

近縁係数による水稻奥羽系統の分類

太田 久稔^{*1)}・福嶋 陽^{*1)}・横上 晴郁^{*1)}・津田 直人^{*1)}

抄 録：農研機構東北農業研究センターは、1910年（農事試験場陸羽支場）から100年以上水稻の品種育成を行い、1924年（農事試験場奥羽試験地）から育成系統に奥羽番号を付与している。奥羽番号の遺伝的多様性を把握し、今後の品種育成戦略を検討することを目的として、奥羽系統364系統・品種の家系分析を行った。年代毎に祖先品種との近縁係数をみると、1950年以前は、「信州金子」、「新関取」の近縁係数が高かったが、1950年以降は急減し、代わって「旭」、「上州」が導入されたことがわかった。奥羽系統は、祖先品種の合計で近縁係数が0.7以上となった。1950年以降に育成した221系統・品種について相互の近縁係数を計算した結果、奥羽系統間で最も近縁係数が高い品種は「トヨニシキ」であった。クラスター分析を行い分類した結果、祖先品種との近縁係数が低い傍流の品種群と祖先品種との近縁係数が高い主流の群に分類され、主流の群は「ササニシキ」との近縁係数が高い食用品種群と「ふくひびき」との近縁係数が高い加工用・飼料用品種群に大別できることがわかった。近縁係数と農業形質との関連を調べることで、今後の育種戦略を考察した。

キーワード：水稻、奥羽系統、家系分析、近縁係数、クラスター分析

Grouping of Rice Breeding ‘Ouu’ Lines According to Coefficient of Parentage at the Tohoku Agricultural Research Center, NARO : Hisatoshi OHTA^{*1)}, Akira FUKUSHIMA^{*1)}, Narifumi YOKOGAMI^{*1)} and Naoto TSUDA^{*1)}

Abstract : The genetic background of the 364 ‘Ouu’ lines developed over the last 100 years by the Tohoku Agricultural Research Center, NARO was studied by pedigree analysis. ‘Ouu’ lines were found to have few ancestors. The ‘Ouu’ line with the highest variety of coefficients of parentage was ‘Toyonishiki’. Cluster analysis based on coefficients of parentage among the 221 ‘Ouu’ lines developed after 1950 revealed the presence of 4 groups that can be classified according to their primary use. For example, one group that consisted of breeding lines classified by use for cooked rice was found to be closely related to ‘Sasanishiki’, which is known for its good eating quality, while another that consisted of breeding lines classified by use for processing or feed was found to be related to ‘Fukuhibiki’, which has a high yield.

Key Words : ‘Ouu Lines’, Cluster Analysis, Coefficient of Parentage, Pedigree Analysis, Rice.

I 緒 言

育成系統の系譜を解析し、それらがどのような遺伝的背景をもつのか、あるいは品種と農業特性の関係について分析することは、育種計画の策定にとって重要であり、各地の育成系統について家系分析をすることが必要である。品種の遺伝的背景を解析するために、品種間の関係を数量的に表す近縁

係数 (coefficient of parentage) がよく用いられる (Kempthorne 1969)。

近縁係数は「2 個体間における任意の 1 遺伝子座の相同遺伝子間の同祖 (identical by descent) 的確率」である (水田ら 1996)。例えば、「コシヒカリ」(農林22号/農林1号)と「農林1号」の近縁係数を求める場合、「農林22号」と「農林1号」に同じ祖先が存在しない場合は0.5となるが、「農林22

* 1) 農研機構東北農業研究センター (Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Daisen, Akita 014-0102, Japan)
2016年10月28日受付、2017年2月6日受理

号」「農林1号」はともに「愛国」が共通の祖先として存在するため、近縁係数は0.53となる。

日本では、福岡県の育成品種などと「コシヒカリ」の間の解析（大里・吉田 1996）、九州の水稻品種の遺伝的背景の解析（吉田・今林 1998）、北陸系統の解析（重宗ら 2006）、関東系統の解析（太田ら 2006）、福島系統の解析（佐藤・吉田 2007）などが報告されている。奥羽系統（旧農事試験場奥羽試験地、旧農事試験場東北支場、旧東北農業試験場、東北農業研究センターの育成した系統）においても、その時代における要求に対応した品種育成が行われていることが想像されるが、近縁係数による解析は行われていない。

本報告では、奥羽系統相互の近縁係数や祖先品種、主要品種との近縁係数を計算することで育成経過を考察し、一部の品種・系統について、近縁係数と農業形質との関連を調べることで、今後の育種戦略について考察した。本報告で用いた来歴データベースの作成に協力いただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、道府県の水稲育成地の関係者に感謝いたします。

Ⅱ 材料と方法

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター（旧東北農業試験場、農事試験場東北支場および農事試験場奥羽試験地）で育成された奥羽系統364系統を用いた。これらの交配両親名のデータベースは吉田（2004）が作成したデータベースを元に追加・更新し（太田ら 2006）、水稻育成品種・系統の来歴データベース（後藤ら 2015）およびイネ品種・特性データベース（太田ら 2004）を参考にして作成した。近縁係数の計算は、作成した交配両親名データベースを基に、Prologプログラムを用いて計算した。水田ら（1996）がMS-DOS上で作成したプログラムを、吉田（2004）がWindows上で動作するように移植し、それをLinux上のSWI-Prologに移植し、Windows上の計算と突き合わせて動作確認した（太田ら 2006）プログラムを用いた。計算にあたって、両親の遺伝物質の1/2ずつを次代系統が持つものとし、純系淘汰品種、変種、突然変異系統については原品種と同じとみなし、親子間の関係は交配のみによるものとした。交配親名として品種の旧系統名が用いられている場合は、全て品種名に統一した。また、「旭」、「朝日」

は同一品種として、「京都旭」は「旭」の変異品種として計算した。このような方法により、供試系統・品種と祖先品種、主要品種との近縁係数を計算した。これまでに報告されている主な祖先品種は、「愛国」、「旭」、「上州」、「亀の尾」、「大場」、「器量良（撰一）」であるが、他の祖先品種として「信州金子」、「新関取」などを解析に用いた。主要品種は東北地域で普及した「陸羽132号」、「フジミノリ」、「ササニシキ」、「トヨニシキ」、「アキヒカリ」、「あきたこまち」、「ひとめぼれ」と「コシヒカリ」を解析に用いた。奥羽系統の相互の近縁係数を計算し、その結果をRのクラスター分析で分類した。

農業形質は水稻育成品種・系統の来歴データベースの葉いもち圃場抵抗性、穂いもち圃場抵抗性、耐冷性、玄米品質、食味について、評価済みの80系統から100系統を解析に用いた。2013年度まで配付を開始した奥羽系統は旧基準（稲種苗特性分類調査報告書（昭和55年農林水産技術情報協会））、2014年度以降に配付を開始した奥羽系統は新基準（2015年1月に公表された稲種の品種登録審査基準における標準品種）による評価を行っているため、評価数が多い旧基準による評価に揃えて用いた。

Ⅲ 結 果

「愛国」、「旭」、「器量良」、「上州」、「大場」、「亀の尾」の主要な祖先品種以外の祖先品種の探索は、最初に各奥羽系統において、主要な祖先品種との近縁係数の合計が1にならない場合に祖先品種（データベースで、それ以前の経歴不明品種）を系譜で探し、「文六」、「鶴ノ糰」、「河辺糰」、「関山」、「名古屋白」、「信州金子」、「福信45号」、「短穂」、「大和力」、「東郷III」、「細稈坊主」、「二十日早稲」、「十石」等の祖先品種があることがわかった。それぞれの祖先品種と奥羽系統の近縁係数を計算した結果、順に「信州金子」、「新関取」、「文六」、「大和力」、「関山」が大きい数値であった（表1）。奥羽系統の育成された年に従い10年毎に分けて祖先品種との平均近縁係数を計算し、年代による奥羽系統における祖先品種の近縁係数の推移を図1に示す。「愛国」の近縁係数は1920年台に0.24、1950年台に0.26と大きく、1960年台以降は0.13から0.15とほぼ一定の大きな数値であった。「旭」の近縁係数は、1940年台以前は0であったが1970年代に0.25と大きな数値になり、2010年台でも0.15と大きかった。「器量良」の

近縁係数は1920年代から2010年台まで0.06から0.12とほぼ一定の大きな数値であった。「上州」の近縁係数は、1940年台以前は0であったが1960年代以降は0.05から0.07とほぼ一定の大きな数値であった。「大場」の近縁係数は1930年台に0.15、1940年台に0となったが、1960年台以降は0.07から0.09とほぼ一定の大きな数値であった。「亀の尾」の近縁係数は、1940年台に0.36と最も大きな数値で、以降は減少したが、2010年台でも0.08と大きな数値であった。「信州金子」の近縁係数は1940年台に0.28と大きな数値であったが、以降は急減し、2010年台は0.01未満の小さい数値であった。「新関取」も同様に1940年台に0.11と大きな数値であったが、2010年台は0.01未満の小さい数値であった。「文六」、「大和力」、「関山」の近縁係数は1920年代にそれぞれ0.08、0.06、0.06と大きい数値であったが、1930年台以降は0であった。奥羽系統の祖先品種との平均近縁係数をみると、数値が大きい順に、「愛国」、「亀の尾」、「旭」、「器量良」、「大場」、「信州金子」、「上州」、「新関取」、「文六」、「大和力」、「関山」であった（表1）。これらの品種の合計では、ほとんどの系統の近縁係数が0.5以上、半数の系統は0.8以上となり、これらの品種が奥羽系統の遺伝的な背景に大きく寄与していることがわかった。また、図1から1950年以前と1950以降の傾向が異なるため、1950年以前と以後の近縁係数を見ると、「亀の尾」、「信州金子」が大きく減少し、「旭」、「上州」が大きく増加していた（表1）。

表1 奥羽系統の祖先品種との平均近縁係数

品種名	全期間		1950年以前		1950年以降	
	順位	近縁係数	順位	近縁係数	順位	近縁係数
愛国	1	0.18	2	0.23	2	0.15
亀の尾	2	0.16	1	0.23	3	0.11
旭	3	0.12	—	—	1	0.20
器量良	4	0.10	5	0.09	4	0.10
大場	5	0.09	4	0.10	5	0.08
信州金子	6	0.05	3	0.11	8	0.01
上州	7	0.03	—	—	6	0.06
新関取	8	0.02	8	0.03	7	0.01
文六	9	0.02	6	0.04	—	—
大和力	10	0.01	7	0.03	—	—
関山	11	0.01	9	0.03	—	—
11品種計		0.78		0.90		0.70

注。「—」は近縁関係なし。

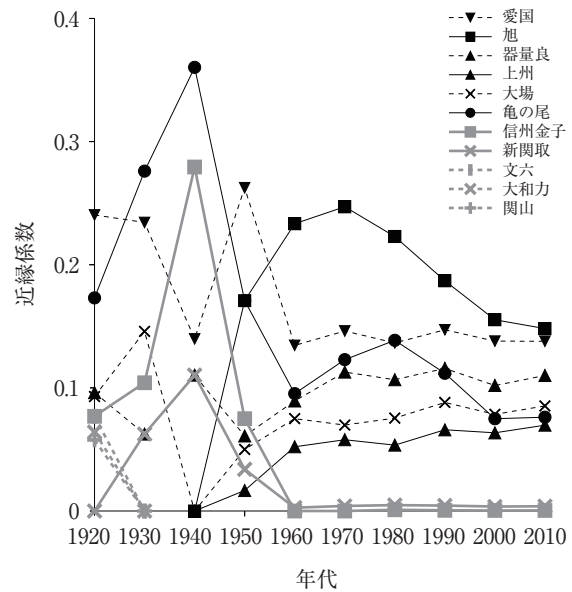


図1 奥羽系統における祖先品種の近縁係数の推移

クラスター分析の結果、奥羽系統は3群に分かれたが、ほとんどの奥羽系統は1950年以前に育成された系統の群と1950年以降に育成された系統の2群に分けられた（データ略）。今後の品種育成戦略を検討するため、1950年以降に育成された221系統についてクラスター分析を行った結果、1950年以降に育成された奥羽系統は系統数が多い主流の群と系統数の少ない傍流の群の2つに分かれ、それぞれ2群に分かれていた。樹形に従い主流の群をA群、B群、傍流の群をC群、D群に分け、系統数が多い主流の群は樹形に従いAa群、Ab群、Ba群、Bb群に分けた（図2）。各奥羽系統と主要品種との近縁係数を計算したのち、主要品種に対する各群の平均近縁係数を計算した（表2）。奥羽系統全体については、「トヨニシキ」との近縁係数が最も高く、順に「ササニシキ」、「アキヒカリ」、「おきにいり」との近縁係数が高かった。群別の特徴をみると、A群は、「トヨニシキ」、「ササニシキ」、「おきにいり」と近縁であった。B群は「トヨニシキ」、「ふくひびき」、「アキヒカリ」と近縁であった。C群は「フジミノリ」、「ハツヒノデ」、「イサリビ」と近縁であった。D群は「祝い紫」、「奥羽観383号」「祝い茜」と近縁であった。また、Aa群は「ひとめぼれ」との近縁係数が0.53、Ab群は「トヨニシキ」との近縁係数が0.55、Ba群は「アキヒカリ」との近縁係数が0.25、Bb群は「ふくひびき」との近縁係数が0.37と

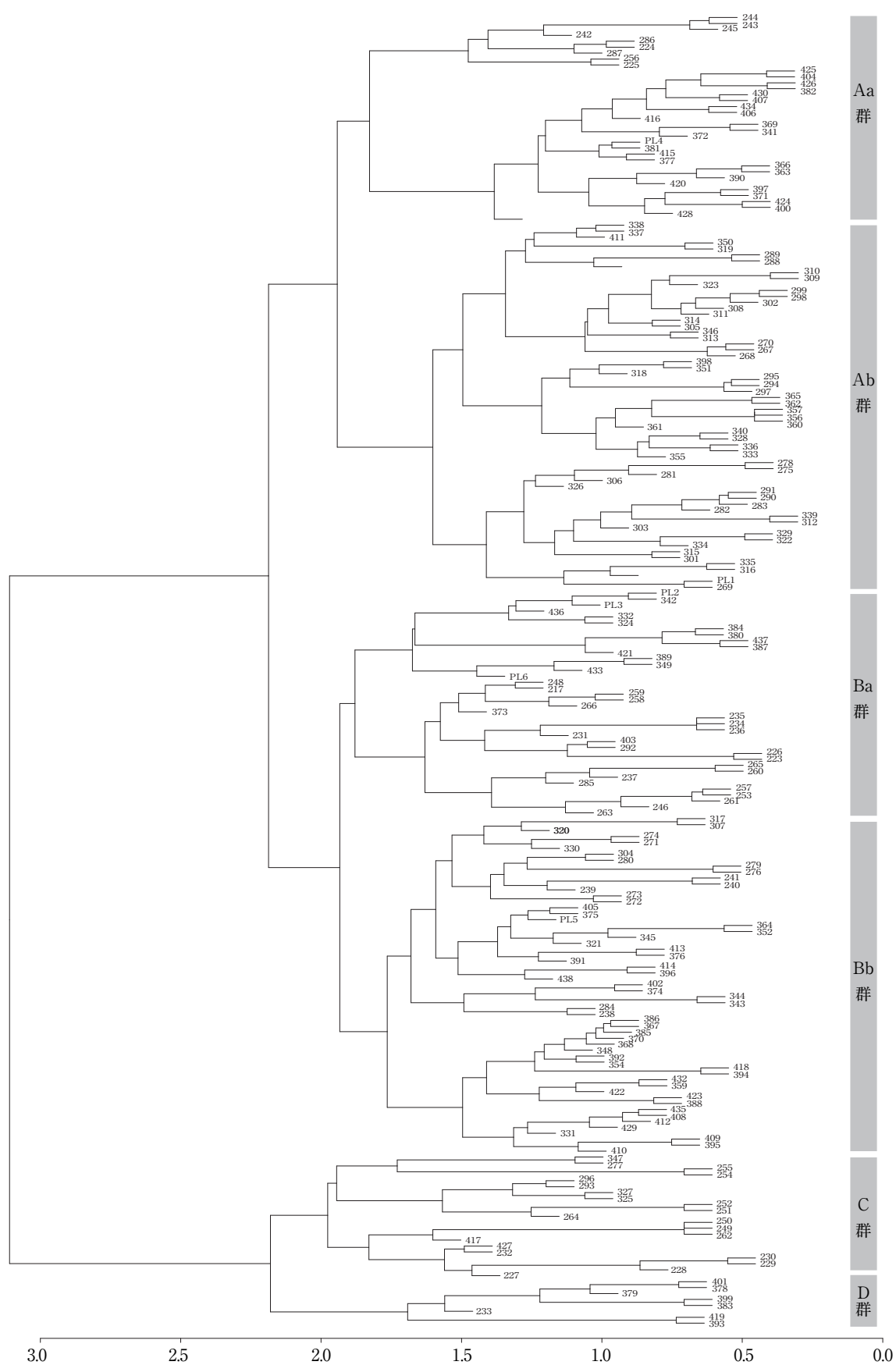


図2 奥羽系統の樹形図
図中文字は系統番号を示す。品種も旧系統番号で示す。

表2 奥羽品種の群別近縁係数

品種名	奥羽 番号	分類群	奥羽系統との近縁係数（群別平均値）								全系統 平均値
			A 群	Aa 群	Ab 群	B 群	Ba 群	Bb 群	C 群	D 群	
ハツニシキ	224	Aa	0.39	0.43	0.36	0.24	0.21	0.26	0.15	0.04	0.29
ヤマセニシキ	225	Aa	0.36	0.40	0.33	0.24	0.21	0.26	0.12	0.04	0.27
ウゴニシキ	242	Aa	0.25	0.29	0.22	0.15	0.14	0.16	0.10	0.03	0.18
フクニシキ	245	Aa	0.29	0.34	0.27	0.20	0.18	0.21	0.11	0.03	0.23
ちゅらひかり	366	Aa	0.39	0.46	0.35	0.23	0.19	0.25	0.13	0.04	0.28
萌えみのり	382	Aa	0.37	0.48	0.31	0.22	0.19	0.24	0.11	0.03	0.27
えみのあき	407	Aa	0.34	0.41	0.30	0.20	0.17	0.23	0.11	0.03	0.25
ちほみのり	416	Aa	0.37	0.41	0.34	0.24	0.20	0.26	0.13	0.03	0.28
ササミノリ	267	Ab	0.40	0.33	0.44	0.27	0.22	0.30	0.14	0.03	0.30
キヨニシキ	268	Ab	0.40	0.33	0.44	0.27	0.22	0.30	0.14	0.03	0.30
トヨニシキ	269	Ab	0.47	0.35	0.55	0.31	0.25	0.36	0.14	0.03	0.36
ハヤニシキ	278	Ab	0.31	0.21	0.37	0.25	0.19	0.29	0.15	0.03	0.26
ハヤヒカリ	282	Ab	0.39	0.25	0.47	0.28	0.22	0.32	0.16	0.03	0.31
アキユタカ	301	Ab	0.36	0.29	0.41	0.25	0.21	0.29	0.13	0.03	0.28
おきにいり	346	Ab	0.43	0.36	0.46	0.27	0.22	0.30	0.13	0.03	0.32
きんのめぐみ	411	Ab	0.35	0.30	0.38	0.22	0.18	0.25	0.11	0.03	0.26
オトメモチ	259	Ba	0.23	0.23	0.22	0.18	0.18	0.18	0.12	0.03	0.19
フクノハナ	260	Ba	0.21	0.18	0.24	0.21	0.23	0.20	0.13	0.02	0.20
朝紫	349	Ba	0.20	0.17	0.21	0.22	0.18	0.24	0.08	0.02	0.19
べこあおば	387	Ba	0.18	0.16	0.19	0.18	0.21	0.16	0.07	0.04	0.17
紫こぼし	389	Ba	0.19	0.19	0.18	0.18	0.16	0.19	0.07	0.02	0.17
ふくひびき	331	Bb	0.27	0.22	0.31	0.31	0.20	0.37	0.10	0.02	0.26
スノーパール	344	Bb	0.29	0.23	0.32	0.27	0.25	0.28	0.15	0.03	0.26
シルキーパール	354	Bb	0.23	0.19	0.25	0.22	0.16	0.25	0.09	0.02	0.20
恋あずさ	359	Bb	0.26	0.21	0.30	0.22	0.16	0.27	0.10	0.03	0.22
おくのむらさき	368	Bb	0.21	0.19	0.22	0.22	0.15	0.26	0.09	0.02	0.19
紅衣	370	Bb	0.21	0.16	0.23	0.24	0.15	0.29	0.08	0.02	0.20
夕やけもち	388	Bb	0.22	0.16	0.25	0.22	0.15	0.26	0.09	0.02	0.20
べこごのみ	395	Bb	0.28	0.22	0.31	0.27	0.20	0.32	0.10	0.02	0.25
ゆめふわり	405	Bb	0.32	0.33	0.31	0.24	0.19	0.27	0.11	0.03	0.25
いわいだわら	409	Bb	0.25	0.20	0.28	0.26	0.20	0.31	0.10	0.03	0.23
ときめきもち	413	Bb	0.29	0.29	0.29	0.22	0.18	0.25	0.13	0.03	0.24
べこげんき	414	Bb	0.29	0.28	0.29	0.23	0.17	0.26	0.10	0.03	0.23
ハツヒノデ	249	C	0.19	0.22	0.18	0.12	0.10	0.13	0.16	0.02	0.15
イサリビ	250	C	0.19	0.22	0.18	0.12	0.10	0.13	0.16	0.02	0.15
ヒメノモチ	277	C	0.08	0.06	0.09	0.10	0.12	0.09	0.14	0.01	0.09
ヒデコモチ	296	C	0.13	0.08	0.15	0.13	0.12	0.15	0.15	0.01	0.13
祝い茜	378	D	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05	0.03	0.26	0.06
祝い紫	379	D	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.27	0.04
奥羽観383号	383	D	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.27	0.04
陸羽132号			0.21	0.23	0.20	0.15	0.15	0.15	0.13	0.05	0.17
コシヒカリ		主 要 品 種	0.40	0.51	0.34	0.24	0.20	0.26	0.12	0.05	0.29
フジミノリ			0.27	0.15	0.34	0.25	0.19	0.28	0.18	0.02	0.24
ササニシキ			0.43	0.37	0.47	0.27	0.25	0.29	0.14	0.04	0.32
アキヒカリ			0.39	0.25	0.47	0.30	0.25	0.34	0.16	0.03	0.32
あきたこまち			0.34	0.43	0.30	0.24	0.22	0.24	0.11	0.04	0.26
ひとめぼれ			0.41	0.53	0.34	0.23	0.19	0.26	0.12	0.04	0.29
愛国			0.18	0.22	0.16	0.14	0.15	0.13	0.09	0.05	0.15
旭		祖 先 品 種	0.21	0.17	0.23	0.22	0.25	0.20	0.12	0.01	0.20
器量良			0.12	0.13	0.12	0.10	0.07	0.12	0.06	0.01	0.10
上州			0.08	0.10	0.07	0.05	0.04	0.06	0.01	0.00	0.06
大場			0.11	0.14	0.09	0.06	0.04	0.07	0.04	0.03	0.08
亀の尾			0.13	0.10	0.14	0.09	0.09	0.10	0.10	0.03	0.11
信州金子			0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	—	0.01
新関取			0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01

注. 太字は各群で近縁係数が高い3品種を示す。「—」は近縁係数0を示す。

高かった。C群は特に近縁係数が高い品種は無く、0.18の「フジミノリ」が高い品種であった。D群は「祝い紫」「祝い茜」「奥羽観383号」との近縁係数が高いが、祖先品種との近縁係数は0.05以下で低かった。

クラスター分析で分類した群別に、いもち病抵抗性、耐冷性、玄米品質、食味特性値を平均した数値を表3に示す。C群、D群には特性評価済みの系統が少なかった。A群は玄米品質、食味に優れ、B群は劣る群であった。

いもち病抵抗性、耐冷性、玄米品質、食味特性値と祖先品種、主要品種の近縁係数との相関をみると、葉いもち圃場抵抗性は相関が認められた品種はひとつで、穂いもち圃場抵抗性は低い相関が認められた品種が多かった。耐冷性は相関が認められた品

種が多く、特に「大場」の近縁係数との相関は-0.62とやや高い相関が認められた。玄米品質、食味は相関が認められた品種が多く、特に「陸羽132号」の近縁係数と-0.73、-0.72と高い相関が認められた(表4、図3)。

Ⅳ 考 察

祖先品種との近縁係数の推移を見ると、「文六」、「大和力」、「関山」は1920年代の奥羽系統の母本に使われていたが、その交配後代は1930年台以降の奥羽系統には使われてこなかったと考えられる。1930年台は半数以上の奥羽系統が「陸羽132号」(「亀の尾」との近縁係数0.5)の交配後代であり、「亀の尾」の近縁係数が高かった要因と考えられる。また、1930年台、1940年台の奥羽系統は「酒井金子」(「信州金子」の変種)の交配後代が多いことから、「信州金子」の近縁係数が高かった要因と考えられる。1930年台は多くの奥羽系統が「晩33号」(神力／新関取)の交配後代であり、奥羽195号(晩33号／亀の尾4号)が1940年台に多くの奥羽系統の交配母本であったことから、新関取の近縁係数が高かった要因と考えられる。来歴データベースを見ると、戦後、品種育成を再開する際に、新潟県農事試験場(指定試験)で交配(農林22号／農林1号)した材料や、農林省福井農事改良実験所において養成した初期世代材料が東北農業試験場に分譲され、その材料から奥羽224号(ハツニシキ)、奥羽225号(ヤマセニシキ)が育成されていた。「農林22号」の祖先品種には「旭」(近縁係数0.25)と「上州」(近縁係数0.25)があり、「ハツニシキ」、「ヤマセニシキ」の交配後代から多くの奥羽系統が育成されてきたことから、1950年を境に祖先品種の割合が大きく変化した要因と考えられる。また、「旭」との近縁係数が高い「農林8号」、「農林41号」、「ササニシキ」の交配後代から多くの奥羽系統が育成されたことが、「旭」の近縁係数が高くなった要因と考えられる。

奥羽系統と近縁係数が高い祖先品種が「愛国」、「旭」であることは、これまで報告されてきた解析結果と同様であり、比較的狭い範囲の遺伝資源から構成されていることがわかった。また、祖先品種の近縁係数を地域毎に見ると、奥羽系統、北陸系統(重宗ら 2006)、福島系統(佐藤・吉田 2007)は「亀の尾」の近縁係数が高く、関東系統(太田ら

表3 分類群別の農業形質特性

分類群	系統数	いもち病圃場抵抗性		耐冷性	玄米品質	食味
		葉いもち	穂いもち			
Aa	25	3.7	3.6	3.2	2.4	2.2
Ab	18	4.1	3.1	3.9	3.4	2.2
Ba	12	3.5	5.0	5.6	6.1	6.1
Bb	38	4.4	4.5	4.7	5.1	3.6
C	3	3.5	4.5	3.0	4.7	3.0
D	6	4.2	5.0	7.0	6.3	6.4

注. いもち病、耐冷性は2(極強)から8(極弱)の評価。
玄米品質、食味は上上(1)から下下(9)の評価。

表4 農業形質特性と近縁係数の相関関係

品種名	いもち病圃場抵抗性		耐冷性	玄米品質	食味
	葉いもち	穂いもち			
愛国	-0.12	-0.31**	-0.33**	-0.57**	-0.67**
旭	-0.15	-0.22*	-0.06	-0.26**	-0.50**
器量良	0.03	-0.31**	-0.34**	-0.49**	-0.58**
上州	-0.04	-0.35**	-0.42**	-0.58**	-0.55**
大場	-0.10	-0.35**	-0.62**	-0.62**	-0.50**
亀の尾	-0.17	-0.40**	-0.48**	-0.54**	-0.62**
信州金子	-0.11	0.02	-0.02	0.01	-0.13
新関取	0.23*	0.05	0.05	0.02	-0.26*
陸羽132号	-0.17	-0.44**	-0.57**	-0.73**	-0.72**
コシヒカリ	-0.11	-0.38**	-0.57**	-0.70**	-0.60**
フジミノリ	0.03	-0.05	-0.05	-0.09	-0.34**
ササニシキ	-0.17	-0.47**	-0.43**	-0.56**	-0.67**
トヨニシキ	-0.05	-0.31**	-0.36**	-0.32**	-0.49**
アキヒカリ	0.02	-0.16	-0.21*	-0.14	-0.38**
あきたこまち	-0.13	-0.34**	-0.45**	-0.68**	-0.65**
ひとめぼれ	-0.07	-0.38**	-0.57**	-0.69**	-0.58**

注. *は5%水準、**は1%水準で有意な相関。

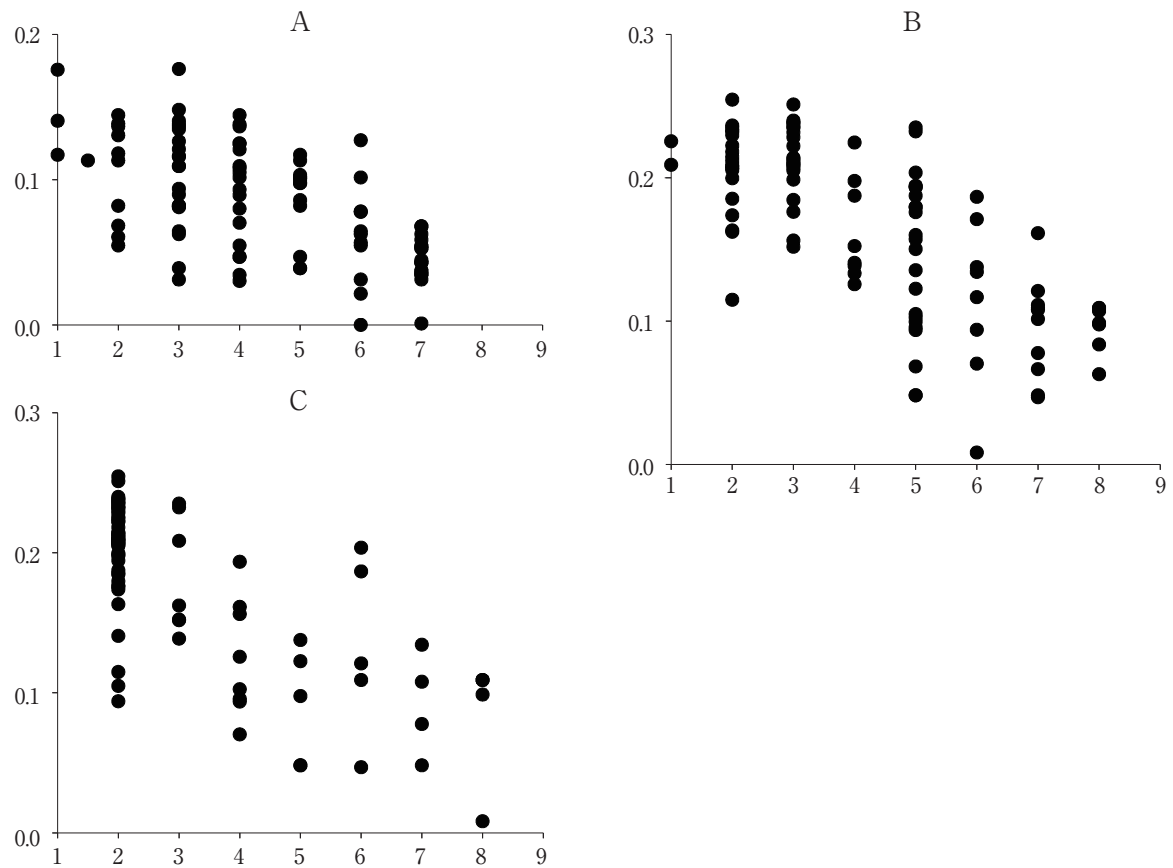


図3 近縁係数との相関係数が高い農業形質特性

A:「大場」の近縁係数と耐冷性

B:「陸羽132号」の近縁係数と玄米品質

C:「陸羽132号」の近縁係数と食味

A、B、Cとも縦軸は近縁係数

Aの横軸は耐冷性旧基準 (2:極強-8:極弱)

B、Cの横軸は上上 (1) から下下 (9) の評価

2006)、福岡県のつくし系統 (大里・吉田 1996) は低いことが特徴であった。また、福島系統は「大場」、関東系統は「器量良」、つくし系統は「上州」と近縁係数が高いことが特徴であった。「亀の尾」が東北・北陸地域に広く普及した品種で、「亀の尾」やその子孫を交配母本として利用し、東北・北陸地域に適した系統を開発してきたと考えられる。

「亀の尾」のように東北地域に適した優秀な品種・系統を母本として交配計画を立てることが品種育成の基本戦略であるが、東北地域で育成された品種・系統に限らず、「農林22号」、「農林1号」など、その時代に優秀と考えられる品種・系統を交配母本として選択し、その結果が奥羽系統と祖先品種の近縁係数として反映されていると考えられる。

クラスター分析で分類した群別に属している品種

をみると、A群は食用の梗品種、B群は飼料用品種、有色素米品種、低アミロース米品種、巨大胚品種、糯品種、C群は1960年から1970年代に育成された品種、D群は観賞用品種であった。近縁係数による分析から、食用はA群、多収・加工用はB群と用途別におおまかな分類がされたことは、それぞれの用途の品種を育成する際に、食用には「ササニシキ」、多収・加工用には「ふくひびき」と用途に適した母本を選択する戦略が行われ、母本の近縁係数の偏りにより分類に反映されたものと考えられる。また、Aa群は「ひとめぼれ」「コシヒカリ」、Ab群は「トヨニシキ」「ササニシキ」との近縁係数が高く、また、近年の育成系統は主にAb群ではなくAa群に分類されていることから、炊飯米の粘りが少ない「トヨニシキ」「ササニシキ」から粘りの強い「ひとめ

ほれ」「コシヒカリ」へと時代の要求に応え、主たる母本を変えて対応する戦略が行われたと考えられる。Ba群「アキヒカリ」、Bb群は「ふくひびき」との近縁係数が高く、近年の育成系統は主にBa群ではなくBb群に分類されていることから、B群でも主たる母本を「アキヒカリ」より多収の「ふくひびき」に変えて対応する戦略が行われたと考えられる。現在は業務用の品種育成を行っており、業務用に求められる食用かつ多収の品種を育成するため、良質・良食味のAa群と多収のBb群とを交配する戦略で育成を行っている。例えば、Aa群の「奥羽406号」とBb群の「ふくひびき」の交配から良質・良食味で多収の「奥羽429号」(Bb群)を開発している。

出田ら (2012) は、日本水稻115品種について、近縁係数とSSRマーカー多型情報から算出される遺伝的距離について計算し、近縁係数と遺伝的距離に負の相関 (-0.64) があることを報告している。そのため、近縁係数を遺伝的距離と相似とみなし、近縁係数が特性の遺伝と相関があると推測することも可能である。しかし、有用遺伝子と密接に連鎖するDNAマーカーを用いて選抜した場合は、近縁係数と特性の優劣の相関は低くなることが予想される。

いもち病圃場抵抗性、耐冷性、玄米品質、食味の各特性について、近縁係数との相関が特性により異なる傾向となった。葉いもち圃場抵抗性と穂いもち圃場抵抗性の傾向が異なることは、初期世代からの効率的な選抜が可能な葉いもち圃場抵抗性と少し世代が進んでから選抜する穂いもち圃場抵抗性といった選抜効果の違いが影響しているものと考えられる。また、いもち病圃場抵抗性遺伝子を選抜できるDNAマーカーが開発され、効率的に選抜できることから、母本との近縁程度に影響しない低い相関になったものと考えられる。一方、耐冷性は、関連遺伝子の解析とDNAマーカーの開発が行われているが、遺伝背景によって導入効果が無い場合がある (Endo *et al.* 2016) など、いもち病圃場抵抗性とは異なり、母本との近縁程度の影響が強く現れていると考えられる。玄米品質、食味も耐冷性と同様の要因で相関が高いと考えられる。

耐冷性では「大場」、玄米品質、食味では「陸羽132号」が最も相関が高いことから、それぞれの特性に関与している量的遺伝子が多い可能性も考えられる。今後の遺伝解析およびDNAマーカーの開発を期待したい。

奥羽系統と祖先品種の近縁係数を見ると、遺伝的背景は少数の祖先品種から構成されていることから、気候変動や需要の変化に対応できる多様な優良品種を育成するために、今後も有用な遺伝資源の導入を図り遺伝的多様性を拡大する必要がある。また、奥羽系統の近縁係数でグループ分けすると用途別に分かれ、用途ごとに主要な母本があり、それぞれの母本には有利な点と不利な点があるため、グループ間の交配を行うことで有利な点を兼ね備えた品種を育成することを戦略的に行う必要がある。農業形質との関連では、いもち病抵抗性等のDNAマーカーで効率的に選抜できる特性は近縁係数を参考にする必要はないが、耐冷性、玄米品質、食味等のDNAマーカーでの選抜効果が低い特性については、「大場」、「陸羽132号」など、特性と相関が高い品種との近縁係数が高い品種・系統を母本にするなどの育種計画の策定が有効と考えられる。

引用文献

- 1) Endo, T.; Chiba, B.; Wagatsuma, K.; Saeki, K.; Ando, T.; Shomura, A.; Mizubayashi, T.; Ueda, T.; Yamamoto, T.; Nishio, T. 2016. Detection of QTLs for cold tolerance of rice cultivar 'Kuchum' and effect of QTL pyramiding. 2016. Theor. Appl. Genet. 129 : 631-640.
- 2) 後藤明俊, 梶 亮太, 横上晴郁, 津田直人, 松下景, 重宗明子, 田村泰章, 太田久稔. 2015. 水稻育成品種・系統の来歴データベース. 農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所稲研究領域2015/12版.
- 3) 出田 収, 河野いずみ, 竹内善信, 平林秀介, 平山正賢, 太田久稔, 佐藤宏之, 安東郁男, 加藤 浩, 根本 博, 矢野昌裕, 井邊時雄, 山崎将紀, 吉田智彦. 2012. 日本水稻品種のSSRマーカー多型に基づく分類および近縁係数と遺伝的距離との関係. 育種学研究. 14 (4) : 106-113.
- 4) Kempthorne, O. 1969. An introduction to genetic statistics. Iowa State University Press, Iowa. p.72-80.
- 5) 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.
- 6) 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. 育雑 46: 295-301.
- 7) 太田久稔, 安東郁男, 井辺時雄. 2004. イネ品種特性データベースの構築. 育種学研究 6 (別2): 253.
- 8) 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、食味との関連. 日作紀 75: 159-164.
- 9) 酒井寛一. 1957. 植物育種法に関する理論的研究 V. 殖性植物の育種における近縁係数の応用. 育雑 7: 87-92.
- 10) 佐藤弘一, 吉田智彦. 2007. 水稻福島県育成系統の家系分析. 日作紀 76: 238-244.
- 11) 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稻品種系統の家系分析. 日作紀 75: 153-158.
- 12) 吉田智彦, 今林惣一郎. 1998. 水稻良食味育成品種の遺伝的背景. 日作紀 67: 101-103.
- 13) 吉田智彦. 2004. Windowsによる作物品種の家系分析用Prologプログラムの作成. 日作関東支報 19: 54-55.

