

品質・加工

インドネシアのイネ品種の家系の特徴およびその農業形質や食味との関係

吉田智彦¹⁾・Anas²⁾・Santi Rosniawaty²⁾・Ridwan Setiamihardja²⁾

(¹⁾ 宇都宮大学農学部, (²⁾ インドネシア, バジャジャラン大学)

要旨: インドネシアのイネ品種は総祖先数が2000を超えるものがあり, 家系が複雑になっていた. IRRI 育成品種が大きな遺伝的背景を占めていた. 最終の祖先である低脚烏尖, Cina, Latisail, Gampai, Tadukan の5品種で46.1%の寄与をしていた. 栽培面積とIR64との近縁度から, 総水田面積の50.6%はIR64の遺伝的背景を有すといえた. 近縁度の値をもとにしたクラスター分析で, インドネシア品種は大きく5つに分類された. IR36, Peta, Cisadaneなどの近縁係数と収穫迄日数とは正の相関であった. IR64を遺伝的背景に持つと草丈が短くなった. Ciapus や Cisadaneの積極的な交配親としての利用を提唱した. IR8との近縁係数は千粒重と負の相関を有し, 多収目標の育種での利用は有望と判断されず, IR8の組合せ能力は他の品種と異なっていると思われる. Sintanurの遺伝的背景を持つ品種は香りが良いと評価された. Kalimasの遺伝的背景は食味を低下させた.

キーワード: 遺伝的背景, イネ, インドネシアイネ品種, 家系分析, 近縁係数, 食味.

インドネシアの米生産は多収品種, 特にCisadaneの導入により1980~1990年代に大幅に増加した. しかし, その後の生産の増加率は停滞傾向にあり, 年平均増加率は1.19%である(BPS 2008). 現在米(粳)収量の平均はヘクタール当たり約4トンである. Susantoら(2003), Abdullahら(2008)は品種による収量増加は限界に達していると述べている.

インドネシアのイネ品種はIRRIの育成品種に多くを負っており(Susantoら2003), 遺伝資源の多様性欠如が懸念される. 遺伝資源の多様性を保つことは多収や耐病性などを有する品種育成に不可欠である(Fehr 1987, Poehlman and Sleper 1995). さらに, 生産力を最大にするためには新しい草型の品種(new plant type of rice, NPT)の開発が必要である(Donald 1968). Abdullahら(2008)はインドネシアのこれからの品種には短稈で多収, 早生, 主要病虫害への抵抗性, 良食味が必要であるとしている.

このため, インドネシアのイネ品種がどのような遺伝資源から構成されているかを品種の家系分析を行って明らかにすることが必要であり, その結果はこれからの新品種育成のための有力な指針になると思われる. 近縁係数はある品種との近縁関係を表す値で(Kempthorne 1969), この値を用いると複雑になった最近の家系を数量的に表すことができ, 農業形質との関係の解析が可能になる(吉田1998a).

家系分析により遺伝資源の構成を探る試みは既にいくつかの作物でなされてきており, いずれも狭い範囲の遺伝資源からなっていることがダイズ(Delannayら1983), イネ(Dilday 1990, 大里・吉田1996), ビールオオムギ(水田ら1996), コムギ(小林・吉田2006)などで報告されている. 一方, 遺伝的背景と生産力などとの関係については, 食味

とコシヒカリ近縁度との相関(大里・吉田1996), コムギ品種の近縁係数と品質との関係(Ushiyamaら2009), 北陸地域育成水稻品種の家系と食味との関係(重宗ら2006), 関東育成水稻系統と葉いもち病, 食味との関係(太田ら2006)などが報告されている. また, Barbosa-Netoら(1996)は近縁係数とRFLPデータからハイブリッドコムギの組合せ能力を予測している. さらに, オオムギ, コムギで, 近縁係数とDNA多型から計算した遺伝的距離との有意な相関が報告されており(内村ら2004, 小林・吉田2006), 家系分析の有効性が明らかにされている.

本報告では, 多くの人口を抱え, 食料の生産向上が強く求められているインドネシアにおけるイネ品種の育種目標設定の一助とするため, まだなされていないインドネシアのイネ品種の家系分析を行った. まず家系を構成する親の数や, 祖先品種との近縁度など遺伝的背景の解析を行った. さらに, 今後の新品種育成には多収などの農業形質改良は勿論のこと, 品質, 特に食味を高めることは輸出競争力を付けるためにも必須であるので, 遺伝的背景と農業形質や食味との関係を解析した.

材料と方法

1. 遺伝的背景の解析

インドネシアにおける代表的で(Susantoら2003), 異なるグループに属し, 交配に良く用いられている第1表に示す32品種の近縁係数, 家系図中の祖先の総数, その内で複数回出てくるものは一度しか数えない場合の数(共通を除いた数), 最終祖先(家系図で端に位置する品種)迄の世代数の最大値(家系図で最大遡る世代数)を家系分析Web(吉田ら2009a, 2009b)を用いて計算した. IRRI 育成

第1表 供試品種名, 普及年, 祖先数, 世代数, 主要祖先, グループ.

番号	品種名	普及年	総祖先数 ⁴⁾	同左除共通 ⁵⁾	世代数 ⁶⁾	主要祖先 (近縁係数 0.2 以上)	グループ ⁷⁾
1	Fatmawati	2003	396	74	16	NA ⁸⁾	1
2	Ciapus	2003	842	43	17	IR19661, IR3403	2
3	Cibogo ¹⁾	2003	1230	85	17	IR (8, 24, 28, 36, 42, 64), Peta	5
4	Wayapoburu ¹⁾	2002	784	78	15	IR (8, 24, 28, 36, 42, 64), Peta	5
5	Situpatenggang ²⁾	2002	124	45	14	NA	1
6	Situbagendit ¹⁾	2002	1580	77	18	IR (8, 24, 28, 36, 42, 64), Peta	5
7	Rokan	2002	1912	107	19	IR (8, 24, 36, 42), CR94, Peta	3
8	Cigeulis	2002	718	95	15	IR (8, 24, 28, 36, 42, 64), Peta	5
9	Gilirang ³⁾	2002	420	41	16	IR19661, IR3403	2
10	Sintanur ³⁾	2001	562	73	16	IR (5, 36), Peta, Syntha, Cina, Cisadane	4
11	Batutege ²⁾	2001	2	2	1	NA	1
12	Danautempe ²⁾	2001	22	14	5	IR (8, 24, 36, 42), CR94, Peta	3
13	Danaugaung ²⁾	2001	26	18	6	IR (8, 24, 36, 42), CR94, Peta	3
14	Batanggadis	2001	908	80	16	IR (8, 24, 28, 36, 42, 64), Peta	5
15	Angke	2001	2496	83	20	IR (5, 36), Peta, Syntha, Cina, Cisadane	5
16	Cimelati	2001	842	43	17	IR19661, IR3403	2
17	Conde ¹⁾	2001	2474	82	20	IR (8, 24, 28, 36, 42, 64), Peta	5
18	Ciherang ¹⁾	2000	1202	90	16	IR (8, 24, 28, 36, 42, 64), Peta	5
19	Kalimas	2000	1266	87	17	IR (8, 24, 36, 42), CR94, Peta	3
20	Widas ¹⁾	1999	228	79	14	IR (8, 24, 36, 42), CR94, Peta	3
21	Cirata	1996	398	72	16	IR (8, 24, 36, 42), CR94, Peta	3
22	Memberamo ¹⁾	1995	418	38	15	IR19661, IR3403	2
23	Gajah mungkur ²⁾	1994	4	4	2	NA	1
24	Bengawansolo	1993	370	50	15	IR (5, 36), Peta, Syntha, Cina, Cisadane	4
25	Cenranae	1991	26	19	7	IR (5, 36), Peta, Syntha, Cina, Cisadane	4
26	Lusi	1989	190	59	15	IR (5, 36), Peta, Syntha, Cina, Cisadane	4
27	C22 ²⁾	1989	10	10	3	NA	1
28	Dodokan	1987	418	64	14	IR (8, 24, 36, 42), CR94, Peta	3
29	IR64 ¹⁾	1986	392	70	14	IR (8, 24, 28, 36, 42, 64), Peta	5
30	Cisanggarung	1985	282	56	15	IR (5, 36), Peta, Syntha, Cina, Cisadane	4
31	Cisadane ¹⁾	1980	40	21	6	IR (5, 36), Peta, Syntha, Cina, Cisadane	4
32	Bengawan	1943	2	2	1	IR (5, 36), Peta, Syntha, Cina, Cisadane	4

¹⁾ 多く栽培されている品種. ²⁾ 陸稲. ³⁾ 香り米. ⁴⁾ 家系図中の総祖先数. ⁵⁾ 同左, 但し共通を除く.

⁶⁾ 最終祖先迄の世代数の最大値. ⁷⁾ クラスタ分析による群. ⁸⁾ NA; 近縁係数で 0.2 以上のものがない.

品種の家系データは IRIS (IRIS 2008) を, さらにインドネシアでの育成品種の家系は Indonesia variety description database (Indonesian center for rice research 2008) を参考にした. 全品種は最終の祖先まで検索されることを確認した. 近縁係数を全品種の総当たりで計算した. その結果の値を用いて Ward 法によるクラスタ分析を青木の計算プログラム (青木 2009) により行った. また, これら品種と近縁度が高いと予想される主要品種との近縁係数を計算した. なお, 古い品種の類縁関係の多少の違いは近縁係数の計算結果にあまり影響を及ぼさないことが確かめられている (吉田 1998b).

2. 農業形質や食味との関係

品種の近縁度と農業形質や食味との関係をみるために, 第1表に示す品種から, 実際栽培されているもの, 交配親として使われているものなどから選んだ 12 品種 (品種名は後の第4表に示す) と, 実験誤差推定のための3つの比較品種 (IR64, Cisadane, 及び第1表にはないが実際栽培の多い Midun) をインドネシアの西ジャワ州, Sumedang の標高 375 m の水田で 2006~2007 年の雨期に, 現地の慣行法で灌漑栽培した. 1 試験区は 4 × 4 m で, 区間は 50 cm, 条間は 25 cm, 株間は 10 cm とした. 1 区 3.7 g の窒素施肥を尿素で行った. 1 区の 5 個体について出穂後の草丈, 穂長, 1 穂粒数, および 1 × 1 m の収量を通常の方法で調査した. 収量は初重である. 標準品種を 3 反復して

第2表 全組合せでの近縁係数の値。

番号	品種名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	28	29	30	31	32	
1	Fatmawati	1.00	0.01	0.13	0.18	0.01	0.14	0.04	0.15	0.01	0.04	0.04	0.02	0.19	0.25	0.01	0.25	0.16	0.05	0.05	0.05	0.01	0.03	0.03	0.04	0.05	0.25	0.04	0.03	0.03	
2	Ciapus	0.01	1.00	0.16	0.04	0.01	0.02	0.05	0.04	0.38	0.03	0.03	0.01	0.04	0.04	0.58	0.04	0.12	0.16	0.03	0.03	0.75	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	
3	Cibogo	0.13	0.16	1.00	0.40	0.02	0.30	0.12	0.33	0.11	0.10	0.11	0.05	0.42	0.53	0.16	0.53	0.44	0.25	0.13	0.12	0.21	0.10	0.09	0.10	0.14	0.54	0.12	0.08	0.08	
4	Wayapoburu	0.18	0.04	0.40	1.00	0.04	0.41	0.16	0.46	0.03	0.17	0.18	0.09	0.58	0.72	0.04	0.72	0.57	0.18	0.19	0.20	0.05	0.17	0.14	0.17	0.23	0.72	0.18	0.12	0.12	
5	Situpatenggang	0.01	0.01	0.02	0.04	1.00	0.02	0.03	0.03	0.00	0.04	0.02	0.01	0.04	0.03	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.06	0.02	0.03	0.06	0.03	0.04	0.02	0.01	
6	Situbagendit	0.14	0.02	0.30	0.41	0.02	1.00	0.08	0.34	0.01	0.08	0.09	0.05	0.44	0.56	0.02	0.56	0.36	0.10	0.11	0.10	0.03	0.08	0.08	0.09	0.11	0.56	0.09	0.06	0.07	
7	Rokan	0.04	0.05	0.12	0.16	0.03	0.08	1.00	0.13	0.03	0.11	0.12	0.06	0.14	0.15	0.05	0.15	0.15	0.14	0.12	0.14	0.06	0.13	0.09	0.10	0.18	0.15	0.12	0.08	0.08	
8	Cigeulis	0.15	0.04	0.33	0.46	0.03	0.34	0.13	1.00	0.02	0.18	0.14	0.07	0.48	0.59	0.04	0.59	0.40	0.17	0.16	0.16	0.05	0.14	0.18	0.22	0.20	0.60	0.25	0.19	0.17	
9	Gilirang	0.01	0.38	0.11	0.03	0.00	0.01	0.03	0.02	1.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.38	0.03	0.08	0.11	0.02	0.02	0.50	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	
10	Sintanur	0.04	0.03	0.10	0.17	0.04	0.08	0.11	0.18	0.02	1.00	0.15	0.07	0.15	0.15	0.03	0.15	0.14	0.14	0.11	0.14	0.04	0.57	0.17	0.57	0.20	0.14	0.26	0.21	0.16	
12	Danautampe	0.04	0.03	0.11	0.18	0.02	0.09	0.12	0.14	0.02	0.15	1.00	0.27	0.15	0.16	0.03	0.16	0.15	0.14	0.16	0.21	0.04	0.17	0.17	0.13	0.15	0.16	0.14	0.12	0.16	
13	Danaugaung	0.02	0.01	0.05	0.09	0.01	0.05	0.06	0.07	0.01	0.07	0.27	1.00	0.07	0.08	0.01	0.08	0.07	0.07	0.08	0.10	0.02	0.08	0.09	0.06	0.07	0.08	0.07	0.06	0.08	
14	Batanggadis	0.19	0.04	0.42	0.58	0.04	0.44	0.14	0.48	0.02	0.15	0.15	0.07	1.00	0.77	0.04	0.77	0.51	0.16	0.17	0.17	0.05	0.16	0.12	0.14	0.21	0.78	0.17	0.10	0.11	
15	Angke	0.25	0.04	0.53	0.72	0.03	0.56	0.15	0.59	0.03	0.15	0.16	0.08	0.77	1.00	0.04	0.98	0.63	0.19	0.20	0.18	0.05	0.14	0.14	0.15	0.20	0.99	0.17	0.11	0.13	
16	Cimelati	0.01	0.58	0.16	0.04	0.01	0.02	0.05	0.04	0.38	0.03	0.03	0.01	0.04	0.04	1.00	0.04	0.12	0.16	0.03	0.03	0.75	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	
17	Conde	0.25	0.04	0.53	0.72	0.03	0.56	0.15	0.59	0.03	0.15	0.16	0.08	0.77	0.98	0.04	1.00	0.63	0.19	0.20	0.18	0.05	0.14	0.14	0.15	0.20	0.99	0.17	0.11	0.13	
18	Ciherang	0.16	0.12	0.44	0.57	0.03	0.36	0.15	0.40	0.08	0.14	0.15	0.07	0.51	0.63	0.12	0.63	1.00	0.24	0.16	0.16	0.16	0.14	0.12	0.14	0.19	0.64	0.15	0.10	0.10	
19	Kalimas	0.05	0.16	0.25	0.18	0.02	0.10	0.14	0.17	0.11	0.14	0.14	0.07	0.16	0.19	0.16	0.19	0.24	1.00	0.13	0.16	0.21	0.14	0.15	0.13	0.24	0.18	0.16	0.12	0.14	
20	Widas	0.05	0.03	0.13	0.19	0.02	0.11	0.12	0.16	0.02	0.11	0.16	0.08	0.17	0.20	0.03	0.20	0.16	0.13	1.00	0.16	0.04	0.12	0.10	0.12	0.10	0.15	0.20	0.12	0.10	0.11
21	Cirata	0.05	0.03	0.12	0.20	0.03	0.10	0.14	0.16	0.02	0.14	0.21	0.10	0.17	0.18	0.03	0.18	0.16	0.16	0.16	1.00	0.04	0.14	0.17	0.14	0.21	0.18	0.14	0.13	0.15	
22	Memberamo	0.01	0.75	0.21	0.05	0.01	0.03	0.06	0.05	0.50	0.04	0.04	0.02	0.05	0.05	0.75	0.05	0.16	0.21	0.04	0.04	1.00	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.02	
24	Beng. Sol.	0.03	0.03	0.10	0.17	0.06	0.08	0.13	0.14	0.02	0.14	0.17	0.08	0.16	0.14	0.03	0.14	0.14	0.14	0.12	0.14	0.04	1.00	0.12	0.13	0.24	0.13	0.19	0.10	0.10	0.11
25	Cenranae	0.03	0.02	0.09	0.14	0.02	0.08	0.09	0.18	0.01	0.17	0.17	0.09	0.12	0.14	0.02	0.14	0.12	0.15	0.12	0.17	0.03	0.12	1.00	0.22	0.11	0.14	0.30	0.26	0.28	
26	Lusi	0.04	0.02	0.10	0.17	0.03	0.09	0.10	0.22	0.02	0.57	0.13	0.06	0.14	0.15	0.02	0.15	0.14	0.13	0.10	0.14	0.03	0.13	0.22	1.00	0.16	0.15	0.34	0.32	0.22	
28	Dodokan	0.05	0.04	0.14	0.23	0.06	0.11	0.18	0.20	0.02	0.20	0.15	0.07	0.21	0.20	0.04	0.20	0.19	0.24	0.15	0.21	0.05	0.24	0.11	0.16	1.00	0.20	0.19	0.11	0.10	
29	IR64	0.25	0.04	0.54	0.72	0.03	0.56	0.15	0.60	0.03	0.14	0.16	0.08	0.78	0.99	0.04	0.99	0.64	0.18	0.20	0.18	0.05	0.13	0.14	0.15	0.20	1.00	0.17	0.10	0.13	
30	Cisanggarung	0.04	0.03	0.12	0.18	0.04	0.09	0.12	0.25	0.02	0.26	0.14	0.07	0.17	0.17	0.03	0.17	0.15	0.16	0.12	0.14	0.05	0.19	0.30	0.34	0.19	0.17	1.00	0.45	0.29	
31	Cisadane	0.03	0.03	0.08	0.12	0.02	0.06	0.08	0.19	0.02	0.21	0.12	0.06	0.10	0.11	0.03	0.11	0.10	0.12	0.10	0.13	0.03	0.10	0.26	0.32	0.11	0.10	0.45	1.00	0.25	
32	Bengawan	0.03	0.02	0.08	0.12	0.01	0.07	0.08	0.17	0.01	0.16	0.16	0.08	0.11	0.13	0.02	0.13	0.10	0.14	0.11	0.15	0.02	0.11	0.28	0.22	0.10	0.13	0.29	0.25	1.00	

全値が0のものはいない。

第3表 供試品種と代表的な祖先品種の平均近縁係数.

祖先品種	起源	近縁係数平均値
IR64	IRRI	0.274
IR8	IRRI	0.214
IR24	IRRI	0.182
IR36	IRRI	0.180
Peta	Indonesia	0.173
IR28	IRRI	0.163
IR42	IRRI	0.161
PSBRc2	IRRI	0.151
CR94	IRRI	0.148
Pelita 1-1	Indonesia	0.128
IR5	IRRI	0.126
IR20	IRRI	0.099
Cisadane	Indonesia	0.099
Cina	China	0.097
Dgwg	China	0.093
Syntha	Indonesia	0.075
Bengawan	Indonesia	0.068
Taichung No.1	China	0.058
Sigadis	Indonesia	0.047
TKM6	India	0.035
Tadukan	Philippine	0.028
Benong	Indonesia	0.023
Blue Bonnet	USA	0.023
Latisail	India	0.022
Seraup Besar 15	Indonesia	0.017
Tetep	Vietnam	0.008
Tsai Yuan Chan	China	0.008
<i>O. nivara</i>	Burma	0.005
Mudgo	India	0.004

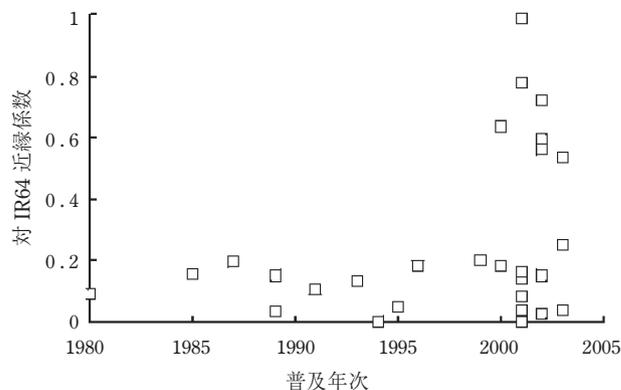
第1表中の品種への値の平均値を示した.

誤差を推定した. 標準品種からの偏差を Least Significant Increase (LSI) テスト (Petersen 1994) により検定した. 食味試験用に1試験区を全刈りして脱穀調製した. Midunを除く14品種を炊飯器で炊き, IR64を基準品種として, 炊飯の味, テクスチャー, 香り, 色, 総合(前者4つの和)について10名で評価した.

結 果

1. 遺伝的背景の解析

第1表に家系図中に出てくる祖先品種の総数, その内の共通を除いた数, 最終祖先迄の世代数の最大値を示した. 第1表の供試品種間の全組合せについて近縁係数を計算した結果を第2表に示した. すべての値が0のものが3品種 (Batutegi, Gajah mungkur, C22) あり, それらは表から除いた. 第1表には家系中に頻繁に出てくる主要祖先品種で, 近縁度の高いもの (近縁係数0.2以上) を表の右に示した. 第3表に, 主要祖先品種で近縁係数平均値の高いものから



第1図 インドネシア品種の普及年次と対IR64近縁係数との関係.

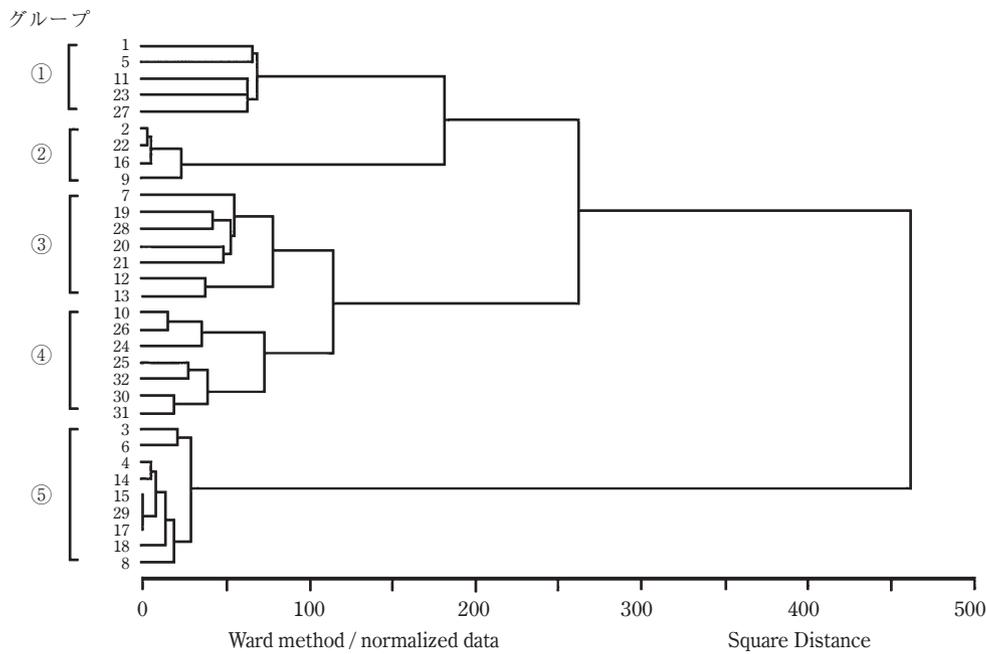
順に示した. 最も近縁係数平均値の高いのはIR64で0.274であった. インドネシアの品種に多くの寄与をしている (近縁係数で0.1以上) 祖先品種は9つのIRRI品種と2つのインドネシア育成品種であった. IRRI品種は0.274~0.128, 一方インドネシアの品種は0.173~0.128の値で, IRRI育成品種がインドネシアのイネ品種で大きな遺伝的背景を占めていた. これらのIRRI品種は1967年以来導入されたものである (Susantoら2003).

第1図に, 第1表中の品種の普及年次と対IR64近縁係数との関係を示した (IR64と1943年育成のBungawanを除く). 2000年前後以降, 特にIR64の寄与が大きくなっていった.

近縁係数の値をもとに行ったクラスター分析の結果を第2図に示した. インドネシア品種は距離100で大きく5つに分類された. グループ分けの結果は図中に丸付き番号で, また第1表右端に示した. グループ1にはFatmawati, Situpatenggang, Batutegi, Gajah mungkur, C22の5つが属し, 多くは陸稲で, 大きな寄与をしている祖先品種はなかった. グループ2は, Ciapus, Gilirang, Cimelati, Memberamoの4品種で, MemberamoおよびMemberamoを親としインドネシア品種を遺伝的背景とする新しい草型の品種群 (Abdullahら2008) であった. グループ3はRokan, Danautempe, Danaugaung, Dodokan, Kalimas, Widas, Cirataの7つで, IR8, IR24, IR36, IR42, CR94, Petaなどを祖先品種に持つ品種群であった. グループ4はSintanur, Bengawansolo, Cenranae, Lusi, Cisanggarung, Cisadane, Bengawanの7つで, IR5, IR36, Peta, Syntha, Cina, Cisadaneなどを祖先品種に持つ品種群であった. グループ5はCibogo, Wayapoburu, Situbagendit, Cigeulis, Batanggadis, Angke, Conde, Ciherang, IR64の9つで, IR64およびIR64を親とするものであった. グループ5は全体から離れた位置にあった.

2. 農業形質や食味との関係

圃場試験結果によると (第4表), 収穫迄日数の最も短いのはIR64の90日, 最も長いのはCisadaneの115日であった. ほとんどすべての品種はIR64より草丈が長かった. 8



第2図 インドネシア品種の近縁係数によるクラスター分析。
 図中の番号は第1表参照。丸付き番号はグループ分けした番号。

第4表 圃場試験に供試した品種名, その農業形質や食味関連形質の値。

品種名	収穫迄日数	草丈 (cm)	穂長 (cm)	1穂粒数	1区籾収量 (g m ⁻²)	¹⁾ 味	²⁾ テクスチャー	¹⁾ 香り	¹⁾ 色	³⁾ 総合
Kalimas	105	99.0 a	23.3	77.3	717	2.3	2.2	1.6	1	7.1
Cimelati	98	95.7 a	25.1 ab	75.1	839 bc	2.8	3	1.6	1.1	8.5
Sintanur	99	102.3 ac	25.2 ab	76.9	819 bc	2.8	2.8	2.2	3	10.8
Conde	98	94.8 a	23.9	77.1	837 bc	2.9	2.8	2	1.1	8.8
Angke	94	86.3 a	21.6	73.1	761	2.8	2.8	1.8	1	8.4
Cigeulis	95	93.7 a	23.6	78.9	775	2.8	1.8	1.6	1.2	7.4
Gilirang	95	95.9 a	23.2	83.3 ab	835 bc	2.9	2.7	2	3	10.6
Situ Bagendit	93	95.0 a	22.4	78.9	751 b	2.8	2.7	1.8	1.2	8.5
Cisanggarung	109	96.6 a	23.5	71.1	767 b	2.8	2.5	2	1.3	8.6
Ciapus	97	99.0 a	23.4	73.1	954 abc	2.9	2.9	2.2	1.1	9.1
Cibogo	96	86.9 a	23.9	72.5	764 b	2.9	2.8	1.8	1	8.5
Fatmawati	92	98.0 a	27.1 abc	110.1 abc	683	2.4	2.7	1.8	1.1	8
IR64	90	83.0	22.9	82.7	861	3	3	2	1	9
Cisadane	115	99.4	23.3	79.7	741	2.8	3	2	1	8.8
Midun	94	96.1	25.3	88.3	782	-	-	-	-	-
平均	98	94.8	23.9	79.9	792	2.8	2.7	1.9	1.4	8.7

IR64, Cisadane 及び第1表には示していないが Midun の3品種は誤差推定のために供試した。

LSI テストにより, ^a IR64 と, ^b Cisadane と, ^c Midun と5%水準でそれぞれ有意差あり。

IR64 を基準品種として, ¹⁾ 1: 不良, 2: 中間, 3: 良, ²⁾ 1: 堅い, 2: 中間, 3: 柔らかい, ³⁾ 前者4つの和。

品種の収量は標準品種よりも多く, Ciapus は供試品種中で最も多収であった。第5表に農業形質と近縁度との相関が有意な品種について, その相関係数を示した。表には圃場試験を行った品種との近縁係数の平均値も併せ示した。クラスター分析でグループ4と分類された品種 (Latisail, Cisadane, Cisanggarung) は収穫迄日数と正の相関を示した。

IR64 との近縁係数と草丈とは有意な負の相関を示した。Ciapus との近縁係数は収量関連形質と有意な正の相関を示した。Memberamo にも同様な関係が認められた。Cisadane の遺伝的背景を持つと晩生化する傾向を示した。IR8 との近縁係数が千粒重と負の相関を示した。

第4表右5列に食味試験の結果を示した。炊飯の味, テ

第5表 有意な相関を示した近縁係数と農業形質との関係.

品種名	平均近縁係数	草丈	収穫迄日数	穂数	分けつ数	1000粒重	収量
Latisail	0.018		0.886**				
IR5	0.138		0.758**				
Pelita1-1	0.169		0.836**				
Cisadane	0.110		0.691**				
Cisangarung	0.145		0.671**				
IR64	0.354	-0.768**					
Cibogo	0.256	-0.787**					
Conde	0.352	-0.763**					
Ciherang	0.300	-0.798**					
Dodokan	0.136			0.543*		-0.569*	
Danautempe	0.105			0.634*		-0.604*	
Cirata	0.114			0.622*		-0.636*	
IR8	0.204			0.655*	0.536*	-0.608*	
TN1	0.053	-0.549*		0.725**	0.638*	-0.647*	
Widas	0.112	-0.607*		0.597*		-0.625*	
IR20	0.103			0.545*			
Danaugaung	0.052			0.639*		-0.603*	
Peta	0.177			0.579*		-0.549*	
Ciapus	0.118					0.656*	0.718**
Memberamo	0.199						0.635*

平均近縁係数は圃場試験に供試した品種の平均. *, **: 5%, 1%水準で有意.
有意な値を示したのものについてのみ示した.

第6表 近縁係数と食味関連形質との相関.

品種名	平均近縁係数	味	テクスチャー	香り	色	総合
Conde	0.352	0.151	-0.109	-0.353	-0.215	-0.305
Batangadis	0.321	0.148	-0.125	-0.353	-0.215	-0.305
Wayapo buru	0.300	0.141	-0.125	-0.343	-0.208	-0.305
Gilirang	0.088	0.247	0.206	0.532	0.151	0.491
Cisadane	0.110	0.204	-0.036	-0.120	0.234	0.063
Ciapus	0.118	0.225	0.349	0.004	0.214	0.180
Sintanur	0.114	0.070	0.008	0.573*	0.449	0.499
Kalimas	0.147	-0.630*	-0.413	-0.214	-0.413	-0.486
総合	-	0.549	0.545	0.833**	0.777**	-

平均近縁係数は圃場試験供試品種の平均. 平均近縁係数が0.08以上のものを示した.
総合は味, テクスチャー, 香り, 色の値の和. *, **: 5%, 1%水準で有意.

クスチャー, 香り, 色の和である総合値で一番値が高かったのは Sintanur の 10.8, 次いで Gilirang の 10.6 であった. 一番値が低いのは Kalimas の 7.1 であった (基準の IR64 が 9). 第6表に近縁係数と食味関連形質との相関係数を, 圃場試験供試品種との平均近縁係数が 0.08 以上のものについて示した. Sintanur との近縁係数と香りとの間に 0.573 の有意な正の, Kalimas との近縁係数と味との間に -0.630 の負の有意な相関を示した.

考 察

日本のイネ品種同様 (吉田 1998a), インドネシアの最近

育成の品種でも総祖先数が 2000, 共通を除いた祖先品種数が 100 を超え, 遡る世代数が 20 にもなっているものがあり, 家系が複雑になってきていることを伺わせた (第1表).

IR8 や IR64 の育成はインドネシアのイネ育種計画と密接に関係してきた. Coffman and Hargrove (1989) は, 緑の革命の基となった品種の当初の交配である Cina/Latisail はインドネシアでなされ, それから Peta などの有力な品種が選抜されたと述べている. Peta と低脚烏尖との交配から多収品種の IR8 が選抜されている. 少なくとも 2 つのインドネシアの在来種である Seraup Besar 15 や Benong, 2 つのインドネシア育成品種の Peta や Synthia は多くの IIRRI 品

種の育成の交配親として寄与していた (第2表)。インドネシアに最初に普及された品種である Bengawan は以後の品種の遺伝資源としては大きな寄与をしていなかった。一方、Peta は多くの寄与をインドネシア品種にしており、1962 年以来多くの交配に使われてきている (Coffman and Hargrove 1989)。Susanto ら (2003) によると、Peta のきょうだい系統も多くの交配に使われてきた。

インドネシアの育種家は IR8 や IR8 由来品種である IR64、さらに Cisadane を 1980 年代後半から多くの交配に使った (Susanto ら 2003)。IR64 は農家で実際に栽培されている計 8 カ国の 20 品種の親となった (Coffman and Hargrove 1989)。IR64 の家系図中の総祖先数は 392、共通品種を除くと 70、最終祖先迄の世代数の最大は 14 であり (第1表)、IR64 は多くの祖先品種から構成されていることを示した。

現在インドネシアで IR64 は農家に普及し、広範囲に栽培されている人気品種となっている (注: Balitppa 2004. Breeding history and development of new rice varieties. Indonesian Center for Rice Research. Tabloid Sinar Tani, July 12.)。2005 年に 360 万ヘクタール以上で栽培され、水田面積の 31.4% を占めている (Syam 2007)。それに続く品種は Ciherang (21.8%)、Ciliwung (8.0%)、Wayapoburu (3.3%)、IR24 (2.4%)、Widas (1.8%)、Memberamo (1.6%)、Cisadane (1.6%)、IR66 (1.1%)、Cisokan (1.1%)、Cibogo (1.1%) である。これら品種に多く寄与している最終の祖先品種は低脚烏尖、Cina、Latisail、Gampai、Tadukan などであった。これらの最終品種とインドネシアで栽培面積の多い上記 11 品種との近縁係数は平均で低脚烏尖が 0.148、Cina が 0.109、Latisail が 0.108、Gampai が 0.053、Tadukan が 0.043 であった (表は略)。最終祖先との近縁係数を%にした値はその祖先品種の寄与率とみなせ (吉田 1998a)、上位 3 品種合計で 36.4%、上位 5 品種で 46.1% の寄与をしていた。なお、日本のイネ品種では、3 品種 (愛国、旭 (朝日)、器量好 (撰一、神力)) で 42%、5 品種 (上記に加えて、上州、大場 (森田早生)) で 63% の寄与率であった (吉田 1998a)。

インドネシアで栽培の多い上記と IR64 との近縁係数、つまり Ciherang の 0.636、Ciliwung の 0.0、Wayapoburu の 0.722、IR24 の 0.214、Widas の 0.203、Memberamo の 0.051、Cisadane の 0.104、IR66 の 0.226、Cisokan の 0.0、Cibogo の 0.538 (表は略) を面積に乗じて積和すると 50.6% となり、総水田面積の約半分は IR64 の遺伝的背景を有すといえる。同様な計算で、コシヒカリは日本全体の 2/3 の遺伝的背景を占めており (吉田 2001)、日本同様インドネシアでも実際栽培されている品種の遺伝的背景が狭いことを伺わせた。

クラスター分析の結果、インドネシア品種をいくつかの特徴あるグループに分けることができた。一方、異なるグループに属する Memberamo と IR64 の近縁係数は 0.05 で (第2表)、この両者は遠縁であった。今後の育種計画では、

遺伝的背景を広げるためにグループの異なるこのような群間の品種で交配を行うことが薦められる。一方、早急な品種育成を図るためには、同一グループ内で補完する形質を持つ品種同士の交配が効率的であろう。

IR64 は高い寄与 (近縁係数で 0.5 以上) を 7 品種で示し (第2表)、特に最近の品種では対 IR64 近縁係数が高くなっていった (第1図)。

次に、農業形質と品種の近縁度との関係をみると、両者の間に有意な相関がいくつか認められた (第5表)。クラスター分析でグループ 4 と分類された品種、特に Latisail の遺伝的背景を有すと収穫迄日数が長くなった。IR64 との近縁係数と草丈とは有意な負の相関が認められ、IR64 を遺伝的背景に持つと草丈が短くなった。IR64 を親品種とするグループ 5 の品種とも負の相関であった。これら低い草丈の遺伝子は低脚烏尖由来である (Hargrove and Coffman 2006)。低脚烏尖の後代である台中在来 1 号 (Taichung Native 1, TN1) との近縁係数と草丈の間も有意な負の相関を示した。

Ciapus との近縁係数は収量関連形質と有意な正の相関を示し、Ciapus の遺伝的背景を持つと多収となった。Memberamo とも同様な関係が認められた。Ciapus と IR64 の間の近縁係数は 0.03 で両品種の遺伝的背景は異なっているので、生産力増加の停滞を打破するため、例えばこの両品種間の交配をさらに進めるなどして、遺伝的背景を広げることが今後の品種育成にとって必要であると考えられる。

多収品種の Cisadane の平均近縁係数は 0.11 であり、IR8 の 0.204 や IR64 の 0.354 より非常に小さい値であった。Cisadane の遺伝的背景を持つと晩生化する傾向を示しているが、他の農業形質と好ましくない相関は持たず、この品種も積極的な交配親としての利用が必要であろう。

IR8 やその他いくつかの品種との近縁係数が千粒重と負の相関を有し、多収目標の育種ではこれら品種の利用は有望と判断されなかった。Zeigler ら (2006) は、多くの IRRI 品種を 2 カ年、複数場所で試験したところ、IR8 は昔の IRRI 品種と同一グループに属していたと報告しているが、IR8 の組合せ能力は他の品種と異なっているであろう。Bered ら (2002) はブラジルのコムギ品種 Ciano 67 と Mentana は異なる一般組合せ能力を持っているのではないかと推察している。このように品種により優れた交配親となる能力に違いのあることが予想される。

第6表の食味関連形質と品種近縁度との関係をみると、Sintanur の遺伝的背景を持つ品種は香りが良いと判断され、Sintanur は香り米として有用な交配親と考えられる。他の香り米である Gilirang も Sintanur と同様な傾向を示した。一方 Kalimas との近縁係数は味と有意な負の相関を持ち、Kalimas の遺伝的背景は食味に悪影響を与えていた。Kalimas は味、テクスチャー、香りの値が基準品種より低く、このように食味の組合せ能力の劣るものがあることは交配親選定の際に留意すべきと思われる。なお、本供試品種で

の総合値は色や香りとの相関が高く (第6表), 香りを重視して判断していた。

インドネシアの品種と近縁度の高い Conde, Batanggadis, Wayapoburu との近縁係数は食味関連形質と関係が認められなかった (第6表)。これまでインドネシアでの育種では収量が主目的であり, 食味に関してはまだ改良が不十分であると考えられる。IR64 との近縁係数と食味関連形質との関連も認められなかった。このように, 日本のコシヒカリに匹敵する優れた食味として利用でき, かつ食味に関して高い組合せ能力を有する交配親 (大里・吉田 1996) はインドネシアではまだないと判断される。

水田ら (1996) は高品質のビールオオムギ育種で, 大里・吉田 (1996) は良食味のイネ育種で交配親の近縁関係を予め計算しておけば, 優れた交配組合せをある程度予測できると報告している。インドネシアのイネ育種においても, ここで示された結果をもとに, 同様な手法を多収品種や良食味品種育成に適用することが可能と思われる。

引用文献

- Abdullah, B., S. Tjokrowidjojo and Sularjo 2008. Development and prospect of new plant type of rice in Indonesia. *J. Litbang Pertanian* 27 : 1-9.
- 青木繁伸 2009. <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/index.html> (2009/4/14閲覧)。
- Barbosa-Neto, J.F., M.E. Sorrells and G. Cisar 1996. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLP-based estimates of genetic relationship. *Genome* 39 : 1142-1149.
- Bered, F., J. F. Barbosa-Neto and F. I. F. de Carvalho 2002. Genetic variability in common wheat germplasm based on coefficients of parentage. *Gene. Mol. Biol.* 25 : 211-215.
- BPS 2008. Harvested area, yield rate and production of paddy in Indonesia - Food Crop Statistic. *Statistic Indonesia*. <http://www.bps.go.id>. (2009/4/14 閲覧)。
- Coffman, W.R. and T.R. Hargrove 1989. Modern rice varieties as a possible factor in production variability. In Anderson, J. R. and P.B.R. Hazell Eds., *Variability in Grain Yield - Implications for Agricultural Research and Policy in Developing Countries*. IFPRI by Johns Hopkins University Press, Maryland. 133-147.
- Delannay, X., D. M. Rodgers and R. G. Palmer 1983. Relative genetic contributions among ancestral lines to North American soybean cultivars. *Crop Sci.* 23 : 944-949.
- Dilday, R. H. 1990. Contribution of ancestral lines in the development of new cultivars of rice. *Crop Sci.* 30 : 905-911.
- Donald, C. M. 1968. The breeding of crop ideotype. *Euphytica* 17 : 385-403.
- Fehr, W.R. 1987. *Principles of Cultivar Development Vol.1. Theory and technique*. Macmillan Publishing Company, New York. 1-536.
- Hargrove, T. R. and W. R. Coffman 2006. Breeding history. *Rice Today* 5 : 34-38.
- Indonesian center for rice research 2008. <http://bbpadi.litbang.deptan.go.id> (2009/4/14閲覧)。
- IRIS 2009. International Crop Information System 2008. ICIS implementation -International Rice Information System. <http://www.iris.irri.org> (2009/4/14閲覧)。
- Kempthorne, O. 1969. *An Introduction to Genetic Statistics*. Iowa State University Press, Iowa. 72-80.
- 小林俊一・吉田智彦 2006. コムギおよびオオムギにおける家系図から計算した近縁係数と分子マーカーから推定した遺伝的距離との関係. *日作紀* 75 : 175-181.
- 水田一枝・佐々木昭博・吉田智彦 1996. 近縁係数のためのPrologによるコンピュータプログラムとそのビール大麦品種の近縁関係の解析への応用. *農業情報研究* 5 : 19-28.
- 太田久稔・安東郁男・吉田智彦 2006. 関東系統の近縁係数によるイネ育成系統の分類および葉いもち病, 食味との関連. *日作紀* 75 : 159-164.
- 大里久美・吉田智彦 1996. イネ育成系統の近縁係数およびその食味との関係. *育種* 46 : 295-301.
- Petersen, R.G. 1994. *Agricultural Field Experiments : Design and Analysis*. Marcel Dekker, Inc., New York. 1-155.
- Poehlman, J.M. and D.A. Sleper 1995. *Breeding Field Crops*. Fourth Edition. Iowa State University Press, Ames. 345-366.
- 重宗明子・三浦清之・笹原英樹・後藤明俊・吉田智彦 2006. 北陸研究センターで育成した水稲品種系統の家系分析. *日作紀* 75 : 153-158.
- Susanto, U., A.A. Daradjat and B. Suprihatno 2003. Advance in lowland rice breeding in Indonesia. *Journal Litbang Pertanian* 22 : 125-131.
- Syam, M. 2007. Planting area of Indonesia rice cultivar in 2005-Information of Rice Technology. *Cereal Knowledge Bank*. <http://www.knowledgebank.irri.org/> (2009/4/14閲覧)。
- 内村要介・古庄雅彦・吉田智彦 2004. 二条大麦品種における近縁係数と分子マーカーから推定した遺伝的距離との関係. *日作紀* 73 : 410-415.
- Ushiyama, T., K. Nakamura, Anas and T. Yoshida 2009. Pedigree analysis of early maturing wheat cultivars in Japan. *Plant Prod. Sci.* 12 : 80-87.
- 吉田智彦 1998a. 最近育成の稲麦品種の家系分析. *農業技術* 53 : 504-507.
- 吉田智彦 1998b. 最終祖先間に類縁関係がある場合の近縁係数の変化 - 現行作物品種を例にして -. *農業情報研究* 7 : 97-104.
- 吉田智彦 2001. コシヒカリとその近縁品種の栽培面積. *農業技術* 56 : 294.
- 吉田智彦・Anas・稲葉輝 2009a. 家系分析Web の作成と利用. *日作紀* 78 : 92-94.
- 吉田智彦 2009b. <http://www.d1.dion.ne.jp/~tmhk/yosida.htm> (2009/4/14 閲覧)。
- Zeigler, R.S., D.J. Mackill and G.L.S. Capilit 2006. Designation of IRRI breeding lines. *IRRI-IRRN* 31 : 40-44.

Genetic Background of Indonesia Rice Germplasm and its Relationship to Agronomic Characteristics and Eating Quality :

Tomohiko YOSHIDA¹⁾, Anas²⁾, Santi ROSNIAWATY²⁾ and Ridwan SETIAMIHARDJA²⁾ (¹⁾*Fac. of Agr., Utsunomiya Univ., Utsunomiya 321-8505, Japan;* ²⁾*Badjadjaran Univ., Indonesia*)

Abstract : Recent rice cultivars in Indonesia have more than 2000 ancestors in the pedigree, and shows a very complicated pedigree. IRRI cultivars accounted for the largest part of the genetic background of the Indonesian cultivars. Five ancestors (Dee-geo-woo-gen, Cina, Latisail, Gampai, Tadukan) contributed, collectively, 46.1% of the gene pool. The Indonesian rice field having the genetic background of IR64, which was estimated from the average of cultivars grown in Indonesia and the kinship to IR64, was 50.6% of the total rice field. By cluster analysis using coefficients of parentage, the Indonesian cultivars were divided into 5 groups. Cisadane and Ciapus could be used as cross parents for higher yield. The IR8 group had a light grain weight, and was not a promising cross parent for high yield. Combining ability of IR8 might be different from other cultivars. The Sintanur group had a good aroma, and the Kalimas group had a poor eating quality.

Key words : Coefficient of parentage, Eating quality, Genetic background, Indonesia rice cultivars, Pedigree analysis, Rice.
