず倒伏は2.0(少)程度と比較的軽かった. 穂数は4グループ中でこのグループが最も多く, 玄米千粒重は20.1gと軽かった. この年代は, 日本晴, アキニシキ及びトヨニシキなど, 穂数の確保が早く, 穂揃いが良く, 耐倒伏性に優れる品種の作付割合が高く, 熟期のバランスは良く3品種で8万5千ha, 栃木県水稻栽培面積の84%に達していた(注: 関東農政局栃木農政事務所調べ2006).

グループ2は, 栽培年次の平均が1994年と近年で, 調査地は県中・北部の早植(移植期の平均は5月9日)であっ

第9表 水稻の栽培年次、栽培法、生育及び収量を用いた主成分分析で分類したグループの平均値。

グループ	年次	調査地	移植期 月/日	栽植 密度 株/m ²	窒素		到穂 日数 日	出穂期 月/日	倒伏	穂いも ち病	紋枯病	縞葉 枯病	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	玄米重 kg/a	玄米 千粒重 g	外観 品質
					基肥	追肥												
G 1	1973 ^a	6.7 ^a	5/13 ^b	22.9 ^b	0.8 ^c	0.2 ^a	119 ^c	8/9 ^b	2.0 ^a	1.4 ^b	1.3 ^b	0.7 ^b	92 ^a	18.4 ^e	411 ^b	49.2 ^b	20.1 ^a	4.1 ^a
G 2	1994 ^c	6.5 ^a	5/9 ^a	21.0 ^a	0.4 ^a	0.3 ^a	115 ^b	8/6 ^a	2.8 ^b	0.7 ^a	0.8 ^a	0.2 ^a	95 ^b	19.3 ^b	398 ^b	58.6 ^c	21.5 ^e	3.7 ^a
G 3	1982 ^b	14.8 ^c	6/13 ^d	21.1 ^a	0.5 ^a	0.2 ^a	96 ^a	8/22 ^c	4.2 ^c	1.2 ^b	1.3 ^b	0.9 ^b	97 ^b	18.3 ^a	360 ^a	40.5 ^a	20.8 ^b	4.1 ^a
G 4	1973 ^a	11.4 ^b	5/21 ^c	21.3 ^a	0.6 ^b	0.2 ^a	113 ^b	8/10 ^b	2.7 ^{ab}	1.9 ^c	1.7 ^c	1.3 ^c	94 ^{ab}	18.8 ^{ab}	354 ^a	43.9 ^a	19.9 ^a	4.5 ^a

品種はコシヒカリ。G1~4は分別したグループ名(第6図を参照)。調査地の番号は、1(那須, 県北)~20(藤岡, 県南)。倒伏, 穂いもち病, 紋枯病, 縞葉枯病は0(無)~5(甚)。外観品質は1(上上)~9(下下)。グループ平均値についてチューキーの多重比較を行い、1%水準で平均値間に有意差がないとき同じアルファベットを付した。

た。グループ2の特徴は、多収で、穂長が長く、玄米千粒重が重いことであった。山口(1993)のいわゆる「じっくり型稲作り」である。基肥窒素量、1株当たり植付本数を少なくし、間断灌水と生育診断に基づく追肥による栽培方法が普及し、グループ2の慣行法になったためと考えられる(山口ら2003)。穂いもち病、紋枯病及び縞葉枯病などの病害虫は少なく、外観品質も全般に良好であった。グループ1とグループ2の播種期はそれぞれ4月12日、4月13日とほぼ同じで、グループ2の到穂日数は30年前の多肥多穂数のグループ1に比べ4日ほど短く、出穂期も3日程度早かった。

グループ3は、1967年から現在までの県南地域の普通植栽培で、特徴は出穂期が8月22日と遅く、節間伸長期の高温により倒伏が4.2程度と多いことであった。なお、現在の6月移植による普通植栽培の割合は、栃木県水稻栽培面積の17%である(注: 県農政部会議資料2006)。

グループ4の栽培年次平均は1973年でおおよそ30年前と古く、一部近年も含むが県全域の早植~普通植(5月7日~6月23日移植)栽培における病害虫発生が多い調査地で、穂いもち病発生のため玄米千粒重が軽くなる傾向が認められた。1970年代後半には縞葉枯病の多発生が減収の大きな要因になっていたが、1982年に縞葉枯病抵抗性品種星の光、1986年には月の光を奨励品種に採用し(注: 栃木県奨励品種審査会資料1982, 1986)、同病保毒虫率が低下したため、現在の縞葉枯病発生割合は極わずかである(注: 県農政部調べ2006)。

なお、本報告における外観品質などの変動要因を明らかにし、各調査地の特徴づけと比較するような手法は、社会学、経済学分野における研究でも用いられているものである。例えば社会科学分野の都市比較において、町村・高橋(1990)は都市化への過程の重要性を指摘し、変動要因として歴史的、経済的、政治・軍事的、交通的、立地的各要因を上げ、繁栄衰退の解析を用いた都市の分類を報告している。鯉坂・高原(1999)は、都市比較の視点の提示と、住民の生活評価に関するアンケートの因子分析を用いた全国11都市の規模別特徴づけを報告している。

以上、極長期間のデータ解析結果から、本県的水稻栽培

には、地域や栽培年次の特異性や類似性が認められた。それらは品種、播種期~成熟期などの栽培期間、窒素施用量などの肥培管理、日照時間と玄米千粒重など各要因が相互に作用しているのであろうが、ここでの解析により、変動をもたらす主要因を抽出することができた。また、玄米収量及び倒伏などは、外観品質に対し適正域があり、調査地ごとに外観品質向上に及ぼす要因の効果が異なる場合もあり、現地調査の重要性とデータを読み取る時の留意点が明らかとなった。

現場に貢献できる品種や栽培技術の開発のためには、それらの要因を考慮した調査地や普及地帯の選定が必要である。本研究により、外観品質などの変動と、地域特異性を生じさせる要因が明確となり、それらに効果的な対策をとることにより、品質の均質化あるいは地域の特異性を生かした農産物生産のためのより有効な指針が得られるようになったと考える。

謝辞: 本データは奨励品種決定現地調査のもので、90名余りの現地農家、110名余りの作物関係農業改良普及員、農業試験場担当者及び関係者の継続したデータ収集によるものである。ここに敬意を表し、深く感謝致します。

引用文献

- 鯉坂学・高原一隆 1999. 地方都市の比較研究. 法律文化社, 京都. 1-22.
- 細井徳夫 1981. 気象要因による水稻生育の変動性に関する研究V. 日本の主要水稻品種の感温性, 感光性, 基本栄養生長性と出穂日数の制限要因の地域的特徴. 育種 31: 239-250.
- 石塚喜明・田中明 1956. 水稻生育相, 特にその栄養生理的特性の地域性について(第1報) 生育概況並びに気象条件. 土肥誌 27: 1-6.
- 管民郎 1996. ホントにやさしい多変量統計分析. 現代数学社, 東京. 207-236.
- 片山忠夫 1987. 熱帯アジアの野生稲の分布とその特性. 東南アジア研究 25: 1-27.
- 小泉信三・藤晋一 1993. イネの収量と品質・食味に及ぼすいもち病の影響. 愛知農総試研報 25: 45-50.
- 近藤万太郎・岡村保 1931. 水温と稲の生育との関係第2報. 農業及園芸 6: 517-530.
- 楠谷彰人・浅沼興一郎・木暮秩・関学・平田壮太郎・柳原哲司 1992. 暖地における早期栽培水稻品種キヌヒカリの収量および食

- 味. 日作紀 61 : 603-609.
- 町村敬志・高橋勇悦 1990. 現代都市の社会構造. 学文社, 東京. 19-20.
- 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.
- 松江勇次・原田皓二・吉田智彦 1992. 北部九州産米の食味に関する研究第4報. 日作紀 61 : 545-550.
- 松本美枝子 1991. コシヒカリの外観品質と食味. 農業技術体系作物編 2. 農文協, 東京. 685-690.
- 松村修・山口弘道・八百坂正則・福田直子 2000. 葉身窒素濃度, 葉色による水稻出穂の変異予測. 日作紀 69(別2): 260-261.
- 大谷和彦・青木純子・高齋光延・山口正篤 2003. 栃木県における白未熟粒の発生要因. 日作関東支報 18 : 58-59.
- 平宏和 1977. イネ品質・貯蔵. 日本作物学会 50年の歩み. 日本作物学会編, 東京. 99-106.
- 主要農作物種子問題研究会 1987. 技術革新と新しい主要農作物種子制度. 地球社, 東京. 313-335.
- 栃木県農業試験場 1978. 地力保全基本調査総合成績耕地土壤図. 栃木県農業試験場, 宇都宮市.
- 栃木県農政部生産振興課 2006. 稲麦大豆等生産推進資料. 栃木県. 113-124.
- 栃木県水田農業推進協議会 2006. 栃木県水田農業構造改革活動指針. 栃木県. 16-37.
- 宇都宮地方気象台 1986-2005. 栃木県気象年報. 気象庁. 1-50.
- 山口正篤 1993. あなたにもできる安心イネづくり—ラクして倒さず1俵増収—. 農文協, 東京. 15-20.
- 山口正篤・塩山房男・塩野晃一・福島敏和・大谷和彦 2003. 北関東内陸部における水稻収量向上と品質の安定化. 日作紀 72(別1): 368-373.

Factors causing Variation of Rice Quality Change and Their Regional Difference in Tochigi Prefecture-Analysis of Data from the Regional Trials for Dozens of years - : Kazuhiko OYA^{1,2)} and Tomohiko YOSHIDA³⁾ (¹⁾Tochigi Agr. Exp. Stn, Tochigi 320-0002, Japan; ²⁾Tokyo Univ. of Agr. and Tech. ; ³⁾Utsunomiya Univ.)

Abstract : From the regional trials in Tochigi prefecture for dozens of years, we examined the factors causing variation of rice quality (appearance) and their regional difference in Tochigi prefecture. Sowing time, heading time, maturing time, basal dressing, culm length, lodging, panicle blast, brown rice weight, thousand-kernel weight and duration of sunshine hours were factors causing the regional difference. The factors causing a change in quality varied with the regions. In some regions, quality was improved when sowing time was delayed or maturing time was hastened. In some regions, normally stable and high quality cultivars became unstable. A certain range of lodging and brown rice weight, was necessary to obtain high quality rice, and the quality became unstable out of this range. We found similarity in rice quality in some adjacent regions.

Key words : Paddy rice, Regional difference, Regional trial, Rice quality.