

陸稲在来品種コアコレクションの作成

誌名	茨城県農業総合センター生物工学研究所研究報告 = Bulletin of the Plant Biotechnology Institute, Ibaraki Agricultural Center
ISSN	13412809
著者名	岡野,克紀 岡本,和之 眞部,徹 石川,友子 石井,卓朗
発行元	茨城県農業総合センター生物工学研究所
巻/号	9号
巻号補足	
掲載ページ	p. 13-25
発行年月	2006年3月

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



陸稲在来品種コアコレクションの作成

岡野克紀・岡本和之・眞部 徹・石川友子・石井卓朗

遺伝資源として陸稲在来品種を有効に活用するためにコアコレクションの作成を行った。茨城県農業総合センター生物工学研究所で保存する 260 点から、生態的、生理的な 11 形質を用いた主成分分析およびクラスター分析を行い、陸稲在来品種を 7 つの群に分類するとともにこれに基づきコアコレクションとして 32 品種の選定を行った。このコアコレクションは 11 形質の平均で 86% の変異を含み、また、脱粒性、穂発芽性、葉いもち抵抗性など分析に用いていない形質の変異も含んでいた。このコアコレクションはイネの栽培特性を広げる育種素材としてだけでなく、イネの形質の多様性を把握するための研究材料として利用できる。

キーワード：陸稲，遺伝資源，在来品種，コアコレクション，多変量解析

I. 緒 言

陸稲は畑栽培されてきたことから耐干性、いもち病抵抗性、直播適応性などの水稲にはない栽培上優れた形質を持ち合わせている（小野 1977）。特に在来品種は遺伝的多様性の供給源であり、これまでに陸稲在来品種「戦捷」が圃場抵抗性の遺伝資源として用いられ、水稲のいもち病抵抗性品種の改良に大きく貢献してきたことはよく知られている（東・赤間 1992）。

近年、遺伝資源獲得競争の激化と遺伝資源活用の可能性が高まることにより、新規の遺伝資源の確保や利用が注目されている。遺伝資源は収集するだけでなく、その特性を明らかにし、情報を育種家に提供することによってはじめて利用の可能性が開かれる。しかし、その作業は大量の材料を扱う必要があり、多大な労力と経費を必要とする。陸稲在来品種分類の歴史は古く、角田（1953, 1954, 1975）は形態的特性により陸稲在来品種を形態的特性に基づき 16 品種系に分類し、さらに水稲転用型、陸稲型、中国のインディカ種である秈型の 3 群に大別できるとした。山口ら（1958）はフェノール反応などの二次特性から熱帯ジャポニカに属する品種が陸稲在来品種に含まれるとした。さらに雑種不稔性から陸稲在

来品種が 5 つの品種群に分類できるとした（山口 1963）。Ishikawa ら（1992）は陸稲在来品種のアイソザイム多型は 11 遺伝子型にまとめられるとした。

Flankel（1984）は効果的な遺伝資源の利用として“コアコレクション”を提唱した。コアコレクションは「現存する遺伝資源集団からなるべく多くの多様性を含むよう選ばれた小集団」と定義され（Brown 1995）、元となる集団の 10% 程度の大きさに全体の 70% 以上の遺伝的多様性を持つことが理想とされている（Brown 1989）。これまでにイネなど様々な作物でコアコレクションが開発されており、これらは形態的特性や生態的特性、分子マーカーに基づき選出されている（Johnson and Hodgkin 1999）。コアコレクションは農業形質やストレス耐性などの評価に利用でき、インゲンマメでは菌核病抵抗性の新たな遺伝資源探索に利用された（Miklas ら 1999）。

イネのコアコレクション開発についてはいくつかの報告がなされている。国際イネ研究所では保存するコレクションからアイソザイム多型に基づき 284 点からなるコアコレクションを開発している（Vaughan 1991）。中国では 13 の量的形質に 6 種の統計処理を行い、18 のコアコレクションを作成している（Li ら 2004）。日本でも独立行政法人農業生物資源研究所が DNA 多型を用いて日本在

来イネ・コアコレクションを選定している(小島ら 2004). また Kojima ら (2005) は RFLP に基づき, より多くの遺伝的多様性を保持する栽培イネ多様性研究遺伝資源セットを構築している.

筆者らは 289 点からなる陸稲在来品種の特性解析を行い, 各形質内に幅広い変異が保存されていることを報告した(岡野ら 2005). 本研究ではこの特性解析により得られた生理的, 形態的特性データを用いて, 統計的手法による陸稲在来品種の分類を試み, これに基づくコアコレクションの作成を行った. さらにこのコアコレクション中に耐干性など陸稲に特徴的な形質の多様性の確認を行ったのでその概要を述べる. なお, 本研究は陸稲育種指定試験事業の新品種育成基礎試験(平成 16 年および 17 年)として実施したものである.

Ⅱ. 材料および方法

1. 供試材料

本研究では供試材料として茨城県農業総合センター生物工学研究所普通作育種研究室において維持, 保存している陸稲在来品種 289 点を用いた.

2. 一次特性の調査

茨城県農業総合センター農業研究所水田圃場にて各品種を栽培し, 出穂期, 稈長, 穂長および穂数を調査した. 2005 年 5 月 12 日に播種を行い, 6 月 3 日に本田へ移植を行った. 各品種 17 株を移植したもののうち, 成熟期に中庸な生育を示す 5 株の稈長, 穂長, 穂数を調査した. なお, それ以外の一次特性については前報(岡野ら 2005)の数値を用いた.

3. 統計解析

統計解析には出穂期, 稈長 (cm), 穂長 (cm), 穂数 (本/株), 籾長 (mm), 籾幅 (mm), 玄米長 (mm), 玄米幅 (mm), 耐干性, 低温発芽性および中茎伸長性 (mm) の 11 形質を用いた. 主成分分析に用いた 11 形質のうち, 出穂期差, 稈長, 穂長, 穂数は前報(岡野ら 2005)のデータと 2005 年度に再調査したデータの平均値を用い, 複数年次にわたっての調査による影響が少なくなるようにした. 解析に際し, 出穂期および耐干性, 低温発芽性の評

価は数値化を行った. 出穂期は同一圃場内で栽培した「トヨハタモチ」, 「キヨハタモチ」, 「ゆめのはたもち」を基準品種とし, その平均出穂期との相対的な出穂期の差(日数)とした. 耐干性の評価は 1 (極強) から 9 (極弱) の 9 段階に, 低温発芽性は 1 (極高) から 9 (極低) の 9 段階にそれぞれ数値化を行った. 全 289 品種中, 形質データに欠損値のある 29 品種を除いた 260 品種についての数値化したデータを用い, 主成分分析およびクラスター分析に基づいてコアコレクションを作成した. なお, 統計解析は web 上の統計解析プログラム「Black-Box」(<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/BlackBox/BlackBox.html>)を使用した.

4. コアコレクションの特性評価

1) 生産力検定調査

茨城県農業総合センター農業研究所畑圃場にてコアコレクションに選定した 32 品種の生産力検定調査を行った. 各品種 7.5g の種子を 2.5m x 3 畦(畦間 60cm, 反復なし)に条播した. 成熟期に稈長, 穂長および単位面積あたりの穂数を調査した. 収穫期に各品種 2m x 3 畦を坪刈りし, 風乾後に全重, 籾重, 玄米重および玄米千粒重を計測した. 玄米品質は粳品種では「コシヒカリ」, 糯品種では「トヨハタモチ」を基準の 5 (中の中) として 1 (上の上) から 9 (下の下) の 9 段階に分けて評価した.

2) 特性検定試験

特性検定試験として葉いもち圃場抵抗性, 株枯病耐性, 穂発芽性, 玄米タンパク質含量の調査を行った. 葉いもち圃場抵抗性は畑晩播多窒素法により 0 (無) から 5 (甚) の 6 段階に評価した. 株枯病耐性は生物工学研究所の定法に従い評価を行った. 穂発芽性の評価は水田にて採取した出穂 40 日後の穂を用いて行った. 4℃ にて保管した穂を 25℃ 恒温室内で 24 時間吸水させ, その後 72 時間恒温室内で催芽し, 穂発芽率 (%) を調査した. 玄米粗タンパク質含量は Kjeltac オートアナライザー (FOSS ジャパン) を用いたケルダール法で窒素含量を測定し, 推定した.

Ⅲ. 結 果

1. コアコレクションの作成

陸稲在来品種の11形質について主成分分析を行い、分析した260品種の第1主成分得点と第2主成分得点に基づき二次元散布図を作成した。この散布図から各品種を目視により9群に大別したが、各品種は散在して配置される傾向が高かった(図1)。また、この散布図上で角田(1975)の16品種系に従い、各品種の配置を行った(図2)。主成分分析の過程で得られた相関係数は前報(岡野ら2005)の結果とほぼ同じであった(表1)。計算により得られた各主成分の負荷量、固有値、寄与率および累積寄与率を表2に示した。累積寄与率は第2主成分までは37.7%、第4主成分までは67.0%であった。各主成分において寄与の大きかった形質は次のとおりである。

第1主成分：籾長，玄米長，穂長

第2主成分：籾幅，玄米幅

第3主成分：出穂期差，稈長，低温発芽性

第4主成分：中茎伸長性，穂長，耐干性

主成分分析により算出された各品種の第1から第4までの主成分得点を用いてクラスター分析(Ward法)を行い、各品種間の相対距離に基づく樹状図を作成した(図3)。供試した260品種は平方距離による相対距離が25の位置で16群に、75の位置で7群に大別できた。この7群をそれぞれⅠ群からⅦ群とした。これらの群には主成分分析の結果から選定されたコアコレクション候補が全て含まれていた。各群に含まれる品種間の形質変異にはそれぞれ特徴がみられ(表3)、各群の示す形質の特徴は次の通りであった。

Ⅰ群：早生，生育量が少なく，短く幅の広い粒，耐干性

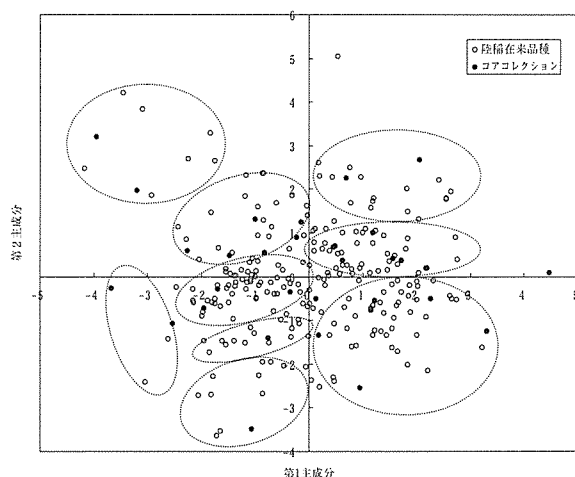


図1 陸稲在来品種における第1および第2主成分得点の散布図。

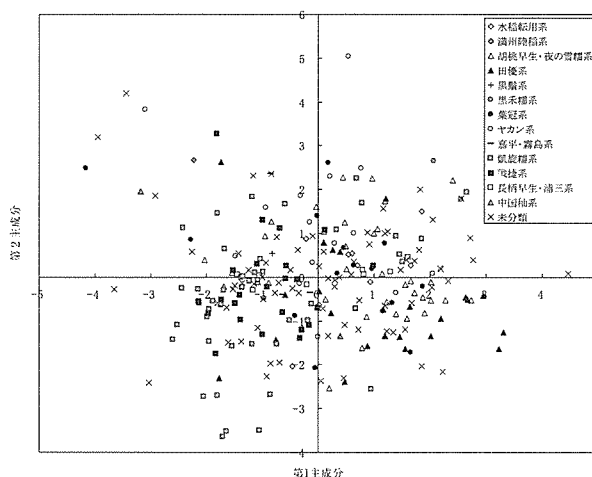


図2 陸稲在来品種における第1および第2主成分得点による各品種系の散布図。
品種系の分類は角田(1975)の分類に準ずる。

表1 主成分分析に用いた陸稲在来品種の11形質の相関係数

	出穂期	稈長	穂長	穂数	籾長	籾幅	玄米長	玄米幅	耐干性	低温発芽性	中茎伸長性
出穂期	1.000										
稈長	0.524 **	1.000									
穂長	0.177 *	0.375 **	1.000								
穂数	0.122	0.283 **	0.071	1.000							
籾長	0.195 **	0.133	0.298 **	0.207 **	1.000						
籾幅	0.056	-0.222 **	-0.048	-0.012	0.044	1.000					
玄米長	0.223 **	0.129	0.219 **	0.221 **	0.860 **	0.061	1.000				
玄米幅	-0.013	-0.271 **	-0.177 *	-0.100	-0.068	0.774 **	0.001	1.000			
耐干性	-0.077	0.106	0.009	-0.113	-0.166 *	-0.050	-0.202 **	-0.012	1.000		
低温発芽性	-0.392 **	-0.266 **	0.054	-0.031	0.113	0.109	0.053	0.032	0.035	1.000	
中茎伸長性	-0.141 *	0.082	0.132	0.095	-0.249 **	-0.052	-0.327 **	-0.061	0.175 *	0.032	1.000

相関係数に付した*は5%水準で、**は1%水準でそれぞれ有意であることを示す

がやや弱い

Ⅱ群：やや早生，生育量が少なく，長く幅の広い粒，耐干性に優れる

Ⅲ群：中生，生育量が大きく，長く幅の狭い粒

Ⅳ群：早生，やや短稈で長穂，穂数が多く，大粒，耐干性にやや優れ，低温発芽性が低い

Ⅴ群：早生，長穂で穂数が少なく，耐干性が弱く，中茎

の伸長に優れる

Ⅵ群：中生，やや長稈，短穂でやや幅の狭い粒，耐干性がやや強く，低温発芽性に優れる

Ⅶ群：晩生，生育量が大きく，大粒で低温発芽性がやや高い

これら各群内の品種を角田（1975）の16品種系に分類すると，各群の品種構成は主に次に示す品種系から成

表2 陸稲在来品種の11形質の主成分負荷量と寄与率

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	寄与率
出穂期	-0.234	-0.103	0.818	0.021	0.734
稈長	-0.275	0.245	0.697	-0.377	0.763
穂長	-0.533	0.085	0.135	-0.574	0.640
穂数	-0.352	0.105	0.241	0.096	0.202
籾長	-0.905	-0.012	-0.025	0.151	0.842
籾幅	-0.060	-0.939	-0.037	0.000	0.887
玄米長	-0.874	-0.056	0.034	0.262	0.838
玄米幅	0.096	-0.931	-0.042	0.072	0.883
耐干性	0.195	-0.007	-0.029	-0.550	0.342
低温発芽性	-0.252	-0.054	-0.756	-0.194	0.676
中茎伸長性	0.250	0.416	-0.077	-0.703	0.564
固有値	2.299	1.846	1.813	1.413	
寄与率(%)	20.899	16.779	16.486	12.845	
累積寄与率(%)	20.899	37.677	54.163	67.007	

表3 クラスタ分析により分類された陸稲品種群内での形質の変異

クラスター群	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ		Ⅴ		Ⅵ		Ⅶ	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
	平均 ± S.D.		平均 ± S.D.		平均 ± S.D.		平均 ± S.D.		平均 ± S.D.		平均 ± S.D.		平均 ± S.D.	
出穂期差（日）	-6.5	6.5	-1.0	24.0	0.5	19.0	-0.5	11.5	1.0	12.0	-3.5	23.0	3.5	25.5
	2.1 ± 2.4		4.2 ± 4.1		9.3 ± 7.4		3.7 ± 2.3		4.3 ± 2.1		10.7 ± 6.0		18.3 ± 6.3	
稈長（cm）	74.1	115.3	67.5	105.1	90.0	132.4	81.6	114.5	83.2	116.4	84.1	122.8	95.3	128.6
	90.8 ± 8.9		86.0 ± 8.7		113.3 ± 13.4		95.7 ± 6.8		101.3 ± 8.0		104.0 ± 9.8		110.2 ± 8.5	
穂長（cm）	16.7	23.5	18.1	22.5	21.0	23.9	19.9	26.0	18.4	26.0	18.4	24.1	18.8	25.3
	20.3 ± 1.5		20.3 ± 1.0		22.7 ± 0.9		22.1 ± 1.2		22.4 ± 1.8		20.7 ± 1.2		22.3 ± 1.4	
穂数（本/㎡）	3.9	12.0	6.1	12.6	8.1	14.2	6.9	14.6	6.4	12.0	6.1	13.4	7.5	14.0
	8.2 ± 2.0		9.3 ± 1.8		11.0 ± 1.8		10.7 ± 1.7		9.0 ± 1.6		10.1 ± 1.8		9.8 ± 1.3	
籾長（mm）	6.7	8.1	7.5	9.6	8.1	9.4	7.1	9.5	7.1	8.9	6.9	8.6	7.2	9.0
	7.6 ± 0.3		8.2 ± 0.4		8.9 ± 0.5		8.4 ± 0.4		7.9 ± 0.4		7.8 ± 0.4		8.3 ± 0.5	
籾幅（mm）	3.3	3.7	3.3	3.9	3.0	3.4	3.4	3.9	3.2	3.9	2.9	3.8	3.3	4.0
	3.5 ± 0.1		3.7 ± 0.2		3.2 ± 0.1		3.6 ± 0.1		3.6 ± 0.2		3.4 ± 0.2		3.7 ± 0.2	
玄米長（mm）	4.7	5.9	5.3	6.7	5.7	7.0	5.4	6.4	4.7	6.0	4.9	6.0	5.1	6.5
	5.4 ± 0.3		5.8 ± 0.3		6.3 ± 0.5		5.9 ± 0.2		5.5 ± 0.3		5.5 ± 0.3		5.8 ± 0.3	
玄米幅（mm）	2.7	3.2	2.8	3.3	2.4	2.8	2.7	3.2	2.6	3.2	2.3	3.2	2.7	3.5
	2.9 ± 0.1		3.1 ± 0.1		2.6 ± 0.1		3.0 ± 0.1		3.0 ± 0.1		2.8 ± 0.2		3.0 ± 0.2	
耐干性	極弱	強	弱	極強	弱	やや強	極弱	極強	極弱	やや強	弱	極強	弱	強
	やや弱	—	強	—	中	—	やや強	—	弱	—	やや強	—	中	—
低温発芽性	低	高	低	やや高	極低	強	極低	強	極低	極高	やや低	極高	低	高
	やや低	—	やや低	—	やや低	—	低	—	やや低	—	高	—	やや高	—
中茎伸長性（mm）	1.0	15.0	2.0	14.0	2.0	17.0	1.0	15.0	7.0	39.0	4.0	13.0	3.0	16.0
	8.4 ± 3.6		6.7 ± 2.5		7.4 ± 4.3		8.2 ± 2.8		17.3 ± 7.9		8.3 ± 2.3		7.9 ± 2.9	

上段は品種群内の変異幅，下段は平均値および標準偏差を示す

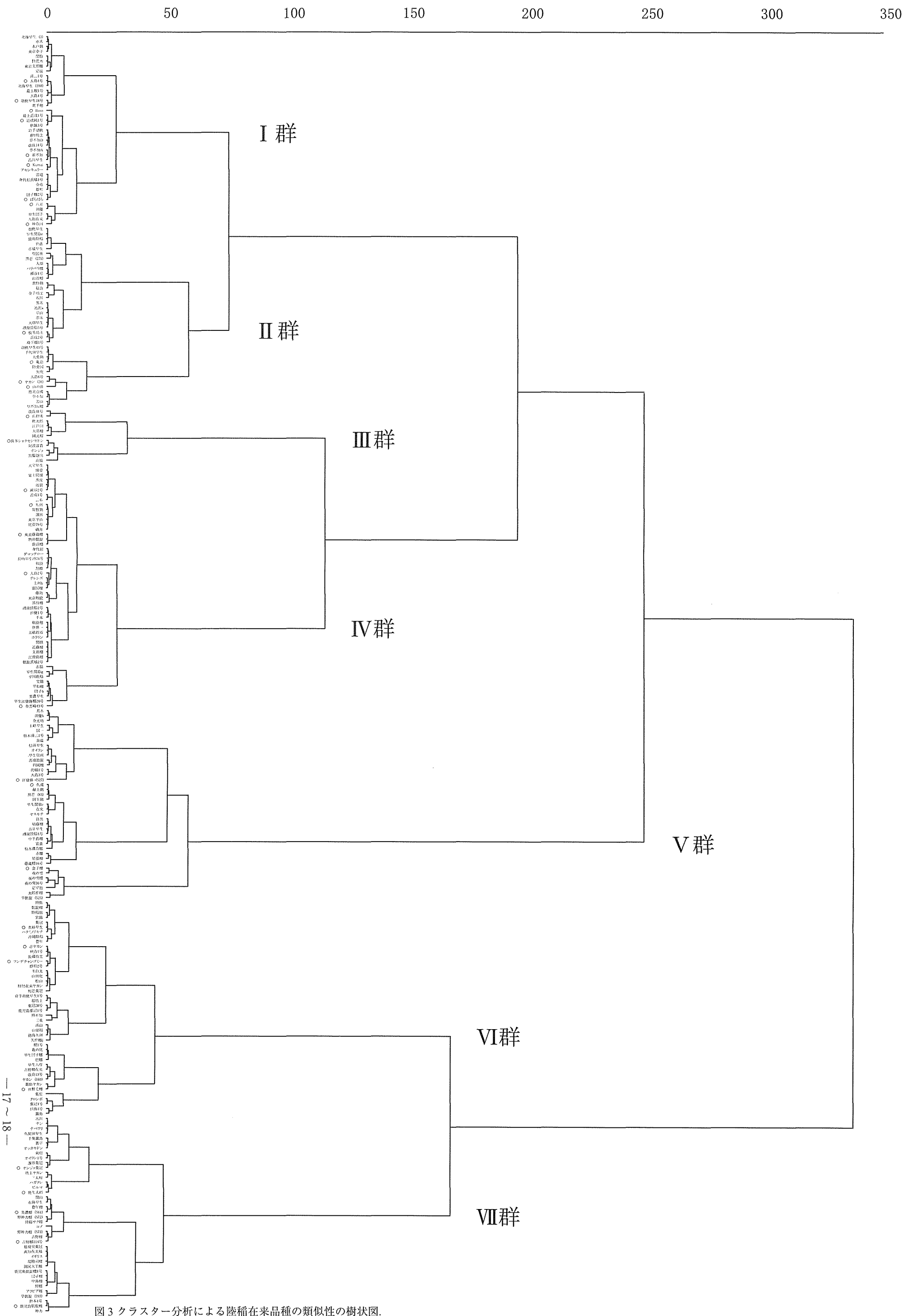


図3 クラスター分析による陸稲在来品種の類似性の樹状図.
各品種間の距離は平方距離による相対距離で示した. コアコレクションに含まれる品種の名称には○を付した.

表 4 クラスター内に含まれる品種数およびその分類

品 種 分 類	クラスター分類 ¹⁾							合計
	I 群	II 群	III 群	IV 群	V 群	VI 群	VII 群	
水稻転用系	4	2	-	1	-	2	-	9
満州陸稲系	-	-	1	-	-	-	-	1
「胡桃早生」・「夜の雪糯」系	12	9	-	2	9	3	-	35
「田優」系	3	5	1	2	10	2	1	24
「黒鬚」系	-	-	-	-	-	1	-	1
「黒禾糯」系	-	-	-	-	-	1	-	1
「葉冠」系	-	-	1	-	-	7	6	14
「ヤカン」系	1	-	1	1	-	9	6	18
「嘉平」・「霧島」系	-	-	-	-	-	1	2	3
「凱旋糯」系	3	4	1	11	6	4	16	45
「戦捷」系	1	4	1	15	2	1	-	24
「長柄早生」・「浦三」系	2	-	-	3	2	1	-	8
中国籼系	-	1	1	-	-	-	-	2
未分類	13	12	4	15	10	12	9	75
合 計	39	37	11	50	39	44	40	260

¹⁾ 品種の分類は角田（1975）に準ずる

表 5 コアコレクションの各形質の変異幅と変異保有率

	最小	最大	平均	標準 偏差	変異 ¹⁾ 保有率(%)
出穂期差（日差）	-13.5	25.5	7.2	7.3	78
	-6.5	24.0	6.2	7.4	
稈長（cm）	67.5	132.4	99.3	11.9	100
	67.5	132.4	96.8	14.8	
穂長（cm）	16.7	26.0	21.4	1.6	91
	16.7	25.2	21.3	1.9	
穂数（本/m ² ）	3.9	14.6	9.7	1.9	85
	3.9	13.0	9.5	2.0	
籾長（mm）	6.68	9.58	8.06	0.53	100
	6.68	9.58	8.13	0.74	
籾幅（mm）	2.93	4.00	3.57	0.18	77
	3.18	4.00	3.55	0.18	
玄米長（mm）	4.70	6.96	5.65	0.38	98
	4.70	6.92	5.73	0.52	
玄米幅（mm）	2.32	3.54	2.95	0.17	61
	2.55	3.3	2.94	0.18	
耐干性	極弱	極強	-	-	100
	極弱	極強	-	-	
低温発芽性	極低	極高	-	-	71
	低	高	-	-	
中茎伸長性（mm）	1.0	39.0	9.4	5.2	82
	2.0	33.0	8.4	5.5	

上段は陸稲在来品種全体、下段はコアコレクションの変異幅を示す
¹⁾変異保有率は陸稲在来品種全体の変異のうち、コアコレクションが含む割合

り立っていた（表 4）。

I 群：水稻転用系，「胡桃早生」・「夜の雪糯」系，「長柄早生」・「浦三」系

II 群：「胡桃早生・夜の雪糯」系，「田優」系，「凱旋糯」，「戦捷」，中国籼系

III 群：満州陸稲系，中国籼系

IV 群：「凱旋糯」系，「戦捷」系，「長柄早生」・「浦三」系

V 群：「胡桃早生」・「夜の雪糯」系，「長柄早生」・「浦三」系

VI 群：「黒鬚」系，「黒禾糯」系，「葉冠」系，「ヤカン」系，「嘉平」・「霧島」系

VII 群：「葉冠」系，「ヤカン」系，「嘉平」・「霧島」系，「凱旋糯」系

主成分分析で得られた主成分得点による各品種の散布図上の配置およびクラスター分析での各品種群への分類に基づき，陸稲在来品種コアコレクション 32 品種を選定した。これら 32 品種は陸稲在来品種全体の変異幅のうち，主成分分析に用いた 11 形質の平均で 86% の変異幅を包含していた。うち稈長，穂長，籾長，玄米長および耐干性では 90% 以上の変異幅を包含していたが，玄米幅では 61%，低温発芽性では 71% と他の形質に比べ変異幅が狭かった（表 5）。

2. コアコレクションの特性評価

主成分分析に用いた 11 形質以外の質的形質，量的形質の変異がコアコレクションのなかに包含されているかを調査するため，畑圃場での生産力検定試験および特性検定試験を行った。

1) 生産力検定

コアコレクション 32 品種の出穂期は 8 月 4 日から 9 月 6 日と 32 日の幅があった。幼苗草型，芒の長さ，顔色および脱粒性では変異幅が包含されていた。収量構成要素では，稈長は 72.1cm から 109.5cm，穂長は 19.8cm から 28.8cm，穂数は 1m²あたり 149.9 本から 378.0 本であった。わら重は 1a あたり 28.1kg から 80.8kg であり，玄米重は

同じく 4.3kg から 37.2kg であった。うち、穂いもち病害、雀害、脱粒などの被害を受けたものを除くと最小値はそれぞれ 34.4kg、17.2kg となった。玄米千粒重は 16.3g から 22.9g であった（表 6）。生産力検定試験における病害等による被害の程度は穂いもち病が 0（無）から 4.5（やや甚）、紋枯病が 0（無）から 3.0（中）、倒伏が 0（無）から 5.0（甚）であった（表 7）。

2) 特性検定

葉いもち特性検定試験では評価が 0（無）から 4.0（多）であった。株枯病抵抗性は極弱からやや強で変異が弱い部類に集中した。穂発芽性特性検定では穂発芽率が 3% から 87% であった。耐干性検定ハウスでの灌水制限区 / 無処理区の収量比は 5.6% から 51.0% であった。水田に

おいて栽培した際の玄米タンパク質含量は 8.2% から 11.2% であった（表 8）。

IV. 考 察

1. 多変量解析によるコアコレクションの選定

品種分類は未分類の品種、系統を類別、整理し、その中から優良な育種材料を選ぶ上で重要である、多くの形質を総合評価し、品種、系統を客観的に分類する統計的手法として多変量解析が用いられており（箱田・秋浜 1988）、特に先験的知識のない場合は主成分分析が有効である（望月 1968）。今回の主成分分析に用いた 11 形質のうち、出穂期差、稈長、穂長および穂数は前報（岡野

表 6 コアコレクションの生産力検定試験の結果（その 1）

品 種 名	出穂期 (月 / 日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (cm)	わら重 (kg/a)	精籾重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	籾摺り 歩合 ¹⁾ (%)	玄米 千粒重 (g)	玄米品質 ²⁾	備考
Boso	8/4	75.7	21.6	214.8	28.1	8.3	5.9	71	19.6	6.2	雀害甚
山稈禾	8/6	92.7	24.2	378.0	56.4	48.9	37.2	76	20.4	6.7	
近成純 1 号	8/9	87.2	25.0	149.9	34.4	31.7	24.4	77	18.8	6.2	
Kurnai	8/10	81.8	24.2	229.8	46.2	31.6	22.7	72	16.4	6.2	脱粒易
六月	8/9	83.5	24.3	271.4	39.8	21.6	16.0	74	17.8	5.5	
ヤカン	8/5	86.5	22.8	261.4	41.3	35.4	26.9	76	20.7	5.5	
山の井	8/15	81.7	24.3	223.1	55.0	40.4	30.4	75	22.9	5.8	
雀不知	8/6	82.6	22.5	234.8	47.4	33.8	24.4	72	17.9	6.2	
亀治	8/13	99.2	23.9	278.1	68.6	42.3	31.9	75	20.8	6.0	
胡桃早生 18 号	8/18	100.7	23.6	163.2	54.4	42.7	33.6	79	22.2	6.0	
九州	8/17	87.5	24.0	221.4	55.2	42.1	32.2	77	20.9	5.7	
大島 2 号	8/19	87.0	24.4	263.1	62.4	43.3	32.7	76	20.0	6.0	
久蔵	8/19	80.0	27.7	239.8	47.1	26.9	18.8	70	18.8	6.3	
枝垂坊主	8/24	89.6	24.4	233.9	49.0	23.2	17.2	74	19.3	6.2	
赤ヤカン	9/2	84.8	21.7	291.4	80.8	27.0	18.2	68	18.0	5.7	
フンデチャンゴミー	8/28	92.4	24.6	209.8	51.7	29.1	21.0	72	20.6	5.7	
晩生太郎	9/1	94.3	24.0	173.2	67.0	39.6	27.1	68	17.2	6.3	
長茎シャクセンモドシ	9/2	109.5	24.9	296.4	74.5	23.7	16.5	70	19.8	6.7	
オンジョ葉冠	9/1	104.9	23.9	204.8	68.5	31.1	23.6	76	19.3	6.3	
金子糯	8/6	87.5	20.4	193.1	42.4	7.4	4.3	58	18.1	6.7	
大島 4 号	8/14	72.1	21.5	293.0	47.4	27.6	19.7	71	16.4	4.7	
江曾島	8/22	94.6	28.8	151.5	47.8	35.1	25.5	73	20.1	5.5	
高砂早生	8/21	89.1	27.0	258.1	66.6	32.3	23.0	71	18.4	5.5	
金芳崎 43 号	8/18	91.4	22.1	194.8	46.0	33.7	25.3	75	22.5	5.5	
東京藤蔵糯	8/18	100.3	24.7	204.8	58.6	37.5	27.2	73	22.4	5.5	
美濃糯	8/25	90.1	25.3	293.0	67.2	32.8	24.4	74	18.8	4.5	
日野毛糯	8/31	85.1	19.8	271.4	59.7	24.0	18.1	75	16.7	6.5	
吉野糯 114 号	9/4	100.7	22.6	293.0	80.4	24.2	17.9	74	20.7	6.0	
鹿兒島凱旋糯	9/6	92.3	21.8	311.4	76.9	24.3	18.1	75	20.0	6.0	
神奈川	8/12	82.9	22.6	164.8	40.0	23.4	17.9	77	16.3	5.7	
ばらばら	8/4	87.5	19.3	274.7	40.1	13.8	9.1	66	17.9	6.0	
瀬谷 2 号	8/19	85.9	24.3	278.1	61.4	45.1	33.8	75	20.4	4.8	

¹⁾ 籾摺り歩合は精籾重における玄米重の割合
²⁾ 玄米品質は 1（上の上）から 9（下の下）の 9 段階評価

ら 2005) のデータと 2005 年度に再調査したデータの平均値を用いたが、前報と今回の各形質間における相関係数に大きな差異は認められず、これらの相関関係は環境要因より遺伝要因の関与が大きいと推測される。

主成分の累積寄与率は第2主成分までで37.7%、第4主成分まででも67.0%と陸稲在来品種全体の変異のうち3分の1を含むことができなかった。これは各形質間の相関が低いためと考えられる。特に耐干性、低温発芽性は相関のある形質が2つずつと少なかった。根本(1995)は陸稲の耐干性が「干ばつ回避性」と「生理的耐干性」から成り立っており、「生理的耐干性」はさらに保水機構と集水機構から構成されているとしており、その機構が

複雑なため特定の形質との相関が認められなかったためと推測される。

今回の主成分分析では第4主成分までで67.0%とそれほど多くの情報を集約することはできなかった。主成分分析により集団の全体像を把握するためにはその変動の大部分を説明できる主成分を抽出する必要がある。各形質の第4主成分までの負荷量は大半の形質で70%を超えているが、穂数で20.2%、耐干性で34.1%と低かった。望月(1968)は多数の測定形質全てを主成分分析に用いるのではなく、目的に沿った形質をある程度選択して分析するのが望ましいとしている。本研究で用いた形質はいずれも陸稲の育種において重要な形質であるため取捨

表7 コアコレクションの生産力検定試験の結果(その2)

品 種 名	幼苗草型 ¹⁾	芒性	ふ先色	脱粒性	倒伏	生育被害 ²⁾			ごま葉枯
						穂いもち	紋枯		
Boso	E-EM	稀短	黄白	やや易	3.0	3.5	0.0		1.0
山稈禾	DM	無	黄白	やや難	5.0	0.0	0.0		1.0
近成純1号	M-EM	稀短	黄白	難	0.0	1.0	1.0		1.0
Kurnai	DM-M	稀短	褐	難	0.5	3.0	0.5		0.5
六月	M	無	褐	易	0.0	3.0	1.5		0.0
ヤカン	DM	稀短	黄白	中	0.0	1.0	3.0		1.0
山の井	DM	少や短	黄白	難	2.0	2.5	2.0		1.0
雀不知	DM	稀短	黄白	やや難	0.0	1.5	3.0		2.0
亀治	DM	少や短	紫	やや難	1.0	0.5	0.5		1.0
胡桃早生18号	DM	稀短	黄白	やや難	0.0	1.5	2.0		1.5
九州	DM	やや短	紫	やや難	0.0	1.0	1.5		0.5
大島2号	M	少中	紫	やや難	0.0	0.5	1.5		0.5
久蔵	D	稀短	褐	やや易	1.0	2.5	2.0		2.0
枝垂坊主	D	稀短	褐	中	0.0	1.5	1.0		1.0
赤ヤカン	DM	中や短	褐	中	1.0	0.0	3.0		0.5
フンデチャンゴミー	DM	多長	紫	難	3.5	0.0	1.5		1.0
晩生太郎	DM	多長	褐	難	2.0	3.5	0.0		0.5
長茎シャクセンモドシ	M	や多や長	褐	難	1.5	0.0	2.0		0.0
オンジョ葉冠	DM	少や短	黄白	中	1.0	0.5	3.0		1.0
金子糶	DM	多長	褐	難	0.5	4.5	1.0		2.0
大島4号	DM	稀短	黄白	難	0.0	1.5	2.5		1.0
江曾島	DM	稀短	紫	難	0.0	1.5	3.0		1.0
高砂早生	M	中や長	黄白	難	0.5	0.5	1.0		0.5
金芳崎43号	M	稀短	黄白	難	2.0	3.5	3.0		0.5
東京藤蔵糶	M	稀短	黄白	難	2.0	4.0	3.0		1.0
美濃糶	M	中や短	黄白	やや難	0.5	1.5	1.0		1.0
日野毛糶	DM	多中	紫	難	0.0	0.5	3.0		0.5
吉野糶114号	M	稀短	黄白	やや難	0.5	1.5	2.0		0.5
鹿兒島凱旋糶	DM	稀短	黄白	やや難	1.5	0.0	1.0		1.0
神奈川	M	稀短	褐	難	2.0	3.0	2.5		2.0
ばらばら	M-DM	や多や長	褐	難	1.0	4.0	2.0		3.0
瀬谷2号	M	稀や短	黄白	やや難	0.0	1.0	2.0		1.5

¹⁾ 幼苗草型はE(伸長型)からD(矮性型)の9段階評価

²⁾ 生育被害は0(無)から5(甚)の6段階評価

選択はできないが、少数の主成分で全変動の大部分を説明するには他の形質も加味する必要があるだろう。

この分析から得られた主成分の生物学的意義を推測すると、第1主成分は籾、玄米の長さや穂の長さが関与し、第2主成分は籾、玄米の幅が関与していることから、これら2つの主成分は日本水稻型と陸稲型への分化によるものと思われる。また、第3主成分は出穂期差、稈長および低温発芽性が関与し、集団間の早晩化によるものと推測できる。第4主成分は中茎伸長性、耐干性が関与し、水田栽培と畑栽培の適応性によると思われる。

また、供試した陸稲在来品種を角田（1975）の16品種系に分類し、同様に配置してみると同一群内では近く

に配置される傾向であったが、品種系間の配置には重複している範囲が多くみられた（図2）。これらの結果より、陸稲在来品種の品種分化は分類間に明らかな区別性があるものではなく、重複のある連続的なものであると推測できる。

本研究では主成分分析に加え、これより得られた第1から第4主成分得点を用いてクラスター分析を行った。一般的に主成分分析による品種分類では品種ごとの得点を座標上に配置し、その分布から類縁性を推測し、分類を行っている（望月 1968, 箱田・秋浜 1988）。しかし、今回の主成分分析の結果のように2つの主成分の累積寄与率が低い場合には二次元座標上で変異の大部分を表す

表 8 コアコレクションの特性検定試験の結果

品 種 名	葉いもち病 抵抗性 ¹⁾	穂発芽 (%)	耐干性		中茎伸長 (mm)	玄米タンパク 質含量 ³⁾ (%)
			収量 (g)	収量比 ²⁾ (%)		
Boso	3.5	3.3	12.0	18.7	8.7	11.2
山稈禾	0.0	30.0	5.0	6.5	41.8	9.7
近成純 1 号	2.0	72.0	16.0	36.4	13.1	9.4
Kurnai	3.0	8.0	12.6	19.5	14.1	9.6
六月	4.0	15.0	17.7	26.0	17.1	10.1
ヤカン	2.5	87.0	26.3	31.0	5.1	9.9
山の井	2.5	65.0	9.5	17.7	6.7	9.8
雀不知	3.8	39.0	15.6	34.8	12.3	9.6
亀治	1.5	61.0	6.1	12.8	6.3	8.6
胡桃早生 18 号	3.0	68.0	41.2	51.0	6.0	8.6
九州	2.3	40.0	8.9	17.5	5.5	9.2
大島 2 号	2.3	58.0	11.2	37.6	5.5	9.8
久蔵	4.0	49.0	15.5	20.5	7.7	8.7
枝垂坊主	4.3	42.0	12.2	16.0	10.1	9.0
赤ヤカン	3.3	19.0	11.2	38.5	18.8	9.2
フンデチャンゴミー	2.8	27.0	9.4	12.0	8.6	9.8
晩生太郎	0.3	42.0	4.4	5.6	17.2	8.9
長茎シャクセンモドシ	3.0	28.0	12.1	20.9	9.9	9.1
オンジョ葉冠	1.5	65.0	7.3	15.4	11.1	9.0
金子糯	3.8	41.0	18.4	38.8	8.4	10.6
大島 4 号	2.5	8.0	33.0	48.9	10.2	9.9
江曾島	1.3	12.0	7.7	9.9	14.3	8.7
高砂早生	2.5	13.0	9.6	15.5	8.7	10.0
金芳崎 43 号	2.3	67.0	22.6	42.6	7.5	9.3
東京藤蔵糯	2.0	34.0	17.2	43.0	5.8	9.2
美濃糯	1.3	38.0	15.2	24.8	6.3	9.2
日野毛糯	2.0	44.0	19.6	18.2	7.3	9.3
吉野糯 114 号	2.0	49.0	6.1	33.0	6.9	8.2
鹿児島凱旋糯	2.0	45.0	36.0	25.7	5.2	8.7
神奈川	2.8	38.3	17.0	13.8	11.6	10.4
ばらばら	3.5	15.0	5.5	7.1	5.9	10.7
瀬谷 2 号	2.0	5.0	18.7	15.0	4.2	9.5

¹⁾ 葉いもち病抵抗性は 0（無）から 5（甚）の 6 段階評価
²⁾ 耐干性の収量比は無処理区に対する灌水制限区の収量の割合
³⁾ 玄米タンパク含量はケルダール法による窒素含量からの推定値

ことができない。また、得られた主成分の個数が多い場合には2組の主成分の組合せで散布図上への配置しても全容の把握は難しい。クラスター分析の変数として主成分得点を用いることにより変数の尺度が統一され、全ての変数の持つ情報を無駄なく使用することができる。また、主成分得点に基づく散布図から分類群を形成する場合、散布図を読み取る経験や既知の知見が必要となるが、クラスター分析による樹状図を用いることにより客観的に品種群を分類することができる。主成分得点を用いたクラスター分析で第1から第4の主成分を集約することにより集団内の変異の約3分の2を利用することができた。クラスター分析では大きく2つのグループに分けられ、一方がさらに5つの群に、もう一方が2つの群に分けられた(図3)。クラスター分析により分類された7群はそれぞれ群内にふくまれる品種の形質に類似した傾向がみられた。

各群に含まれた品種と角田(1975)の分類から次のことが示唆された。Ⅰ群、Ⅱ群、Ⅴ群は早生で「胡桃早生」・「夜の雪糰子」系や「田優」系が多く含まれ、満州、朝鮮に起源すると考えられる。またⅠ群は水稻に近い形質を保持しており、Ⅱ群は耐干性に優れ、Ⅰ群、Ⅱ群間に畑栽培に適するか、陸稲と水稻との分岐があると推測される。Ⅵ群、Ⅶ群は「葉冠」系、「ヤカン」系、「嘉平」・「霧島」系、「凱旋糰子」系が多く含まれ、日本においては九州で栽培されていた品種が多く、インドネシア、フィリピン、台湾など南方島嶼部に起源すると考えられる。Ⅵ群には他の品種系も含まれ、Ⅰ～Ⅴ群とⅦ群の中間型であると考えられる。Ⅳ群には「戦捷」系、「凱旋糰子」系が多く含まれていた。これらの系は「戦捷」系のⅦ群を除き、全ての群に含まれていた。「戦捷」系、「凱旋糰子」系の品種は昭和初期に多く栽培されており(小野1973)、品種系に含まれる品種数も多い(角田1975)ことから主要品種として各地に普及するなか、品種の分化が進んだと推測される。そして栽培しやすく収量性のあるものが選抜され、それら品種がこのⅣ群に含まれると考えられる。Ⅲ群は少数ながら様々な系の品種が含まれた。Ⅲ群は細長い粒を持つことが特徴であり、松尾(1952)の粳型による分類に従うとc型またはb型とc型の境界に位置した。日本の在来品種には少数のインド型品種が含まれているといわれ(佐藤1991)、また近年のDNAマー

カーを用いた日本の在来イネ品種分類でもインド型に分類される品種があると報告されている(小島ら2004)。よって陸稲在来品種にもインド型やこれに近い品種あり、それらがこの群に含まれていると考えられる。Ⅰ群からⅦ群を第1および第2主成分に基づき散布図上に再配置すると、同一群内では近接した位置に分布し(図4)、第1、第2主成分でもある程度分類ができることが示唆された。

主成分分析およびクラスター分析の結果より陸稲在来品種コアコレクションの32品種を選定したが、その集団の圧縮率は当研究室の保有する陸稲在来品種全体の11.1%であり、多変量解析に用いた品種の12.3%であった。また、陸稲在来品種全体の変異のうち、調査した11形質の平均で86%の変異を有していた。これはBrown(1989)の提唱するコアコレクションの効果的なサイズにほぼ合致し、今回選定した32品種はコアコレクションとして実用性が高いと考えられる。しかし、個々の形質に注目すると、主成分分析での玄米幅の寄与率は第4主成分まで88.3%と高いにもかかわらず、実際にコアコレクションに含まれる変異の包含は61.0%であり、変異幅が期待より小さい。これは統計的な尺度に加え、実際の測定値を加味することで選定による変異の取りこぼしを最低限に抑えられると思われる。

2. コアコレクションに含まれる変異

多変量解析に用いた11形質以外の変異がコアコレクションに含まれているか、生産力検定試験および特性検定試験により確認した。生産力検定での収量はわら重、初重とも広い幅があった。これはコアコレクションにおける収量構成要素の変異幅が大きいことが関与していると考えられる。また、芒長、顕色にも変異が認められたが、これは多変量解析に用いた形質と相関が高い(岡野ら2005)ためと考えられる。また、脱粒性や各種被害程度の変異も何らかの形質と相関があるためと思われる。ところで葉いもち特性検定においては病害の発生が多い品種が存在した。陸稲は圃場抵抗性を持ち、いもち病害に強いといわれているが、在来品種のなかに「六月」や「金子糰子」のように弱い品種が存在した。これら品種は過去の栽培では淘汰されずに残っていた。江塚ら(1969a)はいもち病菌の接種による遺伝子型の推定を

行ったが、供試した在来品種を含む陸稲の推定遺伝子型に新2号型の“+”もしくは愛知旭型の“Pia”のいずれかであった。また、畑苗代での検定結果から陸稲在来品種の圃場抵抗性は極強から極弱まで種々であり、極強に評価されたうちの若干の品種は何らか未知の主動遺伝子による抵抗性を有するのではないかとしている（江塚ら1969b）。「六月」や「金子糯」の推定遺伝子型は明らかではないが、これら品種も何らかの真性抵抗性遺伝子を持ち、現在それが崩壊してしまった可能性が考えられる。本研究では育種に有用な形質の変異を持つ陸稲在来品種コアコレクション作成のため、形態的形質および生理的形質に基づき選定を行った。その結果、陸稲という特徴を生かすために耐干性、低温発芽性という陸稲育種の重要な形質の変異をもつコアコレクションを選定することができた。このコアコレクションは陸稲在来品種の遺伝的変異の多くを持ち合わせているため、目的の形質をスクリーニングする労力を軽減することができ、基礎研究の材料や育種素材として有用である。

引用文献

- Brown, A. H. D. (1989) The case for core collections. *In* “The use of Plant Genetic Resources” Brown, A. H. D., O. H. Flankel, D. R. Marshall and J. T. Williams (eds.), Cambridge University Press, Cambridge. p.136-156.
- Brown, A. H. D. (1995) The core collection at the crossroad. *In* “Core Collection of Plant Genetic Resources” Hodgkin, T., A. H. D. Brown, T. J. L. Van Hintum and E. A. V. Morales (eds.), John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- 江塚昭典, 柚木利文, 桜井義郎, 篠田治躬, 鳥山国土 (1969a) いもち病に対するイネ品種の抵抗性に関する研究 (第1報). 中国農試報 E4 : 1-31.
- 江塚昭典, 柚木利文, 桜井義郎, 篠田治躬, 鳥山国土 (1969b) いもち病に対するイネ品種の抵抗性に関する研究 (第2報). 中国農試報 E4 : 33-53.
- Flankel, O. H. (1984) Genetic perspectives of germplasm conservation. *In* “genetic manipulation : impact on man and society” Arber, W. K., K. Llimensee, W. J. Peacock and P. Stralinger (eds.), Cambridge University Press, Cambridge. p.161-170.
- 箱田直紀・秋浜友也 (1988) 主成分分析及びクラスター分析によるサザンカ品種の形態的分類. 園学雑 57 (2) : 233-242.
- 東正昭・赤間芳洋 (1992) 病虫害抵抗性品種の育種 1. いもち病. “日本のイネ育種” 櫛渕欽也 監修 農業技術協会, 東京 270-279.
- Ishikawa, R., K. Maeda, T. Harada, M. Niizeki and K. Saito. (1992) Genotypic variation for 17 isozyme genes among Japanese upland varieties in rice. *Japan. J. Breed.* 42:737-746.
- Johnson, R. C. and T. Hodgkin (1999) Core collections for today and tomorrow. International Plant Genetic Resources Institute. <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/HTMLP/43>.
- 小島洋一朗, 福岡修一, 江花薫子, 入江憲治, 河瀬眞琴 (2004) SSRに基づく日本のイネ・コアコレクションの作成. 育種学研究 6 (別1) : 168.
- Kojima, Y., K. Ebana, S. Fukuoka, T. Nagamine and M. Kawase. (2005) Development of an RFLP-based Rice Diversity Search Set of Germplasm. *Breeding Sci.* 55:431-440.
- Li, C. T., C. H. Shi, J. G. Wu, H. M. Xu, H. Z. Zhang and Y. L. Ren (2004) Methods of developing core collections based on the predicted genotypic value of rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 108:1172-1176.
- Miklas, N. P., R. Delorme, R. Hannan and M. H. Dickson

- (1999) Using a subsample of core collection to identify new source of resistance to white mold in common bean. Crop Sci. 39:569-573.
- 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.
- 望月昇 (1968) 主成分分析によるトウモロコシの品種分類と育種材料探索に関する研究. 農技研報 D 19 : 85-149.
- 根本博 (1995) 陸稲育種の現状と今後の方向. 農業技術 50 (5) : 213-217.
- 岡野克紀, 岡本和之, 眞部徹, 石井卓朗 (2005) 陸稲在来品種の特性解析 茨城生工研報 8 : 27-49.
- 小野信一 (1977) オカボ 植物特性と栽培の意義. “農業技術体系作物編 7” 農文協, 東京 基 3-9
- 小野敏忠 (1973) 日本陸稲品種の来歴について 育雑 23 : 207-211.
- 佐藤洋一郎 (1991) アジア栽培イネのインド型－日本型品種群における籽型の差異. 育雑 41 : 121-134.
- 角田重三郎 (1953) 我国在来陸稲品種の分類 1. 育雑 3 (1) : 56.
- 角田重三郎 (1954) 我国在来陸稲品種の分類 2. 育雑 3 (3, 4) : 2.
- 角田重三郎 (1975) 日本陸稲品種の系統分類. 育雑 25 : 121-131.
- Vaughan , D. A. (1991) Choosing rice germplasm for evaluation. Euphytica. 54:147-154.
- 山口彦之・木村定雄 (1958) 日本陸稲在来種の若干形質の品種間差異について. 育雑 7 : 241-246.
- 山口彦之 (1963) 雑種不稔性による日本陸稲在来品種の分類. 育雑 13 (4) : 218-223.

Development of Local Upland Rice Core Collection

Katsunori Okano , Kazuyuki Okamoto , Toru Manabe , Tomoko Ishikawa and Takuro Ishii

*Plant Biotechnology institute, Ibaraki Agricultural Center;
Kamikunii, Mito, Ibaraki, 311-4203, Japan*

Summary

To utilize local upland rice varieties as genetic resource, a core collection has been developed. The core collection was selected from 260 accessions based on 11 morphological and physiological traits. Principal component analysis and cluster analysis using morphological and physiological data, enabled to classify the accessions into 7 groups. 32 accessions were selected from each of the 7 groups. Thirty - two accessions retained 86% of 11 traits diversity detected in the original 260 accessions, and included variation of other agronomic traits. This collection will be used for the studies of rice genetic diversity as well as breeding materials.

Key Words: upland rice, genetic resources, core collection, multivariate analysis