

北陸地方における水稲の新規形質品種の育成に関する研究

上原泰樹*

目 次

I	はじめに……………	2	3) 水稲品種のフェーン害耐性の品種間差異……………	26
II	北陸地方における水田稲作農業の情勢分析と研究課題設定の背景……………	3	4) 考察……………	26
1.	北陸農業の現況と課題……………	4	2. いもち病圃場抵抗性検定技術の改良……………	29
1)	北陸地方の自然環境……………	4	1) いもち病圃場抵抗性の遺伝と選抜効果……………	30
2)	北陸地方の農業生産の特質……………	6	2) ガラス室内検定技術の開発……………	34
3)	北陸農業の課題……………	9	3) 考察……………	35
2.	北陸地方における水田稲作農業の特質……………	11	3. 世代促進を活かした効率的集団選抜技術の開発……………	39
1)	主要な生産阻害要因……………	11	4. 倒伏と食味に対する施肥条件の影響……………	44
2)	水稲単作農業と転作問題……………	11	5. 耐冷性育種素材の探索と開発……………	46
3)	経営規模の拡大……………	13	1) 海外からの導入遺伝資源の耐冷性評価……………	47
4)	水稲直播栽培の現状……………	13	2) 高度耐冷性中間母本系統「中母59」の選定と耐冷性育種素材としての評価……………	48
5)	新規形質水稲品種の開発と米需要の拡大……………	14	3) 考察……………	51
6)	イネの飼料化とバイオ燃料資源化……………	14	IV 北陸地方に適する水稲の新規形質品種の育成……………	52
3.	考察……………	15	1. 巨大胚品種「めばえもち」の育成……………	52
1)	高品質・良食味米の低コスト生産……………	15	1) 育種目標の設定と交配母本の選定……………	52
2)	新規形質イネ品種の開発による米消費拡大……………	16	2) 交配および育成経過……………	53
3)	飼料イネの開発による飼料自給率の向上……………	16	3) 品種特性の評価と解析……………	56
4)	バイオ燃料資源の開発……………	16	4) 巨大胚米の機能性とそれを活かした新食料開発……………	68
5)	「コシヒカリ」の作付集中・問題点とその解決策……………	17	5) 考察……………	72
III	北陸地方に適する水稲品種育成のための基盤技術の開発……………	18	2. 新規食品開発用の高・低アミロース品種の育成……………	74
1.	フェーン耐性の評価技術の開発……………	18	1) 育種目標の設定と交配母本の選定……………	74
1)	水稲品種のフェーン害の人為的再現……………	19	2) 交配および育成経過……………	76
2)	水稲品種のフェーン害耐性の検定技術の開発……………	24	3) 品種特性の評価と解析……………	78
			4) アミロース含有率の変化による食材の	

多様化と新食品開発……………	94	3) 品種特性の解析 ……………	151
5) 考察 ……………	105	4) 採用県における普及の背景と理由 …	161
3. 低グルテリン品種「春陽」の育成と利活用…	108	5) 湛水直播適性の解明 ……………	162
1) 育種目標の設定と交配母本の選定 …	109	6) 考察 ……………	166
2) 交配および育成経過 ……………	109	V 総合考察……………	169
3) 品種特性の解明 ……………	110	1. 新規形質水稻品種の開発による国内産米の	
4) 白米中のタンパク質組成の変動要因 …	119	新需要喚起……………	170
5) 酒造用原料米としての利用 ……………	122	2. 新規形質米品種普及上の問題 ……………	170
6) 加工原料米としての利用 ……………	123	3. 直播栽培による低コスト・高品質・良食味	
7) 考察 ……………	126	米の生産と消費拡大……………	171
4. 飼料用水稻品種「クサユタカ」の育成	128	4. 飼料イネ専用品種の開発と活用による有畜	
1) 育種目標の設定と交配母本の選定 …	128	水田稲作農業の展開と飼料自給率の向上 …	172
2) 交配および育成経過 ……………	129	5. 有畜水田稲作農業発展に向けた課題 …	174
3) 品種特性の解明 ……………	130	6. 水田の生産・多面的機能維持・保全のため	
4) 稲発酵粗飼料の飼料的評価 ……………	140	の飼料イネ生産と飼料自給率向上ならびに	
5) 考察 ……………	146	緊急時の食料安全保障……………	174
5. 直播栽培向き安定多収・良質良食味品種		謝辞……………	175
「どんとこい」の育成と普及……………	148	摘要……………	175
1) 育種目標の設定と交配母本の選定 …	149	引用文献……………	178
2) 交配および育成経過 ……………	150	Summary ……………	185

I はじめに

水稻はわが国の自然環境にもっとも適した作物の一つであり、国民の主食として重要な地位を占めている。農林水産省「食料需給表」によると、最も国民1人当たりの米の消費が多かった1962年における国民1人当たりの米の年間消費量は118.3kgであった。しかし、食の多様化・西欧化による食生活の変化に伴い、パンや麺類などの消費が増え、米の消費は年々減少の一途をたどり、2004年にはおよそ半分の61.5kgとなった。

他方、農林水産省の「作物統計」によると、米の生産に関しては多収品種の普及や栽培技術の向上などにより単収が大幅に増加し、水稻の全国における10a当たり平年収量が1958年には350kgであったが、2005年には527kgにまで増加している。このため、米は生産過剰となり、政府は大量な在庫米を抱えることになった。この在庫米の管理と保存には多額の歳出を伴うことから、1970年に食糧管理法による米の全量買い上げを止め、自主流通米制度を導入するとともに一定の転作面積を地域と農家に割り振り米の生産調整を開始した。

さらに、1993年にはガット・ウルグアイ・ラウンドの農業合意に伴い、米については1995年から関税化の猶予の代償措置のミニマム・アクセスとして最低輸入量が決められ、1999年から関税化への移行措置がとられた。そして、現在交渉中のWTO農業交渉の合意ができるまでの間、ミニマム・アクセスの受け入れにより一定量の外国産米が輸入され続けるが、交渉の結果によっては関税の一層の引き下げが迫られる。

2005年の農林業センサスによれば一戸当たり経営耕地面積（販売農家）は北海道平均が18.68ha、都府県平均が1.30haであり、わずかず増加しているものの依然として小規模農家が多いばかりでなく、稲作農家の高齢化と担い手不足が深刻化している。また、2005年の耕作放棄地は全国で390,000haにも達しており、国土保全、水資源涵養、環境保全、良好な景観形成などの農業・農村機能が崩壊し始めている。さらに、農業者の高齢化に伴い農村文化の継承などが困難になっている。

このような食料・農業・農村をめぐる情勢の変化

に対応するため、政府は2005年に新たな「食料・農業・農村基本計画」を閣議決定した。これを受けて2007年産から米、麦、大豆、てん菜、でん粉原料用ばれいしょなどの個別品目の価格を支援するのではなく、生産品目にかかわらない品目横断的経営安定対策が導入された。今後は政策支援の対象が意欲と能力のある農業の担い手に絞られることにより法人や集団営農を含む大規模なプロの農業経営の育成がすすめられることになる。

わが国で生産される農産物の国際競争力を高めるには、生産コストの大幅な低減とともに、国産農産物の品質を飛躍的に向上させ、固有の技術により付加価値を高めることが肝要と考えられる。しかるに、わが国では経営規模の拡大が困難であるため生産コストの低減には限界があり、小規模で多投入集約的経営に甘んぜざるをえない側面がある。そこで、国産農産物の国際競争力を高めるには、一層の品質向上と高付加価値化がとくに重要になると考えられる。

ところで、稲作農業を巡る急速な国内外の情勢変化は、水田稲作農業に大きく依存している北陸地方の農業・農村には、とりわけ大きな影響を及ぼした。しかし、気象や土壌などの自然環境から見て北陸地方は稲作に好適の地であるばかりでなく、長年にわたる水田基盤の整備ならびに土壌、品種、栽培技術の改良などにより良質米の多収穫生産ができるようになった。とくに、新潟県を含む北陸地方は「コシヒカリ」などの良食味品種の育成と普及により産地ならびに品種の銘柄化が定着し、わが国随一の良質

米生産地帯に発展してきた。他方、水田への転作物の導入や水田から畑への転換には、多大の困難を伴う結果となった。

1989年から開始された農林水産省の大型研究プロジェクト、通称「スーパーライス計画」では、従来の米の形状、品質、成分などとは異なる特性を備えた新規形質イネ品種あるいは家畜飼料としてのえさ米や発酵粗飼料に向く超多収飼料用イネ品種などの開発により、食料ならびに飼料としての米需要拡大が大きなねらいとされた。当時の北陸農業試験場（現在の中央農業総合研究センター・北陸研究センター）では、北陸地方の農業・農村の維持と発展をかけて、スーパーライス計画に精力的に取り組むこととなった。

筆者は旧北陸農業試験場ならびに現中央農業総合研究センターにおいて長年にわたり水稲育種に従事し、多くの水稲品種の育成において主体的役割を果たした。とくに、スーパーライス計画の中で育成された新規形質水稲品種などは、北陸地方の農業・農村の活性化と発展に資するところが大きいと考えられる。

そこで本論文では、筆者が主体的に関与して育成した新規形質水稲品種、発酵粗飼料用水稲品種、直播栽培向安定多収水稲品種などの育種法を明らかにするとともに、それらの育成品種の特性を解明し、米の需要拡大の観点から論考を加える。なお、本論文は東京農業大学審査学位論文に加筆、修正を加えたものであることを付記する。

Ⅱ 北陸地方における水田稲作農業の情勢分析と研究課題設定の背景

北陸地方は新潟、富山、石川、福井の4県からなり、日本海と脊梁山脈に挟まれ、夏期は温暖湿潤で冬期は冷涼多雪の独特の日本海性気候の下で水田稲作に偏った農業が営まれてきた。しかるに、国内経済の発展に伴う国民の購買力の向上と食の高度化と多様化により低廉な農産物の輸入が増加し、米の消費が大幅に減退した。その結果、食用米の生産が過剰となり、水稲から他の畑作物への転作にはじまり、米の生産調整から水稲の作付け制限にいたる様々な施策がとられてきた。こうした情勢の変化に対しては、水田稲作への依存度の高い北陸地方農業と農村

は、ほかのいずれの地域の農業・農村に勝る大きな影響を受けることとなった。また、北陸地方では、自然環境や生物資源を活かし、水田の基盤整備に多額の投資を行い、生産性の高い水田稲作農業が営まれてきた。ところで、近年における米生産過剰基調のなかで、北陸地方でも他地域と同様に水田に転作物を導入したり、水田を畑に転換して畑作物を栽培したりする幾多の試みが行われてきた。しかし、北陸地方の気象や土壌の条件が水田の転作や畑への転換を大きく阻害してきたと考えることができる。

北陸地方の農業・農村の再生と発展のためには、

表Ⅱ-1 新潟県上越市における近年の気象データ

年次	気温(°C)			日照時間 (h)	降水量 (mm)	年間降雪量 (cm)	日最大降雪 (cm)	最深積雪 (cm)	積雪日数 (日)
	最高	最低	平均						
1976	34.8	-7.1	12.3	1651.8	3313.0	715	73	196	60
1977	35.9	-9.3	13.0	1737.0	2185.0	1,040	63	254	75
1978	37.8	-10.0	13.6	1959.9	2731.0	694	82	153	73
1979	37.4	-5.3	14.2	1882.9	2992.5	242	44	41	52
1980	36.0	-4.9	12.8	1575.6	3082.0	763	61	224	72
1981	37.0	-6.4	12.5	1874.6	3237.0	1,068	91	251	81
1982	36.0	-6.2	13.4	2077.0	2555.0	455	58	83	70
1983	36.1	-8.5	13.0	1893.4	3371.0	609	68	158	65
1984	36.6	-7.3	12.4	1913.8	2911.5	1,456	79	292	104
1985	38.3	-8.7	13.1	1879.9	3281.0	1,357	109	298	76
1986	37.7	-6.7	12.4	1518.8	2639.5	1,494	104	324	86
1987	36.2	-7.1	13.6	1723.2	1793.5	655	65	99	68
1988	35.3	-7.6	12.8	1457.7	2678.0	578	57	116	70
1989	36.1	-2.4	13.9	1503.7	2432.5	111	13	15	57
1990	38.6	-6.9	14.6	1695.8	2276.5	385	53	113	57
1991	36.3	-4.0	13.7	1365.1	2840.5	468	58	118	67
1992	35.4	-5.4	13.5	1465.8	2471.5	374	56	72	51
1993	36.4	-3.2	13.0	1302.6	2714.5	289	38	40	63
1994	39.5	-4.5	14.3	1847.3	2225.0	429	55	72	66
1995	35.2	-4.3	13.3	1478.5	2974.0	483	42	109	68
1996	37.8	-5.5	13.0	1660.5	2740.5	605	52	111	80
1997	36.7	-5.3	13.8	1613.9	2630.0	450	49	108	62
1998	36.2	-5.0	14.5	1378.6	3122.0	371	67	94	55
1999	38.3	-6.1	14.1	1636.9	3157.0	521	82	133	63
2000	38.0	-5.5	14.1	1676.2	2813.5	591	86	113	66
2001	35.7	-5.5	13.6	1683.7	3313.0	690	60	141	80
2002	36.7	-4.5	13.9	1608.7	3072.5	367	45	79	62
2003	37.1	-6.0	13.7	1428.7	2511.0	370	50	54	73
2004	38.9	-5.8	14.6	1735.8	2694.5	433	51	87	62
2005	35.2	-5.9	13.5	1434.9	3060.0	579	73	126	74
2006	37.4	-6.7	13.5	1488.0	3076.0	633	34	162	80

注) 気象庁「気象統計情報」における高田測候所(新潟県上越市大手町9-15)のデータにより作成した。

その自然環境と生物資源を活かして新たな水田農業の活路を見出すことが重要になると考えられる。そこで、本章では、北陸地方の自然環境の特質ならびに農業生産の現状と課題を明らかにするとともに、北陸地方における水田稲作農業の情勢分析を行い、研究課題設定の背景について論ずる。

1. 北陸農業の現況と課題

1) 北陸地方の自然環境

(1) 気象環境と自然災害

北陸地方は日本列島のほぼ中央部の日本海側に位置し、南側は中部山岳地帯に接し、北側は日本海に面した新潟、富山、石川および福井の4県から成る。この地方の夏は高温多湿で、冬は冷涼多雪でしばしば豪雪にみまわれる。

新潟県の南部に位置し本研究の実施機関(旧北陸農業試験場)の所在する上越市における近年の気象データの年次変化を表Ⅱ-1、過去10年間(1997～2006年)の気象データの月平均の周年変化を表Ⅱ-2に示した。年平均気温の変動は12～15°Cの範囲内である。1～2月に年間最低気温が記録され、最低

気温が-5°C以下となることもある。3～4月頃から急激に気温が上昇し、7～8月の最高気温は35～40°Cに達することもある。9月後半から10月にかけて気温は急激に低下する。

年間降水量は3,000mmに近い年が多く、とくに11～2月の晩秋から冬季の降水量が多い。4～5月は降水量が少なくなるが、6～7月の梅雨と9～10月の秋雨の時期には降水量が多くなる。冬期間の豊富な降水量は降雪に起因しており、高田測候所における最深積雪は1945年の377cmに達した。近年では1986年に324cmを記録するなど、最深積雪が1mを超える年が多い。冬春期の12～3月にかけて根雪となる年が多く、近隣の中山間地帯では根雪期間がさらに1月程度長引く場所もある。日照時間は9月の秋雨以降急速に減少し、冬期間も降雪のため日照時間はさらに少なくなる。

大沼・松浦(1970)は北陸地方の気候を次のように要約している。地形的には日本アルプスを背負い準内陸的気候の影響を受け、夏季の炎暑が比較的厳しく、中山間地帯では昼夜温較差が大きく主作物である水稲の多収性と品質向上に有利に働いてい

表Ⅱ-2 新潟県上越市におけるの気象データの月平均の周年変化 (1997～2006年)

月	項目	気温 (°C)			日照時間 (h)	全天日射量 (MJ/m ²)	降水量 (mm)	月間降雪量 (cm)	日最大降雪 (cm)	最深積雪 (cm)	積雪日数 (日)
		最高	最低	平均							
1	平均	13.2	-4.5	2.5	62.9	5.7	420	208	50	87	23
	最大値	17.7	-3.2	4.4	80.2	6.2	558	324	86	141	27
	最小値	10.1	-5.5	1.3	35.3	4.7	302	156	18	43	14
2	平均	13.8	-5.4	2.6	85.9	9.0	280	157	41	100	18
	最大値	21.9	-2.7	4.2	117.6	10.0	418	304	82	162	23
	最小値	10.1	-6.7	1.5	60.8	8.0	149	58	11	41	13
3	平均	21.0	-3.6	5.7	134.3	12.5	207	70	21	64	11
	最大値	25.4	-2.4	7.6	163.0	13.6	306	155	44	120	16
	最小値	17.4	-4.7	4.4	104.9	11.7	133	2	2	7	3
4	平均	27.3	0.4	12.1	174.5	16.3	109	0	0	2	1
	最大値	31.5	1.8	13.7	231.9	19.3	172	1	1	5	2
	最小値	23.8	-1.0	10.1	107.2	13.0	32	0	0	1	0
5	平均	30.1	5.2	17.1	184.2	18.1	90	0	0	0	0
	最大値	33.1	8.0	18.4	230.9	20.2	166	0	0	0	0
	最小値	27.6	3.1	15.4	130.0	14.6	38	0	0	0	0
6	平均	31.5	11.1	21.1	142.8	16.8	144	0	0	0	0
	最大値	34.0	13.1	22.2	178.1	18.7	271	0	0	0	0
	最小値	29.8	9.6	20.4	91.9	14.7	67	0	0	0	0
7	平均	35.8	17.2	25.0	157.7	17.3	215	0	0	0	0
	最大値	38.9	20.1	26.7	246.7	21.6	488	0	0	0	0
	最小値	30.8	15.5	22.4	68.4	11.5	101	0	0	0	0
8	平均	36.2	18.1	26.4	186.5	17.3	194	0	0	0	0
	最大値	38.6	20.3	27.9	260.7	20.7	460	0	0	0	0
	最小値	34.4	16.7	24.9	78.6	12.2	17	0	0	0	0
9	平均	35.6	12.7	22.5	127.1	12.3	228	0	0	0	0
	最大値	37.8	16.9	24.0	156.6	13.4	300	0	0	0	0
	最小値	33.7	9.3	20.9	72.2	9.4	114	0	0	0	0
10	平均	27.8	6.0	16.4	136.2	10.2	236	0	0	0	0
	最大値	32.0	8.3	18.1	161.8	11.8	376	0	0	0	0
	最小値	25.0	4.0	15.0	104.0	9.0	143	0	0	0	0
11	平均	22.8	1.2	10.6	104.7	6.9	359	0	0	0	1
	最大値	25.9	4.1	12.5	130.2	8.2	582	0	0	0	5
	最小値	19.8	-1.2	7.5	72.3	5.7	173	0	0	0	0
12	平均	15.9	-2.0	5.2	71.9	5.0	465	62	20	32	13
	最大値	19.9	-0.6	6.5	99.8	5.6	716	233	50	103	27
	最小値	11.5	-3.5	2.4	47.2	4.1	177	15	10	12	6

注) 気象庁「気象統計情報」における高田測候所(新潟県上越市大手町9-15)のデータにより作成した。

る。太平洋気団の余勢が中部山岳部を越えて降下する際に起こるフェーン現象は高温乾燥の風を送り込み、作物の生育を阻害し品質を損なうことが少ない。また、地形的には日本海に向け北西方向に開かれた地域であるため、海洋性気候を想定されがちであるが、日本海の対岸にシベリア大陸が横たわる関係で、純然たる海洋性気候を示さず、大陸性気候の影響を受け易い。冬の季節風は大陸の乾燥気団を送り込み、日本海を渡って十分に湿気を含み、これが脊梁山脈にあたり陰鬱な天候と莫大な降雪をもたらす。春秋の気象は転換期にあたり変動が激しいが、比較的温和な気候型を示す。春季の移動性高気圧による乾燥は特徴的であり、水田の乾土効果を高め、秋の霖雨は収穫米の乾燥を阻害し米質を低下させる一要因となっている。

北陸地方は自然災害が比較的少なく、夏季の高温と日照が好条件となることから、水稻の生育には適した条件にある。

(2) 土壌の特徴

野田(1976)によると、北陸地方には強グライ土壌が優越している。強グライ土壌の分布は全国平均では17%であるのに対し、北陸地方では強グライ土壌水田の分布は48%にも達している。土性的には重粘土壌が三分の一を占め、水田高度利用の阻害要因の一つとなっている。不良土壌に関しては、鉄欠乏の水田が富山県でとくに多い。富山県にはpH6以上の土壌が多いのに対し、新潟と福井の両県ではpH6以上の土壌は少なく酸性土壌が多い。概して畑作物は酸性土壌に適さないものが多く、土壌の酸性を矯正しないと生育阻害の一因となる。北陸地

方の排水可能な乾田の割合は42%であり、全国平均(55%)に比べるとやや少ない。しかし、県別にみると富山県では63%と乾田の割合はむしろ高く、福井県は28%と低い割合を示し、地域差が大きい。

北陸地方には排水不良の重粘土壌が多く分布するが、水稲を栽培するのに適した土壌が多く広がっている。しかし、重粘土壌水田は転作のための畑地化が難しいうえに畑作物の生育を阻害する酸性土壌が多く、水田で大豆などの畑作物を栽培するには土壌pHの矯正や畝立て等の湿害対策を必要とする。富山平野では砂質浅耕土が広がっており養分の溶脱が多い。

2) 北陸地方の農業生産の特質

(1) 耕地および作付面積の推移

全国ならびに北陸地方における農耕地面積の推移を表Ⅱ-3に示した。わが国の2006年における耕地面積は4,671,000haであり、そのうち水田は2,543,000ha、畑は2,128,000haで水田がやや多い程度である。しかし、2006年の北陸地方4県における耕地面積(田畑計)は322,400ha、水田は289,200haで水田が9割を占め、水田が圧倒的に多く、冬季のきびしい気候もあり水田単作農業が北陸農業を特徴づけている。

1965年には全国の耕地面積は約6,000,000haであったことから、ほぼ半世紀の間に約1,330,000ha減少したことになる。水田は1965年に3,390,000haであったことから、約850,000ha減少したことになる。1965年における北陸地方の耕地面積に関しては、水田が397,708ha、畑が69,328haであった。しかし、その後減少を続け、2006年には水田が289,181ha、畑が33,130haとなり、全耕地面積は322,311haとなった。2006年の新潟県の全耕地面積は176,925ha、富山県では59,951ha、石川県では44,284ha、福井県では41,320haとなっており、北陸地方の全耕地面積のうち新潟県が54.9%を占めている。さらに、北陸地方における水田面積の割合は89.7%に達しており、新潟県の水田面積は157,145ha、富山県では57,511ha、石川県では37,111ha、福井県では37,514haで、全耕地面積に占める水田の割合は、それぞれ新潟県88.8%、富山県95.9%、石川県83.8%、福井県90.7%となっている。

北陸地方における夏期における水田の利用状況を

表Ⅱ-4に示した。北陸地方の2006年における耕地水田のうち直接水稲を栽培できる畦畔を除いた水田本地(畦畔を除いた水田)は275,100haとなっており、そのうち水稲の作付面積は216,800ha(78.8%)、水稲以外の作付けは31,500ha(11.5%)で、作物の作付けがない不耕作水田は26,700ha(9.7%)であった。水田面積は新潟県では147,500ha、富山県では55,400ha、石川県では35,700ha、福井県では37,514haで、水稲の作付け割合は新潟県では82.0%、富山県では73.8%、石川県では75.4%、福井県では76.7%となっており、全国平均の70.5%と比べて高くなっている。水稲以外の作物の作付された水田の割合は全国平均に比べて低く、不・休耕地の割合は全国平均に近く認められた。

(2) 生産性向上の推移と現状

北陸地方における農業産出額および農業生産所得の推移を表Ⅱ-5に示した。1990年の農業産出額は新潟県2,631億円、富山県820億円、石川県543億円、福井県549億円となっており、北陸地方全体で4,543億円であった。2004年には新潟県1,787億円、富山県569億円、石川県346億円、福井県368億円であり、北陸地方全体で3,070億円となり、14年前の67.6%までに大幅に減少した。また、1990年の農業生産所得は新潟県1,731億円、富山県458億円、石川県398億円、福井県355億円であり、北陸地方全体では2,942億円であった。しかし、2004年には新潟県1,087億円、富山県241億円、石川県210億円、福井県212億円で北陸地方全体で1,750億円となり、14年前の59.5%にまで大幅に減少した。特に、富山県と石川県における農業生産所得の低下がともに14年前の約53%と著しい。

2004年の全国における農家当たりの農業粗収益および農業経営費を表Ⅱ-6に示した。2004年の農業粗収益の全国平均が389万円であるのに対し、北陸地方の平均は277.5万円と中国や近畿に次いで低い。農業粗収益の中では、作物収入が大きな比重を占めるが、北陸地方における作物収入平均は233.5万円、全国平均の290.1万円より少なく、農業粗収益に占める作物生産の割合は84.1%で全国平均の74.6%より高い。

北陸地方における作物収入の中では、稲作の収益が最も高く159.6万円、農業粗収益の57.5%を占め、全国平均の22.1%よりはるかに高く、稲作の盛

表Ⅱ-3 北陸地方における耕地面積の推移

区分	年次	水田 (ha)			畑 (ha)				全耕地面積 (ha)
		普通田	特殊田	合計	普通畑	樹園地	牧草地	合計	
新潟	1965	208,000	208	208,208	34,300	8,640	231	43,171	251,379
	1975	191,900	289	192,189	20,700	5,360	1,150	27,210	219,399
	1985	179,000	510	179,510	18,800	4,160	1,060	24,020	203,530
	1995	164,800	396	165,196	17,100	3,430	1,480	22,010	187,206
	2005	157,100	277	157,377	15,600	2,950	1,230	19,780	177,157
	2006	156,900	245	157,145	15,700	2,900	1,180	19,780	176,925
富山	1965	80,700	53	80,753	6,070	720	146	6,936	87,689
	1975	72,600	20	72,620	2,620	744	290	3,654	76,274
	1985	67,100	25	67,125	2,000	773	244	3,017	70,142
	1995	61,600	16	61,616	1,590	771	288	2,649	64,265
	2005	57,600	13	57,613	1,440	732	282	2,454	60,067
	2006	57,500	11	57,511	1,420	738	282	2,440	59,951
石川	1965	56,200	143	56,343	10,400	1,500	349	12,249	68,592
	1975	48,700	210	48,910	5,860	2,790	875	9,525	58,435
	1985	44,100	188	44,288	5,790	2,820	1,190	9,800	54,088
	1995	40,600	137	40,737	5,120	1,820	908	7,848	48,585
	2005	37,200	111	37,311	5,060	1,400	679	7,139	44,450
	2006	37,000	111	37,111	5,230	1,390	553	7,173	44,284
福井	1965	52,400	4	52,404	5,930	924	102	6,956	59,360
	1975	47,200	3	47,203	3,460	839	243	4,542	51,745
	1985	44,000	15	44,015	3,360	725	297	4,382	48,397
	1995	40,600	13	40,613	2,920	794	296	4,010	44,623
	2005	37,500	14	37,514	2,720	821	284	3,825	41,339
	2006	37,500	14	37,514	2,710	812	284	3,806	41,320
北陸	1965	397,300	408	397,708	56,700	11,800	828	69,328	467,036
	1975	360,400	522	360,922	32,600	9,730	2,560	44,890	405,812
	1985	334,200	738	334,938	30,000	8,480	2,790	41,270	376,208
	1995	307,500	562	308,062	26,700	6,820	2,970	36,490	344,552
	2005	289,500	415	289,915	24,800	5,900	2,480	33,180	323,095
	2006	288,800	381	289,181	25,000	5,840	2,290	33,130	322,311
全国	1965	3,385,000	5,850	3,390,850	1,948,000	525,800	139,800	2,613,600	6,004,450
	1975	3,165,000	6,320	3,171,320	1,289,000	628,000	485,200	2,402,200	5,573,520
	1985	2,946,000	6,840	2,952,840	1,257,000	549,200	620,800	2,427,000	5,379,840
	1995	2,739,000	5,930	2,744,930	1,225,000	407,600	660,700	2,293,300	5,038,230
	2005	2,551,000	4,880	2,555,880	1,173,000	332,300	630,600	2,135,900	4,691,780
	2006	2,538,000	4,820	2,542,820	1,173,000	328,300	627,400	2,128,700	4,671,520

注) 1) 農林水産省「耕地及び作付面積統計」より作成した。

2) 普通田：水稲の栽培が可能な状態である水田。

特殊田：普通田以外の水田で、水稲以外の湛水を必要とする作物(れんこんなど)の栽培を基本とする水田。

表Ⅱ-4 北陸地方における夏期における水田の利用状況 (2006年)

区分	水田 (本地) (ha)	水稲作付田		水稲以外の作物のみの作付田		夏期全期不作付地 (ha)						
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	計		苗代あと	植付不能	災害未復旧	休閑地	その他
新潟	147,500	120,900	82.0	14,800	10.0	11,800	8.0	-	-	3	11,400	394
富山	55,400	40,900	73.8	9,090	16.4	5,360	9.7	-	1	-	5,270	85
石川	35,700	26,900	75.4	2,900	8.1	5,850	16.4	-	-	-	5,830	17
福井	36,500	28,000	76.7	4,730	13.0	3,730	10.2	-	-	-	3,690	48
北 陸	275,100	216,800	78.8	31,500	11.5	26,700	9.7	-	1	3	26,200	544
全 国	2,398,000	1,691,000	70.5	428,100	17.9	278,800	11.6	39	3	81	277,300	1,420

注) 1) 農林水産省「耕地及び作付面積統計」より作成した。

2) 夏期とは、おおむね水稲の栽培期間である。なお、青刈り水稲は、水稲に含む。

3) 本地：直接農作物の栽培に供せられる土地で、畦畔を除いた耕地。

4) 夏期全期不作付地のうち「その他」とは、水田養魚池、砂利採取地、粘土採掘地、用水確保のために一時的にため池として利用したものなどである。

5) (%)欄は水田(本地)に占める割合(%)を示した。

んな東北の33.7%と比較しても、さらに高く、北陸地方の農業がいかに稲作に依存しているかが分かる。稲作以外の作物収入では、野菜22.9万円（農業粗収益に占める割合8.3%）、果樹13.2万円（同4.8%）、花卉12.4万円（同4.5%）と続く。北陸地方における農家当たりの農業経営費は190.5万円で、

農業経営費に占める農業粗収益の比率としては全国平均並の68.6%であった。

北陸地方の県により状況は少しずつ異なるが、農業に占める米生産の比重は高く、畑作物等への転換は進んでいない。さらに、農業所得が低迷し農家の所得向上のための対策が必要である。

表Ⅱ-5 北陸地方における農業産出額

区分	年次	農業産出額(億円)																			農業生産所得(億円)			
		耕種											畜産							加工農産物				
		米	麦類	雑穀類	豆類	いも	野菜類	果実	花き	工芸農作物	*その他	小計	肉用牛	乳用牛	生乳	豚	鶏卵	養鶏	養蚕			その他畜産物	小計	
新潟	1990	2,631	9	-	22	24	425	102	75	76	15	3,379	61	134	99	175	177	119	4	1	548	2	3,933	1,731
	1995	2,410	1	-	11	21	380	109	114	61	10	3,116	46	112	94	137	166	113	0	1	461	2	3,580	1,430
	2000	2,019	2	-	29	20	329	96	125	47	10	2,677	51	97	87	109	205	117	0	1	462	2	3,141	1,176
	2004	1,787	1	1	28	16	341	82	104	37	8	2,405	41	88	78	146	236	130	-	0	512	3	2,920	1,087
富山	1990	820	12	-	5	8	89	23	22	4	4	988	19	37	29	35	78	68	0	-	169	5	1,162	458
	1995	786	0	-	9	5	58	24	18	2	4	906	14	28	27	22	62	55	0	-	126	3	1,035	417
	2000	581	3	-	23	3	40	18	20	1	4	694	11	24	22	21	45	42	-	0	102	4	800	218
	2004	569	4	0	11	3	43	13	14	0	3	660	9	18	17	22	38	36	-	0	88	5	752	241
石川	1990	543	6	-	5	15	145	34	17	29	8	803	8	47	39	37	88	85	1	1	180	2	987	398
	1995	495	1	-	5	12	116	27	17	23	7	704	7	40	36	27	65	63	0	1	139	2	845	316
	2000	376	2	-	7	14	100	23	13	16	6	558	6	40	35	20	58	57	0	0	124	2	685	161
	2004	346	3	0	6	15	101	20	10	11	4	516	6	34	30	20	37	37	-	0	98	2	616	210
福井	1990	549	14	-	1	10	107	13	12	2	5	713	9	23	16	5	23	21	0	0	60	2	775	355
	1995	516	0	-	3	5	92	11	10	1	4	643	8	17	14	4	27	23	0	0	56	2	701	325
	2000	411	13	-	6	7	80	14	12	1	5	547	7	14	12	3	19	16	-	-	43	1	591	197
	2004	368	18	2	4	9	64	14	10	0	4	493	9	14	12	3	17	15	-	-	44	1	538	212
北陸	1990	4,543	41	-	33	57	766	172	126	111	32	5,883	97	241	183	252	366	293	5	-	957	11	6,857	2,942
	1995	4,207	2	-	28	43	646	171	159	87	25	5,369	75	197	171	190	320	254	0	-	782	9	6,161	2,488
	2000	3,387	20	-	65	44	549	151	170	65	25	4,476	75	175	156	153	327	232	-	-	731	9	5,217	1,752
	2004	3,070	26	3	49	43	549	129	138	48	19	4,074	65	154	137	191	328	218	-	-	742	11	4,826	1,750

注) 農林水産省「生産農業所得統計」より作成した。単位：億円，*：種苗・苗木類など。

表Ⅱ-6 全国における農業粗収益および農業経営費 (2004年度)

区分	農業粗収益または農業経営費																			
	全国	北海道	東北	北陸	関東・東山	東海	近畿	中国	四国	九州										
	(千円)	(%)	(千円)	(%)	(千円)	(%)	(千円)	(%)	(千円)	(%)	(千円)	(%)								
農業粗収益計	3,890	-	18,031	-	3,860	-	2,775	-	3,826	-	3,901	-	2,380	-	1,916	-	3,105	-	4,593	-
作物収入計	2,901	74.6	10,909	60.5	2,839	73.5	2,335	84.1	3,091	80.8	3,126	80.1	2,032	85.4	1,460	76.2	2,514	81.1	3,072	66.9
稲作	859	22.1	1,979	11.0	1,301	33.7	1,596	57.5	729	19.1	505	12.9	660	27.7	552	28.8	456	14.7	627	13.7
麦作	77	2.0	1,585	8.8	2	0.1	7	0.3	46	1.2	13	0.3	10	0.4	6	0.3	21	0.7	105	2.3
雑穀類	2	0.1	36	0.2	2	0.1	1	0.0	2	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
豆類	40	1.0	857	4.8	13	0.3	12	0.4	19	0.5	11	0.3	18	0.8	15	0.8	5	0.2	23	0.5
いも	81	2.1	1,314	7.3	6	0.2	12	0.4	70	1.8	21	0.5	9	0.4	50	2.6	25	0.8	130	2.8
野菜類	858	22.1	3,180	17.6	632	16.4	229	8.3	1,290	33.7	928	23.8	552	23.2	364	19.0	958	30.9	909	19.8
果樹	373	9.6	90	0.5	481	12.5	132	4.8	402	10.5	314	8.0	443	18.6	224	11.7	667	21.5	463	10.1
工芸農作物	222	5.7	1,642	9.1	121	3.1	42	1.5	93	2.4	376	9.6	121	5.1	57	3.0	127	4.1	427	9.3
花き	248	6.4	167	0.9	111	2.9	124	4.5	250	6.5	667	17.1	159	6.7	84	4.4	249	8.0	337	7.3
その他の	141	3.6	59	0.3	170	4.4	180	6.5	190	5.0	291	7.5	60	2.5	108	5.6	6	0.2	51	1.1
畜産収入	711	18.3	5,412	30.0	571	14.8	164	5.9	601	15.7	626	16.0	220	9.2	311	16.2	416	13.4	1,196	26.0
農作業受託収入	56	1.4	86	0.5	113	2.9	117	4.2	27	0.7	52	1.3	48	2.0	26	1.4	24	0.8	30	0.7
農業雑収入	222	5.7	1,624	9.0	337	8.7	159	5.7	107	2.8	97	2.5	80	3.4	119	6.2	151	4.9	295	6.4
うち 制度受取金	173	4.4	1,471	8.2	175	4.5	109	3.9	94	2.5	81	2.1	70	2.9	106	5.5	135	4.4	267	5.8
農業経営費	2,628	67.6	12,590	69.8	2,623	68.0	1,905	68.6	2,322	60.7	2,499	64.1	1,654	69.5	1,438	75.1	2,110	68.0	3,290	71.6

注) 1) 農林水産省「経営形態別経営統計」より作成した。

2) 農業経営費の(%)欄は農業経営費に占める農業粗収益の比率を示した。

3) 北陸農業の課題

(1) 経営規模の拡大

2005年産の水稲の作付け規模別の生産者数を表Ⅱ-7に示した。北陸地方の各県とも1.0ha未満の生産者が多く、2005年産の水稲の生産者数に占める1.0ha未満の生産者は新潟県が57.2%、富山県が68.9%、石川県が74.2%、福井県が73.7%であり、北陸地方の平均は64.9%で全国の80.6%より低い。また、2.0ha未満の生産者は新潟県では81.7%であり、他の3県は全国と同様に90%を越える。5.0ha以上の生産者は新潟県では2.9%、富山県および石川県が2.1%、福井県が1.3%であり、北陸地方平均では2.3%となっており、全国の1.5%よりやや多かった。

北陸地方における米生産費の推移を表Ⅱ-8に示した。10a当たり全算入生産費の推移をみると、1985年産では193,298円であったが、年々減少傾向にあり、2004年産では159,370円となり、1985年産と比べると33,928円、2000年産と比べると9,877円それぞれ減少している。しかし、北陸地方の物財費等は全国と比べて高く、2004年産では全国平均と比べると北陸の全算入生産費は1万円以上も高かった。

2002年産における全国の作付け規模別の米生産費を表Ⅱ-9に示した。10a当たり全投入生産費を作付け規模別にみると、生産者数の多い0.5ha未満および0.5~1.0ha未満では205,367円および175,704円であるのに対して、5.0ha以上では0.5ha未満の全生

表Ⅱ-7 2005年産水稲の作付け規模別生産者数

区分	1.0ha 未満		1.0ha～2.0ha 未満		2.0ha～3.0ha 未満		3.0ha～5.0ha 未満		5.0ha 以上		合 計 (戸)
	(戸)	(%)	(戸)	(%)	(戸)	(%)	(戸)	(%)	(戸)	(%)	
新潟	49,872	57.2	21,355	24.5	8,374	9.6	5,071	5.8	2,486	2.9	87,158
富山	25,151	68.9	8,589	23.5	1,431	3.9	555	1.5	759	2.1	36,485
石川	20,533	74.2	4,619	16.7	1,187	4.3	763	2.8	571	2.1	27,673
福井	21,915	73.7	6,066	20.4	965	3.2	392	1.3	400	1.3	29,738
北陸	117,471	64.9	40,629	22.4	11,957	6.6	6,781	3.7	4,216	2.3	181,054
全国	1,580,284	80.6	244,278	12.5	66,006	3.4	39,192	2.0	29,762	1.5	1,959,522

注) 農林水産省「米穀の作付け規模別生産者数及び世帯員数」に基づき作成した。

表Ⅱ-8 北陸地方における米生産費の推移

区分	年次	物財費	労働費	費用合計	生産費 (副産物価額差引)	支払利子・地代算入 生産費	全算入生産費 (円)
		(円)	(円)	(円)	(円)	(円)	
北陸	1985	93,246	53,944	147,190	145,209	-	193,298
	1990	96,275	52,435	148,710	146,869	-	191,569
	1995	87,121	54,580	141,701	140,381	147,057	182,497
	2000	85,988	49,735	135,723	134,198	140,588	169,247
	2004	85,856	42,977	128,833	126,421	132,388	159,370
全国	1985	89,035	54,339	143,374	137,614	-	176,679
	1990	89,174	51,398	140,572	136,310	-	174,891
	1995	78,372	57,016	135,388	132,276	137,039	168,929
	2000	79,116	53,103	132,219	129,029	133,727	161,081
	2004	77,038	45,408	122,446	119,558	124,408	148,161

注) 農林水産省「農業地域別米生産費累年統計」より作成した。

表Ⅱ-9 2002年産における全国の作付け規模別の米生産費

区分	物財費						労働費	費用合計	生産費 (副産物価額差引)	支払利子・地 代算入生産費	全算入 生産費	玄米 収量	労働 時間	粗収益	所得	家族労働 報酬
	肥料費	農業 薬剤費	土地改良 及び水利費	賃借料 及び料金	農機 具費	小計										
0.5ha 未満	8,868	7,860	6,339	24,992	33,619	104,158	73,075	177,233	173,830	174,726	205,367	523	49	125,080	16,227	-14,414
0.5~1.0ha 未満	8,288	7,661	6,698	19,410	29,981	90,058	57,972	148,030	145,185	147,279	175,704	524	39	127,008	32,593	4,168
1.0~1.5ha 未満	7,786	7,448	6,439	13,934	28,250	79,886	48,722	128,608	125,628	128,279	156,276	525	33	126,663	42,508	14,511
1.5~2.0ha 未満	7,544	7,210	6,724	10,390	28,105	74,374	43,583	117,957	115,327	120,149	146,929	539	30	129,354	48,410	21,630
2.0~3.0ha 未満	7,123	7,278	7,186	7,973	25,465	68,270	42,273	110,543	107,650	113,068	138,942	547	28	130,643	55,644	29,770
3.0~5.0ha 未満	7,967	7,027	6,482	8,133	17,944	58,996	35,815	94,811	91,643	101,259	120,537	501	24	157,389	87,593	68,315
5.0ha 以上	6,972	6,473	6,753	6,806	17,851	57,378	26,774	84,152	80,645	91,822	108,420	494	17	154,172	84,091	67,493

注) 農林水産省「作付け規模別米生産費累年統計」より作成した。

産費のおよそ半分の108,420円であった。経営規模が大きいと、農機具費や労働費などが安くつき面積当たりの投入労働時間も少なくなっている。

全国平均と比べると、北陸地方では農家当たりの水稲の作付面積がやや広く米の生産費がやや高い。生産費の低減には物財費の削減と規模拡大が必要とみられる。

(2) 高齢化と労働生産性

北陸地方における農家人口を表Ⅱ-10に示した。2005年の農家世帯員数は731,620人で、2000年に比べ20.2%減少した。15歳以上の農家世帯員の農業就業状態をみると、農業従事者（過去1年間に1日以上自営農業に従事した者）は486,670人で2000年に比べ19.8%、農業就業人口（農業従事者のうち、自営農業に主として従事した世帯員）は239,206人で2000年に比べ13.5%、基幹的農業従事者（農業就

業人口のうち、ふだんの主な状態が仕事に従事した者）は122,889人で2000年に比べ2.7%それぞれ減少した。

北陸地方における基幹的農業従事者の年齢構成を表Ⅱ-11に示したが、60歳以上の基幹的農業従事者の比率は、2000年の76.0%から2005年には79.9%に増加し、福井県では86.9%にも達している。また、70歳以上の基幹的農業従事者の比率は2000年の34.6%から2005年には44.9%となり、農業従事者の高齢化が急速に進行している。

農林水産省北陸農政局（2006）によると、行政と農業団体が協力して担い手育成に積極的に取り組んでおり、自ら経営改善に取り組むやる気と能力のある農業者が「農業経営改善計画」を作成し、それを市町村が認定する認定農業者制度によって経営改善のための支援措置が準備されている。この認定を

表Ⅱ-10 北陸地方における農家人口

区分	農家世帯員(人)	農業従事者(人)	農業就業人口(人)	基幹的農業従事者(人)
全国	8,370,489	5,562,030	3,352,590	2,240,672
北陸				
2005年	731,620	486,670	239,206	122,889
2000年	916,372	607,047	276,389	126,273
増減率(%)	-20.2	-19.8	-13.5	-2.7
新潟	371,959	246,019	129,217	74,045
富山	142,941	96,542	42,617	17,467
石川	94,914	64,424	31,241	16,758
福井	121,806	79,685	36,131	14,619

注) 2005年農林業センサス農林業経営体調査結果(2005年2月1日現在)より作成した。

表Ⅱ-11 北陸地方における基幹的農業従事者の年齢構成

項目	区分	世帯員数	年齢別世帯員数												
			15~19	20~24	25~29	30~34	35~39	40~44	45~49	50~54	55~59	60~64	65~69	70~74	75歳以上
員数 (人)	全国	2,240,672	1,306	12,836	23,145	30,686	42,490	70,853	110,563	175,100	207,089	279,934	391,988	433,158	461,524
	北陸														
	2005年	122,889	39	376	719	832	1,085	1,909	3,445	6,663	9,575	17,085	26,011	28,382	26,768
	2000年	126,273	38	334	621	773	1,617	3,066	5,783	7,562	10,558	22,133	30,035	26,925	16,828
	増減(人)	-3,384	1	42	98	59	-532	-1,157	-2,338	-899	-983	-5,048	-4,024	1,457	9,940
	新潟	74,045	32	291	504	570	764	1,400	2,553	4,948	6,323	10,049	15,819	16,160	14,632
	富山	17,467	2	32	63	87	110	136	257	582	1,141	2,627	3,848	4,499	4,083
	石川	16,758	5	33	88	117	148	240	391	676	1,231	2,439	3,402	4,005	3,983
	福井	14,619	0	20	64	58	63	133	244	457	880	1,970	2,942	3,718	4,070
	比率 (%)														
全国	-	0.1	0.6	1.0	1.4	1.9	3.2	4.9	7.8	9.2	12.5	17.5	19.3	20.6	
北陸															
2005年	-	0.0	0.3	0.6	0.7	0.9	1.6	2.8	5.4	7.8	13.9	21.2	23.1	21.8	
2000年	-	0.0	0.3	0.5	0.6	1.3	2.4	4.6	6.0	8.4	17.5	23.8	21.3	13.3	
増減率(%)	-	2.6	12.6	15.8	7.6	-32.9	-37.7	-40.4	-11.9	-9.3	-22.8	-13.4	5.4	59.1	
新潟	-	0.0	0.4	0.7	0.8	1.0	1.9	3.4	6.7	8.5	13.6	21.4	21.8	19.8	
富山	-	0.0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.5	3.3	6.5	15.0	22.0	25.8	23.4	
石川	-	0.0	0.2	0.5	0.7	0.9	1.4	2.3	4.0	7.3	14.6	20.3	23.9	23.8	
福井	-	0.0	0.1	0.4	0.4	0.4	0.9	1.7	3.1	6.0	13.5	20.1	25.4	27.8	

注) 2005年農林業センサス農林業経営体調査結果(2005年2月1日現在)より作成した。

受けた認定農業者は北陸地方でも増加している。

2005年に政府が決定した「食料・農業・農村基本計画」に基づいて、2007年より品目横断的経営安定対策が導入された。これは、従来の全農家を対象にして品目毎の価格に応じとられていた対策を経営全体に着目して担い手を絞り込む対策に転換した。これに対応するため、2006年には都道府県と農業団体が一体となって担い手育成に積極的に取り組んだ。また、品目横断的経営安定対策への加入を目指す集落営農の組織化や法人化のための集落営農育成・確保緊急事業が実施された。これらの取組により特定農業団体などの育成・法人化が図られている。集落営農を活動内容別にみると、「栽培地の団地化など、集落内の土地利用調整」が最も多く、次いで「農業用機械を共同所有し、参加する農家で共同利用」あるいは「農家の出役により共同で農作業（農業用機械を利用した農作業以外）を実施」となっている。集落営農を主な取組作物別にみると、水陸稲が最も多く、大豆、麦類の順となっている。水陸稲以外の作物を県別にみると、新潟県や富山県では大豆、石川県や福井県では大麦を主とする集落営農の割合が高い。

2. 北陸地方における水田稲作農業の特質

1) 主要な生産阻害要因

(1) 気象災害

北陸地方の夏～秋季、とくに稲作期間は高温に推移することから、通常は冷害の心配は少ない。しかし、早生品種の生育が早まった場合や標高の高い地帯では、梅雨時期の低温少照が幼穂形成期と重なった場合などには障害型不稔が発生することがある。

北陸地方では、河川の整備は進んではいるが、梅雨後半の7月に入って大雨が降ると、河川の氾濫による農耕地の破壊や水稲が水没害を受けることがある。最近では、2004年7月に新潟県中越地方が大きな水害を受け、同年10月には中越地震により地域農業も大きな被害を受けた。

梅雨明け後には高温となり早生や中生品種の出穂・登熟期に当たるため、水稲の高温登熟による品質の低下が問題となることがある。また、水稲が出穂期を迎える7～8月には、日本海を北上する台風や熱帯低気圧がもたらすフェーン現象によって、白穂や糊白化が発生する。これらの被害を受けた穂

は不稔化したり、褐変したりして品質低下を招く。さらに、9月の秋長雨や台風により倒伏が発生しやすい。

冬期間に山岳部に積った雪は、翌春になると雪解水として農業用水源となる。したがって、降雪量が少ない年には中山間地の水田では水不足により田植えができなかったり、降雨を待って田植えを行う必要があったりする。このような年には平坦部でも灌漑用水が不足することがある。

(2) 病害虫

北陸地方のイネの病害の中で最も被害が大きいのは、いもち病である。梅雨期の6～7月には葉いもちが発生しやすく、とくに長雨が続いた年には葉いもちが大発生しやすい。田植機の普及に伴い、機械移植では補植用の置き苗が初発生源となることがある。葉いもちが多発すると、それが感染源になり穂いもちの被害をもたらすことが多い。8～9月の低温、少照、長雨は穂いもちの大発生の原因となる。さらに後述のとおり、いもち病に弱い「コシヒカリ」の作付け率が70%以上にも達する北陸地方では、いもち病の流行による大きな被害が懸念される。

いもち病に次いで紋枯病も重要な病害である。穂数型の早生品種で発生が多く、イネの分げつ数が多い年には紋枯病の被害が多くなりやすい。過去には白葉枯病は被害が多かったが、最近あまり被害が見られなくなってきた。

北陸地方の主要な害虫としては、本田初期にはイネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、イネゾウムシ、本田中期にはニカメイチュウ、イネツトムシ、本田後期にはウンカ類、コブノメイガ、ツマゲロヨコバエ、カメムシ類があげられる。最近ではカメムシ類による斑点米の発生により米の品質低下が問題となっている。

2) 水稲単作農業と転作問題

(1) 転作作物導入

2005年の北陸地方における耕地（水田）の利用状況を表Ⅱ-12に示した。北陸地方では、全水田面積の85%に水稲が作付けされ、その他に麦類2.7%、雑穀1.4%、豆類5.6%、野菜3.4%、飼肥料作物1.3%などが作付けられている。新潟県および石川県では豆類および野菜、富山県では豆類、野菜および飼・肥料作物、福井県では麦類および雑穀などの作付け比率が高い。排水が悪い重粘土壌が多い北陸地方で

表Ⅱ-12 2005年の北陸地方における耕地(田)の利用状況

区分	作付延べ面積		稲		麦類		かんしょ		雑穀		豆類		野菜		工芸農作物		飼肥料作物		その他作物		耕地利用率 (%)
	(ha)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	
全国	2,379,000	1,701,000	71.5	167,300	7.0	3,030	0.1	29,700	1.2	120,800	5.1	150,300	6.3	9,720	0.4	168,600	7.1	28,000	1.2	93.1	
北陸	256,300	217,600	84.9	6,900	2.7	119	0.0	3,710	1.4	14,300	5.6	8,660	3.4	99	0.0	3,410	1.3	1,530	0.6	88.4	
新潟	136,500	121,000	88.6	505	0.4	38	0.0	1,480	1.1	6,110	4.5	4,990	3.7	32	0.0	1,430	1.0	875	0.6	86.8	
富山	52,200	41,100	78.7	1,700	3.3	39	0.1	235	0.5	5,590	10.7	1,550	3.0	36	0.1	1,640	3.1	302	0.6	90.5	
石川	31,000	27,200	87.7	671	2.2	26	0.1	291	0.9	1,220	3.9	1,190	3.8	23	0.1	183	0.6	218	0.7	83.1	
福井	36,600	28,300	77.3	4,030	11.0	16	0.0	1,700	4.6	1,360	3.7	934	2.6	8	0.0	161	0.4	139	0.4	97.6	

注) 1) 農林水産省「農作物作付(栽培)延べ面積及び耕地利用率(平成17年)」より作成した。
2) 各作物の比率欄(%)は、作付延べ面積に占める各作物の作付面積の割合を示した。

表Ⅱ-13 北陸地方における2006年産の水稲、六条大麦、大豆、そばの生産状況

区分	水稲		六条大麦			大豆			そば		
	作付面積 (ha)	収量 (kg/10a)	作付面積(ha)		収量 (kg/10a)	作付面積(ha)		収量 (kg/10a)	作付面積(ha)		収量 (kg/10a)
			うち	田		うち	田		うち	田	
全国	1,684,000	507	15,300	13,400	278	142,000	117,500	163	44,800	29,600	77
北陸	216,200	535	7,390	6,960	280	15,000	14,100	141	4,140	3,960	-
新潟	120,300	541	453	452	190	6,450	6,170	148	1,520	1,400	49
富山	40,900	545	1,810	1,810	267	5,510	5,500	139	212	207	-
石川	26,900	515	1,030	618	251	1,670	1,180	129	346	326	46
福井	28,000	516	4,100	4,080	302	1,320	1,270	141	2,060	2,020	73

注) 1) 資料：農林水産省「作物統計」
2) そばの収量の全国欄は主産県における値である。

も圃場整備や新たな栽培技術の開発により、水田を転換畑として畑作物の導入が図られている。北陸地方では六条大麦、大豆、そばなどが主要な転作作物として栽培されている。北陸地方における2006年産の水稲、六条大麦、大豆、そばの生産状況を表Ⅱ-13に示した。

2006年産の六条大麦の作付面積は7,390haで、そのうち水田での作付けは6,960haであり、転作麦が94%を占めている。とくに、福井県での作付けが4,100haとなっており、都道府県別作付けの1位であり、富山県では1,810haで3位、石川県1,030haで6位であり、全国の六条大麦の48.3%が北陸地方で栽培されている。しかし、その他の麦類の作付けはほとんどなく、小麦および二条大麦の作付けは数ヘクタールにすぎない。これは北陸地方では根雪期間が長いことによる二毛作期間の制限や排水不良水田における湿害の影響などにより、生育期間の長い小麦や品質重視の二条大麦の栽培が困難なためである。

2006年産の北陸地方における六条大麦の平均収量は280kg/10aであり、ほぼ全国平均並であった。大麦は主食用、焼酎用、味噌用および麦茶用に仕向けられており、健康志向の高まりとともに需要が高まっている。しかし、需要の年次変動が大きいため計画的な作付けが必要である。

2006年産の北陸地方における大豆の作付面積は15,000haで、そのうち水田の作付けは14,100haを占め、94%が転作大豆である。新潟県が6,450haで最も栽培面積が広く、都道府県別の栽培面積の6位であり、これに続いて富山県が5,500haとなっている。2006年産の大豆の収量は141kg/10aで、ほぼ全国平均の86.5%にとどまっており低収である。北陸地方は重粘土壌が多いために、大豆はとくに湿害を受けやすく、初期生育が不良となることや根域が制限されることなどが、単収の低下および品質の低下の要因となっており、高品質・安定生産に向けた技術開発が求められている。

北陸地方における2006年産そばの栽培面積は4,140haとなっており、そのうち転作田への作付けは3,960haに達し、96%が転作そばで占められている。福井県で2,060haと最も栽培面積が多く、都道府県別栽培面積の7位にランクされ、これについて新潟県の1,520haとなっている。福井県におけるそばの平均収量は73kg/10aで、ほぼ全国並であるが、新潟県および石川県の平均収量は40kg/10a台と低収に留まっている。そばの生産と消費は地産地消が多く、近年、健康志向の高まりにより需要が増えているが、転作田では湿害の発生などから減収することが多く、安定生産に向けた技術開発が求められている。

(2) 転換畑作と田畑輪換

北陸地方における大麦や大豆などの畑作物の栽培は転作田からの転換畑に移行し、栽培面積も大幅に増加している。樋口(1999)によると、新潟県では大麦、大豆、そばなどの栽培は団地化されて、栽培面積が年々増加しており、大麦と大豆のブロックローテーションでは水田土壌の畑地化と連作障害回避により転作作物で高収益をあげ、担い手主体の転作組合も出てきている。また、富山県では大麦と大豆を転作の基幹作物と位置づけて、それらの生産振興を図っている(浅生, 1999)。石川県でも大麦と大豆が転換畑で栽培され、団地化やブロックローテーションなどの転作の仕組みが定着し、全県的に普及してきている(橋本, 1999)。さらに福井県では、そばが転作水田に取り入れられ、1987年以降、汎用型あるいはまめそば用のコンバインの普及に伴い実需者の努力と村おこし事業等の影響により栽培が増加している(笈田, 1999)。

畑地化が難しい北陸地方の水田では、栽培団地化、大麦-大豆体系による排水促進と畑地化、ブロックローテーションによる連作障害回避や雑草の発生抑制、排水溝の設置、耕耘・碎土作業の改善などの技術的な対策により、湿害を回避し、出芽・苗立ちの安定化が図られている。

3) 経営規模の拡大

2005年3月に閣議決定された新たな食料・農業・農村基本計画に基づき、2007年産から品目横断的経営安定対策が導入された。これにより従来の全農家を対象として品目毎の価格に着目して講じられてきた対策を大きく転換して、担い手に対象を絞り経営全体に着目した対策が講じられるようになった。この改革は農業従事者の減少と高齢化、耕作放棄地の増大などを背景にして、兼業農家や高齢農家などを含む多様な構成員からなる地域農業を、担い手に重点を移して再編することにより、経営規模の拡大を図ろうとするものである。

具体的には複数作物の組合せによる営農が行われている水田作および畑作において、品目別ではなく担い手の経営全体に着目し、顕在化しつつある外国との生産条件の格差を是正するための対策となる直接支払を導入するとともに、販売収入の変動が経営に及ぼす影響が大きい場合には、その影響を緩和するための措置を講ずるとされている。

水田経営所得安定対策(旧品目横断的経営安定対策)の対象となる担い手は、認定農業者、特定農業団体、または、これと同様の要件を満たす組織経営体である。経営規模要件については、認定農業者の場合、都府県は4ha、北海道は10ha、団体・組織の場合は20haを基本とし、中山間地等で規模拡大が困難な地域、地域内の生産調整面積の過半を受託している組織、あるいは、複合経営等により相当水準の所得を確保している場合などには、地域の実情に配慮して緩和条件が設定される。

経営規模に算入できる面積は、対象者が権限を有する水田と畑の合計面積を基本とする。また、作業受託については主な基幹作業を受託し、収穫物についての販売名義を有し、販売収入の処分権を有している場合に経営規模に含めることができる。

諸外国との生産条件格差の是正のために、麦、大豆、てん菜、でん粉原料用ばれいしょを対象品目とし、経営体の過去の生産実績に基づく支払と年ごとの生産量と品質に基づく支払を行う。また、収入変動の影響を緩和する措置として、米、麦、大豆、てん菜、でん粉原料用ばれいしょを対象品目とし、担い手の販売収入の変動が経営に及ぼす影響を緩和するため、品目ごとの当該年収入と基準期間の平均収入の差額を合算し相殺する。北陸地方でも、この制度により担い手となる生産者に土地が集積され、経営規模の拡大が進行すると見込まれている。

4) 水稲直播栽培の現状

水稲の直播栽培、とくに乾田直播栽培がかなり広く普及した時期もあったが、田植機の普及に伴い急速に減少した。そして、1993年度の都道府県別直播栽培普及面積調査(農産園芸局農産課)によると、全国の水稲作付面積は2,126,983haであった。そのうち直播栽培面積は7,184haで、湛水直播が2,435ha、乾田直播が4,750haであった。同年における北陸地方4県の水稲作付面積は260,600ha(全国の12.3%)となっており、そのうち直播栽培面積は304ha(全国の4.2%)であり、湛水直播が296ha(全国の12.2%)、乾田直播が8ha(全国の0.2%)であった。湛水直播だけが全国の平均的な普及状況であった。北陸地方では富山県と福井県の両県での直播栽培が多く、それぞれ124ha、134haであった。

農業の国際競争力の向上や農業労働力の急減対策のために、1994年から大規模水田における水稲直

播栽培技術の確立に関する研究プロジェクトを全国の試験研究機関が協力して開始し、行政機関と連携して直播栽培技術の普及に努めてきた。その結果、2004年の全国の水稻直播栽培面積は14,000haを超えるまでに増加した(農林水産省生産局農産振興課, 2004)。とくに北陸地方における直播栽培面積の増加は急激で4,000haを超えた。その要因として、落水出芽法による出芽・苗立ちの安定性向上、播種後日数が経過してから落水して散布できる初中期除草剤の施用、適正な苗立数の確保や施肥法などの栽培管理技術の確立、出芽・苗立ちや耐倒伏性を向上できる播種機や播種様式の開発などがあげられる。

北陸地方で最も栽培面積が多いが倒伏しやすいため直播栽培には不向きとされていた「コシヒカリ」でも直播栽培ができるようになり、市場性の高い「コシヒカリ」の移植栽培と直播栽培とを組合せることにより作期拡大も可能となった。北陸地方において直播適応性の高い品種としては中央農研・北陸研究センター育成の「どんとこい」および「いただき」、新潟県農業総合研究所育成の「味こだま」、福井県農業試験場育成の「イクヒカリ」などがある。

5) 新規形質水稻品種の開発と米需要の拡大

米の加工利用に関連し、2005年における北陸地方の品目別出荷および産出事業所数(従業者4人以上の事業所)を表Ⅱ-14に示した。北陸地方における米関連の食品製造業の中では、米菓の出荷金額が1,431億円でも最も高く、全国シェアの約50%を占める。次に清酒が721億円、すし・弁当が444億円と続く。切餅・包装餅精米の出荷金額は333億円であるが、全国シェアの約60%を占める。このように米に関連した食品製造業が北陸地方の経済にとって

は重要である。

北陸農政局(2006)によると、近年の営業給食・集団給食部門の低迷もあり、喫茶店や居酒屋をはじめとする飲料主体部門、一般飲食店についても実績が低下しており、外食産業市場規模は減少している。一方、近年における女性の社会進出・核家族化などを背景に中食の市場規模が拡大している。レストランなどへ出かける「外食」と家庭内で手作り料理を食べる「内食」の中間にある、いわゆる「中食」は、市販の弁当やそう菜など、家庭外で調理・加工された食品を家庭や職場・学校・屋外などへ持って帰り、そのまま調理加熱することなく食べられることから需要が増大している。今後は、主食以外の加工利用や中食の新たな需要に応えるため、これらの実需者のニーズに合った水稻品種の開発と作付け拡大が重要になるとみられる。

6) イネの飼料化とバイオ燃料資源化

新潟県をはじめとする北陸地方4県では農耕地に占める水田の割合が高く、水稻を栽培している水田に隣接して転作田があることが多い。そのため転作田の地下水位が高く排水が不良のため転作作物の栽培では湿害が発生し易い。このような加湿な転作田に栽培して採算のとれる畑作物は見あたらない。

そこで転作田や転換畑に畑作物を栽培するのではなく、生産性の高い水田の機能を活かして水稻を栽培して、家畜の飼料やバイオ燃料の資源として活用するための技術開発が重要になっている。家畜の飼料やバイオ燃料の資源としてイネを活かすには、穀実収量のみならずバイオマス、すなわち生物生産量を最大化できるような超多収品種を開発するとともに直播栽培などにより極度の低コスト化をはかる必

表Ⅱ-14 2005年における北陸地方の品目別出荷および産出事業所数(従業者4人以上の事業所)

区分	精米 (碎精米を含む)		米菓		冷凍調理食品		すし・弁当		切餅・包装餅 (和生菓子を除く)		レトルト食品		清酒 (濁酒を含む)	
	出荷 金額 (百万円)	産出 事業 所数	出荷 金額 (百万円)	産出 事業 所数	出荷 金額 (百万円)	産出 事業 所数	出荷 金額 (百万円)	産出 事業 所数	出荷 金額 (百万円)	産出 事業 所数	出荷 金額 (百万円)	産出 事業 所数	出荷 金額 (百万円)	産出 事業 所数
全国	727,985	382	289,124	712	775,967	932	840,594	1,241	54,238	327	224,035	232	533,033	1,348
北陸	31,645	39	143,101	71	35,735	79	44,410	102	33,290	70	13,208	20	72,097	159
新潟	24,027	26	133,561	39	21,139	40	15,583	41	33,093	51	9,346	12	51,793	90
富山	2,619	4	7,095	11	8,102	16	8,044	18	22	5	528	3	7,766	15
石川	4,899	5	793	14	5,047	19	16,266	28	87	9	-	2	8,831	26
福井	100	4	1,652	7	1,447	4	4,517	15	88	5	3,334	3	3,707	28
北陸の全国シェア(%)	4.3	10.2	49.5	10.0	4.6	8.5	5.3	8.2	61.4	21.4	5.9	8.6	13.5	11.8

注) 経済産業省「工業統計表(品目編)」より作成した。

要がある。

水稲の飼料化に関連して、従来のいわゆる「えさ米」は穀実を濃厚飼料として利用することが考えられていた。しかし、昨今とくに重要視されているのはホールクロップサイレージ（WCS）として水稲を利用するための稲発酵粗飼料用品種の開発である。「飼料イネ」には「えさ米」と「発酵粗飼料用稲」の両者が包括される。

荒木（2007）によれば、新潟県の飼料イネの作付けは1996年から始まり、2003年には268haに達し、既存の飼料作物であるトウモロコシ並の栽培面積となり、2004年以降は190ha前後で推移している。上越市保倉南部集落では耕種農家6戸が約11haの飼料イネを栽培し、近隣の酪農家が牧草用作業機械を使って収穫し、ロールベールの運搬は畜産農家が行っている。利用者は旧6市町村の酪農家3戸、肉用牛繁殖農家8戸であり、耕種農家、畜産農家、行政、農協が連携して飼料イネの利用拡大に取り組んでいる。

北陸地方に適応する発酵粗飼料用稲品種としては中生の「クサユタカ」、早生の「夢あおば」などが育成されているが、草地畜産種子協会の仲介による種子生産は行われているものの、飼料用稲品種の本格的な種子供給体制が確立しておらず、農家が希望通りに種子を入手するのが困難な状況にある。したがって、種子の入手が容易な「コシヒカリ」などの食用の奨励品種が飼料用として栽培されているのが実情である。

今後、飼料イネ生産をさらに進めるには、収量の高位安定化とともに流通経費も含め極度の低コスト化を図る必要があり、北陸地方に適応する超多収性の発酵粗飼料用稲品種を育成し、直播栽培などによる低コスト生産体系の確立が急務となる。

3. 考察

北陸地方では、夏季の高温多照、冬季の多雪少照で、年によっては春秋の長雨や夏季のフェーン現象などの影響もあるが、概して水稲の生育に適した気象条件に恵まれている。北陸地方の土壌は富山平野等一部を除き、排水が悪く、水田転作のための畑地化が難しい重粘土壌が優越しており、水田の高度利用が難しい地帯が多い。耕地面積は年々減少を続けており、2006年における北陸4県における耕地面

積は322,400haであり、そのうち水田は289,200haで9割を占めている。

このような自然環境条件で北陸地方の農業は古くから稲作への依存度が高く、畑作物などへの転換は十分には進んでいない。北陸地方では小規模農家が多いが、生産コスト削減のため規模拡大の動きもあり、全国平均と比べてやや水稲の作付面積が広い生産者が多い。しかし、北陸地方の稲作農家の生産費は全国平均をやや上回っており、生産コストの低減が急務であり、コスト低減には作付け規模の一層の拡大が必要と考えられる。

北陸地方における2005年の農家世帯員数は731,620人で、2000年に比べ20.2%の減少となった。また、60歳以上の基幹的農業従事者の比率は79.9%、70歳以上は44.9%に増加し、農業従事者の高齢化が急激に進行しており、担い手の不足が深刻になっている。

政府は2007年3月に食料・農業・農村をめぐる情勢の変化を踏まえ、新たな「食料・農業・農村基本計画」を閣議決定した。今回の基本計画の見直しにおいては、新たな食料自給率目標を設定し、その向上に取り組むこと、食の安全と消費者の信頼を確保すること、担い手の経営に着目した経営安定対策への転換や、担い手への農地の利用集積の促進に取り組むこと、環境保全を重視するとともに農地・農業用水などの資源を保全する施策を確立すること、農産物の輸出やバイオマスの活用などを促進する「攻めの農政」を展開することなどが明記されている。これらの計画の達成に向けて、新たな独創的・先端的な技術開発とともに生産現場が直面している問題の解決のための技術開発に大きな期待が寄せられている。

水田稲作農業への依存度がきわめて高い北陸農業を安定的に発展させるには、経営規模の拡大による生産コストの低減もさることながら、現在比率の高い1～2ha規模の中堅農家を支援できる稲作技術の開発が急務であり、具体的には次のような課題がある。

1) 高品質・良食味米の低コスト生産

食の高度化・西欧化に伴い、米食を基軸とする日本型食生活のメリットが軽視され米の消費が著しく減少した。しかし、最近では欧米やアジアの国々において、健康や栄養の面から日本食の長所が評価さ

れるようになった。国内外にわたり米食の再評価の気運が高まりつつある今こそ、米の消費拡大の絶好のチャンスと見ることができる。

北陸地方の気象や土壌条件は、品質と食味のすぐれた米の生産に適している。また、良質米生産のための品種ならびに栽培技術の開発にも長い経験と実績が北陸地方には蓄積されている。たとえば、湛水直播栽培に向き苗立ちがよく倒伏しにくく、品質ならびに食味のすぐれた品種の開発と栽培技術が確立できれば、北陸地方の環境を活かして良質・良食味米の低コスト生産が望めるようになる。

2) 新規形質イネ品種の開発による米消費拡大

わが国における米消費の減退要因の一つには近年急速に進行した食の多様化に対応して、新品種の開発が遅れがちであったことがあげられよう。わが国では、従来、白飯に適したうるち品種ともちや赤飯に向くもち品種の2種類の米しかなかった。

しかし、世界のイネの遺伝資源のなかには、日本には見られないような高・低アミロース米、香り米、長粒米など多様な変異がみられ、それぞれの特質を活かした調理法や食べ方が工夫されている。さらに、20年前頃から農林水産省が開始した大型研究プロジェクト「需要拡大のための新規形質水田作物の開発」では、半もち米、低タンパク米、低アレルゲン米、巨大胚米などのさまざまな新規形質を備えた中間母本（あるいは品種・系統）が開発されてきた。

世界のイネの多様な遺伝資源や新規形質を備えた育種素材を活用すれば、さまざまな調理、加工、用途に向く品種を開発でき、米需要が飛躍的な拡大が期待できる。

3) 飼料イネの開発による飼料自給率の向上

世界的に最も低い水準にある日本の食料自給率は、家畜飼料の輸入依存に起因する。その一方で、食用米の消費減退に伴うイネの作付け制限が行われ、約100万haにも達する水田が余剰となり転作または耕作放棄されている。さらに、家畜飼料として米穀は高く評価できるばかりでなく、稲体はホールクロップサイレージに好適な原料にもなり、濃厚飼料あるいは発酵粗飼料の生産に余剰水田を活かすべきと考えられる。

北陸地方の肥沃な水田に適応する超多収品種を開発し、直播栽培などによる低コスト生産を行えば、食料自給率の向上とともに水田機能の維持が可能と

なり、緊急時の食料の安全保障ともなり、一石二、三鳥の効果が望める。

4) バイオ燃料資源の開発

地球温暖化や化石エネルギー資源枯渇などの問題に対応して、ブラジルやアメリカ合衆国ではバイオアルコール、また、ヨーロッパ連合におけるバイオジーゼルなどのバイオ燃料の資源開発が世界的なトピックになっている。バイオ燃料は植物の光合成機能を活かした炭素資源の循環利用と持続的開発に資するところに大きなメリットがあると言える。他方、バイオ燃料生産と食料生産との間の資源争奪が懸念されている。

そこで、日本の余剰水田に超多収イネを栽培して、穀実やホールクロップをバイオ燃料資源として活用すれば、炭素資源循環による地球環境の保全とともに多面的機能をもつ水田の保全にも役立ち、一挙両得になると考えられる。

いずれにしても、日照、降雨、肥沃な土壌に恵まれた北陸地方の水田に水稻を栽培し、良質・良食味米や新規形質米を生産し米の消費拡大に努めるとともに、食料生産に必要とされない余剰水田では超多収イネを低コストで生産して、家畜飼料やバイオ燃料の資源とすることが肝要と考えられる。これらのことが食料自給率の向上、地球温暖化の防止、多面的水田機能の保全に資するのみならず、緊急時の食料の安全保障にもなるものと考えられる。

気象、土壌、水などの豊かな自然資源とともに高度に整備され高い生産力を誇る水田の機能を最大限に活かした稲作農業が北陸地方の発展をもたらす支え続けてきた。わが国の農業・農村を巡る内外情勢は大きく変化したとはいえ、今後の北陸地方の農業・農村の発展は、水田稲作農業を基軸とする以外に方策は考えにくい。

そこで北陸地方の水田には水稻を栽培することとし、とくに食味のすぐれた銘柄品種を栽培し広く国内外に供給するとともに、新規形質品種とその特性を活かした新たな調理・加工技術を開発して、米の新規用途を拡大することが肝要と考えられる。さらに余剰となる水田には、超多収水稻品種を育成して直播栽培などにより極力低コストで生産し、家畜飼料やバイオ燃料の資源としての可能性を模索する必要があると考えられる。

5) 「コシヒカリ」の作付集中・問題点と
その解決策

北陸地方における水稲の品種別作付状況（2005年産）を表Ⅱ-15に示した。「コシヒカリ」の作付面積は北陸地方の水稲うち品種の82.8%にあたる166,787haであり、新潟県では85.5%、富山県では85.9%、石川県では79.2%、福井県では70.6%となっており、いずれの県でも高い作付率となっている。

「コシヒカリ」は1956年に水稲農林100号に登録され、同年に新潟、千葉両県で奨励品種に採用されて以来約半世紀年を経過しており、1979年以来今日まで30年近く全国の水稲うち品種別作付面積第1位を占め続けている。この品種は長稈で倒伏しやすく、いもち病に弱いなどの欠点があり、栽培が容易でない品種とされているが、食味が良く穂発芽しにくいというえに耐冷性も強く、西南暖地の早期米地

帯では高温登熟性に優れ、品質・食味が劣化しにくいなどの特性から東北地域南部以南で作付けが拡大した。近年、米の生産過剰や消費者の美味米志向の高まりなどを背景に、「コシヒカリ」の作付け集中がさらに加速されている。

このような状況下で新たな動きも見られる。すなわち、新潟県の「こしいぶき」、富山県の「てんたかく」、石川県の「ゆめみづほ」、福井県の「イクヒカリ」など、「コシヒカリ」と熟期は異なるが、食味のすぐれた品種の新規導入、また、「はえぬき」や「どんとこい」など直播栽培に向く品種の導入、さらに低アミロース米の「夢ごちち」や「ミルクークイーン」、低グルテリン米の「春陽」などの導入も徐々に進んでいる。

これは米の需要拡大のための新規形質イネ品種の開発が進んでいることに加え、「コシヒカリ」の集

表Ⅱ-15 北陸地方における水稲の品種別作付状況（2005年産）

種類	順位	品種名	北陸地方		新潟		富山		石川		福井	
			作付面積 (ha)	作付比率 (%)								
水稲うち	1	コシヒカリ	166,787	82.8	94,082	85.5	33,613	85.9	20,483	79.2	18,609	70.6
	2	こしいぶき	8,580	4.3	8,580	7.8	-	-	-	-	-	-
	3	ハナエチゼン	6,814	3.4	-	-	279	0.7	742	2.9	5,793	22.0
	4	五百万石	3,701	1.8	1,829	1.7	824	2.1	221	0.9	827	3.1
	5	てんたかく	3,699	1.8	-	-	3,699	9.5	-	-	-	-
	6	ゆめみづほ	2,651	1.3	-	-	-	-	2,651	10.2	-	-
	7	ひとめぼれ	2,471	1.2	1,580	1.4	70	0.2	378	1.5	443	1.7
	8	ゆきの精	2,117	1.1	2,117	1.9	-	-	-	-	-	-
	9	能登ひかり	944	0.5	-	-	-	-	944	3.6	-	-
	10	キヌヒカリ	487	0.2	189	0.2	-	-	-	-	298	1.1
	11	あきたこまち	431	0.2	356	0.3	58	0.1	17	0.1	-	-
	12	ほほほの穂	307	0.2	-	-	-	-	307	1.2	-	-
	13	はえぬき	289	0.1	289	0.3	-	-	-	-	-	-
	14	どんとこい	223	0.1	161	0.1	24	0.1	38	0.1	-	-
	15	日本晴	202	0.1	-	-	104	0.3	-	-	98	0.4
	16	夢ごちち	161	0.1	-	-	87	0.2	13	0.1	61	0.2
	17	ミルクークイーン	157	0.1	65	0.1	40	0.1	29	0.1	23	0.1
	18	イクヒカリ	150	0.1	-	-	-	-	-	-	150	0.6
	19	トドロキワセ	147	0.1	147	0.1	-	-	-	-	-	-
	20	たかね錦	144	0.1	144	0.1	-	-	-	-	-	-
	計	201,414	100.0	110,054	100.0	39,128	100.0	25,871	100.0	26,361	100.0	
水稲もち	1	こがねもち	2,873	37.7	2,837	56.0	36	2.7	-	-	-	-
	2	わたぼうし	2,123	27.9	2,123	41.9	-	-	-	-	-	-
	3	新大正糯	942	12.4	-	-	864	65.4	78	10.0	-	-
	4	カグラモチ	705	9.2	-	-	24	1.8	393	50.6	288	62.5
	5	とみちから	187	2.5	-	-	187	14.1	-	-	-	-
	計	7,622	100.0	5,062	100.0	1,322	100.0	777	100.0	461	100.0	
陸稲もち	計	4	-	4	100.0	-	-	-	-	-	-	
	計	209,040	-	115,120	-	40,450	-	26,648	-	26,822	-	

注) 農林水産省「米穀の品種別作付状況(米麦の出荷等に関する基本調査結果)(2005年産)」より作成した。

中の作付けによる田植えや刈り取りなどの農作業の集中に伴い機械や施設の利用の競合が起こったり、農村の高齢化や担い手不足が深刻になる中でコスト低減のための大規模化が求められたりして、「コシヒカリ」に偏った稲作経営がやりにくくなってきているためと考えられる。

北陸地方における「コシヒカリ」の作付け率は83%弱であり、いずれの県でも70%以上と全国の平均作付け率をはるかに上回っている。この品種の生まれも育ちも北陸地方とはいえ、70%以上の水田に同じ品種が栽培されているのは異常事態といわざるをえない。

同一品種が広大な面積に栽培されていると、農作業の労力配分が難しく、とくに大規模経営に大きな

支障をもたらすことは、先述のとおりである。単一品種の大規模に栽培のもう一つの問題は、災害に対する脆弱性である。たとえば、大規模に栽培されているイネ品種を特異的に侵害するいもち病菌系が発生すると流行が一気に進み大きな被害を受けやすくなる。こうした意味で北陸地方の水田稲作農業は、大きなリスクを抱えていると考えられる。このような単一品種の栽培拡大に伴うリスクを回避するためにも、遺伝的に異なる多様な品種を分散的に栽培することが重要になると考えられる。

筆者は上記のような情勢を踏まえ、次章以降に述べる諸研究を実施した。

Ⅲ 北陸地方に適する水稻品種育成のための基盤技術の開発

北陸地方は、日本列島（本州）の中央部の日本海に面した新潟、富山、福井、石川の4県からなり、夏は温暖・多照、冬は多雪・少照の特徴的な日本海沿岸気候の下で、小規模・多投入で高度に機械化された集約的な水田稲作農業が営まれてきた。北陸地方では、雪解けの遅れや秋冷の早まりなどにより水稻の生育可能期間が短縮されるため、比較的感光性が小さく基本栄養性の大きい早生から中生の品種の適応性が高い。また、脊梁山脈から流出する河川の流域に形成された肥沃な重粘質水田の広がる北陸地方は、良質・良食味米の生産基地として発展してきた。

北陸地方の水田稲作農業における自然災害は、比較的少ないが、夏のフェーン害と高温による登熟障害、早春・晩秋の冷害といもち病害などは、水稻の品種や栽培技術の改良において、とくに注意する必要がある。

そこで本章では、フェーン耐性評価、いもち病抵抗性選抜、世代促進を活かした集団選抜、倒伏抵抗性と食味との関係、耐冷性検定などに関する基盤技術の開発について記述する。

1. フェーン耐性の評価技術の開発

北陸地方では、日本列島の中央部に北から南西に連なる脊梁山脈の北西方向に展開する沖積平野に水田が開けている。この立地条件からフェーンが発生

しやすく、毎年のように水稻がフェーンの被害を受ける（村松，1976）。夏期に度々発生する台風や熱帯低気圧の日本海通過に伴って太平洋側から吹き込む湿った南風が本州の脊梁山脈を越える際に水分を失い乾燥した熱風となるためである。とくに、水稻の出穂期に当たる7月下旬から8月中旬にかけてのフェーンは、水稻の作柄に大きい影響を及ぼす。

大きなフェーン被害が発生した最近の事例を挙げると、1978年8月上旬の台風8号、1982年8月上旬の台風10号の通過に伴って発生したフェーンは、いずれも早生品種を中心に水稻に被害を与えた。とくに、1982年のフェーン害は大きく、本間ら（1984）によると、新潟県では水稻の被害は作付面積の28%に当たる40,506haに達し、35,747tの減収となった。水稻は出穂期頃にフェーンに遭遇すると、籾が白化して白穂になる。その結果、不稔歩合が高まり、登熟歩合が低下し、茶米や奇形米が増加し、減収や品質低下の原因となる。したがって、フェーンによる被害は軽視できず、良質米生産基地としての北陸地方では、フェーン対策技術の確立が急務である。

フェーンに対する栽培技術面の対策として、フェーンの発生が予測される場合、水田に湛水することにより稲体の脱水を抑える方法が奨励されている。しかし、コンバイン収穫にあたり地耐力を高める必要があり、この時期の湛水を農家は嫌う傾向がある。また、灌漑施設の不備な地域では、梅雨明け

後には水不足になり、湛水ができないことが多い。このように湛水によりフェーン被害の軽減がある程度可能であるが、フェーン発生の予測は難しく、また、水管理作業上の問題もあり、湛水による対策には限界がある。そこで、水稻品種にフェーン害耐性を付与することが重要と考え、1976年から本研究を開始した。

本研究では、人工気象室を用いて人為的にフェーン現象に似た条件を作り、水稻の白穂発生を発生させ、フェーン耐性の検定法を確立し、品種間差異を明らかにした。

1) 水稻品種のフェーン害の人為的再現

(1) 夜間処理によるフェーン害の再現

a) 材料および方法

本研究の一連の実験は、自然光グロースキャビネット（島津製SCN103、三連式屋外型）を用いて行った。本装置の性能は温度15℃～40℃（±1℃）、湿度65～80% RH/15℃、50～80% RH/25℃、40～80% RH/40℃で、マイクロコンピュータによる温湿度中央制御方式によるもので、床下から風速4～5 m/sの風を出すことができる。この他に、温湿度の制御はできないが、強風を送ることが可能なゲッチングン型風洞（吹出口は40×60cmの角型のもの）を用いた。

極早生で最も早く処理することが可能な「北陸104号」、引き続き処理が可能な早生の「イナバワセ」および「トドロキワセ」を供試した。これら3品種について本田に通常の方法で栽培した稲株を出穂前7～30日にポットに株上げし、室内で十分に活着させ後屋外に移して栽培し、フェーン処理開始前に再び室内に数日間置いて蒸散を抑制し、処理効果を高めるようにした。

1976年7月から8月にかけて人工気象室の設定条件を温度30～40℃、湿度40～50%、風速3～5 m/s、処理時間9～10時間とし、夜間に処理を行った。処理後数日以内に穂別に被害度を調査した。

調査基準は次の6段階とした。

- 0：白化稲が認められない
- 1：白化稲がわずかに認められる
- 2：白化稲が一見して認められる
- 3：白化稲が中程度に認められる
- 4：白化稲が多く認められる
- 5：全稲が白化している

被害率は、観察により調査した被害度1、2、3、4、5をそれぞれ10%、25%、50%、80%および100%として求めた。品種の白穂発生率は被害度4および5の穂数の全処理穂数に対する割合で表した。

なお、乾温風の強さを表わすのに木邨（1951）が提案した蒸散力Qを用いた。

$$Q = (E - e) W^{1/2}$$

(E-e)：飽差、W：風速、ΣQ：合計蒸散力（Qの値の経過時間の積算値）

b) 実験・調査の結果

処理条件と白穂の発生状況を表Ⅲ-1および写真Ⅲ-1に示した。処理開始後3～4時間で白化稲が出現しはじめ、6時間を経過した後は、白化稲はほとんど増加しなくなった。温度、湿度、蒸散力の値と被害率および白穂発生率との間には必ずしも平行的な関係は認められなかったが、白穂の発生する条件として温度30℃、湿度50%、風速4 m/sが適当とみられた。

供試3品種の処理は出穂の早い品種から順次行ったが、極早生品種では梅雨の影響もあり処理日の天候が変化しやすく、処理毎に被害率も大きく異なることから3品種の差異を明らかにすることはできなかった。

(2) 出穂後日数の経過とフェーン処理による白穂の発生および被害穂の玄米特性との関係

a) 材料および方法

供試品種は「トドロキワセ」とし、1/5000aポットに栽培した。基肥としてポット当りN、P₂O₅、K₂Oの各成分量0.9g、多肥区は追肥としてN成分量1.2g、標肥区0.6g、を施し、他に無追肥区を設けた。フェーン処理は自然光グロースキャビネットおよび風洞を用い、表Ⅲ-2に示すような条件を設定した。

フェーン処理の影響は、出穂後の経過日数（穂の生理的加齢）により異なると見られることから、分けつ茎ごとに出穂期を記録し、フェーン処理時に出穂後の経過日数により穂を分別して、フェーン処理による白化稲の発生率と被害穂の玄米特性を調査した。玄米は完全米、青米、茶米、奇形米、死米に分類した。ただし、奇形米には奇形の茶米と青米を含めた。千粒重の測定は全稔実粒を対象として行った。

表Ⅲ-1 フェーン処理条件と被害程度

試験 番号	品種名	処理時刻 (時-時)	処理 時間 (時間)	設定		指示		風速 (m/s)	蒸散力 Q	ΣQ	被害率 (%)	白 穂 発生率 (%)
				温度 (°C)	湿度 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)					
1	北 陸 104 号	20-6	10	30	50	30.0	57	4	27.1	271	51.0	40.0
2	〃	20-6	10	34	40	34.0	38	4	49.0	490	13.0	0.0
3	〃	20-6	10	40	40	40.0	34	4	72.4	724	16.7	0.0
4	イ ナ バ ワ セ	20-6	10	30	40	29.8	54	4	28.7	287	8.1	6.3
5	〃	20-6	10	35	40	35.1	35	4	54.6	546	1.7	0.0
6	〃	20-6	10	40	40	39.9	51	4	53.5	535	26.0	20.0
7	ト ド ロ キ ワ セ	20-6	10	30	40	30.2	51	4	31.2	312	0.0	0.0
8	〃	20-6	10	35	40	31.1	55	4	30.2	302	1.0	0.0
9	〃	21-6	9	40	40	33.8	55	4	35.2	317	3.3	0.0
10	〃	21-6	9	40	40	39.9	51	4	54.5	481	1.7	0.0

注) 蒸散力 Q は乾温風の強さを表す。

$$Q = (E - e) W^{1/2} \quad (E - e): \text{飽差}, W: \text{風速}$$

ΣQ: 合計蒸散力(Qの値の経過時間の積算値)

b) 実験・調査の結果

出穂後日数と被害率との関係を図Ⅲ-1に示した。フェーン処理による白化穂の発生は、出穂前日から出穂後9日目までに処理した全区に認められた。株内で長期間にわたって出穂日の異なる穂を探することは困難なため、継続的な調査はできなかった。しかし、本実験では出穂後6日目の穂でも白穂の発生が認められた。この1例を除くとフェーンによる白穂の発生しやすいのは、出穂後1日から5日目位の穂であり、とくに3~4日目の穂に最も白穂の発生が多いことが分かった。

フェーン処理による被害穂の玄米特性を調査した結果を表Ⅲ-3に示した。被害の大きい穂ほど不稔歩合が高く、完全米の割合が少なく、奇形米や茶米の出現割合が高かった。なお、奇形米は胚乳の発達が悪く小粒であった。完全米としたものも光沢が鈍く、品質の著しく劣るものであった。千粒重についてみると、少肥区では被害度が大きくなるに従い千粒重が小さくなる傾向が見られたが、他の処理区では明らかではなかった。

(3) 異なる施肥水準とフェーン処理条件の違いによる白穂の被害率

a) 材料および方法

実験Ⅰ:「トドロキワセ」を用い、基肥としてポット当たりN, P₂O₅, K₂O各成分量で0.9g, 多肥区は追肥としてN成分量1.2g, 標肥区0.6g, 少肥区は追肥を施さなかった。フェーン処理は風洞を用いて3施肥区について同時に2種類の処理AおよびBを行った。処理Aは平均温度28.2°C, 平均湿度75%, 風速3.6m/s, 処理Bは平均温度, 平均湿度とも処理A



写真Ⅲ-1 フェーン処理による白穂発生状況

と同様で風速のみ6.1m/sとし、両区とも夜間5時間の処理を行った。

実験Ⅱ: 供試品種として「レイメイ」, 「ホウネンワセ」および「コシヒカリ」の3品種を用いた。施肥は実験Ⅰと同じ3水準に、多肥+ケイカル区(N成分量1.2g+ケイカル2gを追肥)の処理を加えた4水準とした。白穂発生を助長するために、前処理として室内で水道水の噴霧によるシャワー処理を5時間行い、直後に人工気象室でフェーン処理を行った。設定条件は温度30°C, 湿度40%, 風速4m/sで日中2時間とした。

b) 実験・調査の結果

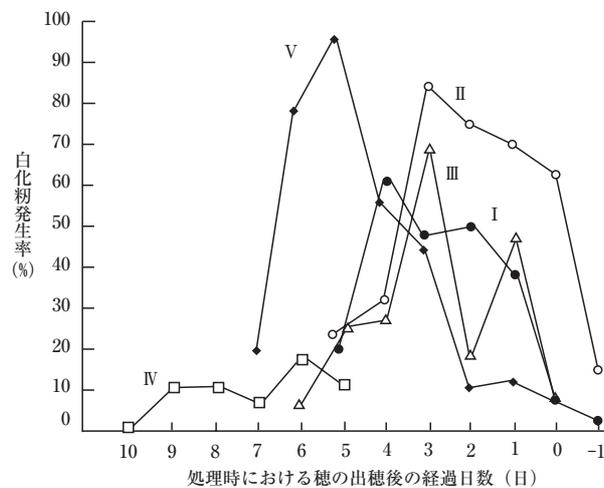
異なる施肥水準とフェーン処理条件の違いによる白穂被害率を調査した結果を表Ⅲ-4に示した。実験Ⅰでは「トドロキワセ」のみを用いて、施肥3水準で風速3.6m/sおよび6.1m/sの2処理条件で実験を行った。その結果、表の上段に示したとおり、風速3.6m/sでは、被害率は低く白穂は発生しなかった。しかし、風速6.1m/sでは、被害率が高まり、

表Ⅲ-2 フェーン処理条件

処理区	処理時刻 (時-時)	処理時間 (時間)	設定		指示		風速 (m/s)	蒸散力 Q	ΣQ	備考
			温度 (°C)	湿度 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)				
I	20-2	6	30	44	29.6	63	4	22.8	136	グロースキャビネット, 標肥
II	20-2	6	30	44	29.6	55	4	27.7	166	グロースキャビネット, 無肥
III	20-2	6	40	40	40.1	42	4	64.0	384	グロースキャビネット, 標肥
IV	20-2	6	40	40	39.9	41	4	64.4	386	グロースキャビネット, 無肥
V	0-3	3	-	-	29.0	69	6.1	22.8	68	風洞, 多肥

表Ⅲ-3 異なる施肥条件で発生したフェーン被害穂の被害度別粒構成

処理区	肥料 水準	指 示		風速 (m/s)	処理 時間 (時間)	被害度	不稔 歩合 (%)	完全米 (%)	死米 (%)	奇形米 (%)	茶米 (%)	青米 (%)	千粒重 (g)
		温度 (°C)	湿度 (%)										
I	多肥	29.6	58	4	8	0	4.1	66.0	0.6	1.7	0.2	27.4	18.8
						1	5.3	47.7	2.3	2.3	5.3	37.1	19.4
						2	9.8	55.7	0.0	18.6	8.6	7.3	21.3
						3	18.2	51.3	3.1	7.2	9.8	10.4	19.8
						4	17.0	37.4	0.5	14.1	18.4	12.6	19.7
						5	21.8	0.0	0.0	75.6	2.0	0.5	19.1
II	標肥	29.6	63	4	6	0	2.9	46.7	1.9	1.1	3.0	44.4	19.6
						1	4.3	35.9	0.7	4.2	7.7	47.1	21.1
						2	18.4	56.6	0.5	7.5	8.5	8.5	20.3
						3	9.9	53.5	0.4	6.9	13.4	16.0	20.6
						4	14.7	33.8	6.5	5.6	23.6	15.8	19.0
						5	77.7	0.0	0.0	22.0	0.0	0.5	19.7
III	少肥	29.7	59	4	6	0	3.1	46.3	0.6	1.3	5.6	43.1	21.0
						1	5.4	68.5	0.4	1.8	7.3	16.6	21.4
						2	6.3	57.1	0.7	0.7	13.9	21.2	20.6
						3	8.4	59.6	1.5	3.5	9.5	17.5	20.2
						4	6.5	24.0	6.7	4.0	37.4	21.4	19.1
						5	36.8	0.0	0.0	14.4	43.1	5.7	18.9
無処理	標肥	-	-	-	-	0	5.3	82.9	1.9	4.3	1.4	4.3	21.7



図Ⅲ-1 出穂後日数の経過とフェーン処理による白化籾発生率

注) 供試品種「トドロキワセ」, I~V処理条件(表Ⅲ-2参照)

横軸の0が処理日を示す。

表Ⅲ-4 施肥水準と処理条件の違いによるフェーン被害程度

実験	品種名	肥料水準	設定		指示		風速 (m/s)	処理 時間 (時間)	蒸散力 Q	ΣQ	被害率 (%)	白穂 発生率 (%)
			温度 (°C)	湿度 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)						
実験Ⅰ	A	少肥	-	-	28.2	75	3.6	夜5	13.5	68	0.8	0.0
		標肥	-	-	28.2	75	3.6	夜5	13.5	68	2.4	0.0
		多肥	-	-	28.2	75	3.6	夜5	13.5	68	4.8	0.0
	B	少肥	-	-	28.2	75	6.1	夜5	17.5	88	18.1	9.5
		標肥	-	-	28.2	75	6.1	夜5	17.5	88	21.7	8.7
		多肥	-	-	28.2	75	6.1	夜5	17.5	88	29.6	14.8
実験Ⅱ	レイメイ	少肥	30	40	29.0	50	4	昼2	29.7	59	27.0	3.7
		標肥	30	40	30.4	48	4	昼2	33.5	67	36.7	11.1
		多肥	30	40	29.8	45	4	昼2	34.3	69	41.9	11.5
		多+ケイカル	30	40	30.5	51	4	昼2	31.8	64	24.3	0.0
	ハウネンワセ	少肥	30	40	29.7	57	4	昼2	26.6	53	8.1	0.0
		少肥	30	40	29.8	53	4	昼2	29.3	59	7.7	0.0
		標肥	30	40	30.0	57	4	昼2	27.5	55	16.8	0.0
		標肥	30	40	30.0	48	4	昼2	32.4	65	13.8	0.0
		多肥	30	40	30.0	58	4	昼2	26.2	52	46.3	28.6
		多肥	30	40	30.8	48	4	昼2	34.3	69	31.2	4.7
		多+ケイカル	30	40	30.0	60	4	昼2	25.2	50	42.6	23.9
		多+ケイカル	30	40	29.8	55	4	昼2	28.0	56	42.6	15.4
	コシヒカリ	少肥	30	40	30.0	49	4	昼2	32.1	64	17.3	0.0
		標肥	30	40	30.0	47	4	昼2	33.4	67	21.1	0.0
		多肥	30	40	30.3	47	4	昼2	34.0	68	20.0	0.0
		多+ケイカル	30	40	33.3	67	4	昼2	33.3	67	35.5	15.0

注) 実験Ⅰは風洞, 実験Ⅱは人工気象室でフェーン処理を行った。

白穂も発生し, 多肥ほど被害が大きくなることが分かった。

実験Ⅱは人工気象室の設定条件を温度30°C, 湿度40%としたが, 処理期間中の平均指示温度は29~30°C, 湿度は45~60%の範囲で変動した。「トドロキワセ」, 「レイメイ」ならびに「ハウネンワセ」のいずれの品種においても, 増肥とともにフェーン被害が増加した。しかし「コシヒカリ」では被害率の増加はあまり顕著ではなかった。なお, 全般に白穂の発生が少なく, あまり明確な傾向を認めることはできなかったが, 少肥ほど少ない傾向はみられた。

ケイカルの施用効果をみると, 「レイメイ」では多肥条件においてケイカル施用の効果が認められた。しかし, 「ハウネンワセ」ではケイカル施用効果ははっきりとせず, また, 「コシヒカリ」では, その効果はあまり顕著ではなかった。このようにケイカルの効果に関しては, 品種間に差異が見られた。

(4) 日中のフェーン処理が白穂の発生に及ぼす効果

a) 材料および方法

実験Ⅰ: 供試品種として「コシヒカリ」を用い, 処理の11日前に本田で普通栽培していたものを株上げしポットに移植して栽培した。前処理として蒸散をコントロールするために株上げ後室内に長く放

置したものと, 活着後屋外で栽培したものにフェーン処理を行った。

実験Ⅱ: 供試品種として「レイメイ」を用い, ポット栽培した。基肥として1/5000aポットにN, P₂O₅, K₂O各成分量で0.9g, 追肥としてN成分量1.2gを施した。フェーン処理は出穂後3~5日経って多くの穂が出た時期に行った。前処理として水道水を用いてシャワーを0.5時間から20時間にわたってかけた。人工気象室の条件を温度30°C, 湿度40%, 風速4 m/sに設定し, フェーン処理は2時間にわたって行った。

b) 実験・調査の結果

実験Ⅰの結果を表Ⅲ-5に示した。白穂の発生は日中処理の方が夜間処理を行った表Ⅲ-1の結果より被害が大きかった。処理前の気象観測値を表Ⅲ-6に示したが, 1976年は8月2日から連日のように降雨があり, 処理日まで降雨のなかったのは3日間だけで, 処理日までの5日間は連日雨天であった。このような天候のもとでは, イネの葉からの蒸散が著しく抑制され, 夜間処理に類似する生理的状态になり, 日中のフェーン処理によっても白穂が多く発生したものとみられる。

実験Ⅱにおいては, 処理前の天候による影響を考

表Ⅲ-5 日中のフェーン処理と被害程度

処理日 (月・日)	処理時刻 (時-時)	処理時間 (時間)	設定		指示		風速 (m/s)	前処理	蒸散力Q	ΣQ	被害率 (%)	白穂 発生率 (%)
			温度 (℃)	湿度 (%)	温度 (℃)	湿度 (%)						
8.15	20-2	夜6	30	44	29.4	57	4	-	26.2	157	79.4	75.0
8.17	12-18	昼6	40	40	40.0	44	4	-	61.5	369	62.9	58.8
8.17	12-18	昼6	30	44	29.6	58	4	室内放置	25.9	155	100.0	100.0

表Ⅲ-6 フェーン処理前の気象観測地値 (1976)

月日 (月・日)	平均温度 (℃)	平均湿度 (%)	降水量 (mm)	日射量 (cal)	月日 (月・日)	平均温度 (℃)	平均湿度 (%)	降水量 (mm)	日射量 (cal)
8.2	23.9	82	22.0	102.4	8.10	25.6	66	25.5	208.1
8.3	21.9	81	63.5	100.6	8.11	23.5	65	13.5	266.6
8.4	23.1	71	0.0	439.8	8.12	24.1	63	0.0	550.2
8.5	23.9	80	8.0	132.0	8.13	24.0	74	5.5	135.1
8.6	24.3	74	64.0	102.1	8.14	23.3	71	66.0	43.9
8.7	22.9	75	26.5	398.8	8.15	23.6	78	10.0	144.8
8.8	23.9	68	0.0	508.7	8.16	23.2	72	47.5	176.5
8.9	25.5	78	1.0	147.1	8.17	23.5	63	19.0	388.0

注) 北陸農試農業気象研究室資料による。

慮し、白穂の発生を促進させるために、水道水のシャワーによる前処理の効果を検討した。その結果は、表Ⅲ-7に示したとおり、日中フェーン処理では、20時間のシャワーによる前処理を施すことにより白穂の発生が顕著に高まった。その発生過程を追うと、処理開始後30分以内に白化糊が出現し、2時間目には半数以上の穂が白穂となった。これは夜間のフェーン処理により白化糊の出現するまで時間が3~4時間であったのに比較して著しく速いことが分かった。

シャワー処理時間と被害率の関係をみると、処理時間が長くなるにしたがって被害率は大きくなる傾向がみられた。

(5) フェーン処理による白穂被害率の品種間差異

a) 材料および方法

北陸地方の極早生から中生の主要品種など、表Ⅲ-8に示した品種を用いた。本田で普通期栽培した14品種および晩植栽培した7品種をそれぞれ穂孕期に株上げしてポットに移し、日陰で十分活着させてから実験に供するまで屋外で栽培した。施肥量は普通期栽培では、三要素とも成分量で0.6kg/a、晩植栽培では0.62kg/aを基肥として施した。

シャワーによる前処理を5時間行った直後に人工気象室でフェーン処理を日中に行った。処理条件を温度30℃、湿度40%、風速4 m/sに設定し、処理を2時間行った。

表Ⅲ-7 前処理を加えたフェーン処理条件による被害程度

シャワー 処理時間 (時間)	指示		風速 (m/s)	処理 時間 (時間)	蒸散力 Q	ΣQ	被害率 (%)	白穂 発生率 (%)
	温度 (℃)	湿度 (%)						
0.5	30.2	52	4	2	30.6	61	30.0	3.3
1	30.5	51	〃	〃	31.8	64	29.7	6.3
3	30.5	45	〃	〃	35.7	71	35.2	11.1
5	29.8	45	〃	〃	34.3	69	41.9	11.5
20	30.0	49	〃	〃	32.1	64	78.8	72.0

b) 実験・調査の結果

表Ⅲ-8には前処理を加えたフェーン処理による白穂被害率の品種間差異を示した。処理条件は同一になるように設定したが、天候などの影響で人工気象室内は平均指示温度が29.9~33.6℃、平均指示湿度は43~55%の範囲で変動した。この表から、フェーン害には、かなり明瞭な品種間差異が認められた。これらは単年度の実験にもとづく結果であり、フェーン災害に対する品種の遺伝的な抵抗性の差異として客観的に評価するには、さらに実験を重ねる必要があるが、遺伝的な抵抗性の差異がはっきりとすれば、品種改良によるフェーン害耐性の向上が期待できる。

表Ⅲ-8 フェーン害発生の変種間差異

品種名	指示		風速 (m/s)	処理時間 (時間)	ΣQ	被害率 (%)	白穂発生率 (%)	判定	備考
	温度 (°C)	湿度 (%)							
越路早生	30.0	55	4	2	57	27.1	4.8	中	普通栽培
ハウネンワセ	30.0	55	〃	〃	57	18.1	0.0	強	普通栽培
シュウレイ	30.0	55	〃	〃	57	7.1	0.0	〃	普通栽培
イナバワセ	33.0	45	〃	〃	82	66.5	58.8	弱	普通栽培
初まさり	32.4	45	〃	〃	79	16.4	0.0	強	普通栽培
トヨニシキ	33.6	49	〃	〃	79	80.8	76.9	弱	普通栽培
北陸105号	33.2	50	〃	〃	76	18.4	10.5	強	普通栽培
加賀ひかり	32.6	55	〃	〃	66	17.1	0.0	強	普通栽培
ササニシキ	32.4	55	〃	〃	65	19.0	5.0	強	普通栽培
北陸105号	30.0	54	〃	〃	58	11.5	15.4	強	普通栽培
サチミノリ	30.2	54	〃	〃	59	50.6	33.3	や弱	普通栽培
北陸100号	30.2	44	〃	〃	71	51.1	31.6	や弱	普通栽培
越みのり	30.5	43	〃	〃	74	82.7	73.3	弱	普通栽培
コシヒカリ	30.4	46	〃	〃	70	54.0	40.0	や弱	普通栽培
栄光	30.5	45	〃	〃	71	7.1	0.0	強	晩植栽培
加賀みのり	30.0	45	〃	〃	69	5.0	0.0	強	晩植栽培
北陸104号	30.0	45	〃	〃	69	6.7	0.0	強	晩植栽培
北陸95号	29.9	49	〃	〃	64	12.2	0.0	中	晩植栽培
アキヒカリ	30.5	45	〃	〃	71	11.8	0.0	中	晩植栽培
レイメイ	30.5	48	〃	〃	67	23.3	0.0	弱	晩植栽培
フジヒカリ	30.0	48	〃	〃	66	11.7	0.0	中	晩植栽培

表Ⅲ-9 フェーン処理による穂の白化程度の調査基準

白化程度	穂の白化状況
0	白化穂が認められない
1	〃 50%以下
2	〃 50%以上
3	全部の穂が白化し、穂の表面の半分以上白化した穂がほとんどない
4	〃 , 〃 30%以下
5	〃 , 〃 30~70%
6	〃 , 〃 70%以上
7	ほとんどの穂の全体が白化した
8	完全白穂

2) 水稲品種のフェーン害耐性の検定技術の開発

(1) 昼間フェーン処理条件と白化穂、不稔穂および被害粒発生との関係

a) 材料および方法

1978年5月中旬に「コシヒカリ」と「アキニシキ」の苗を本田に1本植えし、7月上旬に1/5,000aポットに株上げし活着させた。本田の基肥として三要素をそれぞれa当たり0.5kg施用し、ポット移植後、ポット当たり窒素成分で1.2gを追肥した。フェーン処理は8月上中旬の各品種の出穂期頃に合わせて、突風発生装置付きの自然光の人工気象箱内で行った。上原ら(1979)の処理条件を若干変更し、温度約40°C、湿度約50%、風速約3m/s、処理3時間で夕刻または夜間に処理を行った。白穂の発生を促すために、処理直前に室内で水道水の噴霧を5時間行った。

処理日が出穂2~5日後に当たる穂を対象として処理2日後に表Ⅲ-9に示した調査基準により白化穂の発生程度を調査した。その後、風の影響を避けてガラス室内で登熟させ、玄米発達に及ぼす処理の影響を調査した。穂ごとに総穂数と不稔穂数を調査し、稔実穂を脱粒し、水選により未登熟穂と登熟穂に区分し、登熟穂を脱粒し茶米と奇形米の程度を0(無)~5(甚)の6段階に分級して調査した。

b) 実験・調査の結果

フェーン処理の時間帯と被害との関係を表Ⅲ-10に示した。「コシヒカリ」と「アキニシキ」とともにフェーン処理によって白化穂と不稔穂が発生し、登熟歩合が低下し、茶米や奇形米も発生した。処理時間帯の違いによる白化程度の差異をみると、昼間または夕方に処理した区では、両品種とも6.5前後であったのに対し、夜間処理では「コシヒカリ」では

3.5前後、「アキニシキ」では2.7程度となり、昼間または夕方の処理により著しく高まった。同様に昼間処理では不稔歩合が明らかに高く、登熟歩合が著しく低下した。無処理区に比べて、処理区では茶米や奇形米も増加する傾向がみられたが、処理の時刻帯との関連では、特定の傾向が認められなかった。なお、無処理区の「コシヒカリ」には、自然のフェーンの影響をわずかながら受け未登熟米や茶米がやや目立った。

(2) 昼間フェーン処理条件と登熟歩合との関係

a) 材料および方法

1980～1982年の3年間にわたり、極早生から中生の14品種を4月下旬にプラスチック製育苗箱(5.5×15m×10cm)に播種し、5月下旬までガラス室内で育苗し、その後屋外の水槽内で栽培した。育苗箱1箱当たり1品種を5個体ずつ養成した。育苗箱当たり基肥として硫安0.9g、重過石0.3g、塩加0.15gを施用し、追肥として硫安を0.5gずつ2回施

用した。

白穂発生を促すためにフェーン処理に先立って4時間水噴霧処理を行った。その直後に人工気象箱内とゲッチングン型風洞で出穂中の2～4品種に同時にフェーン処理を行った。処理条件は温度28～40℃の10段階、湿度40～67%の18段階、風速3～7 m/sの4段階とし処理日ごとに变化させた。処理時間は「イナバワセ」では2、4時間の2段階、その他の品種では一律4時間とした。調査は処理日が出穂2～4日後に当たる穂を対象として行った。

b) 実験・調査の結果

フェーン処理条件と登熟歩合との相関を表Ⅲ-11に示した。温度と登熟歩合の間には負の相関関係の見られる品種が多くあり、「トドロキワセ」、「大國早生」、「フクニシキ」ならびに「福坊主」の4品種では、5%水準で有意となり、14品種全体では1%水準で有意となる負の相関が認められた。このことから品種間差を超えて、処理温度が高いほど登熟歩

表Ⅲ-10 フェーン処理の時間帯と被害との関係

品種名	処理条件					調査穂数 (本)	白化程度	不稔歩合 (%)	登熟歩合 (%)	未登熟歩合 (%)	茶米程度 (0～5)	奇形米程度 (0～5)
	処理時刻 (時)	処理時間 (時間)	温度 (℃)	湿度 (%)	風速 (m/s)							
コシヒカリ	13-16	昼 3	40	57	3	14	6.8	54.7	16.6	28.7	3	4
	17-20	夕 3	41	49	3	18	6.2	58.2	19.2	22.6	3	2
	19-22	夜 3	41	56	3	17	3.4	10.7	81.8	7.5	2	1
	21-1	夜 3	41	50	3	11	3.6	19.9	66.4	13.7	3	3
	無処理	-	-	-	-	20	0.0	12.0	76.4	10.8	2	1
アキニシキ	14-17	昼 3	40	47	3	7	6.4	47.5	38.7	13.8	3	0
	23-2	夜 3	41	44	3	11	2.7	19.3	72.2	8.5	2	1
	無処理	-	-	-	-	15	0.0	11.0	86.1	2.9	1	1

注) 茶米および奇形米程度は0(無)～5(甚)に分級した。

表Ⅲ-11 フェーン処理条件と登熟歩合との相関関係

品種名	処理回数	登熟歩合との相関係数				
		温度	湿度	風速	処理時間	白化程度
イナバワセ	17	-0.70	-0.50*	0.18	-0.31	-0.38
コシヒカリ	8	0.15	-0.10	0.12	-	-0.65
サチミノリ	14	-0.18	0.12	0.01	-	-0.50
トドロキワセ	9	-0.82**	0.15	0.53	-	-0.24
アキバエ	12	-0.41	0.48	-0.02	-	-0.22
愛子1号	8	-0.40	0.16	0.45	-	-0.48
ギンマサリ	10	-0.43	-0.06	-0.42	-	-0.21
コチヒビキ	8	-0.06	-0.01	-0.16	-	0.20
大國早生	12	-0.69*	0.62*	0.42	-	-0.80**
農林1号	10	-0.61	0.12	0.67*	-	-0.13
フクニシキ	12	-0.77**	0.32	0.58*	-	-0.41
福坊主	13	-0.61*	0.75**	0.37	-	-0.18
ヤマセニシキ	12	-0.56	0.57	0.22	-	-0.09
越南97号	7	-0.45	-0.10	-0.03	-	-0.82*
全体	217	-0.37**	0.06	0.35**	-	-0.38**

注) *, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す。

合が低下し、とくに上記4品種では、その傾向が強かった。湿度との関連では、品種によって登熟歩合との間の相関係数が正負に変化した。これが品種の特性によるのか、あるいは、偶然の違いなのかは明らかでなかった。

3) 水稻品種のフェーン害耐性の品種間差異

a) 材料および方法

1980～1982年の3年間にわたり、北陸地方の極早生から中生までの55品種を供試して実験を行った。1980年と1981年の両年には、同一の栽培法により、プラスチック製育苗箱(5.5×15×10cm)を用いて検定材料を養成した。4月下旬に箱当たり1品種を5個体ずつ播種し、5月中旬までガラス室内で育苗し、その後は屋外の栽培に移した。育苗箱当たり基肥として硫安0.9g、重過石0.3g、塩加0.15gを施用し、追肥として硫安を0.5gずつ2回施用した。1982年には5月中旬に本田に1本植えし、7月下旬に1/5,000aポットに株上げして十分に活着させたものを検定材料とした。本田基肥としてN、P₂O₅、K₂Oの各成分量0.7kg/a施用し、株上げ後に尿素化成(15-15-15)をポット当たり0.4gずつ2回施用した。

フェーン処理は突風発生装置付きの自然光の人工気象箱内で行い、フェーン処理の直前まで4時間の水噴霧処理を室内で行った。処理条件は年によって異なった。処理温度はすべて40℃とし、湿度は1980年には40～65%の範囲で変動し平均が49%、1981年には43～53%の範囲で平均が46%であったが、1982年には40%で一定に管理した。風速は1980年には3 m/s、1981年には4m/s、1982年には6 m/sであった。処理時間はすべて昼間4時間とし、出穂中の2～4品種を同時に処理した。品種当たりの平均処理回数は、1980年には1.4回、1981年には1.9回とし、1982年には処理を反復しなかった。

処理後ガラス室内で登熟させ登熟歩合を調査した。1980年と1981年の両年には、処理時期が出穂2～4日後に当たる穂、1982年には処理時期が出穂2～5日後に当たる穂をそれぞれ対象にして調査した。

b) 実験・調査の結果

1980年～1982年におけるフェーン抵抗性の検定結果を表Ⅲ-12に示した。複数回処理を行った品種で登熟歩合を比較してみると、1980年には「サチミノリ」の登熟歩合が最も高く、これと「改良愛国」、

「イナバワセ」あるいは「奥羽258号」との間には差異がなかったが、「フクニシキ」、「赤もち」あるいは「善ノ尾」との間に差異が認められた。1981年には、「ヤマセニシキ」の登熟歩合が最も高く、この品種と「アキバエ」との間には差がなかったが、「ギンマサリ」、「福坊主」、「フクニシキ」あるいは「大国早生」との間に差異が認められた。これらの結果に基づいて、1980年には「イナバワセ」のフェーン害耐性を“中”として、供試品種のフェーン耐性を評価した。その結果、“強”は「アキバエ」、「やや強」は「サチミノリ」、「中」は「愛子1号」など23品種、“弱”は「赤もち」、「善ノ尾」、「大国早生」、「仁田もち」ならびに「フクニシキ」の5品種であった。

1981年には、1980年に供試した30品種の中から14品種を選定して、実験に供試した。フェーン耐性の判定は、「イナバワセ」を“中”として行ったが、“やや強”は「アキバエ」、「コシヒカリ」および「ヤマセニシキ」、「中」は「愛子1号」など6品種、“やや弱”は「トドロキワセ」など4品種、“弱”は「大国早生」であった。両年の結果を比べると、例えば「アキバエ」は“強”あるいは“やや強”、「大国早生」は両年ともに“弱”、「フクニシキ」では“弱”あるいは“やや弱”となり、両年の検定結果はおおむね一致した。

1982年には、東北・北陸地方で栽培されている主要品種を中心に43品種を選定して、実験に供試した。なお、中生から晩生の熟期の品種に肥料切れが認められたので、評価基準を別途設けた。この結果、“強”には「アキヒカリ」、「石川こがね」、「ギンマサリ」、「こしにしき」、「新潟早生」および「ヤマセニシキ」、「やや強」には「アキバエ」など9品種、“中”には「愛子1号」など20品種、“やや弱”には「大国早生」など7品種、“弱”には「キヨニシキ」が入った。

4) 考察

北陸地方では毎年のように夏期にフェーン現象が発生し、とくに水稻の出穂期に当たる7月下旬から8月中旬にかけて発生するフェーンは水稻の作柄に大きい影響を及ぼす。出穂期にあたる水稻には白穂が発生し、不稔歩合が高まり、登熟歩合が低下し、減収や品質低下の原因となる。現在ではフェーン害を軽減する対策として湛水が推奨されているに過ぎ

表Ⅲ-12 1980年～1982年におけるフェーン耐性の検定結果

品種名	1980年		1981年		1982年		総合判定	品種名	1980年		1981年		1982年		総合判定
	登熟歩合 (%)	判定	登熟歩合 (%)	判定	登熟歩合 (%)	判定			登熟歩合 (%)	判定	登熟歩合 (%)	判定	登熟歩合 (%)	判定	
赤もち	2.7	弱					弱	善ノ尾	0.4	弱					弱
アキバエ	62.8	強	54.1	やや強	52.9	やや強	やや強	大黒稲	19.4	中					中
アキヒカリ					61.3	強	強	大国早生	0.0	弱	7.5	弱	39.9	やや弱	弱
アキユタカ					40.0	中	中	チョウカイ	25.0						
愛子1号	19.1	中	48.3	中	46.1	中	中	トドロキワセ	38.4		24.2	やや弱	48.7	中	中
石川こがね					64.7	強	強	トヨニシキ					50.5		
イナバワセ	33.1	中	42.8	中	52.2	やや強	中	トワダ					30.3	やや弱	やや弱
ウゴニシキ	27.8	中					中	ながのほまれ					39.2	やや弱	やや弱
越南97号	10.7	中	38.6	中	73.9	やや強	中	ナゴユタカ					63.5*	中	中
奥羽258号	19.4	中					中	新潟早生					61.8	強	強
大空					75.2	やや強	やや強	仁田もち	0.0	弱					弱
大場早	18.0	中					中	農林1号	24.5	中	26.9	やや弱	50.0	中	中
改良愛国	48.2	中					中	農林4号	35.5	中					中
加賀ひかり					45.2	中	中	ハツニシキ	45.6	中			46.3	中	中
キヨニジキ					28.8	弱	弱	初星					47.8	中	中
銀河	11.4	中					中	初まさり					55.1		
ギンマサリ	32.7	中	31.0	中	91.6*	強	中	フクニシキ	2.9	弱	24.6	やや弱	33.5	やや弱	やや弱
越路早生	36.7	中			45.2	中	中	フクヒカリ					47.7	中	中
こしにしき					61.0*	強	強	フクホナミ					48.0	やや弱	やや弱
コシヒカリ	28.1	中	57.3	やや強	64.0	中	中	福坊主	52.6	中	28.5	やや弱	57.1	やや強	中
コシホマレ					43.1	中	中	藤坂5号					54.4	やや強	やや強
越みのり	49.1	中			52.4*	中	中	ハウネンワセ					36.0	やや弱	やや弱
コチヒビキ	54.0	中	35.5	中	56.5*	中	中	ほうもち	50.4	中					中
五百万石					35.7	やや弱	やや弱	ホウレイ					69.5*	中	中
ササニシキ					44.0	中	中	北陸100号	15.7	中			64.9*	中	中
サチミノリ	57.8	やや強	32.8	中	72.0*	やや強	やや強	ヤマセニシキ	36.0	中	57.4	やや強	62.4	強	やや強
しなのこがね					43.6	中	中	ヨネシロ					46.6	中	中
新2号					45.1	中	中								

注) 登熟歩合の判定基準は以下の通りとした。

なお、*を付した中生より遅い熟期の品種は肥料不足気味であったので、それらに対する判定基準を()内のようにした。

判定基準	登熟歩合 (%)		
	1980年	1981年	1982年
強	60以上	60以上	60以上 (80以上)
やや強	55～60	50～60	50～60 (70～80)
中	10～55	30～50	40～50 (50～70)
やや弱	5～10	20～30	30～40 (40～50)
弱	5以下	20以下	30以下 (40以下)

ず、フェーン害に対する抜本的な対策が望まれている。

そこで、本研究では、人工気象室を用いて人為的にフェーン現象を発生させ、水稲に対する被害発生のメカニズムやフェーン耐性の品種間差異を明らかにすることを試みた。フェーン現象を人為的に発生させるためには、温度30℃、湿度50%、風速4 m/sの夜間処理が適当と考えられる。

木邨(1951)の報告によると、出穂期に夜間に低湿な風が吹きΣQが150(温度25℃、湿度約65%、風速8～10m/s)位になると白穂が発生するとされた。しかし、本研究の結果によると、上記報告より

も厳しい条件を与えても白穂が発生しない場合もあることからみて、フェーン害の発生は気象的要素のみならず、水稲の品種特性や栽培法などの影響も少なくないと考えられる。

フェーン処理により白化初や白穂の発生しやすいのは、出穂後1～5日目位の時期であり、とくに出穂後3～4日目の穂が最も被害を受けやすいとみられ、栗田ら(1949)、木邨(1950, 1951)、松尾ら(1951)の研究結果とも一致する。人為的にフェーン害を発生させて水稲品種のフェーン耐性を検定する場合、一株当たりの穂数を多くして、出穂後3～4日目の穂を一定数以上確保することが重要になると考えられる。

施肥水準との関連では、増肥による被害率の増加が確認できた。したがって、フェーン害による白穂を確実に発生させるには、出穂期の肥料が切れないうように十分に注意する必要があると考えられる。

長戸ら (1956) の報告によると、自然フェーンによる籾の被害程度を0～7に分級し、最高の7段階では、小枝梗または籾が枯死し、白穂はすべての籾が白化し全く稔らず、主軸は白変し、ほとんどの一次枝梗や二次枝梗が白変乾燥していた。本実験では、全籾が白化した穂を被害度5とした。

フェーン現象により発生する白化籾には、成熟期間中に菌類が繁殖して褐変が進み、玄米が着色して茶米となるとされた (木村, 1937; 戸蒔, 1938)。しかし、被害の程度に応じて茶米の出現率が多くなることからみて、フェーン害は白化籾の発生による不稔歩合の増加のみならず、穀粒の発育停止による奇形米や茶米の発生などによる実害にも考慮する必要があると考えられる。

これまでの研究では、昼間のフェーンにより白穂が発生する例は報告されていない。木邨 (1951) は、静岡県で昼間に乾風が吹いた際、平年の ΣQ の値の3倍にあたる400 (気温約32℃, 湿度約40%, 風速6m/s) という高い蒸散力があっても白穂が発生しなかったと報告した。村松 (1976) は1973年に「短銀坊主」を用い、昼間に風洞で温度33℃, 湿度66%, 風速7m/s, 平均蒸散力 $Q=45.1$ の強いフェーン処理を7時間にわたり継続したが、白化籾の発生は認められないと報告した。しかし、本研究で明らかになった通り、長雨などによって、蒸散が著しく抑制されると、 ΣQ が25のような弱い処理でもかなり白穂の発生することが明らかになった。また、昼間に人工的処理を行っても、処理前のイネの生理的状态によっては白穂を発生させることができると考えられる。さらに、処理前の条件が被害発生 の程度に大きな影響を及ぼすことを考慮して、品種の抵抗性を評価する場合には、処理前の条件を精査する必要がある。白穂の発生を促すためのシャワーによる前処理時間は、3～5時間が適当と考えられる。

これらの結果を総合すると、昼間フェーン処理を行う場合、多肥条件で養成した材料に水道水を5時間程度噴霧した直後に、温度30℃, 湿度40%, 風速4m/sのフェーン処理を2時間程度継続するのが最も効果的と考えられる。

栗田ら (1949) は、1948年のアイオン台風の通過後に白穂の発生した原因が夜間のフェーンによることを報告した。その原因として、夜間に蒸散が抑えられていたところへフェーンによる高温・低湿の

風を受けて急激に蒸散作用が高まり、水稻体内への水分供給が間に合わず、穂が脱水されて枯死したと推論した。

フェーン現象を人為的に誘発し白穂を発生させる実験 (木邨, 1951; 村松, 1976) は、いずれも夜間に行われた。しかし、大量の検定材料を扱う育種試験においては、昼間処理が望ましい。田口 (1972) が総説したように、蒸散作用との関連では、日照をはじめ、大気湿度、気温、風などが気孔の開閉に影響を及ぼし、日照が強まると蒸散が盛んになる。人工処理の場合、事前の水の噴霧処理によって大気湿度が飽和状態に達し蒸散が抑制された後で、強日照下の人工気象箱の中で高温・低湿の空気に触れ、蒸散作用が急激に高まり稲体が脱水されて、籾の白化や白穂の発生を促すものと考えられる。さらに、高温でフェーン処理を行うほど登熟歩合の低下が著しかった。

フェーン害の発生と湿度との関係については、多くの実験が低湿条件の下で行われたために、湿度と登熟歩合との相関は明瞭でなかった。しかし、湿度は蒸散作用に大きな影響を及ぼすので、湿度とフェーン害との間の相関は高まると考えられる。

田口 (1972) の報告によると、通常、風速が大きいと蒸散作用が促進されるが、強風下では気孔が閉じるため、蒸散がむしろ抑制されるとした。本研究では、フェーン処理の風速が高まると、登熟歩合が高まる傾向が認められた。これは、風速が3m/s以上の強風であったため、むしろ蒸散が抑制され、登熟歩合の低下にいたらなかったと考えられる。

フェーンによる被害は白穂発生となって現れるが (栗田ら, 1949; 木邨, 1951), 長戸ら (1956) によると、白穂発生 の甚だしい穂の籾は不稔化、発育停止、死米・奇形米化するものが多いとされた。上原ら (1979) も人為的にフェーン処理実験を行って、同様の結果を得ており、稔実歩合とともに登熟歩合の低下が減収に直接に結び付くことを指摘した。本研究の結果から、登熟歩合は処理条件によって影響されやすいが、フェーン害耐性評価の指標となることが分った。

ところで、籾白化程度と登熟歩合の間には有意の相関がみられたが、必ずしも高い相関係数は得られなかった。「アキバエ」などのいくつかの品種にみられたように、登熟歩合が高いにもかかわらず籾

が白化しやすい品種や、逆に白化しにくいにもかかわらず、登熟歩合が低下しやすい品種が存在することを確認できた。籾白化の程度もフェーン害の有力な指標とはなるが、玄米生産を目的とする水稲では登熟歩合によりフェーン害を評価する方が適切と考えられる。登熟歩合の調査には手間がかかるので、多数の品種を評価する場合には、圃場における籾白化の発生程度の観察によらざるを得ない。

3年間にわたるフェーン害耐性の検定結果をまとめると、「アキヒカリ」など4品種は“強”，「アキバエ」など7品種は“やや強”，「愛子1号」など33品種は“中”，「フクニシキ」など6品種は“やや弱”，「大国早生」など4品種は“弱”と判定された。3年間の結果が一致しなかった品種も一部に認められたが、大部分の品種では判定結果の年次間差は小さかった。

松尾ら（1951）は1948年のアイオン台風時に発生した白穂を調査し、品種間差異を明らかにした。その後、角田ら（1952）は松尾ら（1951）の調査した材料の中から抵抗性の強い品種と弱い品種を選定し、抵抗性と他の特性との関係について調査した。その後、上原ら（1979）はフェーン現象を人為的に誘発し、最近育成された品種のフェーン害耐性を評価したが、明快な結果は得られなかった。角田ら（1952）は白穂発生に対する抵抗性の強弱と稈長について検討し、抵抗性強のものは短稈の傾向があることを報告している。本研究では人工気象箱の大きさの制約があり、稈長1m以上の長稈の品種は供試できなかったが、フェーン耐性が強いと判定された品種には、近年育成された短強稈の品種が多く、“やや弱”あるいは“弱”と判定された品種には、育成年次の古い長稈の品種が多かった。最近における水稲育種では、*sd1*遺伝子座の半矮性遺伝子をもつ短強稈品種が重要視されているので、フェーン害耐性を高める方向にあるものと考えられる。

2. いもち病圃場抵抗性検定技術の改良

いもち病は水稲栽培に最も深刻な被害をもたらす病害である。最近では、1993年の7月から9月上旬にかけての全国的な低温・寡照により、北海道、東北、北関東・東山などの地方を中心に大冷害となり、東北地方以南ではいもち病が大発生した。とくに、いもち病に弱い「コシヒカリ」の作付け比率の

高い北陸地方では、新潟県をはじめ各県でいもち病が蔓延した。

いもち病は、真性抵抗性と圃場抵抗性に分けられる。圃場抵抗性は、病原菌の増殖速度を減らす方向に働き、病原菌のいずれのレースに対しても作用するので非特異的で水平抵抗性ともいわれ、微動遺伝子によって支配される。過去に強度の真性抵抗性が罹病するという抵抗性の崩壊現象を経験した結果（渡辺，1980）、圃場抵抗性を利用する育種が重視されてきた。圃場抵抗性は、多くの微動遺伝子により発現する量的形質であるため、遺伝解析は困難な場合が多い。

「コシヒカリ」はいもち病の真性抵抗性遺伝子を持たない。この品種をはじめ多くの良食味品種の圃場抵抗性が弱い傾向がみられる。また、真性抵抗性遺伝子*Pi*遺伝子をもつ「キヌヒカリ」，「あきたこまち」および「ひとめぼれ」などの品種やこれ以外の真性抵抗性遺伝子をもつ良食味品種の圃場抵抗性も十分とは言えない。このため、いもち病の予防と防除のために、適切な施肥管理、発生予測、早期防除に努めるなどの対策がなされているにも関わらず、大きな被害が頻繁に発生している。そこで、異なる真性抵抗性遺伝子を持つ品種を組み合わせる栽培したり、圃場抵抗性の強い品種を栽培したりする必要があり、今後の多様な抵抗性をもつ品種の育成に期待するところが大きい。

いもち病圃場抵抗性の検定は、系統養成の後期世代になってから畑苗代晩播により検定するのが慣わしになっている。しかし、通常、圃場に存在するいもち病菌に侵されない真性抵抗性遺伝子をもつ場合には、畑晩播方式による検定は有効ではない。いもち病の真性抵抗性をもつ品種や系統の圃場抵抗性の検定には、その真性抵抗性遺伝子の特異的に侵害する特定のレースの菌株を用いなければならない。これらの特定レースの菌の野外での蔓延を防ぐために、隔離されたガラス室内で検定する必要がある。しかし、ガラス室内検定では、圃場検定とは接種・発病条件が異なり、両者の検定結果が必ずしも一致しない場合がある。

本研究では、「1）いもち病圃場抵抗性の遺伝と選抜効果」においては、いもち病圃場抵抗性の強い品種を効率的に選抜するための方法について、また「2）ガラス室内検定技術の開発」では、ガラス室内

で圃場抵抗性を検定する場合の諸条件について検討を行い、圃場に分布するいもち病菌には侵害されない真性抵抗性遺伝子をもつ育成系統の圃場抵抗性の検定技術を開発した。

1) いもち病圃場抵抗性の遺伝と選抜効果

(1) ダイアレル (総当たり) 交配による雑種初期世代のいもち病圃場抵抗性の変異と遺伝率

a) 材料および方法

1981年に「トヨニシキ」, 「黄金錦」, 「ヨネシロ」, 「ハウネンワセ」, 「ササニシキ」, 「イナバワセ」, 「コシヒカリ」および「コシホマレ」の8品種を母本とするダイアレル (総当たり) 交配を行った。これらの28組合せのF₃系統を供試し、葉いもち圃場抵抗性の遺伝率を求めた。これらの品種の葉いもち圃場抵抗性には大きな差異があり、「トヨニシキ」と「黄金錦」は“強”, 「ヨネシロ」は“やや強”, 「ハウネンワセ」は“中”, 「ササニシキ」は“やや弱”, 「イナバワセ」, 「コシヒカリ」ならびに「コシホマレ」は“弱”である。

1981年に畑晩播法に準じて、F₃系統の葉いもち圃場抵抗性の検定を行った。各組合せの系統数は90~120である。検定圃場は本場の畑苗代と明治圃場の水苗代に設置し、本場は6月4日、明治圃場は6月25日に条間10cmで、1系統1条として播種した。なお、10系統毎に両親品種を配置した。調査は7月中~下旬に行い、葉いもち特性検定試験調査基準 (浅賀, 1976) に基づき、0 (強) ~10 (弱) の11段階で発病程度 (指数) を調査し、系統平均値を解析に用いた。調査回数は原則4回としたが、発病の多い組合せでは、4回目の測定値を除いた3回の測定値の平均値を分析に用いた。

広義の遺伝率 (h_B^2) は次式より求めた。

$$h_B^2 = \{V_{F_3} - (V_{P_1} + V_{P_2}) / 2\} / V_{F_3}$$

(ただし、 V_{P_1} , V_{P_2} は両親の分散、 V_{F_3} はF₃系統間分散)

b) 実験・調査の結果

表Ⅲ-13にダイアレル交配におけるF₃系統の葉いもち発病程度の平均値と遺伝率を示した。「トヨニシキ」と「ササニシキ」のいもち病真性抵抗性遺伝子型はPia, 「ヨネシロ」, 「イナバワセ」ならびに「コシホマレ」はPii, 「黄金錦」, 「ハウネンワセ」ならびに「コシヒカリ」は抵抗性遺伝子を持たない。これら全ての真性抵抗性遺伝子を侵害する菌系 (レー

スコード:007) が検定圃場に優越していたので、両親の抵抗性遺伝子型に関わらず、いもち病圃場抵抗性を評価できるとみられた。

F₃系統の葉いもち発病程度の平均値は、両親の中間値になるか、あるいは、両親平均値よりやや低い場合が多かった。「ハウネンワセ」を片親とした3組合せ (トヨニシキ/ハウネンワセ, 黄金錦/ハウネンワセ, ササニシキ/ハウネンワセ) では、F₃系統の葉いもち発病程度の平均値が両親の葉いもち発病程度より低かった。

ダイアレル交配により推定されたF₃系統の葉いもち発病程度の広義の遺伝率は組合せにより異なり、0.11~0.84の範囲であった。「黄金錦」/「イナバワセ」や「ササニシキ」/「ヨネシロ」のように、両親のいもち病圃場抵抗性に差異がある組合せでは、広義の遺伝率が高かった。しかし、いもち病圃場抵抗性が“強”の品種同士, “強”と“やや強”の品種, “弱”の品種同士, “弱”と“やや弱”の品種のように、圃場抵抗性に差異の少ない品種間の交配では、広義の遺伝率は低かった。このことは、品種育成においてこれまで選抜の操作を行っていなかった初期世代におけるいもち病圃場抵抗性の選抜がある程度有効であることを示す。

(2) 初期世代において圃場抵抗性の集団選抜した後代系統の葉いもち抵抗性

a) 材料および方法

1977年に、圃場抵抗性“弱”の「イナバワセ」と“やや強”の「ヨネシロ」雑種F₄世代の雑種集団の種子50gを本場のいもち病選抜圃 (畑苗代) に散播し、葉いもちに罹病させ、中央部分の生存個体から1穂ずつ376穂を採取し (推定選抜率18.8%), 集団選抜区とした。対照区は本場の水苗代に散播し、中央部分の個体から1穂ずつを採取した。1978年のF₅世代は本田において1系統5個体の穂別系統を養成し、各系統から中庸な1個体を選抜した。1979年のF₆世代は系統ごとに畑晩播法に準じて葉いもち圃場抵抗性の検定を行った。供試系統数は集団選抜区が221系統、対照区は390系統、両親は16反復を設けた。調査は7月中~下旬に行い、葉いもち発病程度を3回に分けて調査した。

b) 実験・調査の結果

図Ⅲ-2には、「イナバワセ」/「ヨネシロ」のF₆世代における集団選抜区および対照区の葉いもち圃

表Ⅲ-13 ダイアレル交配における F₃ 系統の葉いもち発病程度と遺伝率

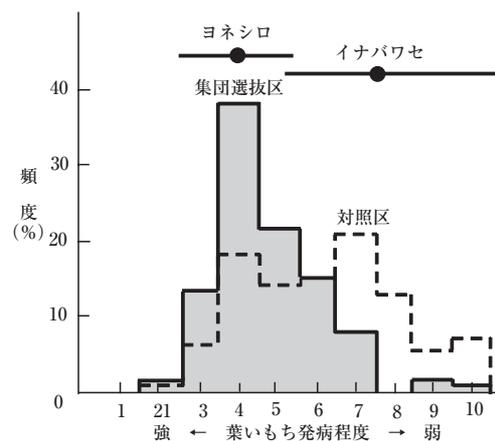
交配組合せ	調査個体数			発病程度				広義の遺伝率 h _B ²
	F ₃	P ₁	P ₂	P ₁	P ₂	MP	F ₃	
黄金錦/トヨニシキ	200	16	16	4.6	4.9	4.8	4.5	0.26
トヨニシキ/ヨネシロ	200	16	16	4.4	5.5	4.9	4.7	0.11
トヨニシキ/ホウネンワセ	100	10	10	4.1	4.7	4.4	4.0	0.17
トヨニシキ/ササニシキ	200	16	16	3.8	5.6	4.7	5.2	0.42
トヨニシキ/イナバワセ	200	16	16	4.0	7.1	5.5	4.7	0.58
コシヒカリ/トヨニシキ	90	9	9	6.9	4.2	5.6	5.2	0.54*
コシホマレ/トヨニシキ	120	10	10	6.3	4.0	5.2	5.1	0.59*
黄金錦/ヨネシロ	200	16	16	4.3	4.5	4.4	4.1	0.26
黄金錦/ホウネンワセ	100	10	10	5.0	5.6	5.3	4.8	0.14
黄金錦/ササニシキ	100	10	10	4.8	5.9	5.3	4.8	0.55*
黄金錦/イナバワセ	99	10	10	4.5	6.2	5.3	5.0	0.78**
黄金錦/コシヒカリ	100	10	10	4.4	7.3	5.9	5.0	0.19
黄金錦/コシホマレ	101	10	10	3.9	7.1	5.5	5.4	0.62*
ホウネンワセ/ヨネシロ	99	10	10	4.9	3.9	4.4	3.9	0.31
ササニシキ/ヨネシロ	120	10	10	6.3	5.3	5.8	6.2	0.84**
イナバワセ/ヨネシロ	200	12	12	7.0	3.4	5.2	4.8	0.52
コシヒカリ/ヨネシロ	100	10	10	8.2	3.9	6.0	5.0	0.14
コシホマレ/ヨネシロ	120	12	12	6.6	4.5	5.5	5.1	0.31
ササニシキ/ホウネンワセ	100	10	10	5.3	4.3	4.8	4.2	0.16
イナバワセ/ホウネンワセ	100	10	10	6.3	4.8	5.6	5.2	0.58*
コシヒカリ/ホウネンワセ	100	10	10	7.9	5.3	6.6	6.1	0.48*
コシホマレ/ホウネンワセ	120	12	12	6.9	4.7	5.8	5.9	0.43
ササニシキ/イナバワセ	200	12	12	5.4	6.8	6.1	5.8	0.21
コシヒカリ/ササニシキ	200	16	16	7.1	6.3	6.7	6.7	0.18
コシホマレ/ササニシキ	120	12	12	7.1	5.4	6.2	6.8	0.47*
コシヒカリ/イナバワセ	200	16	16	6.8	7.3	7.0	6.4	0.15
コシホマレ/イナバワセ	120	12	12	6.6	6.0	6.3	6.4	0.67**
コシヒカリ/コシホマレ	120	12	12	7.1	5.4	6.2	6.8	0.47*

注) 1) 広義の遺伝率は次式より求めた。h_B² = {V_{F3} - (V_{P1} + V_{P2}) / 2} / V_{F3}
 2) MP: 両親の平均値
 3) *, **は5%, 2水準で有意であることを示す。

場抵抗性の検定における頻度分布 (7月18日調査) を示した。対照区の分布は、両親の分布を含む広い変異を示したが、集団選抜区は抵抗性側に偏った変異分布を示し、集団選抜の効果をはっきりと現れていた。表Ⅲ-13に示したようにこの組合せの遺伝率は0.52と比較的高いことから、いもち病圃場抵抗性に関する集団選抜は、有効であった。

(3) 畑晩播法によるいもち病抵抗性個体の集団選抜
 a) 材料および方法

1981年に、(1)で用いた交配組合せのうち、「イナバワセ」を片親とする7組合せ(表Ⅲ-14)のF₃世代の集団を、葉いもち圃場抵抗性の畑晩播検定圃場(いもち病選抜圃)に散播し、いもち病抵抗性に関する集団選抜を行った。1組合せ当たり3m²とし、F₃集団の種子を100g(4,000~4,300粒)ずつ明治圃場の水苗代に設置した検定圃場に6月25日に播種した。播種後は、検定圃場に放置したまま出穂・登熟させ、周囲約7cmを残した中央部分の株を抜



図Ⅲ-2 「イナバワセ/ヨネシロ」の初期(F₄)世代にいもち病圃場抵抗性の集団選抜した後代(F₆)系統の葉いもち抵抗性の変異

注) 1) F₄世代に、いもち病選抜圃(水苗代)において、いもち病圃場抵抗性の集団選抜を行った。
 2) —●—: 両親の平均値と標準偏差を示す。

き取り、冷害などによるとみられる不稔個体と成熟に達しなかった未熟個体を除去した。選択された個体は穂いもちの被害程度によって0(穂首いもちが認められない)～5(登熟粉が認められない)にランク分けし、5ランクの罹病性植物を除き、0～4ランクの個体を選抜した。

b) 実験・調査の結果

表Ⅲ-14に圃場抵抗性“弱”の「イナバワセ」を片親とする7組合せのF₃集団のいもち病選抜圃における残存個体率を示した。「イナバワセ」を片親とする組合せのF₃集団のいもち病選抜圃における残存個体率は組合せによって異なり、17～49%の範囲で変動したが、晩生の「黄金錦」を片親とする組合せでは、葉いもちで枯死せずに生存したにもかかわらず、低温の影響で8%の個体が不稔化し、6.3%が未登熟となった。他の組合せでも未登熟個体は0.5%以下で認められた。試験年には穂いもちの発生が多く、穂首いもちの発生による不稔個体が5～12%程度であった。稔実個体を選抜対象としたが、選抜個体の割合は組合せにより異なり10～39%の範囲で変動した。葉いもち圃場抵抗性が弱い品種同士の組合せ(コシヒカリ/イナバワセやコシホマレ/イナバワセ)の選抜率は11%と低く、晩生品種を片親とする組合せ(黄金錦/イナバワセ)でも選抜率は10.3%と低かった。これらの結果は、初期世代の雑種集団をいもち病選抜圃に播種する本方法によって葉いもちおよび穂いもちの圃場抵抗性が強い個体を選抜し、翌世代の種子を確保できることを示す。

(4) いもち病選抜圃における混合品種の選抜率と採種量

a) 材料および方法

1982年に、葉いもち圃場抵抗性の程度が異なり、肉眼観察で互いに識別できる指標形質をもつ3品種、すなわち、「トドロキワセ」(圃場抵抗性強、識別形質:無芒, 稈先白), 「ハウネンワセ」(圃場抵抗性中、識別形質:有芒, 稈先紅), 「アキニシキ」(圃場抵抗性弱, 有芒, 稈先白)を混合し、1区1m²(1×1m)当たり25g(品種当たり341粒), 33g(同450粒), 50g(同682粒), 66g(同900粒)の4水準の播種密度で葉いもち圃場抵抗性検定圃場(いもち病選抜圃)に播種した。

いもち病選抜圃は本場の畑苗代(畑苗代区)と明治圃場の水苗代(水苗代区)に設置した。試験区の両端には条間10cmで、3品種を配置した。本場の水苗代に対照区を設置した。播種後は、放置したまま出穂・登熟させ、周囲約8cmを残した中央部分の株を抜き取り調査した。

畑苗代区の播種は6月3日、調査株のサンプリングは10月19日、水苗代区の播種は6月25日、サンプリングは10月29日、対照区の播種は6月8日、サンプリングは10月7日とした。葉いもちの発病状況については、葉いもち特性検定試験調査基準に基づき発病程度を調査した。サンプリングした個体は、芒と稈先色の調査により3品種を区分し、品種ごとにサンプリング個体数、籾重、籾数を調査した。

表Ⅲ-14 「イナバワセ」を片親とする7組合せのF₃集団のいもち病選抜圃における生存率

交配組合せ	いもち病選抜圃における生存個体 (%)									全生存率
	不稔	未登熟	穂いもち被害程度						選抜率	
			0	1	2	3	4	5		
トヨニシキ/イナバワセ	0.0	0.2	8.6	4.3	8.1	5.5	2.2	11.9	28.7	40.8
黄金錦/イナバワセ	8.0	6.3	5.7	1.5	1.1	1.2	0.8	11.1	10.3	35.7
イナバワセ/ヨネシロ	0.0	0.0	6.4	3.8	5.8	5.6	2.4	9.8	24.0	33.8
イナバワセ/ハウネンワセ	0.0	0.5	9.6	7.7	11.5	6.1	3.7	9.8	38.6	48.9
ササニシキ/イナバワセ	0.0	0.0	0.6	1.6	4.0	3.5	2.7	11.5	12.4	23.9
コシヒカリ/イナバワセ	0.0	0.5	1.8	2.1	2.6	2.8	1.4	5.8	10.7	17.0
コシホマレ/イナバワセ	0.0	0.4	2.7	1.3	3.6	2.1	1.1	6.3	10.8	17.5

注) 1) 数値は試験区の周囲約7cmを除く中央部分の播種粒数に対する生存個体数の割合(%)で示した。

2) 穂いもちの被害程度によって0(穂首いもちが認められない)～5(登熟粉が認められない)に区分し、0～4の個体を選抜した。

3) 選抜率: 穂いもち被害程度0～4の個体数 / 播種粒数
全生存率: いもち病選抜圃における生存個体 / 播種粒数

表Ⅲ-15 いもち病選抜圃における葉いもちの発病程度，選抜率および採種量

いもち病選抜圃	品種名	葉いもち発病程度(0~10)	品種ごとの残存率 (%)				残存個体の品種比率 (%)				稔実粒数 (×100粒/m ²)			
			播種量 (g/m ²)				播種量 (g/m ²)				播種量 (g/m ²)			
			25	33	50	66	25	33	50	66	25	33	50	66
本場 (畑苗代)	トドロキワセ	5.8	40.1	56.8	34.5	13.9	80.1	89.4	85.7	87.2	20.5	34.5	27.6	10.2
	ハウネンワセ	7.4	16.1	12.1	6.5	3.0	19.9	10.6	13.0	12.8	5.1	4.1	4.2	1.5
	アキニシキ	8.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
	合計 (平均)	(7.17)	(19.0)	(23.0)	(13.7)	(5.6)	100.0	100.0	100.0	100.0	25.6	38.6	32.2	11.7
明治圃場 (水苗代)	トドロキワセ	6.1	79.9	64.6	73.2	68.9	97.2	96.1	96.3	99.1	94.4	81.4	93.7	100.7
	ハウネンワセ	9.3	6.2	8.9	7.5	1.4	2.8	3.9	3.7	0.9	2.7	3.3	3.6	0.9
	アキニシキ	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	合計 (平均)	(8.47)	(28.7)	(24.5)	(26.9)	(23.4)	100.0	100.0	100.0	100.0	97.1	84.7	97.3	101.6
対照 (本場・水苗代)	トドロキワセ	0.0	95.6	86.9	94.9	92.2	36.7	30.6	31.6	30.3	52.0	54.5	51.1	51.6
	ハウネンワセ	0.0	93.5	97.3	93.0	91.2	43.3	41.7	42.8	39.6	61.3	74.3	69.3	67.4
	アキニシキ	0.0	92.7	94.9	96.6	92.1	20.0	27.8	25.6	30.1	28.4	49.5	41.5	51.2
	合計 (平均)	(0)	(93.9)	(92.9)	(94.8)	(91.8)	100.0	100.0	100.0	100.0	141.7	178.3	161.9	170.2

注) 1) 「トドロキワセ」(圃場抵抗性, 芒, 稈先色:強, 無, 白), 「ハウネンワセ」(同:中, 有, 紅), 「アキニシキ」(同:弱, 有, 白)の3品種を混合し, 1区1m²(1m×1m)当たり25g(1品種当たり341粒), 33g(同450粒), 50g(同682粒), 66g(同900粒)ずつ播種した。

2) 葉いもち発病程度は試験区の両端に配置した区について0(無)~10(完全枯死)の11段階で調査した最終調査(本場:8月12日, 明治圃場:8月9日)における全区の平均値を示した。

b) 実験・調査の結果

表Ⅲ-15には, いもち病選抜圃における葉いもちの発病程度, 播種粒数に対する残存個体率, 残存個体の品種比率, ならびに, 面積当たりの稔実粒数を示した。これらは葉いもちあるいは穂いもちの被害程度を示す指標となる。

混播試験区の両端に配置した「トドロキワセ」, 「ハウネンワセ」および「アキニシキ」の最終調査における葉いもち発病程度は本場(畑苗代)では, それぞれ5.8, 7.4, 8.4, 明治圃場(水苗代)では, 6.1, 9.3, 10.0であり, 葉いもちの発病程度はおおむね良好であり, 品種の葉いもち圃場抵抗性の強弱をよく表していた。葉いもち圃場抵抗性が“強”の「トドロキワセ」は畑苗代区, 水苗代区ともにわずかに枯死葉が認められる程度の発病であったが, “中”の「ハウネンワセ」は枯死葉が多く, 部分的にずり込み症状が認められ, “弱”の「アキニシキ」はずり込み症状が目立ち, 水苗代区では完全に枯死した。3品種を混播した試験区の発病もおおむね良好であった(写真Ⅲ-2)。

残存個体は出穂し, 混合した3品種の出穂期はほぼ同じで, 畑苗代区は8月26日頃, 水苗代区は9月3日頃, 対照区は8月13日頃であった。登熟に達した後, 残存個体を試験区から抜き取り, 芒の有無と稈先色の有無によって, 「トドロキワセ」, 「ハウネンワセ」あるいは「アキニシキ」に分別し, 品種ごとに, 播種粒数に対する残存個体率, 残存個体の



写真Ⅲ-2 葉いもち圃場抵抗性の異なる3品種混播した試験区の発病状況

品種比率, ならびに, 面積当たりの稔実粒数を計測した。対照(本場水苗代)区は播種量や品種に関わりなく, おおむね90%以上の残存率であった。葉いもち圃場抵抗性が“強”の「トドロキワセ」の畑苗代区における残存率は13.9~56.8%, 水苗代区では64.6~79.9%, “中”の「ハウネンワセ」は畑苗代区で3.0~16.1%, 水苗代区で6.2~8.9%, “弱”の「アキニシキ」は畑苗代区で0.0~0.8%, 水苗代区で0.0%であった。「トドロキワセ」の畑苗代区における稔実粒数は1,020~2,050粒/m², 水苗代区では8,140~10,070粒/m²であった。この結果は, 混合した3品種の残存個体率, 残存個体の品種別割合ならびに採種種子量は, いずれもいもち病の感染程度を反映して, 品種の圃場抵抗性の強弱をよく符合しており, 苗代放置によるいもち病検定により, 品種や系統の圃場抵抗性を評価できることを示す。

(5) いもち病抵抗性について集団選抜した後代系統の抵抗性と食味との関係

a) 材料および方法

1981年夏に圃場抵抗性“弱”の「コシヒカリ」と“強”の「収3810」(後の「北陸119号」)の交配を行い、同年秋に温室でF₁を養成し、1982年春にF₂世代の雑種集団を温室で栽培し、混合採種した。同年6月下旬にF₃集団をいもち病選抜圃場に播種量50g(約2,000粒)として播種した。葉いもちの感染により枯死せずに生存し出穂・登熟した個体の中から、穂首いもちの感染が認められなかった367個体を選抜し(推定選抜率18.4%)集団採種した。1983年には、F₄世代の雑種集団を本田に1株1本植えて個体選抜を行った。1984年には、F₅世代の単独系統を養成し、畑晩播法による葉いもち圃場抵抗性の検定を行った。

系統栽培は慣行法によって行い、基肥としてN, P₂O₅, K₂O各成分で5kg/10aを施用し、穂いもちの発病を助長するためにN成分で2kg/10aの追肥を行った。葉いもち圃場抵抗性の検定のために、6月7日に播種し、7月上旬に2回にわたりいもち病発病程度(0~10)を調査した。系統選抜は葉いもち圃場抵抗性の検定結果を考慮せず、立毛における諸特性の観察のみによって行った。選抜系統については出穂期、稈長、穂長、穂数、玄米品質、倒伏程度などの調査を行うとともに、食味官能試験を実施した。食味官能試験は、食味が“上下”の少肥栽培の

「ハウネンワセ」を基準(0)とし、比較品種を含め、標本10点を同時に供試し、食味の総合評価を-5~+5として採点した。食味の評価は、「コシヒカリ」を1(極良),「トドロキワセ」を5(やや劣る)として、検定する系統の食味を1~5に分級した。

b) 実験・調査の結果

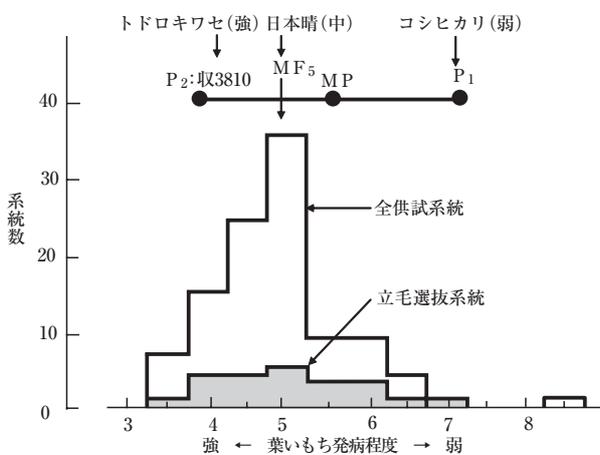
図Ⅲ-3には、F₃世代でいもち抵抗性に関して集団選抜を行った「コシヒカリ」/「収3810」のF₅系統の葉いもち発病程度の頻度分布を示した。この図から、親の圃場抵抗性“弱”の「コシヒカリ」並の発病程度を示す系統は少なく、F₅系統の発病程度の平均値は両親の平均値より低く、F₃世代における葉いもち抵抗性に関する集団選抜の効果が、認められた。

図Ⅲ-4に立毛選抜系統の葉いもち発病程度と食味の評価値との相関関係を示した。この組合せでは「コシヒカリ」並の極良食味の系統が多数認められた。葉いもち抵抗性と食味との関連ははっきりとはしなかったが、「収3810」並に強い抵抗性を示す、「コシヒカリ」に近い良食味の系統が出現した。

2) ガラス室内検定技術の開発

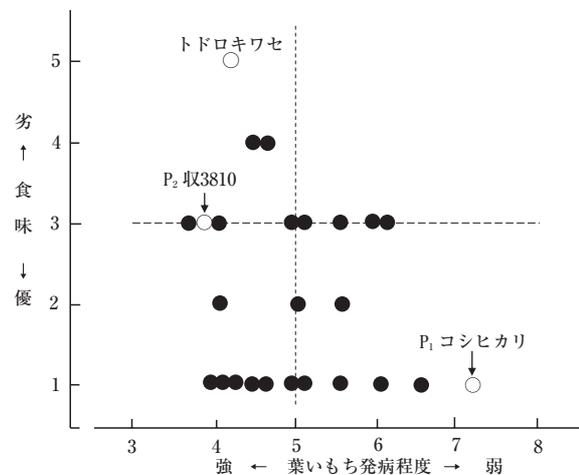
a) 材料および方法

本実験は1977~1981年に実施した。いもち病真性抵抗性遺伝子を持たない+群で圃場抵抗性がそれぞれ“強”, “中”, “弱”の「黄金錦」, 「日本晴」, 「農林29号」とともに、いもち病抵抗性遺伝子型がPiiで圃場抵抗性がそれぞれ“強”, “中”, “弱”の「ト



図Ⅲ-3 F₃世代でいもち抵抗性の集団選抜した「コシヒカリ」/「収3810」のF₅系統の葉いもち発病程度

注) MF₅: 系統の平均値, MP: 両親の平均値



図Ⅲ-4 F₃世代でいもち耐病性の集団選抜した「コシヒカリ」/「収3810」のF₅立毛選抜系統の葉いもち発病程度と食味との関係

ドロキワセ」, 「藤坂5号」, 「イナバワセ」を供試品種とした。ポリ製バット (20×30cm) に播種し, 播種密度を2.5×2 cmとし, 催芽粉を点播した。1バット当り硫安9 g, 過石4 g, 塩加1 gを全量基肥として施用し, 約3.6lの土壌と混合した。播種はガラス室で播種期を移動させて行い, 育苗期間はガラス室内で管理した。接種に用いたいもち病株は, *Piz*遺伝子型を侵すHR77-189(レースコード007)とし, 3~5×10⁴個の胞子浮遊液を1バット当り50mlを噴霧接種した。葉令が若い場合には, バット当りの噴霧液量を減らし, 3, 4, 5, 6葉期の材料については, それぞれ20, 30, 40, 50mlとした。接種後は1晩, 湿度100%の湿室に置いた。湿室から取り出した後, いもち病の発病を促すために温度制御された屋外型人工気象室に移した。発病状況の調査は発病初期・中期・終期にそれぞれ行なった。個体別に上位3葉のうち最もよく発病した葉について発病状況を調査した。発病程度の評価は, 病斑面積率によって1~10の階級に区分した発病指数によって行った。調査個体数は品種ごとに10個体の2反復とした。

b) 実験・調査の結果

昼25℃で夜20℃の変温で育苗した5.5葉期以降の成苗について, いもち病菌の接種時の温度と葉令が発病に及ぼす結果を図Ⅲ-5に示した。いずれの温度でも, 葉令が若いと発病が多くなる傾向がみられた。また, いもち病の発病程度の品種間差異は, 接種時の温度が高い時よりは低いときの方が明瞭に現れた。さらに, 葉令との関係では, 5.5葉期以降のイネを用いて抵抗性を検定する場合, 7葉期頃までは, 大まかに強・中・弱を判定することが可能とみられた。

次に, 25℃で育苗した3~6葉期の幼苗期の抵抗性検定について調べた結果を図Ⅲ-6に示した。30℃の高温区では発病の品種間差が少なく, 強, 弱品種の差異が明瞭でなかったが, 25℃の中温区および20℃の低温区で見られるように, 低温ほど発病の品種間差異が明瞭になる傾向が認められた。

育苗温度と発病指数の品種間差異を調べた結果を図Ⅲ-7に示した。育苗温度が低すぎると(20℃以下では), 発病指数の品種間序列が乱れるが, それ以上の育苗温度であると, 品種の序列は変化しなかったが, 温度により発病指数の品種間差異が変動

した。

次に接種後の温度と発病指数との関連を調べた結果を図Ⅲ-8に示した。最も高温の30℃の場合を除くと, 温度が低いほど発病指数の品種間差異が明瞭になる傾向がみられた。また, いずれの温度においても, 発病指数の品種間の序列が変化することはなく, 「イナバワセ」が最も発病指数が大きく, ついで「藤坂5号」で, 「ドロキワセ」の発病が3品種の中で少なかった。

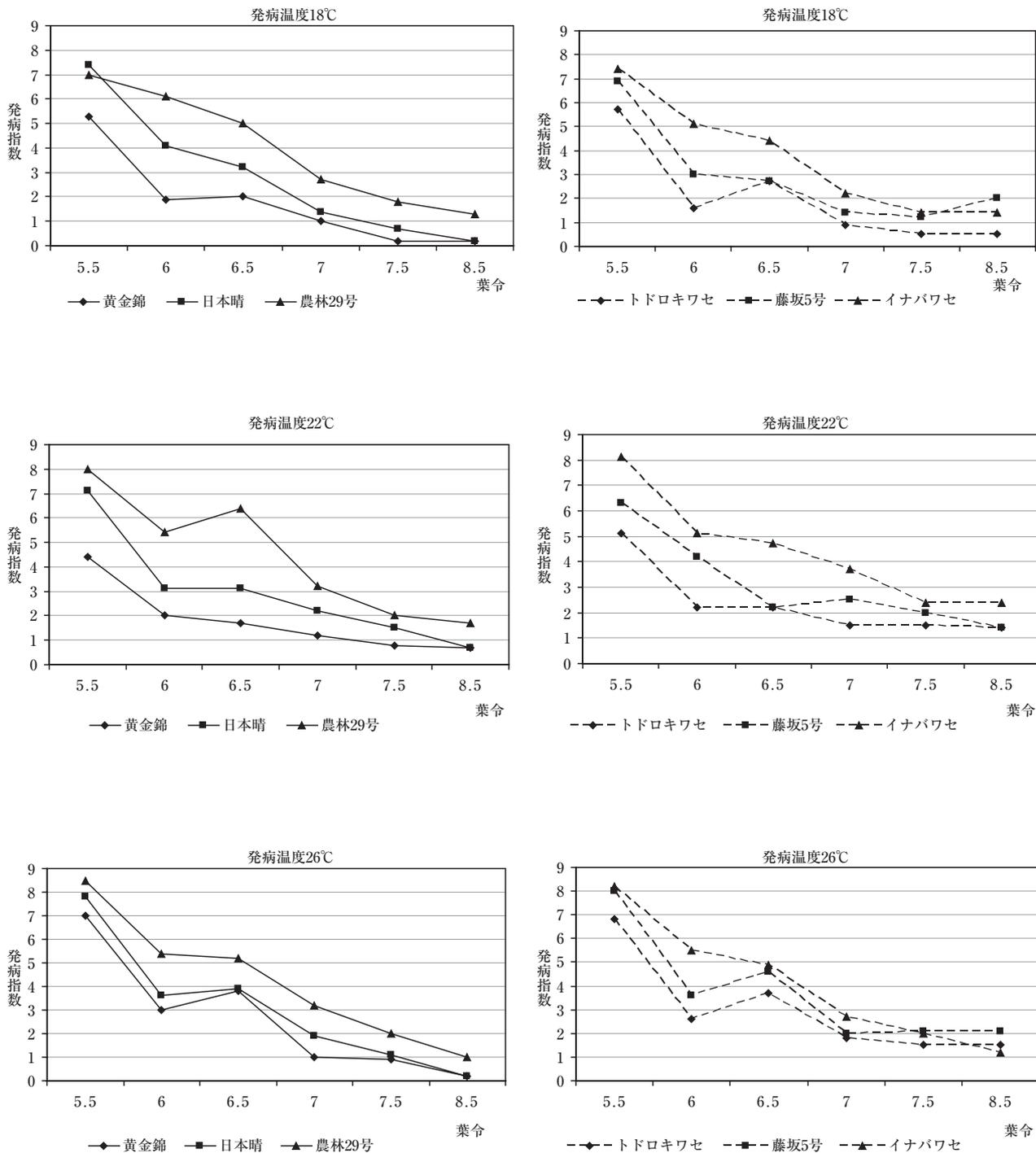
これらの実験結果から, ガラス室における圃場抵抗性の差異を明らかにするには, 育苗温度が重要であり, 20~22℃が最も適切とみられる。また, 葉令は葉身の葉幅が広がる4.5葉期頃, 発病促進温度は20~24℃が適当であることが分かった。

なお, 中央農研・北陸研究センターにおけるガラス室の場合, 室内の温度を天窗および側窓の開閉により, 可能な限り制御したところ, 5月の5半月頃までは平均温度を25℃以下にすることが可能であった。このことから, 5月下旬までにガラス室内における圃場抵抗性の検定を終了する必要があるとみられた。いもち病の発病適期はガラス室の平均温度が22℃前後, すなわち外気温が15, 16℃になる5月上旬の時期が適当で, そのためには4月上旬頃に播種を行い, 4~5葉期頃に接種する検定法が効果的である。

3) 考察

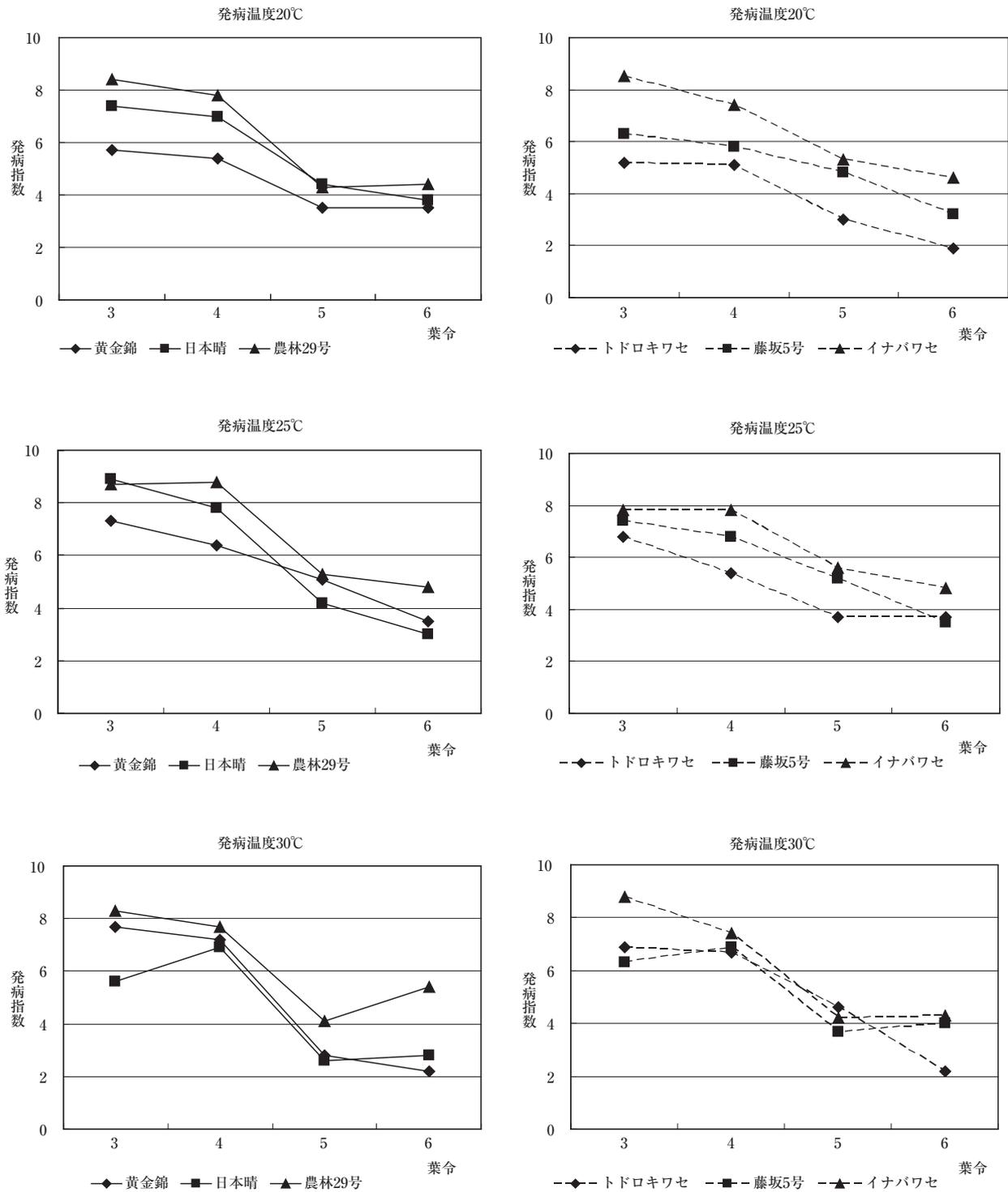
いもち病は水稲における最も重要な病害であり, 水稲育種においては古くから地方品種や陸稲品種の圃場抵抗性に着目した選抜が行われてきた。その後, 外国品種の真性抵抗性遺伝子*Pik*, *Pita*, *Piz*等を導入した品種が多数育成されたが, これらの品種を侵す菌の出現により, それらの抵抗性は次々に崩壊した。そのため, 現在の水稲育種においては真性抵抗性のみに依存せず, 圃場抵抗性を重視した育種が進められている。

一方, 米の品質や食味は極めて重要な形質であるが, 食味が優れているとされる「コシヒカリ」や「ササニシキ」などの品種はいもち病に弱い共通の欠点を持つ。これらの品種にいもち病抵抗性を付与させる育種が行われているが, 未だ「コシヒカリ」などに置き換わる品種の育成に至っていない。そこで, 藤巻(1980)はいもち病圃場抵抗性と食味のような多数の微動遺伝子の関与する量的形質を組合せる



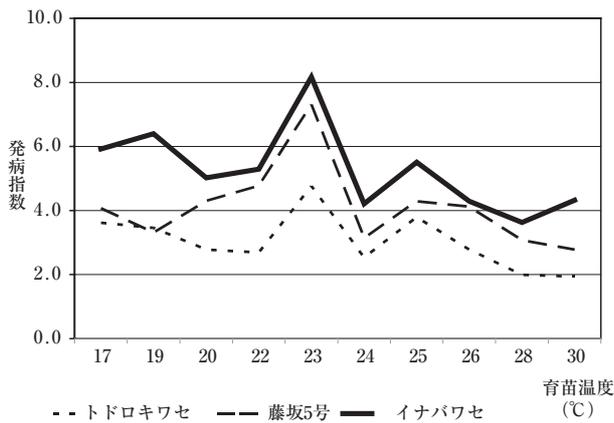
図Ⅲ-5 発病に及ぼす葉令と発病温度の影響 (1978年)

注) 育苗温度は昼25℃, 夜20℃の変温とした.



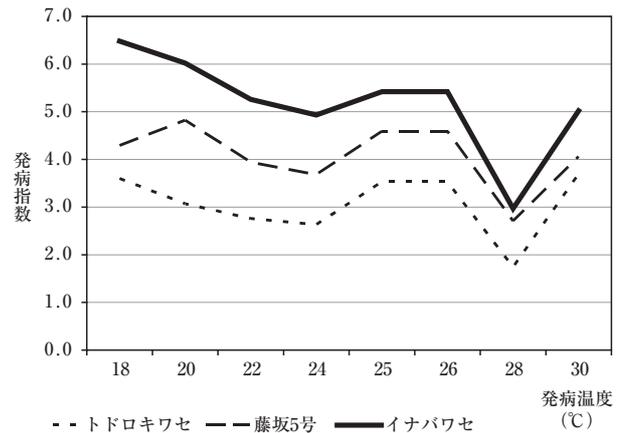
図Ⅲ-6 発病に及ぼす葉令と発病温度の影響 (1978年)

注) 育苗温度は25°Cである.



図Ⅲ-7 異なる育苗温度の下での発病指数の品種間差異

- 注) 1) 同時に育苗した3品種に同時にいもち菌(レース 007)を接種したものを1処理とした。
2) 1処理, 1品種あたり10個体, 2~3反復. 発病時の温度は18~30°Cの各温度とした。



図Ⅲ-8 異なる発病温度の下での発病指数の品種間差異

- 注) 1) 同時に育苗した4~6葉期のもので, 3品種に同時にいもち菌(レース 007)を接種したものを1処理とした。
2) 1処理, 1品種あたり10個体, 2~3反復. 育苗時の温度は17~30°Cの各温度とした。

ためには、それらの遺伝子の間に存在する複雑な連鎖関係を破るために遺伝的組換えを促す育種技術が必要とされることを指摘し、その育種法として循環選抜法(藤巻, 1978)がきわめて効果的であることを指摘した。

石坂(1985)は食味といもち病抵抗性の間には負の相関があることを指摘しており、良食味でいもち病抵抗性の強い品種の育成は困難であるとした。水稻育種におけるいもち病圃場抵抗性の検定は、通常、単独系統養成時以降の後期世代に行われる。

そこで、本研究では、いもち病圃場抵抗性の遺伝を調べるとともに、世代促進を活用した集団育種法において、初期世代の雑種集団をいもち病選抜圃で養成し、いもち病抵抗性について集団選抜を行った結果が後期世代の形質の変異に及ぼす効果を検討した。

まず、いもち病圃場抵抗性程度の異なる8品種を交配母本とするダイヤレル交配のF₃系統を用いて、いもち病圃場抵抗性の遺伝率を推定した。その結果、交配組合せにより、遺伝率は0.11~0.84の範囲で変動した。総じて、いもち病圃場抵抗性に関して両親の間に大きな差異のある組合せでは遺伝率は高くなる傾向がみられた。

浅賀(1977)および東・櫛淵(1978)は、いも

ち病圃場抵抗性は相加的効果を持つポリジーンによって支配されており、また、初期世代における遺伝率は比較的高いとした。本研究でも、両親の間にいもち病圃場抵抗性に大きな差異がある組合せでは、広義の遺伝率はかなり高くなり、従来の結果と一致した。したがって、初期世代におけるいもち病圃場抵抗性の選抜は有効であることが明らかとなった。

初期世代で緩やかな成群選抜により、優良形質を備えた希望型の出現頻度を高めるとともに、出穂期などの比較的高い遺伝率の形質について系統内で分離するヘテロ性の高い系統を意識的に選抜することにより、遺伝的組換えを促進することが有効と考えられる。とくに緩やかな集団選抜を行うことにより、食味との間にあるとされる不利な連鎖を打破できる可能性が高い。

そこで、本研究では、畑晩播法を利用した雑種初期世代におけるいもち病抵抗性に関する集団選抜が、後代における抵抗性系統・個体の選抜やほかの農業形質との連鎖の打破に、どのような効果を及ぼすかを検討した。

まず、いもち病抵抗性程度の異なる「イナバワセ」と「ヨネシロ」の交配によるF₄世代におけるいもち病抵抗性に関する集団選抜が次世代および次々世代

の抵抗性系統の出現率の変化や他形質との相関関係の変化に及ぼす影響を調べた結果、初期世代におけるいもち病抵抗性の集団選抜は、後期世代における抵抗性系統の出現率は高めるが、他の形質の変異には、不利な影響を与えなかった。このことから、いもち病抵抗性の初期世代の集団選抜は、後期世代における系統の選抜効果を高めると考えられる。

いもち病の圃場抵抗性は、いもち病菌の病原性分化による変動が少なく安定している。このため、その単独利用はもちろん、真性抵抗性と組合せた利用が重要になっている。

ところで、野外の自然感染による検定では、検定地で優越するいもち病菌系に対する真性抵抗性遺伝子をもつ品種や系統の圃場抵抗性を評価することができない。そこで、ガラス室内での特定菌系の人工接種による圃場抵抗性の検定法の開発が必要である。

本研究では、いもち病真性抵抗性遺伝子を持たず、圃場抵抗性程度が異なる3品種と、いもち病抵抗性遺伝子型が*Pii*をもち圃場抵抗性程度が異なる3品種を供試して、ガラス室内でこれらの品種を侵害する菌系を人工接種して、どのような条件が圃場抵抗性の評価に影響するかを検証した。その結果、20～22℃で育苗し、接種後20～24℃で発病を促すことにより、品種間の圃場抵抗性の程度を的確に評価できることが明らかになった。

今後のイネ育種では真性抵抗性と圃場抵抗性をうまく組合せて、いもち病抵抗性を安定させることが大きな育種目標となると考えられる。ガラス室内で特定の菌系を人工接種して、水稻の品種や系統の圃場抵抗性を的確に評価できれば、真性抵抗性と圃場抵抗性とを組合せることにより、いもち病菌の病原性分化に安定した品種を育成することが可能になると考えられる。

3. 世代促進を活かした効率的集団選抜技術の開発

わが国の水稻育種においては、温室を利用した1年2～3世代の促進栽培が育種年限を短縮する目的で広く普及している。このため、世代促進を利用した集団育種法がとり入れられ、雑種のF₂からF₅位までの初期・中期世代を集団として維持し、形質の遺伝的固定が進んだ段階で選抜を行う遅延選抜が普及している(石坂ら, 1975)。

この世代促進のための集団栽培では、特定の形質に関する選抜は、原則として行わないが、遺伝率の高い実用形質に関しては、緩やかな集団選抜を行うことにより、希望型の割合を増加させて育種効率を高めることも考えられる。しかし、選抜対象形質の間に不利な連鎖関係が存在すると、遺伝的組換えが制限されて、計画通りの選抜効果が期待できない可能性がある。

そこで、本研究では世代促進温室で養成した雑種集団を初期世代に出穂期によって成群選抜した場合、後代における主要形質の変異に及ぼす影響を調べた。また、初期世代に固定した系統と後期世代まで分離するヘテロ系統との間で希望型の出現頻度を比較し、ヘテロ個体を維持する有効性について検討した。

a) 材料および方法

交配母本として「アキニシキ」と「収2758」を用いた。「収2758」は「コシホマレ」と「レイメイ」の雑種後代系統である。「アキニシキ」は晩生品種、「収2758」は早生系統である。交配は1975年夏に行い、同年9月上旬温室にF₁個体を播種し、混合採種したF₂雑種集団(450個体)を1976年2月12日温室に播種し混合採種した。このF₃集団を同年6月1日に短日処理施設のある温室内の水槽に配置した30cm×60cm×5cmのトタン製の育苗箱に箱当たり300個体ずつ播種し、1,200個体を栽培した。室温は側窓の開閉および天窓の自動開閉装置により室温が35℃以下になるように制御した。短日処理は日長8時間とし、6月15日～7月10日の期間行った。8月中旬にF₄種子を集団採種し、通風乾燥することによって休眠打破処理した。同年9月9日にF₄世代の雑種集団を同温室に播種し、1,500個体を栽培した。室温は温水循環式のボイラーにより最低温度が20℃以上となるように設定して加温するとともに、天窓の自動開閉装置により室温が35℃以下になるように制御した。秋の栽培では日長が短日条件となっていることから短日処理は行わなかった。雑種集団は50日～60日程度の到穂日数の変異幅を示した。そこで、雑種集団の個体の半分程度が出穂した時にカラスプレーで目印を付け、出穂期により出穂が遅く基本栄養生長性が高いと考えられた早生(E群)と出穂が早く感光性が高いと考えられた晩生(L群)の2群に分けて成群選抜した。

表Ⅲ-16 選抜における群形成

F ₄ 世代 (世促)		F ₅ 世代 (本田)			
群名	熟期	群名	熟期	出穂期	出現頻度 (%)
E	早生	E-I	極早生	～7月30日	39.7
		E-II	早生	7月31日～8月6日	29.8
		E-III	中生	8月7日～8月13日	7.2
		E-IV	晩生	8月14日～8月25日	14.9
		E-V	極晩生	8月26日～8月31日	7.9
L	晩生	L-I	極早生	～7月30日	7.7
		L-II	早生	7月31日～8月6日	12.7
		L-III	中生	8月7日～8月13日	12.4
		L-IV	晩生	8月14日～8月25日	40.0
		L-V	極晩生	8月26日～8月31日	20.4

注) 未出穂個体がE群, L群にそれぞれ0.5%, 6.8%認められた。

1977年のF₅世代では、早・晩両群から1,530個体ずつを、両親の「アキニシキ」および「収2758」各約100個体とともに本田に1本植えた。個体別に出穂期を3, 4日ごとに調査し、表Ⅲ-16に示した通りE群およびL群を極早生 (E-I群およびL-I群)、早生 (E-II群およびL-II群)、中生 (E-III群およびL-III群)、晩生 (E-IV群およびL-IV群)、極晩生 (E-V群およびL-V群) に群別した。各群から無作為に抽出した約100個体ずつについて、稈長、穂長、玄米品質を調査した。なお、玄米品質は観察により、1 (上上) ～9 (下下) の階級に区分した。

F₅世代の各群から無作為に80個体宛を抽出して、F₆世代5個体から成る穂別系統を1978年本田に栽培した。これらの穂別系統の出穂期を調査し、分離系統をマークした。出穂期の固定した系統については、中庸な生育をした1個体、分離系統については全個体の稈長、穂長、穂数、穂重および玄米品質を調査した。なお、玄米品質は観察により、1 (上上) ～9 (下下) の階級に区分した。

b) 実験・調査の結果

① F₅世代の出穂期の変異

「アキニシキ」/「収2758」の雑種集団のF₄世代において、熟期により成群選抜して養成したF₅世代の出穂期の頻度分布を表Ⅲ-16に示した。早生親「収2758」は8月3日までに収穫が完了し、平均出穂期は7月31日であった。晩生親の「アキニシキ」の平均出穂期は8月20日であった。E群(早生)では、8月6日までに収穫した早生個体は約70%に達して過半数を占め、8月14日以降に収穫した晩生個体は約23%であった。L群(晩生)では、8月14日以降に収穫した晩生個体は約60%を占め、早生個

体は約15%で少なかった。

このように、F₄世代に世代促進栽培された集団で行った出穂期の選抜効果は明らかであったが、早生選抜個体群から晩生個体が、また晩生選抜個体群から早生個体が出現した。このことはヘテロ個体の分離が原因とみられる。

② F₅世代の実用形質の変異

F₄世代について出穂期により成群選抜した次代のF₅世代における系統の諸形質の平均値および分散を表Ⅲ-17に示した。稈長は両親とも80cm程度の中程であった。「アキニシキ」は多肥で稈長が伸びやすいとされているが、本試験は少肥条件であったため、長稈化する傾向はみられなかった。

F₅世代のE-IおよびL-I群ともに、稈長の平均値は両親より短く、75cm前後であった。また、F₄世代のEならびにL両群ともにF₅世代における出穂期の遅い群ほど長稈となった。稈長の分散に関しては、E群由来のE-IV群、L群由来のL-IV群が最も大きい値を示し、全般に出穂期の遅い群で分散が大きい傾向がみられた。さらに、F₅世代において同熟期のE-I群とL-I群、E-II群とL-II群、E-III群とL-III群、E-IV群とL-IV群、E-V群とL-V群との間では、稈長の平均値に差は認められなかった。

次に穂長について見ると、「収2758」および「アキニシキ」の穂長の平均値は、それぞれ22.2cmならびに18.7cmであり、「収2758」は早生長穂の系統であった。F₅世代におけるE-I群およびL-I群の穂長の平均値は「収2758」並で長穂となり、早生と長穂の間に連関がみられ、逆に収穫期が遅くなると短穂化し、晩生と短穂の間に連関がみられた。また、E-I群とL-I群、E-II群とL-II群、E-III群と

表Ⅲ-17 F₄ 世代の成群選抜が F₅ 世代の形質の平均値 (M) および分散 (V) に及ぼす効果

群名および品種名	稈長 (cm)		穂長 (cm)		穂数 (本/株)		玄米品質	
	平均	分散	平均	分散	平均	分散	平均	分散
E-I	75.6	17.43	22.2	2.67	14.7	10.71	3.5	0.66
E-II	80.1	16.90	21.6	2.97	14.3	8.78	4.4	1.44
E-III	85.6	30.56	20.5	2.76	14.8	12.71	3.2	0.68
E-IV	89.7	35.90	20.1	1.69	14.5	7.55	3.7	0.99
E-V	92.7	28.22	19.6	1.69	14.4	9.06	3.5	0.49
L-I	75.0	28.02	22.2	2.16	15.9	10.64	3.8	0.58
L-II	80.9	28.98	21.7	2.91	14.7	9.16	3.8	0.69
L-III	86.9	29.51	20.8	2.17	14.7	5.90	3.6	0.49
L-IV	92.0	37.89	19.7	2.02	15.6	10.35	3.2	0.70
L-V	95.9	28.91	19.7	2.79	14.2	7.75	3.7	0.55
収 2758	78.9	9.29	22.2	1.64	14.1	7.63	3.9	0.38
アキニシキ	80.6	13.99	18.7	0.91	15.9	12.96	2.7	0.24

注) 1) 各群の出穂期は表Ⅲ-16に示した。
2) 玄米品質は観察により、1(上上)~10(下下)の階級に区分した。

L-III群、E-IV群とL-IV群およびE-VとL-V群の平均値の間に差は認められなかった。

穂数に関しては、「収2758」が14.1本で「アキニシキ」は15.9本であった。F₄世代のL群に由来するF₅世代の各群は、E群由来の各群よりも穂数が概して多い傾向があり、とくにL-I群とL-IV群の穂数が多かった。

玄米品質に関しては、「アキニシキ」の品質は3(上下)以上であったが、「収2758」は4(中上)にモードがあり、やや品質が劣った。F₅世代のE-III群およびL-IV群の玄米品質は他のいずれの群にも優っていた。

③ F₅ 世代の希望型個体の出現頻度

いずれの形質も両親の熟期と連関している場合が多く、早生ほど短稈・長穂で品質が劣る傾向がみられた。本組合せの選抜目標は、「収2758」の品質・食味の改良にあり、選抜基準は「収2758」並の短稈・長穂、「アキニシキ」並の穂数・品質・食味である。そこで、両親の特性から判断して、表Ⅲ-18に示した選抜基準(特性平均値+または-1.96×標準偏差)に基づいて選抜した希望型の出現頻度の結果を表Ⅲ-19に示した。稈長ならびに穂長に関する希望型個体の出現頻度については、出穂期の早い群ほど高く、穂数ならびに品質に関する希望型の頻度は、熟期群の間の違いは少なかった。さらに、4形質を総合してみた場合、希望型個体の出現頻度はE-I群およびL-I群では、それぞれ85.0%および83.1%で最も高く、E-V群およびL-V群では2.4%および0.0%で最も低かった。

表Ⅲ-18 両親の特性値に基づく F₅ 世代の選抜基準

項目	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	品質
	m+1.96s	m-1.96s	m-1.96s	m+1.96s
収2758	84.9	19.7	8.7	5.1
アキニシキ	87.9	16.8	8.8	3.7
選抜基準	85以下	20以上	9以上	4以下

注) M, Sは平均値, 標準偏差を示す。

表Ⅲ-19 F₅ 世代の希望型の出現頻度 (%) に及ぼす F₄ 世代の成群選抜の効果

群名	稈長	穂長	穂数	品質	形質総合*	
E	I	100.0	95.0	100.0	90.0	85.0
	II	89.0	85.0	98.0	65.0	49.0
	III	47.4	62.8	93.6	96.2	26.9
	IV	21.3	58.7	98.7	85.3	13.3
	V	6.0	42.9	100.0	91.7	2.4
全体	73.3	79.7	98.2	82.0	54.4	
L	I	98.8	92.8	97.6	83.1	83.1
	II	83.0	85.0	99.0	85.0	63.0
	III	38.0	73.0	99.0	91.0	25.0
	IV	15.3	38.7	100.0	94.7	6.0
	V	30.0	41.0	98.0	98.0	0.0
全体	30.4	52.3	94.3	88.2	20.4	

注) 1) 数値は表Ⅲ-18に示した選抜基準で選抜した場合の希望型の出現頻度 (%) を表す。
2) *: 稈長, 穂長, 穂数, 品質の4形質全てが基準内の数値を示す希望型の出現頻度 (%) を表す。

④ F₆ 世代における出穂期の変異

両親である「収2758」と「アキニシキ」の出穂期は、それぞれ7月29日と8月18日であった。そこで、7月29日までを極早生、8月5日までを早生、8月12日までを中生、8月18日までを晩生、それ以降を極晩生とし、F₅世代の熟期群ごとにF₆世代における早晩生系統の出現割合を表Ⅲ-20に示した。

F₄世代の熟期に関する集団選抜の結果、早生 (E)

表Ⅲ-20 F₄世代の成群選抜が後代系統の出穂期の分離に及ぼす効果

F ₅	F ₄						E						L					
	I	II	III	IV	V	計	I	II	III	IV	V	計	I	II	III	IV	V	計
極早生	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
早生	18.9	20.1	0.6	0.2	0.0	39.8	4.6	3.2	0.4	0.5	0.0	8.7	4.6	3.2	0.4	0.5	0.0	8.7
中生	0.0	6.3	4.1	0.6	0.0	11.0	0.0	6.9	5.2	0.0	0.0	12.1	0.0	6.9	5.2	0.0	0.0	12.1
晩生	0.0	0.0	0.6	0.7	0.0	1.3	0.1	0.3	1.3	0.5	0.0	2.2	0.1	0.3	1.3	0.5	0.0	2.2
極晩生	0.0	0.4	0.3	12.3	8.4	21.0	0.0	0.0	3.4	35.5	27.2	66.1	0.0	0.0	3.4	35.5	27.2	66.1
分離	1.0	3.0	1.8	1.1	0.0	6.9	0.0	2.3	4.1	3.5	0.0	9.9	0.0	2.3	4.1	3.5	0.0	9.9
計	39.7	29.8	7.2	14.9	8.4	100.0	7.7	12.7	14.4	40.0	27.2	100.0	7.7	12.7	14.4	40.0	27.2	100.0

注) F₄世代の熟期群内の早晩生個体の比率(%)

群からは、「収2758」並の極早生が40%近く出現したが、「アキニシキ」並の極晩生は8.4%しか出現せず、集団選抜の効果がはっきりと現れた。これらの極早生や早生系統は、F₆世代においても、ほとんど分離せず、遺伝的に固定しているとみられた。他方、F₄世代の晩生群からは、F₅世代において「アキニシキ」級の極晩生系統が27%余り出現したが、極早生の出現頻度は8%弱であり、出穂期に関する集団選抜が有効に働いたことが分かる。

さらに、F₅世代における成群選抜の結果から、両親に近い極早生や極晩生の系統では、系統内の分離がほとんどみられないが、両者の中間の中生系統には遺伝的分離を示す系統が比較的多くみられた。

このように遺伝率の高いとみられる熟期に関しても、F₅世代以降になって多数の分離系統が生じたが、分離系統の出現頻度は早生(E)群より晩生(L)群の方が高かった。この理由については、晩生群由来の分離系統はF₅世代で中生あるいは晩生だった系統が多く、この熟期は感光性と基本栄養生長性の双方の作用が働いている可能性があり、これらの形質の分離が影響している可能性が考えられるが、詳細については不明である。

⑤ F₆世代における実用形質の変異

次に、F₆系統平均値に基づく形質間相関係数を表Ⅲ-21に示した。出穂期と稈長との間には有意な正

の相関、出穂期と穂長、穂重あるいは玄米品質との間には有意な負の相関が認められた。玄米品質と他の形質との相関をみると、稈長との間には有意な負の相関、また、穂長との間には有意な正の相関が認められた。このように、出穂期は生育期間に直結しているため、さまざまな形質との間に相関関係が出てくる。出穂期以外の形質間にも有意な相関が見られた。

⑥ F₆世代における希望型の出現頻度

両親の特性値に基づくF₆系統の形質別選抜基準を表Ⅲ-22、また、5形質合わせ持った希望型の出現頻度を表Ⅲ-23に示した。A基準は各特性の平均値±標準偏差、B基準は各特性の平均値±1.96×標準偏差とした。A基準で選抜した場合、5形質兼ね備えた希望型系統はほとんどなく、E-III群の中生、E-IV群の中生、およびL-I群の早生の中にみられた。これらはF₄世代とF₅世代で熟期の分離した系統であった。また、B基準で選抜した場合、E群に由来

表Ⅲ-21 F₆系統の形質間の相関係数

形質	稈長	穂長	穂数	穂重	品質
出穂期	0.578**	-0.336**	0.010	-0.240**	-0.242**
稈長	-	-0.223**	0.047	-0.059	-0.277**
穂長	-	-	0.062	0.320**	0.219**
穂数	-	-	-	0.721**	0.001
穂重	-	-	-	-	0.084

注) *, **は5%, 1%水準で有意であることを示す。

表Ⅲ-22 両親の特性値に基づくF₆世代における選抜基準

項目	稈長(cm)		穂長(cm)		穂数(本/株)		穂重		品質	
	m+s	m+1.96s	m-s	m-1.96s	m-s	m-1.96s	m-s	m-1.96s	m+s	m+1.96s
収2758	80.6	84.7	20.8	19.1	12.7	10.3	32.3	26.6	5.9	6.6
アキニシキ	84.6	87.3	17.9	17.0	12.3	10.0	20.3	20.3	3.1	3.6
選抜基準 A	81以下		21以上		13以上		32以上		3以下	
選抜基準 B	85以下		19以上		10以上		27以上		4以下	

注) mおよびsはそれぞれ平均値および標準偏差を示す。

表Ⅲ-23 両親の特性値に基づく希望型の出現頻度 (%)

F ₆	F ₅	F ₄					E					L				
		I	II	III	IV	全体	I	II	III	IV	全体	I	II	III	IV	全体
極	早	7.5	-	-	-	1.49	3.2	-	-	-	0.10	3.2	-	-	-	0.10
	早	18.4	35.2	0.0	100.0	10.76	34.0	10.0	0.0	0.0	1.88	34.0	10.0	0.0	0.0	
	中	-	17.6	27.3	33.0	2.43	-	27.9	24.1	-	3.18	-	27.9	24.1	-	
	晩	-	-	16.7	0.0	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
極	晩	-	0.0	0.0	4.5	0.55	-	-	10.5	4.2	1.85	-	-	10.5	4.2	
全	体	12.8	30.6	22.0	6.8	15.33	21.5	21.5	15.8	4.1	7.01	21.5	21.5	15.8	4.1	

注) 両親の「収2758」と「アキニシキ」の出穂期は、それぞれ7月29日と8月18日。

する系統の中では、早生の中に希望型が多く出現したが、L群では中生の中に最も希望型が多く、全体としてはE群由来のF₆系統における希望型の出現頻度が15%であったのに対して、L群由来の系統では7%しか希望型が出現しなかった。

しかし、E-I群よりL-I群由来の方が、L-III群よりE-III群由来の方が、またL-IV群よりE-IV群由来の方が希望型の出現頻度が高く、F₄世代とF₅世代において熟期の分離がみられた群に希望型が高い頻度で出現した。

表Ⅲ-20にみられるように、F₆世代になっても出穂期が分離する系統が多数認められた。そこで、F₆世代の分離系統の個体を表Ⅲ-22に示した選抜基準で選抜した結果を表Ⅲ-24に示した。A基準で選抜した場合の希望型の出現頻度は、F₆世代の固定系統では1.3~1.7%であったのに比較して分離系統は高く、L-II群の分離系統では3.2%であった。B基準で選抜した場合は、固定系統における頻度と大差はなかったが、L-IV群の分離系統における希望型の出現頻度が11.1%と、E-IV群の固定系統における希望型の出現頻度が6.8%に比べて高いのが特徴的であった(表Ⅲ-24)。

c) 考察

わが国の水稻育種においては、初期世代の雑種集団を、温室などを利用して年間に2、3世代栽培する、いわゆる世代促進栽培法が広く普及している。雑種初期世代の世代促進栽培においては、通常、特別の人為選抜は行わずに遺伝的固定を進める。しかし、出穂期や病害抵抗性などの遺伝率の高い形質に関しては、初期世代の集団選抜が有効であることが指摘されているが、他の実用形質との遺伝的連鎖がある場合には、このような選抜が必ずしも有効となるとは限らない。

そこで、本研究では、出穂期の遺伝的固定の大き

表Ⅲ-24 F₆分離系統中の希望型出現頻度 (%)

群名	A基準		B基準	
	F ₆ 分離系統	F ₆ 固定系統	F ₆ 分離系統	F ₆ 固定系統
E	I	0.0	0.0	20.0
	II	2.6	0.0	10.5
	III	1.1	1.7	16.0
	IV	0.0	1.4	20.7
計	1.2	0.7	15.8	17.6
L	I	-	1.3	-
	II	3.2	0.0	22.6
	III	0.0	0.0	9.8
	IV	0.0	0.0	11.1
計	1.0	0.4	13.9	15.7

い「収2758」/「アキニシキ」の雑種集団を用いて、世代促進栽培を行ったF₄世代における出穂期に関する集団選抜が、F₅ならびにF₆世代の集団の出穂期ならびに稈長、穂長、穂数、玄米品質の変異に及ぼす効果を明らかにした。さらに、これらの形質に関して優れた組合せをもつ希望型の出現割合を調べた。

その結果、F₄世代における出穂期に関する集団選抜は、きわめて有効であり、また早生親「収2758」以上に早生の系統あるいは晩生親「アキニシキ」以上に晩生の系統は、遺伝的固定が早く、F₅ならびにF₆世代における遺伝的分離もほとんど認められなかった。一方、両親の中間の中生系統には、遺伝的に分離するものが多く、ヘテロ個体が維持されていることが分かった。

さらに、稈長、穂長、穂数、玄米品質の5つの形質を組合せた望ましい組換え型(希望型)の出現頻度は、初期世代における出穂期の固定系統よりは、後期世代まで出穂期の分離が見られる系統で高くなる傾向が見られた。このことから、出穂期などの遺伝率の高い形質に関して、初期世代に集団選抜を行うと、出穂期自体の遺伝的固定を促進するのみならず、これと相関関係の高い他の形質の遺伝的固定も早めることになり、希望型の出現の機会を失う恐れがある。したがって、出穂期などの遺伝率の高い形

質でも選抜を後期世代まで遅らせて、遺伝的に分離する系統を意識的に選択することにより遺伝的組換えを促し、理想的な組換え型の頻度を高めることができると考えられる。

香村(1983)は「日本晴」の育成を振り返り、育成の過程で固定が遅く、いもち病耐病性についても後期世代まで分離を示す系統は、おそらく系統育種法では初期世代に棄却されている可能性が大きいと述べている。そして、固定を促進し選抜効率の向上と育種年限の短縮を図ろうとする世代促進の目的には反するが、雑種集団内で起こる異型交雑と集団育種法による遅延選抜は、遺伝子の組換えの機会を増大し、新しい優良品種育成の可能性を高めていると指摘している。

以上のことから、育種年限の短縮と効率化のためには、世代促進栽培を活用した遺伝率の高い形質の選抜は有効であると考えられるが、形質間の連鎖が強く組換えの難しい形質間の連鎖を破るためには世代促進栽培によって雑種集団の世代を進め、遅延選抜を行うことが効率的と考えられる。

4. 倒伏と食味に対する施肥条件の影響

北陸地方に広く普及しているごく良食味品種「コシヒカリ」は、稈長が長く、穂長および穂数は中位で、草型は中間型であり、稈の太さは中位であるが、稈がやや柔らかく、倒伏に弱い欠点がある。このため、農家では施肥量を抑えた栽培が行われているが、土壌条件や気象条件によっては倒伏による減収や品質・食味低下が起こりやすい。今後の低コスト・省力化をめざす直播栽培では、とくに倒伏抵抗性の向上が望まれる。北陸地方における水稻の重要な育種目標として、倒伏抵抗性の強化に鋭意に取り組んでいるが、食味と倒伏抵抗性の優れた品種の育成には困難をきわめてきた。

「キヌヒカリ」や「どんとこい」の育成に見られるように、短稈化は耐倒伏性の向上において大きな効果をもたらした(上原, 2001)。これらの品種は「コシヒカリ」に匹敵する良食味で倒伏に強いことから、倒伏しやすい「コシヒカリ」の栽培が困難な地帯において普及が進んでいる。「キヌヒカリ」の短稈化には緑の革命に貢献した「IR 8」の半矮性遺伝子 *sd1-d* が用いられている。また、この「キヌヒカリ」を母本として「どんとこい」が育成された(上原ら,

1995)。この品種の短稈化にも *sd1-d* が関与していることが明らかにされている(Asano *et al.*, 2007)。

1995年に旧北陸農業試験場の育成による「どんとこい」は、短強稈、多収、良食味の品種として評価されている。しかし、この品種は倒伏抵抗性が強いことから窒素肥料の多用により倒伏を招いたり、高タンパク質化による品質・食味の低下を招いたりしている。そこで、「どんとこい」を多肥条件で栽培した場合の倒伏抵抗性と食味の変動について「コシヒカリ」を比較品種として調査した。

a) 材料および方法

供試品種としては「どんとこい」と「コシヒカリ」の2品種を用いた。1996年と1997年の2年間にわたり実験を行った。前作の窒素の残効の影響を除くため、両年では異なる圃場を使用した。播種は両年も4月9日とし、移植は1996年が5月16日、1997年が5月15日であった。緩効性肥料を用い基肥相当のLP30および穂肥相当のLPS100を全量基肥として施用した。栽植密度は30×18cm、一株苗数は3本、施肥水準(基肥+穂肥, kgN/10a)は、3+0区、3+3区、6+3区、6+6区(コシヒカリは1997年のみ)、12+6区の5水準とした。「コシヒカリ」の6+6区および12+6区には倒伏防止ネット(10×10cm目)を使用した。

調査形質は出穂期、稈長、倒伏程度、植物体の窒素吸収量、玄米および白米の窒素含有率、白米のアミロース含有率、炊飯米の食味とした。植物体の窒素吸収量、玄米および白米の窒素含有率はケルダール法、白米のアミロース含有率は脱脂精米粉をオートアナライザーで測定した。炊飯米の食味官能試験については食糧庁(現在の総合食料局)の食味試験実施要領に準じて実施し、1回の供試点数を4点から10点に点数を増やして行った。玄米は1.8mmの篩でふるった精玄米を用い、試験の1~2日前に小型精米機(サタケ・ワンパス)を用いて搗精歩合が約90%に設定して搗精した。精白米600gに760mlの水を加え、市販電気釜(NationalSR-MH10)を用いて炊飯し、パネラーは職員約30名に依頼した。

評価項目は、外観、香り、うま味、粘り、硬さ、および総合評価で、総合評価、外観、香り、うま味は+5(基準品種より極く優れる)~-5(極く劣る)の11段階、粘り、硬さは+3(極く強い、硬い)~-

3 (極く弱い, 柔い) の7段階で評価した. 食味官能試験の基準品種として, 1996年は慣行栽培の「ホウネンワセ」, 1997年は「コシヒカリ」の3+3区を用いた. 食味官能試験の結果については, 1996年に3回, 1997年に2回試験を繰り返し平均値で評価した.

b) 実験・調査の結果

① 施肥量と生育との関連

1996年は7月下旬から8月中旬までは平年並みの気温であったが, 8月中旬以降は例年に比べて低温で, 多照であったことから登熟には好条件となり多収の年であった. 1997年は例年に比べ早い7月中旬の梅雨明けとなり, 27日には台風9号の影響によるフェーン現象に見まわれるなど出穂期の前後は猛暑となったが, 9月に入ると長雨が続き, 気温はやや低めで, 日照は少なく, 収量は低下した年であった.

表Ⅲ-25に施肥量と生育特性との関係を示した. 「どんとこい」および「コシヒカリ」ともに, 施肥量の増加に伴い窒素吸収量が増加し, 稈長は伸びる傾向が認められた. 1996年に比べ1997年には, 施肥の少ない区で稈長が伸び, 窒素吸収量が高まる傾向が見られた. 「コシヒカリ」の倒伏程度は, 両年と

も3+3区で“少”~“中”程度であり, 6+3区では“甚”となった. 「どんとこい」は, 1996年の最多肥の12+6区でも倒伏せず, 1997年の12+6区では中程度の倒伏を示した.

玄米重に関しては, 両年とも「コシヒカリ」と比較して「どんとこい」がいずれの試験区でも多収であった.

② 施肥量と玄米・白米成分との関係

表Ⅲ-25に施肥量と玄米および白米の窒素含有率, および白米のアミロース含有率との関係を示した. 「どんとこい」および「コシヒカリ」ともに, 施肥量の増加に伴い, 玄米窒素含有率が増加した. 3+0区と12+6区の窒素含有率を比較すると, 「どんとこい」は「コシヒカリ」に比べて差異が小さく, 玄米の窒素含有率が増加しにくい傾向を示した. 施肥量の増加に伴うアミロース含有率の変化については, 両品種とも一定の傾向はなかった.

③ 施肥量と食味との関係

表Ⅲ-26には施肥量と食味の関係を示した. 2年間とも, 両品種は施肥量の増加に伴い, 食味の総合評価, 外観, 香り, うま味, 粘りは低下し, 硬さは増加する傾向を示した.

1996年の食味試験では, 食味が中程度の「ホウ

表Ⅲ-25 施肥量と生育特性, 玄米および白米の窒素含有率, および白米のアミロース含有率

年次	品種名	施肥水準	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度	窒素吸収量 (gN/m ²)	窒素含有率		アミロース 含有率(白米) (%)
								玄米 (%)	白米 (%)	
1996	どんとこい	3+0	8.10	70	54.5	0.0	7.6	1.00	0.88	19.7
		3+3	8.10	72	62.5	0.0	9.4	1.12	0.99	19.1
		6+3	8.10	77	70.9	0.0	11.3	1.14	1.05	19.3
		6+6	8.10	81	73.5	0.0	14.3	1.29	1.19	20.2
		12+6	8.11	88	74.2	0.0	17.3	1.38	1.27	20.2
	コシヒカリ	3+0	8.7	82	46.0	0.0	7.1	0.95	0.84	19.4
		3+3	8.7	94	57.9	2.0	10.4	1.10	0.98	19.0
		6+3	8.7	103	61.9	5.0	11.9	1.20	1.03	19.1
		6+6	8.9	107	67.4	支え*	-	1.42	1.35	18.5
		12+6	8.9	107	67.4	支え*	-	1.42	1.35	18.5
1997	どんとこい	3+0	8.9	77	59.1	0.0	9.3	1.11	1.00	21.1
		3+3	8.9	80	65.3	0.0	11.1	1.23	1.09	21.1
		6+3	8.9	85	62.9	1.7	11.7	1.25	1.16	20.0
		6+6	8.9	86	65.4	2.0	13.6	1.34	1.24	20.9
		12+6	8.9	88	65.5	3.0	16.4	1.39	1.26	19.8
	コシヒカリ	3+0	8.4	93	54.9	1.0	8.4	1.13	1.00	20.2
		3+3	8.5	98	57.1	3.0	11.7	1.31	1.21	21.2
		6+3	8.5	101	46.0	5.0	12.5	1.32	1.29	20.4
		6+6	8.6	105	57.6	支え*	14.4	1.44	1.36	19.8
		12+6	8.6	107	59.2	支え*	16.1	1.44	1.37	20.2

注) 1) 施肥水準は基肥(kgN/10a)+穂肥(kgN/10a)で示した. 1996年は「コシヒカリ」の6+6区は設けなかった.
 2) 倒伏程度は0(無)~5(甚)の6階級に分級した.
 3) 支え*: 倒伏防止ネットを使用した.
 4) アミロース含量の測定には脱脂精米粉を用いた.

表Ⅲ-26 施肥量と食味との関連

年次	品種名	施肥水準	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
1996	どんとこい	3+0	1.07**	1.10**	0.56**	0.95**	0.99**	-0.50**
		3+3	1.23**	0.83**	0.48**	0.93**	1.13**	-0.32**
		6+3	1.04**	0.81**	0.36**	0.87**	1.18**	-0.30*
		6+6	0.73**	0.46**	0.15	0.57**	0.97**	-0.06
		12+6	0.77**	0.42**	0.24**	0.54**	0.97**	-0.27**
	コシヒカリ	3+0	0.88**	0.57**	0.32**	0.68**	0.92**	-0.57**
		3+3	1.07**	0.86**	0.46**	0.92**	1.04**	-0.54**
		6+3	0.85**	0.76**	0.36**	0.70**	0.95**	-0.30**
		6+6	0.84**	0.50**	0.25**	0.55**	0.80**	-0.06
		12+6	0.84**	0.50**	0.25**	0.55**	0.80**	-0.06
1997	どんとこい	3+0	0.65**	0.48**	0.20*	0.56**	0.57**	-0.12
		3+3	0.40**	0.32**	0.13	0.30**	0.32**	-0.08
		6+3	0.50**	0.34**	0.17*	0.40**	0.49**	-0.32**
		6+6	0.19	0.14	0.07	0.08	0.20	-0.02
		12+6	0.13	0.20*	0.04	0.12	0.24*	0.01
	コシヒカリ	3+0	0.65**	0.51**	0.18*	0.57**	0.40**	-0.09
		3+3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		6+3	-0.08	-0.08	0.01	-0.16	0.17	0.05
		6+6	-0.47**	-0.25*	-0.03	-0.36**	-0.25*	0.18
		12+6	-0.51**	-0.15	-0.03	-0.35**	-0.33**	0.29**

注) 1) 総合評価, 外観, 香り, うま味は+5 (基準品種より極く優れる)~-5 (極く劣る)粘り, 硬さは+3 (極く強い, 硬い)~-3 (極く弱い, 柔い)に評価した.

2) *,**は t 検定の結果, 基準品種 (1996年は標準栽培した「ホウネンワセ」, 1997年は「コシヒカリ」の3+3区を用いた.)との差がそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す.

ネンワセ」を基準品種として用いたが, 最多肥区でも, 「コシヒカリ」と「どんとこい」の食味は「ホウネンワセ」に優り, これらの良食味品種は, 多肥栽培による食味の低下は少ないとみられた. しかし, この場合, 食味の劣る品種を基準に用いたために, 食味のよい品種の食味が過大に評価され, 食味の差異も検出しにくかった可能性がある.

c) 考察

今後の低コスト・省力化をめざす直播栽培では, 一層の倒伏抵抗性の向上が望まれるが, 倒伏抵抗性の強い品種が普及すると, 窒素質肥料の多投入が行われるようになり, 高タンパク質化に伴い, 食味の低下を招く. そこで本実験では, 「どんとこい」を極多肥条件で栽培した場合の倒伏抵抗性と食味の関係を調べ, 倒伏抵抗性の向上を目指した良食味品種の開発に関連する基礎知見を得ようとした.

施肥水準の向上に伴う倒伏の増加は, 「コシヒカリ」に比べると, 半矮性遺伝子*sd1-d*をもつ「どんとこい」では, はるかに少なく, 窒素質肥料に対する反応が鈍い耐肥性品種であった. また, 窒素質肥料の増施に伴う玄米中の窒素含有率の増加の仕方も, 「コシヒカリ」よりも「どんとこい」の方が緩やかで, 品質・食味低下への影響も少ないと考えられる. 実際, 多肥条件下で「どんとこい」の食味が低下しにくいことが確認できた.

総じて, 「コシヒカリ」に比較すると, 「どんとこ

い」には半矮性遺伝子を活用した短稈化により高い倒伏抵抗性が付与されているばかりでなく, 「コシヒカリ」と同等の食味をもち, 多肥条件下での食味の低下も少ないことが明らかとなった. この結果は, 遺伝資源を有効に活用する育種により, これまで困難とされてきた倒伏抵抗性と良食味を兼ね備えた品種の育成が可能であることが明らかになった. 日本のイネ育成地では, 「キヌヒカリ」, 「どんとこい」を母本として短強稈で良食味の品種や系統が育成されてきている (上原, 2001).

「コシヒカリ」に偏重した良質・良食味米生産基地としての北陸地方の水田稲作農業を建て直すには, 「どんとこい」のように「コシヒカリ」と同等の品質・食味をもち, 十分な倒伏抵抗性を備え直播栽培適性のある品種が不可欠であると考えられる.

5. 耐冷性育種素材の探索と開発

水稻の冷害は北海道や東北地方では頻繁に発生し大きな被害をもたらしているが, 北陸地方でも低温年には中山間地帯を中心に被害が発生する. 近年の気象変動に対応するため, 水稻育種では品種の耐冷性の一層の強化が重要性になってきている (上原, 1995). そのためには, 海外の遺伝資源を含め新しい育種素材を探索し有効活用することにより, 水稻の耐冷性を一層高めることが期待される. そこで, 本研究では海外から導入した遺伝資源の耐冷性評価

と耐冷性遺伝子をもつ中間母本の親能力に関する知見を得るために実験を行った。

1) 海外からの導入遺伝資源の耐冷性評価

a) 材料および方法

本研究は、旧青森県農業試験場藤坂支場（農林水産省水稻育種指定試験地）において、1992年および1993年に実施した。1992年、極強の耐冷性基準品種「中母35」並の耐冷性を持つとみられる中国雲南省品種20点およびネパール品種2品種、合せて22品種を供試し、比較品種として耐冷性中間母本系統「中母59」、「中間母本農8号」、「中母35」、日本品種「ハツコガネ」、「キタオウ」、「むつほまれ」、「ムツニシキ」、「オオトリ」、「レイメイ」、「ムツホナミ」、「ヒデコモチ」、「トドロキワセ」および「コシヒカリ」の13品種・系統を用い耐冷性の評価・選抜を行った。「中母59」は旧青森農業試験場藤坂支場において「北海PL3」と「中母35」の組合せから育成された系統である（上原ら、1993）。「北海PL3」は北海道農業試験場においてインドネシア原産の耐冷性品種「Silewah」に「北海241号」を戻し交配して育成された系統で、のちに「水稻中間母本農8号」として登録された。一方、「中母35」は藤坂支場において1980年の冷害の中で選抜された系統で、東北地方の早生熟期では、耐冷性極強の基準系統である。

耐冷性の検定は、上原（1995）が考案した恒温深水灌漑法により行った。すなわち、播種は4月中旬に、ビニルハウス内の畑苗代で行い、移植は5月下旬に、恒温深水検定圃場に播種密度34.7株/m²（24×12cm）、1株3本植えとし、1品種5株で2反

復とした。施肥量はN、P₂O₅、K₂O各成分量で1.0、1.8、1.1kg/aとした。極早生品種の幼穂形成期の7月上旬から晩生の穂揃期まで冷水掛け流しを行った。1993年にも同様な実験を行ったが、出穂期が大幅に遅れたため、7月5日から9月10日の68日間掛け流しをした。掛け流し用水の水温は、日中の最高水温を19.0℃に設定し、平均水温（1時間毎の水温の平均値）は18.6℃であった。出穂期と不稔歩合を調べた。不稔歩合は各品種・系統の株当たり2穂、合計10穂を採取し調査した。

b) 実験・調査の結果

1993年には北海道と東北地方では、移植後長期間にわたり低温・寡照となり、7月中旬から8月中旬にかけての幼穂伸長期間の極低温と寡照の影響により、障害不稔稲が発生した。この低温・寡照の影響により設定水温（19.0℃）より厳しい18.6℃で耐冷性検定が行われた。

表Ⅲ-27に1992年および1993年の耐冷性検定試験における出穂期および不稔歩合の平均値および年次間相関を示した。水温19.0℃による1992年の検定とさらに条件が厳しい1993年の検定とを比較すると、1993年には全品種・系統の出穂期の平均が9日の大幅な遅れとなり両年の出穂期の相関係数は0.811であることから、供試品種の出穂期が全体的に遅れたと言える。また、1993年における、不稔歩合が1992年に比べて32%増加し79%と著しく高くなった。

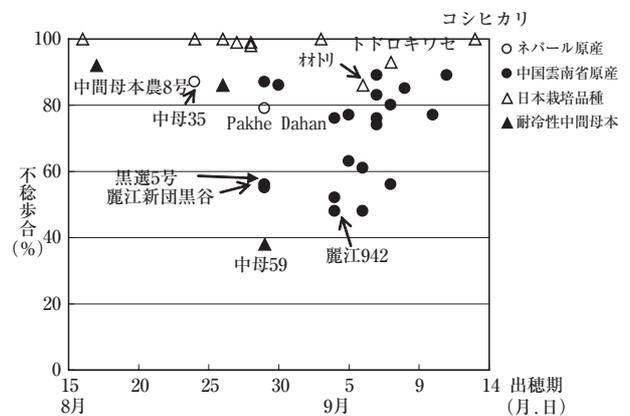
図Ⅲ-9に1993年における供試材料の出穂期と不稔歩合との関係を示とともに、写真Ⅲ-3に中国雲南省およびネパールの品種の稔実状況を示した。ネ

表Ⅲ-27 耐冷性検定試験における出穂期および不稔歩合の年次間相関

項目	1992年		1993年	
	出穂期	不稔歩合	出穂期	不稔歩合
出穂期 (1992年)	-	-0.29	0.811***	-0.43*
不稔歩合 (1992年)	-	-	-0.21	0.74***
出穂期 (1993年)	-	-	-	-0.24
平均値	8月23日	47.1%	9月1日	79.0%
標準偏差	5.85	24.23	6.42	17.50

注) 1) 恒温深水圃場における1992年(平均水温19.0℃)と1993年(同18.6℃)の結果である。

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



図Ⅲ-9 1993年の耐冷性検定における耐冷性遺伝資源の出穂期と不稔歩合

パールの品種の不稔歩合は、耐冷性の極強の基準品種「中母35」並か、それより低く、耐冷性の育種素材として有用とみられた。中国雲南省品種・系統の不稔歩合は「中母59」と「中母35」の間にあり、耐冷性が“極強”のものが多かった。とくに、「麗江新団黒谷」,「黒選5号」,「麗江942」などはとくに“極強”と評価された。一方、ネパールの「PakheDhan」は供試材料の中で出穂期が「レイメイ」並で早く、これまで耐冷性の遺伝資源として利

用されていないことから、新しい耐冷性遺伝子を同定できる可能性がある。

2) 高度耐冷性中間母本系統「中母59」の選定と耐冷性育種素材としての評価

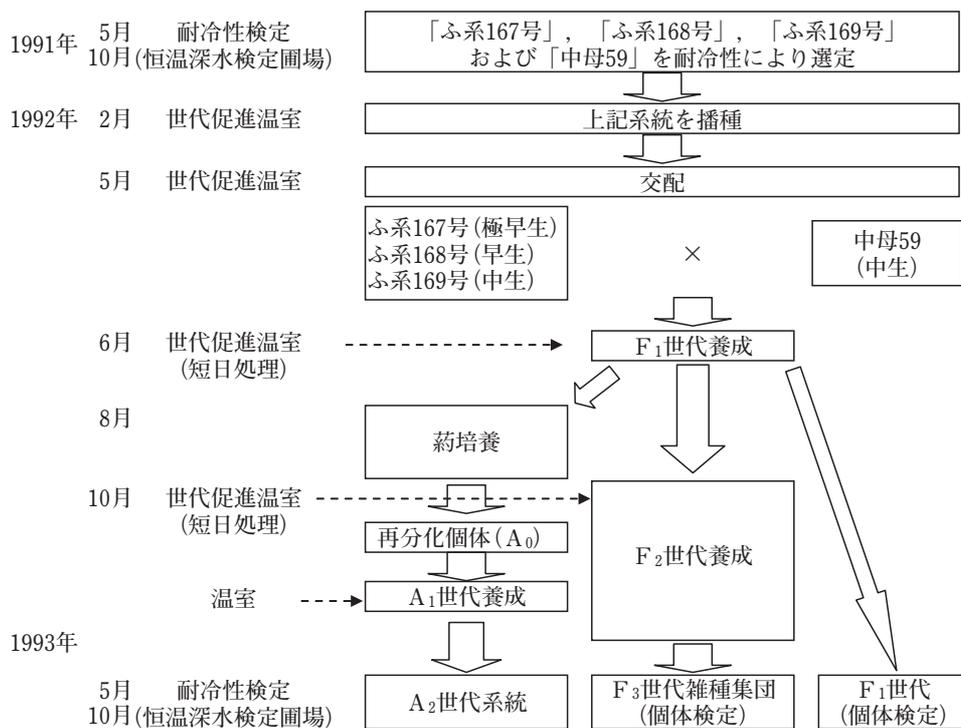
a) 材料および方法

実験1：旧青森県農業試験場藤坂支場（農林水産省水稲育種指定試験地）において、冷害年の1991年に実施した生産力検定試験において、障害型不稔の少ない「中母59」を選定し、1992年に標肥区および多肥区において生育および収量などを調査した。標準品種として「むつほまれ」（耐冷性：中）、比較品種として「ムツニシキ」（耐冷性：やや強）を用いた。耐冷性の検定は1991～1993年にわたり恒温深水検定圃場において上原（1995）の恒温深水灌漑法により実施した。

実験2：「中母59」を交配母本とする雑種集団を用いて耐冷性の遺伝を調べた。耐冷性が“極強”とみられる極早生の「ふ系167号」、早生の「ふ系168号」および中生の「ふ系169号」とともに「中母59」を1992年2月温室に播種した。これらの3系統はいずれも冷害年の1991年に耐冷性強く、諸特性が優れているとみられた系統で、「ふ系167号」の組合



写真Ⅲ-3 恒温深水検定圃場における耐冷性遺伝資源の稔実状況



図Ⅲ-10 「中母59」を交配母本とする雑種集団養成の流れ

せは「ゆきひかり/ハツコガネ」で、のちに「ユメコガネ」として命名・登録された（上原ら，1997）。「ふ系168号」の組合せは「ふ系115号/奥羽321号//ふ系140号（のちの「キタオウ）」で、のちに「はまゆたか」として命名・登録された（上原ら，1997）。「ふ系169号」の組合せは「東北135号/ふ系143号（のちの「ヤマウタ）」である。図Ⅲ-10に「中母59」を交配母本とする雑種集団養成の流れを示した。これらの系統と「中母59」の交配を5月に行い、6月初めにF₁種子を播種し、8月に蒔培養を行い、遺伝的固定を図った。

また、採種したF₂種子は温室に播種し世代促進栽培した。1993年には、F₁世代、蒔培養によるA₂世代の系統および世代促進栽培を行ったF₃世代の雑種集団の一部について、恒温深水灌漑法による耐冷性の検定を行った。F₃世代の個体検定は1株1本植えとし、各個体の上位5穂について不稔歩合を調査した。

b) 実験結果

実験1：1991年（冷害年）および1992年（平常年）における「中母59」の生育特性・収量を表Ⅲ-28に示した。「中母59」の出穂期は「むつほまれ」より3、

4日遅く、寒冷地北部では中生に属する。稈長および穂長は「むつほまれ」に比べて長く、穂数は多く、稈長は中程度で、草型は中間型であった。平常年の1992年には「中母59」の玄米重は多収品種の「むつほまれ」に比べて明らかに劣ったが、収量性としては「ムツニシキ」並である。冷害年の1991年には「むつほまれ」の玄米重が1992年の50%以下に減収したが、「中母59」の減収率は80%程度に留まった。「中母59」の玄米千粒重は「むつほまれ」に比べて2g程度重く、全品種平均で1991年は1992年に比べ2g程度低かった。「中母59」の玄米品質は光沢が劣り、色沢はやや濃く、腹白が発現し易く、「むつほまれ」に比べ明らかに劣った。

青森県の主力品種「むつほまれ」が冷害により大幅な減収となった1991年の生産力検定試験において、「中母59」は安定的な収量性を示した。したがって、「中母59」を高度耐冷性中間母本として選定し、交配母本としての利用の可能性について検討した。

表Ⅲ-29には、「中母59」の恒温深水法による障害型耐冷性評価結果を示した。1991年および1993年は「やませ」による低温が続いたため、検定のため

表Ⅲ-28 「中母59」の冷害年および平常年の生育特性と収量

年次	施肥水準	品種・系統名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	全重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	同左 比率 (%)	玄米 千粒重 (g)	玄米 品質 (1-9)
1992 (平常年)	標肥	中母59	8.12	78	16.0	506	170.6	65.1	89	24.2	7.7
		むつほまれ	8.9	71	16.1	472	170.4	73.4	100	22.0	4.0
		ムツニシキ	8.12	83	16.7	492	165.4	65.1	89	20.6	3.3
	多肥	中母59	8.13	81	16.3	572	190.5	69.9	95	23.3	7.3
		むつほまれ	8.10	79	15.8	534	185.9	73.9	100	21.4	4.5
		ムツニシキ	8.13	87	16.7	577	176.9	65.9	89	20.4	3.5
1991 (冷害年)	標肥	中母59	8.10	74	17.0	472	154.6	51.1	150	22.2	8.0
		むつほまれ	8.6	63	15.6	449	138.3	34.1	100	20.0	7.3
		ムツニシキ	8.12	72	15.9	478	133.8	37.7	111	19.3	4.0

表Ⅲ-29 高度耐冷性中間母本「中母59」の恒温深水法による障害型耐冷性評価

品種・系統名	1991年		1992年				1993年		判定 (基準)
	出穂期 (月・日)	不稔程度 (1-10)	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	
中母59	8.15	1.5	8.17	18.2	8.16	22.9	8.31	33.3	極強
水稻中間母本農8号	7.31	1.5	8.8	16.4	8.6	31.4	8.18	94.3	極強
中母35	8.8	5.8	8.13	32.5	8.13	59.6	8.29	86.6	(極強)
ヨネシロ	8.11	8.0	8.16	56.7	8.14	73.2	-	-	(強)
タツミモチ	-	-	-	-	-	-	8.28	97.8	(強)
ふ系94号	8.15	8.8	8.16	66.1	8.18	81.7	8.28	97.6	(やや強)
ムツニシキ	8.14	9.0	8.18	76.0	8.19	83.7	8.28	98.7	(やや強)
レイメイ	8.12	9.8	8.17	89.9	8.17	92.5	8.28	98.1	(中)
ムツホナミ	8.15	10.0	8.18	98.6	8.19	99.2	8.29	98.4	(やや弱)
処理日数	41日		46日		46日		68日		
平均水温	18.5℃		19.9℃		19.0℃		18.7℃		

注) 1991年は遠観で調査し、不稔程度1(不稔10%以下)~10(100%以下)で示した。

の変異を示し平均値は27.7%で、多くの個体が比較品種の「むつほまれ」や「ムツニシキ」より不稔歩合が低く、耐冷性が強いことが分かった。このように、「中母59」の雑種後代では、従来の耐冷性品種より耐冷性の強い個体の出現率が高いことから判断して、「中母59」は高度耐冷性を旨とする育種における有望な育種素材とみられる。なお、「中母59」は中生で出穂期がやや遅く、品質が劣り、収量性が十分でないなどを考慮して、育種に利用する必要があると考えられる。

3) 考察

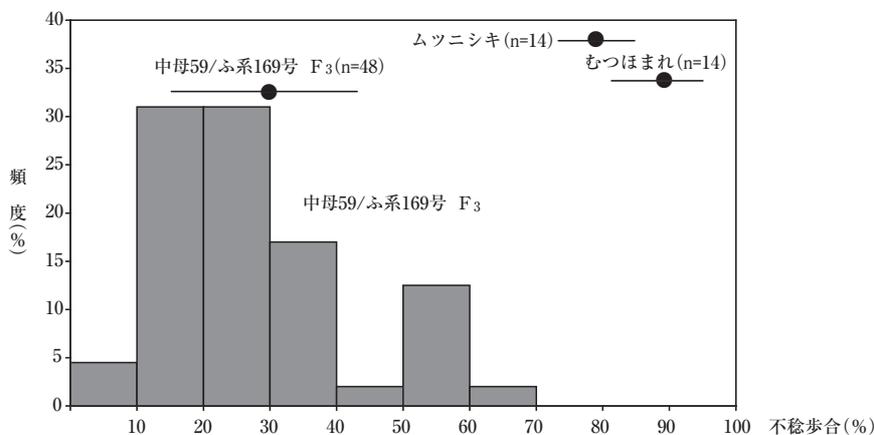
冷害に対する育種は、寒地の稲作の安定のために極めて重要であることは、1993年の大冷害にその例を見ることが出来る。わが国における水稲の冷害は障害型冷害（低温により正常な花粉が形成されず不稔となる冷害）と遅延型冷害に分けられる、障害型について今後の耐冷性育種を効率的に進めるためには、日本品種のみならず外国品種のもつ耐冷性遺伝子を探索し、積極的に利用する必要がある。

本研究では中国雲南省ならびにネパールから導入した品種について、著者が考案した恒温深水灌漑法を用いて耐冷性の評価を行った。その結果、従来の評価で耐冷性が“極強”とされる「中母35」、「トドロキワセ」および「コシヒカリ」と同等か、それより耐冷性が強い素材が見いだされた。中国雲南省から導入された品種は、1982年より中国雲南省農業科学院において開始された日中共同研究（内山田

ら、1980）により選定されたもので、出穂期が遅く長稈のものが多かった。したがって、これらの品種のもつ耐冷性遺伝子を利用するためには、日本種との戻し交配を伴う育種によって育種素材化を進める必要がある。一方、ネパール品種の中には、耐冷性が強く出穂の早い品種があった。とくに、「PakheDhan」は短稈であるがインディカであるため、育種素材化するために困難なことが多いが、従来の耐冷性育種で利用されていないので、新たな耐冷性遺伝資源として有望と考えられる。

インドネシアの「Silewah」の高度耐冷性遺伝子をもつ「水稲中間母本農8号」と「中母35」の雑種から育成された「中母59」の耐冷性は、この系統の熟期の近い品種の中で最も障害型耐冷性が強く“極強”とされてきた「中母35」より明らかに強いことが確認された。さらに「中母59」を母本とする雑種後代では、従来の耐冷性品種より耐冷性の強い個体の出現率が高かった。これらのことから、「中母59」は新たな耐冷性育種素材として極めて有望であると考えられる。

これらの外国品種の耐冷性遺伝子を取り入れた育種素材を活用し、耐冷性遺伝子を集積した品種が育成されれば、1993年の冷害時のように19.0℃を下回るような厳しい低温が長期間続いても、障害型冷害が軽減できるような品種・系統が育成でき、冷害常襲地帯の稲作の安定に寄与できると考えられる。



図Ⅲ-13 耐冷性中間母本系統「中母59」と「ふ系169号」との雑種F₃における不稔歩合の分離

注) 1) —●—は平均値±標準偏差を表す。

2) 「中母59」および「ふ系169号」の不稔歩合の平均値は14%および80%であった。

Ⅳ 北陸地方に適する水稲の新規形質品種の育成

わが国の米の消費量が低下し続けた結果、米の需要と供給のバランスを図ることが農政上の重要課題となった。そこで、水田利用再編対策の一環として、1981年から農林水産省の大型プロジェクト研究「超多収作物の開発と栽培技術の開発」(通称、逆7・5・3計画)が開始された。この研究では長期的な視点に立って、超多収の水稲品種の開発をめざした。しかし、第1期7年の研究が終了した時点で、研究計画の見直しが行われ、食の多様化に対応して1989年度からは「需要拡大のための新規形質作物の開発」(通称スーパーライス計画)(1989~1994年度)に衣替えし再出発することとなった(農林水産技術会議事務局, 1999)。

水田稲作農業への依存度が高く、水田転作物の導入や水田の畑転換が難しい北陸地方の水田稲作農業のサバイバル作戦として、スーパーライス計画に積極的に参画し、寒冷地南部に適応する新規形質を備えた品種の育成を開始した。低アミロース米、高アミロース米、香り米、着色米などの多様な新規形質をもつ遺伝資源を活用した育種を加速するために、既成品種や育成中の優良系統などとの交配を行い、それらの雑種後代から選抜を始めた。

その後、「画期的新品種の創出等による次世代稲作技術構築のための基盤的総合研究」のⅠ期(1995~1997年度)およびⅡ期(1998~2000年度)、作物対応研究「食料自給率向上のための21世紀の土地利用型農業確立を目指した品種育成と安定生産技術の総合的開発」(2001年度)の一部として育成を継続した。

本章では、北陸地方の水田稲作農業の再生と発展に寄与することが期待される従来にない巨大胚性、高・低アミロース性、低グルテリン性の新規特性を備えた水稲新品種の育成経過を述べるとともに育成品種の特性を明らかにし、新需要開発と関連づけて論考を加える。さらに、飼料用水稲品種および直播栽培向き安定多収・良質良食味品種の育成経過と育成品種の特性を明らかにし、普及と関連づけて論考を加える。

1. 巨大胚品種「めばえもち」の育成

米を主食とする私たちは玄米の胚乳に蓄積されたでんぷんなどを栄養源としている。このため、胚は搗精の過程で除去されることが多い。さらに、胚付米は炊飯米の食味を落とすこともあり、通常は胚をできるだけ除去できるような搗精が行われる。ところが、胚にはビタミン類などの微量栄養素や各種の健康によい機能性成分が含まれていることから、玄米食や胚芽付き米を好んで食べる趨勢が一部にはみられる。さらに、玄米の糠層や胚芽は油脂成分を多く含み米糠油の原料となる。

健康志向の高まりのなかで、玄米食や胚芽米に対する関心が高まり、一般の品種より胚が著しく大きい品種が注目されてきた。そこで、本研究では、人為突然変異により誘発された「巨大胚」(通常品種の数倍も大きい胚)をもつ系統に糯品種を交配し、巨大胚糯品種「めばえもち」の育成に成功したので、その育成方法とともに新たに育成された巨大胚糯品種の特性を解明する。

1) 育種目標の設定と交配母本の選定

近年における健康志向の高まりのなかで、植物油への消費ニーズが高まっているが、わが国で消費される植物油の大部分は輸入に頼っている。そこで、将来に向けた国産植物油の生産向上をねらい、米胚の活用を育種目標の一つとした。わが国では、植物油生産の中では米糠からの採油が大きな部分を占めるが、ナタネ、ゴマ、ラッカセイ、ダイズ等の油料作物に比べると、玄米中の含油率は極めて低い。

大村・佐藤(1981)によると、米の油は主として胚および糊粉層に含まれており、巨大胚突然変異の粒当たり含油量は正常胚品種・系統の1.25倍に達し、含油率では1.6倍の4%に達する。さらに、含油率を高める方策の一つとして小粒で一穂粒数を多くし、糊粉層の割合を高めることができるとしている。

Satoh and Omura(1981)は米の胚乳成分に関する新たな育種素材を開発する目的で、3種類の突然変異誘起剤、ethyl methanesul fonate(EMS)、ethylene imine(EI)、N-methyl-N-nitrosourea(NMU)を用いて、水稲品種「金南風」に種子浸漬

処理および受精卵処理を行い、もち性のほか曇り胚乳、粉質、巨大胚などの多様な変異体を得た。松尾ら（1987）によると、受精卵をNMUで処理して得られた劣性突然変異「巨大胚」に原品種「金南風」を1回戻し交雑し育成した系統「EM-40」と「金南風」とを比較したところ、「EM-40」の玄米千粒重は20.18gと「金南風」の22.28gより軽かったが、胚は長さや幅が大きく胚重が2.6倍に達し、玄米の含油量は通常品種が2.6%であるのに対して巨大胚では3.91%と高くなっていた。巨大胚性を支配する遺伝子は、第7染色体上に座乗する劣性遺伝子 ge であることが明らかにされている（矢野ら、1980）。

そこで、米の需要拡大に向け、新たな玄米特性を持つ品種を育成する観点から巨大胚を利用するために「EM-40」を選定し、寒冷地向きの品種育成を開始した。図IV-1に示したとおり「EM-40」は「金南風」のNMU処理により誘発された巨大胚変異系統に「金南風」戻し交配して育成された。「金南風」は1948年に愛知県農業試験場（現在の愛知県農業総合試験場）において育成された多収性品種であり、「日本晴」に比べ出穂期は20日程遅く、稈長は5cm程短く、穂数はやや多く草型は偏穂数型であり、1960年代に温暖地を中心として広く作付けされた品種である（香村、1984）。

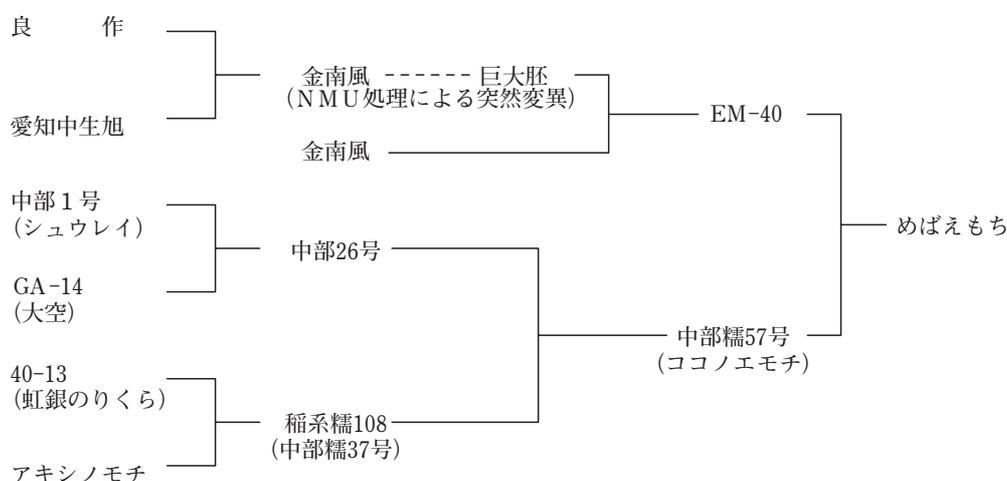
本突然変異系統「EM-40」を母本として寒冷地に適応した巨大胚品種を育成するには、早熟化とともに、いもち病抵抗性、倒伏抵抗性、耐冷性などの

栽培特性の改善が必要である。そこで、交配父本として早生の晩・短稈で倒伏に強く、いもち病抵抗性および耐冷性に強い「中部糯57号」を選定した。「中部糯57号」は1988年に「ココノエモチ」として命名・登録された愛知県農業総合試験場・山間農業研究所において育成されたもち品種で、赤褐色の稈先色があることから（赤間ら、1988）、栽培特性の改善とともに用途拡大にも期待がかけられ、稈先色による品種の識別性にも優れていた。

2) 交配および育成経過

(1) 交配, F_1 養成ならびに F_2 種子採種

1988年に「EM-40」は九州大学農学部、「中部糯57号」は愛知県農業総合試験場・山間農業研究所から種子の分譲を受けた。種子は定法により消毒、催芽したのち育苗箱（共立式中育苗箱）に4月中旬に播種し、苗代に箱を並べラブリットシートで被覆しビニルトンネルを張って栽培した。5月中旬に中央農業総合研究センター・北陸研究センター（旧北陸農業試験場）の本場本田（新潟県上越市稲田）に30×18cmの間隔で1株1本ずつ移植し慣行法により栽培した。「EM-40」は6月中旬に圃場からワグネルポット（1/5,000a）に株上げし肥培管理した。その後、両品種の開花期を一致させるために福家（1931）の方法に基づいて短日処理開始日を決め、「EM-40」を短日処理室において8時間日長で栽培管理し出穂を促進させた。7月下旬には両品種の出穂・開花した。そこで、表IV-1に示したとおり



図IV-1 「めばえもち」の系譜

「EM40」を母本とし「中部糯57号」を父本として温湯除雄法により人工交配を行い、98粒の交配 (F₁) 種子を得た。この交配組合せを「上交88-42」と名付けた。

1989年には交配種子を定法により消毒、催芽したのち育苗箱 (共立式中育苗箱) に4月中旬に播種し、苗代に育苗箱を並べてラブリットシートで被覆しビニルトンネル内で栽培した。5月中旬に本田に30×18cmの間隔で1株1本ずつ移植し、慣行法で栽培した。栽植株数は表IV-1に示す通り50株であり、栽培中には自殖個体や異種株の混入の無いことを確認した。成熟後個体ごとに株を結束し地際から刈り取り網室内で乾燥させた。冬期間に個体ごとに生育を調査し、改めて異株の混入がないことを確認した後、F₂種子を採種した。

F₁世代の本田における出穂期は8月15日で晩生であった。また、室内における個体調査では稈長は75cmの“中稈”，穂長は20.4cmで“やや長穂”，1株穂数14本，1株穂重25g，稔実率94.1%で良好な生育であった。

(2) F₂ と F₃ 世代の雑種集団の養成

F₂とF₃世代の雑種集団は温室を利用した年2回の栽培により世代促進を行った。1990年2月にF₂種子を定法により消毒し催芽したのち、最低温度が20℃以下にならないように設定した世代促進温室の水槽内に配列した育苗箱 (60×34×6.5cm, プラスチック製) に播種した。育苗には市販の培養土を用い、基肥として育苗箱当り尿素化成 (15-15-15 : N, P, K成分%) を5g施用した。育苗箱当り約10gの種子を散播し、ピンセットで均等に分散配置したのち覆土した。播種した種子量は50gで栽植個体数は約2,000個体とした。成熟期の5月下旬に集団で刈り取り乾燥して脱穀した。F₃世代の精選種子を123gを得ることができた。収穫したF₃種子を乾燥により休眠打破した後、1990年9月初旬に世代促進温室で上記と同様な方法で播種した。播種種子量は100gとし、栽植個体数は約4,000個体とした。成熟期の12月下旬に集団で刈り取り、乾燥後脱穀してF₄世代の種子を得た。なお、同年F₂世代の雑種集団を本田で小規模に栽培して、全体としての形質分離の状況などを観察した結果、早生から晩生までの広範な変異が見られ、巨大胚や糯などの個体も認められた。

(3) F₄ 世代における個体選抜

1991年4月中旬にはF₄世代の種子を定法により消毒し催芽したのち、育苗箱に1穴1粒ずつ播種し、苗代に育苗箱を並べラブリットシートで被覆しビニルトンネル内で肥培管理した。5月21～23日に中央農業総合研究センター・北陸研究センターの明治圃場 (新潟県上越市頸城区上増田) に30×18cmの間隔で1株1本ずつ移植した。栽植個体数は約3,000個体であった。施肥は基肥のみとし、尿素化成 (15-15-15) を用い、N, P₂O₅, K₂O各成分量で5 kg/10a相当を施用した。

総じて倒伏あるいは脱粒しやすい個体が多く、草型の良い個体は少なかった。しかしながら、脱粒性が難で草型の良い94個体を圃場で選抜し、地際から刈り取り、網室で吊り下げて乾燥させた。選抜株の一部の籾を脱稃して玄米を調査し、巨大胚でもち性を示し、両形質に関して分離が認められず遺伝的に固定したとみられる52個体を選抜した。

(4) F₅ 世代以降における系統選抜

1992～1994年 (F₅～F₇世代) は明治圃場、1995年 (F₈世代) 以降は本場 (新潟県上越市稲田) において系統栽培によって選抜と固定を進めた。系統種子は定法により育苗した。系統の栽培は (36+8 cm)×18cmの二条植えで1株1本植えとし、明治圃場では系統当たり約60個体、本場では系統当たり50個体を栽植した。施肥は基肥のみとし、尿素化成 (15-15-15) を用いてN, P₂O₅, K₂O各成分量で5 kg/10aを施用した。なお、病害虫の防除はとくに行わなかった。

世代ごとに栽植および選抜した系統群数、系統数、個体数を表IV-1に示した。系統には栽植年ごとに系統番号を付した。図IV-2には系統の選抜経過を系統番号とともに示した。1992年 (F₅世代) には、系2578～系2634の間に比較品種を挟み52系統を栽植し、系2583をはじめとする10系統を選定し、各系統内の7個体を選抜した。それらの選抜個体の一部の籾を脱稃して玄米品質を調査し、良質な5個体に絞り込んだ。翌1993年 (F₆世代) には、前年選抜した個体を1系統とし、5系統で1系統群を構成した。

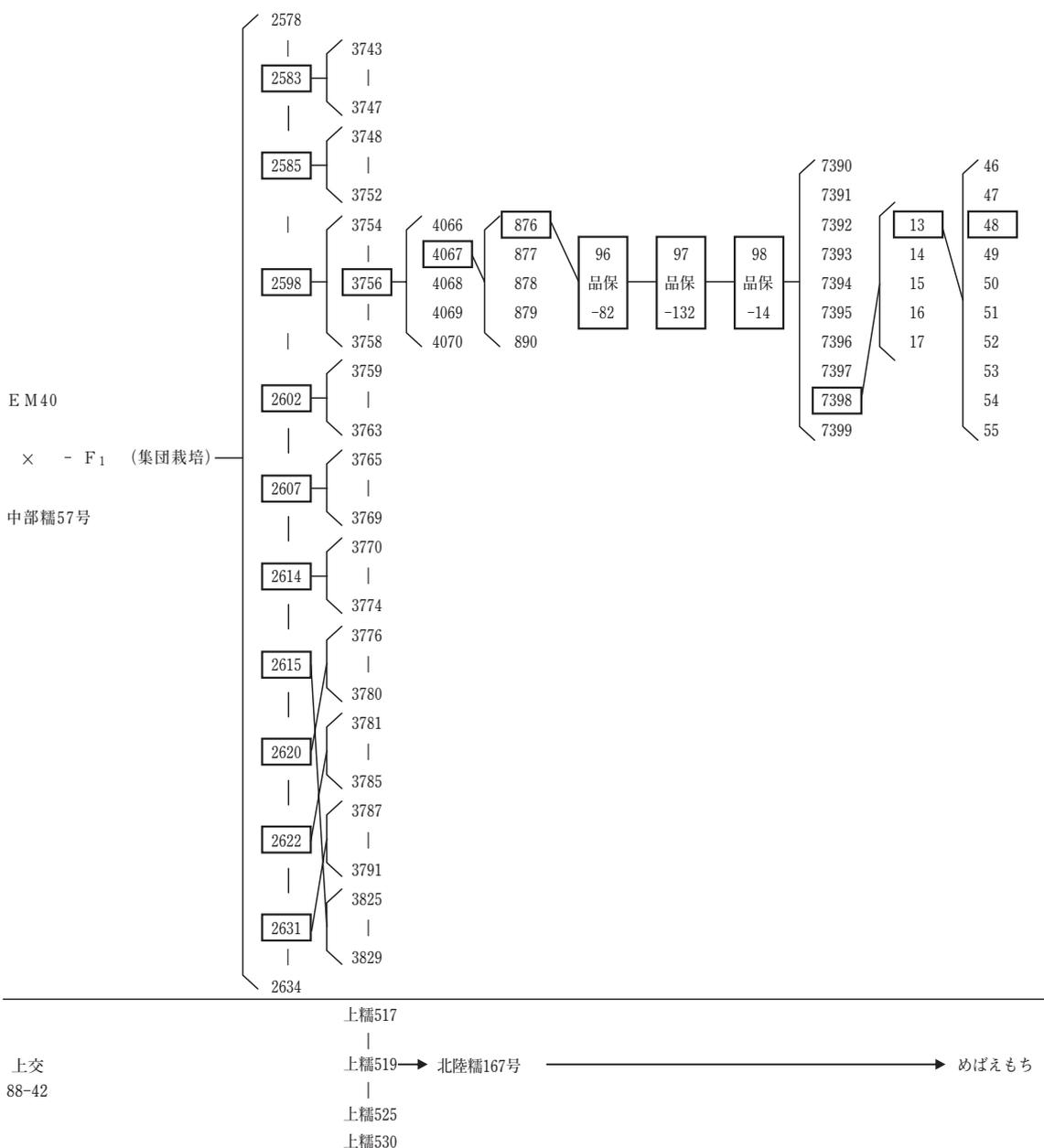
「めばえもち」となる系統はF₅世代では系2598、F₆世代では系3754～3758であり、その中から系3756が選抜された。F₅世代で選抜した10系統はF₆

表IV-1 「めばえもち」の育成経過

年次 世代	1988	1989	1990		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄
栽 植	系統群数						10	1	1	1	1	1	1	1	1
	系統数					52	50	5	5	1	1	5	10	5	10
	個体数	(98粒)	50	2,000	4,000	3000	60*	60*	60*	50*	50*	50*	50*	50*	50*
選 抜	系統群数						1	1	1	1	1	1	1	1	1
	系統数					10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	個体数					52	50	5	5	1	1	10	5	10	10
配 布 数	特性検定試験							7	1					1	6
	奨励品種決定調査							6	1						
	現地実証圃設置													2	3
備 考	上交88-42						上糯519北陸糯167号						めばえもち		

注) * : 系統当たりの個体数.

1988	1989	1990		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄



図IV-2 「めばえもち」の育成経過

世代では10系統群として養成する一方、系統栽培に用いた残りの種子を混合して、「上糯517~525」および「上糯530」の系統番号を付し、生産力検定試験および特性検定試験に供試した。これらの中で生産力検定試験および特性検定試験の成績が良好な「上糯519」を選抜した。

この選抜系統は1994年のF₇世代より「北陸糯167号」の系統名でいくつかの府県に配付し、奨励品種決定調査などに供試した。しかし、巨大胚糯の活用法が定かでなく、系統配布の要望がなかったため、その後配付を中断し、1996~1998年 (F₉~F₁₁世代) は単独系統として保存栽培を継続した。

(5) 新品種登録

巨大胚玄米の機能性成分に対する関心の高まりとともに生産団体等から系統配布の要望が出されるに至った。そこで、1999年 (F₁₂世代) より生産力検定試験などを再開するとともに、普及見込み地帯における現地試験を行った。その結果、発芽玄米餅などの健康食品へ利用が見込まれる「巨大胚糯種」としての特性が評価され、2002年に「水稻農林糯383号」に登録され、発芽玄米が健康に恵みをもたらすことをイメージして「めばえもち」と命名された。

(6) 新品種の固定度

2001年には「めばえもち」の系統群 (系46~55) の10系統と比較品種、「ヒメノモチ」、「ココノエモチ」、「こがねもち」について出穂始、出穂期、出穂揃を調査し、成熟期には各系統内の40個体について稈長、穂長、穂数を調査した。出穂始は系統内個体の約5%の個体が出穂した日、出穂期は40~

50%の個体が出穂した日、出穂揃は80~90%の個体が出穂した日とした。稈長および穂長は主程について調査した。

表IV-2に示したとおり「めばえもち」の出穂期、穂揃、稈長、穂長、穂数については系統間に有意差はなく、稈長、穂長、穂数の系統内変異に関しても比較品種「こがねもち」との間に有意な差異はなかった。このことから、F₁₄世代の各形質とも実用的に支障のない程度に遺伝的に固定しているものと認められた。

3) 品種特性の評価と解析

a) 材料および方法

① 生産力検定試験

系統栽培の残余種子を供試して、1993年のF₆世代以降は「上糯519」の配布系統名で、さらに、1994年のF₇世代以降は「北陸糯167号」の地方系統名で生産力検定試験を実施した。水田本田圃場への移植は30×18cm (18.5株/m²) の栽植密度で行い、1株3~4本植えとした。本田には10a当たり堆肥1,200kg、珪カル160kg、熔燐40kgを施用するとともに、標肥区は基肥としてN、P₂O₅、K₂O各成分量で10a当たり4kg、追肥はNおよびK₂O成分量で10a当たり2kgおよび2.7kgを施し、多肥区は基肥としてN、P₂O₅、K₂O各成分量で6kg/10a、追肥はNおよびK₂O成分量で10a当たりそれぞれ3kgと4.1kgを施用した。

予備試験は2反復、本試験は3反復の乱塊法で行い1区面積は5m²とした。移植後の栽培管理は慣行法によって行い、中期除草、イネミズゾウムシ

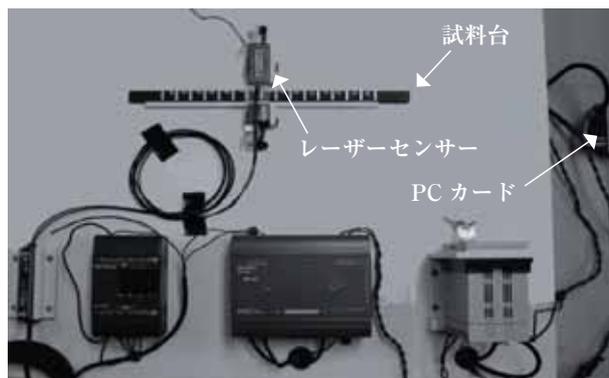
表IV-2 「めばえもち」の遺伝的固定度評価

品種名	系統 番号	出穂始 (月.日)	出穂期 (月.日)	出穂揃 (月.日)	穂揃 日数 (日)	稈長 (cm)		穂長 (cm)		穂数 (本/株)	
						平均値± 標準偏差	変動 係数 (%)	平均値± 標準偏差	変動 係数 (%)	平均値± 標準偏差	変動 係数 (%)
ヒメノモチ	45	7.21	7.22	7.23	2	78.0±3.6	4.6	20.2±1.3	6.5	14.1±2.9	20.2
	46	7.28	7.29	7.31	3	75.8±3.4	4.5	19.1±1.0	5.1	18.9±4.2	22.0
	47	7.27	7.28	7.29	2	75.2±3.5	4.7	19.5±0.9	4.7	18.6±4.4	23.4
	48	7.27	7.28	7.29	2	75.1±2.6	3.4	19.0±1.2	6.1	19.4±4.2	21.9
	49	7.27	7.28	7.30	3	73.7±2.9	3.9	19.4±1.2	5.9	19.0±4.3	23.8
	50	7.26	7.27	7.28	3	72.7±2.9	3.9	19.1±1.2	6.1	20.0±4.2	20.7
	51	7.26	7.27	7.28	2	69.1±2.6	3.7	18.9±1.4	7.6	18.7±3.4	17.9
	52	7.25	7.26	7.27	2	68.4±2.9	4.2	19.5±1.4	7.0	19.1±3.7	19.2
	53	7.26	7.27	7.28	2	70.8±3.2	4.5	19.3±1.2	6.2	19.1±4.8	25.4
	54	7.27	7.28	7.29	2	71.4±3.4	4.7	19.5±1.2	5.9	19.1±4.3	22.6
55	7.26	7.27	7.28	2	71.9±2.9	4.0	19.1±1.2	6.3	20.1±5.3	26.2	
ココノエモチ	57	7.26	7.27	7.28	2	77.3±3.3	4.3	19.8±0.9	4.7	17.9±2.8	15.4
こがねもち	58	7.26	7.27	7.28	2	88.7±3.2	3.6	17.5±1.0	5.7	16.1±4.0	25.0

注) □は選抜系統を示す。



写真IV-1 玄米の粒長・幅測定顕微鏡



写真IV-2 玄米粒厚計測システム

防除、いもち病防除、イナゴ防除、メイ虫防除、紋枯病防除のための薬剤散布を行った。また、雀害を防ぐために防鳥網を設置した。

移植時には苗丈（短～長）、葉色（淡～濃）、葉身形状（立～垂）など、移植後にも草丈、葉色、葉身形状、生育量、葉いもち、出穂期などを観察により調査した。成熟期には稈長、穂長、穂数について各区より中庸の10株を選定して調査した。また、倒伏程度、下葉枯上程度、穂いもちや紋枯病などの被害の程度（無～甚）を観察により調査した。成熟期には区ごとに60株を刈り取り（3.24m²）、風乾した稲株の全重を測定したのち脱穀・粳摺し、玄米重と屑米重を測定した。同時に玄米の水分含有率を測定した。さらに、縦目篩1.8mmで篩別して得られる精玄米の1,000粒の重さを測定した。なお、精玄米重は水分含有率15%相当に換算した。

② 玄米特性の解明

玄米の粒長、粒幅および粒厚は2001年の生産力検定試験で収穫された精玄米をランダムに20粒を抽出し3反復で測定した。測定には測定顕微鏡（ミットヨ製MF-510TH型）を用いた（写真IV-1）。本機器は精密機器の製造過程でも使用されていて、投影画像を正確に短時間で測定することができ、測定データを直接パソコンに収録可能である。粒厚は新たに試作された玄米粒厚計測システム（笹原ら、2000）を用いて測定した（写真IV-2）。本システムは超小型デジタルレーザーセンサー、PCカード型データ収録システムおよびデータ取り込み用パソコンで構成されている。試料台に玄米を1粒ずつ載せ、ルールに沿ってレーザーセンサーを通過させることによって連続的に測定可能である。玄米の粒厚分布の測定には、生産力検定試験で収穫された玄米

200gを縦目篩選別機で7分間選別し、篩目毎に採取された玄米重と粒数を3反復で計測した。生産力検定試験で収穫された玄米の外観品質は、1（上上）～9（下下）の9段階、玄米の光沢は3（小）～7（大）の5段階で評価した。玄米の色沢は3（淡）～7（濃）の5段階で示した。

搗精試験には2001年の生産力検定試験標肥区の玄米100gを供試し、搗精に先だって米麦水分計（Kettライスタm）を用いて玄米の水分含有率と白度計（Kett C-300）を用いて白度を測定したのち、全国で統一的使用している試験用搗精機（Kett TP-2型）を使用した。搗精時間は40秒から10秒刻みで70秒までに分け、搗精の難易により適切な時間を判定して3回ずつ搗精した。搗精後、糠を篩い分け白米は碎米と分別回収し重量を測定した。白米の白度は白度計（Kett C-300）を用いて2反復で測定し、胚芽残存歩合は白米100粒について鏡付きの検定皿を用いて3反復で調査した。

搗精試験で得られた糠を材料とし、篩網を用い胚芽の回収量を測定した。胚芽の回収には電磁式ふるい振とう器（Retsch AS200型）を用い、振幅2.0mmで3分間振った。なお、篩は平織のものを用いた。

③ いもち病抵抗性推定遺伝子型の推定

いもち病真性抵抗性の遺伝子型の推定のための検定は、山田（1973）ならびに田村ら（1995）の噴霧接種法により行った。検定材料の育苗にあたっては、中苗苗代配合（6-8-6）をN成分4g/箱を混合した市販の育苗培養土を詰めたプラスチック製育苗箱（60×30×5cm）に催芽した粳を区毎に10粒宛播種し、試験は4月中旬にガラス室内で行い3反復とした。判別品種として「新2号」（+）、「愛知旭」（Pia）、「石狩白毛」（Pii）、「関東51号」（Pik）、「ツ

ユアケ」(*Pik-m*), 「フクニシキ」(*Piz*), 「ヤシロモチ」(*Pita*), 「Pi No.4」(*Pita-2*), 「とりで1号」(*Piz-t*), 「BL1」(*Pib*), 「K59」(*Pit*), 「K60」(*Pik-p*)を併せて播種した. いもち病菌の接種菌株はKyu89-246(レース:003), 新83-34(レース:005), 稲86-137(レース:007)とし, 北陸研究センターの病害研究室から分譲を受けた. これらのいもち病菌株は定法(古田・関口, 1967)により培養し, 播種後約1月後葉令が3葉期に達した時期に孢子懸濁液を噴霧接種した. 接種後は接種箱(室温25℃, 室外温度23℃, 湿度100%)に一晩, 約15時間入れ, その後はガラス室内で発病を促した. 調査は接種後7日目に病斑形成の確認後, 中央部が白色または灰色の進展型の罹病性病斑(S型病斑), および褐色で止まり型の抵抗性病斑(R型病斑)の有無を調査した. 判断がつかない病斑を持つ材料については数日後に再調査を行った.

④ 葉いもち圃場抵抗性の検定

葉いもち圃場抵抗性の検定は本場水田を畑地化した検定圃に一般栽培より約2月遅れて6月上旬に播種することにより発病を促し, 畑苗代における圃場抵抗性検定(山口, 1980)のための改良畑晩播法(東・小綿, 1995)により行った. 圃場内に土を盛って短冊(46×1.05m=48.3m²)を作り, 10cm間隔で播種溝を作り, 短冊の通路側両サイドと中央にスプレダー用罹病性品種の播種溝を設け, その両側に検定系統を配置した. 品種・系統当たり2g(約100粒)の催芽種子を片側の30cm溝に播種した. いずれのいもち病菌系にも罹病する「蒙古稲」あるいは「コシヒカリ」を検定材料の周りに密播し発病を

促した. 検定材料20系統毎に圃場抵抗性の比較品種として「トヨニシキ」(強), 「日本晴」(中), 「コシヒカリ」(弱)を配置した. 基肥として硫安(21%)をアール当たり換算でN成分を2kg, 過石(17.5%)をP₂O₅成分で0.8kg/a, 追肥として硫安をa当たり換算でN成分を0.5kg発病の状況によって2~3回施用した. 発病が少なく調査が長期間に及ぶ年には, さらに尿素(N:46%)をN成分で1.5kg/a施用した. 播種後はダイアジノン粒剤を散布したのち覆土し, 陸稲用の除草剤を散布し防鳥網を設置した. 圃場の周囲には防風ネットを張り発病し易い条件を作った.

これとは別に感染源を作成するために5月上旬に「コシヒカリ」をビニルハウス内に播種し, 多肥条件で密植栽培した. 3葉期頃に, いもち病菌系稲86-137(レース:007)を噴霧接種して発病させた. 検定材料が3葉期に達する6月下旬頃に長時間結露していもち病が感染しやすい気象条件の日に, 感染源となる罹病葉を細断して検定圃場に散布した. 罹病葉散布後は1日2回(昼, 夕)のスプリンクラー散水により発病を促した.

葉いもちの調査は全国統一の葉いもち特性検定試験調査基準(表IV-3)に基づいて行い, 発病程度(指数)を0~10の11段階に分けて評価した. 調査は発病の初期から枯死に至るまでの間に3, 4回に分けて行い, 発病指数の平均値で評価した. 発病程度の判定は20系統おきに配置した三つの標準品種の発病指数を基準として行った.

⑤ 穂いもち圃場抵抗性の検定

穂いもち圃場抵抗性の検定は本場の水田の検定圃

表IV-3 畑苗代における葉いもち調査基準(浅賀, 1976)

発病程度	発病状況の概要	病斑面積率(%)	
		a	b
0	罹病性病斑が全く認められない	0	(0.4)
1	罹病性病斑がわずかに認められる(微)	1	1
2	罹病性病斑がわずかに認められる(少)	2	2
3	罹病性病斑が一見して認められる(中)	5	5
4	罹病性病斑が一見して認められる(多)	10	11
5	罹病性病斑が多く, 枯死葉がわずかに認められる	20	23
6	一見して枯死葉が認められる(少)	40	41
7	一見して枯死葉が認められる(中)	60	62
8	一見して枯死葉が認められる(多)	80	79
9	枯死葉の程度が著しい(甚)	90	90
10	全茎葉枯死	100	(96)

注) 1) 病斑面積率のa欄は各階級の病斑面積率の代表値. b欄は計算によって得られた近似値.
2) 調査は1条全体について達観調査を行うものとする.

表IV-4 穂いもち特性検定試験調査基準

発病程度 (指数)	発病状況の概要	罹病初率 (%)
0	罹病を認められない	0
1	枝梗いもちがわずかに認められる(微)	1
2	枝梗いもちが一見して認められる(少)	2
3	枝梗いもちが中程度に認められる(中)	5
4	枝梗いもちが多, あるいは穂首いもちがわずかに認められる	10
5	穂首いもちが(少程度)一見して認められる	20
6	枯死葉が中程度に認められる	40
7	枯死葉が多く認められる	60
8	枯死葉が甚だしく認められる	80
9	ほとんどの穂が罹病する	90
10	全穂首いもちに罹病する	100

場に一般栽培より約1月遅らせて移植し、出穂期の高温により穂いもちが発病しにくい時期より出穂期を遅らせて発病を促進して検定を行った。播種は5月上旬に行い、生産力検定試験に準じて播種・育苗した。移植は6月上旬に行い、栽植密度は30×18cm (18.5株/m²) とし、区当たり10株3～4本植えとした。検定材料の前後に罹病性品種「キヌヒカリ」を2株ずつ栽植した。施肥は基肥としてN, P₂O₅, K₂O成分量で5kg/10a, 追肥は根付肥としてN, P₂O₅, K₂O成分量2kg/10aを施用し、さらに、発病促進のために硫安(21%)をN成分で3kg/10a相当ずつ2回施用した。7月中旬には、葉いもちの罹病苗を「キヌヒカリ」の間に移植し、検定圃場の周囲は防風ネットで覆い、8月上旬より降雨の無い日の夕方に1～2時間散水し感染を促した。

穂いもちの発病調査は成熟期に試験区(1区10株)の株ごとに全国統一の穂いもち特性検定試験調査基準(表IV-4)に基づき、0(無発病)～10(激甚)の11段階に分けて発病程度(指数)を調査した。評価は発病程度の3反復平均を「こがねもち」などの出穂期の近い比較品種と対比して行った。

⑥ 穂発芽性の検定

成熟期に各区の3株から1穂ずつ採取し、5℃で保存した。穂発芽の検定は室温28℃、湿度100%に調節した穂発芽検定器内に穂を置床して行った。置床1週間後に発芽と発根の程度を調査した。穂発芽性の評価は「コシヒカリ」, 「トドロキワセ」, 「ホウネンワセ」, 「日本晴」, および「トヨニシキ」の発芽・発根程度をそれぞれ3, 4, 5, 6, 7とし、これらとの対比により極難(2), 難(3), やや難(4), 中(5), やや易(6), 易(7), 極易(8)の7段階に分けて行った。

⑦ 障害型耐冷性の検定

障害型耐冷性の検定は明治圃場の耐冷性検定圃場において、恒温深水灌漑法(上原, 1995)により行った。播種は4月上旬とし、生産力検定試験に準じて共立式中育苗苗箱を使用し育苗した。移植は5月下旬とし、栽植密度は30×18cm (18.5株/m²) とし、区当たり5株1本手植えとした。施肥は基肥のみとし、N, P₂O₅, K₂O成分量で5kg/10a施用した。比較品種として極早生・早生では「トドロキワセ」(極強), 「レイメイ」(中), 「アキヒカリ」(やや弱), 中生・晩生では「コシヒカリ」(極強), 「大空」(やや強), 「サチミノリ」(弱)を供試した。冷水掛け流し処理は水温が19℃程度に調節した井戸水を用い、水深を20cm程度として昼夜掛け流し法で極早生品種の幼穂形成期にあたる7月上旬から晩生の出穂始期にあたる8月中旬まで継続した。

検定圃場では出穂期を調査するとともに不稔程度を肉眼観察により調査した。成熟後各区から最長稈の穂を5穂採取して不稔歩合を調査した。障害型耐冷性の評価は出穂期の近い比較品種の不稔歩合との対比で行った。検定圃場の位置により水温に差が生じ比較品種の不稔歩合が変動したため、熟期ごとの基準品種の不稔歩合をもとに栽植位置を考慮して検定材料の耐冷性を評価した。

⑧ 配布先における病害および障害抵抗性の評価

葉いもち圃場抵抗性, 穂いもち圃場抵抗性, 白葉枯病圃場抵抗性, 縞葉枯病抵抗性, 穂発芽性, 障害型耐冷性, 幼苗期耐冷性の検定を農林水産省の水稻特性検定試験地, 農林水産省の水稻育種研究室および指定試験地に依頼して実施した。特性評価の検定試験は各試験研究機関の慣行法に基づいて実施した。

表IV-5 「めばえもち」の特性 (育成地, 2001年)

品種名	移植時			止葉の		稈		芒		芒または 稈先色	穎色	粒着 密度	脱粒 難易	稈糯 の別
	苗丈	葉色	葉身形状	直立	細太	剛柔	多少	長短						
めばえもち	中	中	やや垂	やや立	中	中	稀	短	赤褐	黄白	やや疎	やや難	糯	
こがねもち	やや長	やや淡	やや垂	垂	やや太	中	稀	短	褐	黄白	やや密	難	糯	
峰の雪もち	やや短	やや濃	やや立	やや立	やや太	中	無	-	黄白	黄白	やや密	難	糯	

注) 階級は、稲種苗特性分類(1980, 農林水産技術会議事務局(編))による。

表IV-6 移植栽培における「めばえもち」と比較品種の生育特性 (育成地)

試験年次	施肥 水準	品種名	出穂期	成熟期	登熟 日数	稈長	穂長	穂数	倒伏 程度	葉いもち	穂いもち	紋枯病	下葉 枯上り
			(月・日)	(月・日)	(日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)
1994, 1995, 2000, 2001	標肥	めばえもち	8.1	9.12	42	76	20.4	434	1.9	0.0	0.0	0.3	1.9
		こがねもち	7.31	9.14	46	92	18.6	352	4.0	0.0	0.0	0.0	3.0
1999~2001	多肥	めばえもち	8.1	9.14	45	78	20.6	496	3.5	0.0	0.0	0.0	2.0
		こがねもち	7.30	9.16	48	94	19.3	403	5.0	0.0	0.0	0.0	3.5

注) 1) 耕種概要は以下のとおりである(表IV-7, 11も同じ)。

播種日: 4月11日~4月17日, 移植日: 5月14日~5月17日, 基肥量(N・P₂O₅・K₂O 各成分, kg/a): 標肥区は0.4~0.5・0.4~0.5・0.4~0.5, 多肥区は0.6・0.6・0.6, 追肥量(同左): 標肥区は0.2・0.0・0.27, 多肥区は0.3・0.0・0.41, 栽植密度: 30×18cm, 18.5株/m², 1株3~4本植, 反復数: 標肥区は3, 多肥区は2。

2) 数値は試験年次を通算した平均値で示した(表IV-7, 11も同じ)。

3) 倒伏程度, 葉いもち, 穂いもち, 紋枯病, 下葉枯上りは0(無)~5(甚)の6段階分級。

⑨ 「めばえもち」に固有な特性の評価

これ以降の特性は「めばえもち」の固有の巨大胚性に関連するものである。

(i) 種子の発芽特性

「めばえもち」(巨大胚・もち), 「はいみのり」(巨大胚・うるち), 「EM40」(巨大胚・うるち, 「めばえもち」の母親), 「ココノエモチ」(もち, 「めばえもち」の父親), 「こがねもち」(比較のもち), 「コシヒカリ」(穂発芽難のうるち), 「キヌヒカリ」(穂発芽やや易のうるち)を供試して2002年1月に実施した。これらの供試品種の2001年産種子を水選し, 巨大胚の品種は沈下した種子と浮上した種子に分け, その他の品種は沈下した種子のみを用いた。種子消毒後, 催芽を兼ねて浸種しシャーレに100粒ずつ置床し, 人工気象室の温度28℃の暗黒条件で発芽試験を3反復で行った。置床後4日目と7日目に発芽率を測定し, 7日目以降は発芽していない籾を除去し, 陽光条件で鞘葉, その後の出葉状況を観察した。

(ii) 出芽特性

発芽特性の調査と同時に準備した種子を用い共立式中育苗箱に試験区当たり100粒を播種し, 人工気象室の温度を20℃, 25℃, 30℃の三段階とし, 暗黒条件で出芽させ出芽率を調査した。出芽後は人工気象室(20℃)を用い陽光下で生育させ苗立率

を調査した。また, 同時に準備した種子をマット育苗箱に播種し0.5cm, 1cm, 2cm, 3cmの4段階の厚さで覆土し, 30℃で出芽させた。出芽率測定後人工気象室(20℃)を用い陽光条件で観察し苗立率を調査した。

b) 実験・調査の結果

① 草姿および草型

2001年における「めばえもち」の苗丈, 葉色, 葉身形状, 止葉の直立性, 稈の細太・剛柔, 芒の多少・長短, 粒着密度, 脱粒性等についての調査結果を表IV-5に示した。特性の階級区分は稲種苗特性分類(1980, 農林水産技術会議事務局(編))に基づき行った。また, 生産力検定試験における生育調査成績を表IV-6に示した。移植時の苗丈は「こがねもち」よりやや短く, 葉色は中庸で葉身はやや下垂する。本田における初期生育は比較的良好で草丈は「こがねもち」より明らかに短く, 葉身はやや下垂し, 分けつは「こがねもち」並に多い。最高分けつ期頃の草丈は「こがねもち」より明らかに短い, 中庸で葉色はやや淡く葉身はやや下垂する。稈は「こがねもち」よりやや細く“中”, 稈の剛柔は“中”に分級される。稈長は「こがねもち」より16cm程短く“中”, 穂長は「こがねもち」より1.5cm程長く“中”, 穂数は「こがねもち」より多く“やや多”, 草型は“偏穂数型”にそれぞれ分級される(写真IV-

3). 粒着密度は「こがねもち」より疎で“やや疎”に分級される。稈色は黄白色、稈先色が赤褐の糯種で、「こがねもち」と同じく稀に短芒を生じる。成熟期には籾が脱粒しやすくなり、脱粒性は“やや難”に分級される。

② 早晚性

育成地における「めばえもち」の出穂期および成熟期を表IV-6に示した。育成地における出穂期は「こがねもち」に比べ1, 2日遅く、成熟期は「こがねもち」に比べ2日程早く、育成地では“中生の早”に区分される。したがって寒冷地中部に該当する東北地方中南部では晩生、温暖地東部では早生、温暖地西部および暖地では極早生の熟期に区分される。

③ 耐倒伏性

「めばえもち」の育成地における倒伏程度を表IV-6に示した。育成地における「めばえもち」の倒伏程度は「こがねもち」より明らかに小さいが、多肥区では中程度の倒伏が認められることから“中”に区分される。「めばえもち」は稈長が短いが稈がやや細く稈質も硬くないため多肥栽培した場合には穂数が多くなるのに伴い稈が細くなり倒伏し易くなるので、適正な肥培管理が必要である。

④ 収量性

「めばえもち」の育成地における収量調査成績を表IV-7に示した。4年間の育成地標準肥料栽培区における「めばえもち」の平均収量は48.7kg/aであり、「こがねもち」に比較して4%の低収であった。標肥区では玄米千粒重が20g以下であり、低収の一因と考えられた。「めばえもち」の多肥区における3年間の平均は57.2kg/aと高く、「こがねもち」に比較して4%の多収であった。表IV-6のとおり、「こがねもち」は多肥区で倒伏が認められたことから、標肥区の施肥水準で既に収量の限界に達していると考えられたが、「めばえもち」は多肥栽培での収量性は高いとみられた。



写真IV-3 「めばえもち」の草姿
(左：めばえもち 右：こがねもち)

⑤ 玄米の粒形および粒大

育成地における「めばえもち」の玄米の粒長および粒幅を表IV-8、玄米の粒厚分布を表IV-9に示した。「めばえもち」の粒長は「こがねもち」よりやや長く、粒幅は「こがねもち」とほぼ同等で粒長/粒幅比はやや大きく“やや細長”だが、粒形は「こがねもち」と同じ“中”に分級されるもち種である(写真IV-4)。また「めばえもち」の粒長×粒幅の値は「こがねもち」よりやや大きく、粒大は“中”に分級される。さらに育成地における「めばえもち」の粒厚は「こがねもち」と同様に階級が2.0mm以上の玄米が多く、1.8mm以上の玄米は約90%、1.7mm以上の玄米は約95%で両品種に大差は認められなかったが、「めばえもち」の粒厚の方が少し薄い傾

表IV-7 移植栽培における「めばえもち」と比較品種の収量性(育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	同左比率 (%)	屑米重歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米/わら比率 (%)
1994, 1995, 2000, 2001	標肥	めばえもち	139.1	48.7	96	1.8	19.8	54.0
		こがねもち	138.8	50.9	100	1.4	20.5	61.8
1999~2001	多肥	めばえもち	154.7	57.2	104	1.9	20.1	59.6
		こがねもち	147.1	55.1	100	3.7	20.6	63.6

表IV-8 「めばえもち」の粒形および粒大 (育成地, 2001年)

施肥水準	品種名	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)	粒長 / 粒幅	粒長×粒幅	粒形	粒大
標肥	めばえもち	5.37	2.88	2.08	1.86	15.47	中	中
	こがねもち	4.90	2.87	2.24	1.71	14.05	中	やや小
多肥	めばえもち	5.50	2.97	2.10	1.85	16.32	中	中
	こがねもち	4.93	2.88	2.14	1.71	14.22	中	やや小

注) 1.8mmの縦目篩で選別した玄米20粒について測定した(3反復).

表IV-9 「めばえもち」の玄米の粒厚分布 (育成地, 2001年)

施肥水準	品種名	粒厚別重量比率(%)									
		2.2mm 以上	~2.1mm	~2.0mm	~1.9mm	~1.8mm	~1.7mm	~1.6mm	1.6mm 以下	1.8mm 以上	1.7mm 以上
標肥	めばえもち	5.2	23.5	32.4	18.2	10.8	5.6	2.2	2.1	90.1	95.7
	こがねもち	4.6	28.5	35.5	14.3	7.6	4.6	2.2	2.7	90.4	95.1
多肥	めばえもち	1.5	16.6	37.1	22.8	13.0	5.6	1.8	1.7	90.9	96.5
	こがねもち	3.8	29.3	37.5	14.1	7.3	4.0	1.6	2.4	91.9	95.9

注) 玄米200gを縦目篩選別機で7分間選別した(3反復).



写真IV-4 「めばえもち」の籾および玄米
(左: めばえもち 右: こがねもち)



写真IV-5 「めばえもち」の玄米 (拡大)

表IV-10 「めばえもち」の玄米中に占める胚芽重割合 (育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	玄米1,000粒当		同左比率(%)		胚芽重 / 粒重 (%)
			粒重(g)	胚芽重(g)	(1)	(2)	
1993	標肥	めばえもち	18.78	1.24	496	-	6.6
		カグラモチ	18.83	0.25	100	-	1.3
2000, 2001	標肥	めばえもち	20.55	1.72	312	343	8.4
		こがねもち	21.49	0.55	100	110	2.6
		コシヒカリ	22.61	0.50	91	100	2.2
1999, 2001	多肥	めばえもち	19.99	1.45	253	313	7.2
		こがねもち	20.86	0.57	100	124	2.7
		コシヒカリ	20.99	0.46	81	100	2.2

注) 生産力検定試験の試料を用いた.

表IV-11 移植栽培における「めばえもち」と比較品種の玄米品質 (育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	玄米		
			品質	光沢	色沢
1994, 1995, 2000, 2001	標肥	めばえもち	5.2	4.3	5.7
		こがねもち	4.3	5.0	5.7
1999~2001	多肥	めばえもち	4.5	4.7	6.0
		こがねもち	4.0	4.5	5.5

注) 玄米品質は1(上上)~9(下下)の9段階, 玄米の光沢は3(小)~7(大)の5段階, 玄米の色沢は3(淡)~7(濃)の5段階で示した.

向が認められた。

⑥ 玄米の胚芽重

「めばえもち」の玄米中に占める胚芽重割合を表IV-10に示した。育成地における「めばえもち」の胚芽重は1,000粒当たり1.2~1.7g程度あり、一般品種の3倍にも達する特徴を示した。一般品種では胚芽が玄米の1~2%を占めるにすぎないが、「めばえもち」では7~8%程度が胚芽で占められ、いわゆる“巨大胚”である(写真IV-5)。

⑦ 玄米の外観品質および搗精特性

「めばえもち」の育成地における玄米品質の調査結果を表IV-11に示した。「めばえもち」の玄米は「こがねもち」に比べ、光沢が少なく色沢がやや濃く、品質は「こがねもち」よりやや劣り、“中中”に分類される。

「めばえもち」の搗精歩合、胚芽残存歩合および精米白度を表IV-12に示した。「めばえもち」の適搗精時間は「こがねもち」より短く、適搗精時における搗精歩合は「こがねもち」より明らかに低く、胚芽は取れ易く適搗精時にはほとんど残存しない。また適搗精時における精米白度は「こがねもち」よりやや高い。搗精に際しては胚芽が取れた後碎米が発生しやすいので、搗精時間が長くないように注意が必要である。

「めばえもち」を搗精した米糠から篩分けによって回収した胚芽を用い、胚芽入り餅などの新たな加工食品の開発が可能とみられる(小林ら, 2002)。搗精時における「めばえもち」の米糠からの胚芽の回収量を表IV-13に示した。「めばえもち」では適搗精時に直径1mm以上の胚芽を玄米重の5%程度

表IV-12 「めばえもち」と比較品種の搗精特性(育成地, 2001年)

施肥水準	品種名	搗精歩合(%)				胚芽残存歩合(%)				白度			
		搗精時間(s)				搗精時間(s)				搗精時間(s)			
		40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
標肥	めばえもち	85.4	83.9	82.7	-	7.0	4.7	1.3	-	45.9	48.1	50.2	-
	こがねもち	-	89.1	88.0	87.5	-	9.7	3.7	3.5	-	46.5	47.9	48.5
多肥	めばえもち	85.3	83.3	82.4	-	10.8	2.7	0.7	-	45.5	49.3	50.5	-
	こがねもち	-	89.1	88.6	87.6	-	4.3	2.3	1.3	-	47.0	47.3	48.1

- 注) 1) 供試した「めばえもち」, 「こがねもち」(生産力検定試験)の標肥区の玄米水分(%)はそれぞれ13.0, 12.9, 白度は24.9, 26.3, 多肥区の玄米水分(%)はともに13.0, 白度は26.6, 27.5であった。
 2) 搗精は試験用搗精機 Kett TP-2型を, 白度は白度計 Kett C-300を用いて測定した。
 3) □は適搗精時の搗精歩合を示す。

表IV-13 搗精した「めばえもち」の米糠からの胚芽の回収量(育成地, 2001年)

品種名	施肥水準	搗精時間(秒)	玄米100gを搗精した時の胚芽重(g)					
			篩網目径(mm)					
			2.00	1.70	1.40	1.18	1.00	1.00mm以上
めばえもち	標肥	40	0.00	0.02	1.10	2.67	1.04	4.83
		50	0.00	0.02	0.82	2.79	1.12	4.75
		60	0.00	0.01	0.99	2.65	1.08	4.73
	多肥	40	0.00	0.02	0.94	2.48	1.38	4.82
		50	0.00	0.01	1.28	2.61	1.16	5.06
		60	0.00	0.01	1.14	2.80	1.09	5.04
こがねもち	標肥	50	0.00	0.00	0.00	0.06	0.43	0.49
		60	0.00	0.00	0.00	0.04	0.46	0.50
		70	0.00	0.00	0.00	0.07	0.58	0.65
	多肥	50	0.00	0.00	0.00	0.04	0.43	0.47
		60	0.00	0.00	0.01	0.06	0.43	0.50
		70	0.00	0.00	0.00	0.04	0.55	0.59
キヌヒカリ	標肥	60	0.00	0.00	0.00	0.10	1.34	1.44
	多肥	60	0.00	0.00	0.00	0.06	0.91	0.97
オオチカラ	多肥	50	0.00	0.00	0.06	0.43	0.73	1.22

- 注) 1) 搗精試験において搗精機 Kett TP-2型付属の網から落下した糠を試料とした。
 2) 電磁式篩振とう器(Retsch AS200型)を用い, 振幅2.0mm, 3分間振った。
 3) 篩は平織のものを用いた。
 4) □は適搗精時を示す。

表IV-14 「めばえもち」のいもち病抵抗性
遺伝子型の推定

品種名	接種菌株名(コード番号)			推定 遺伝子型
	Kyu89-246 (003)	新83-34 (005)	稲86-137 (007)	
めばえもち	S	R	S	<i>Pia</i>
新2号	S	S	S	+
愛知旭	S	R	S	<i>Pia</i>
石狩白毛	R	S	S	<i>Pii</i>

注) 噴霧接種による。表中のSは罹病性反応, Rは抵抗性反応を示す。

回収することが可能であった。この量は「こがねもち」の約10倍であり、「キヌヒカリ」や極大粒品種「オオチカラ」の3~4倍であった。また、胚芽の回収量は適搗精時前後でも適搗精時とほとんど変わらなかった。

⑧ いもち病抵抗性

「めばえもち」のいもち病菌噴霧接種による真性抵抗性遺伝子の推定結果を表IV-14に示した。「めば

表IV-15 「めばえもち」の葉いもち圃場抵抗性

品種名	推定遺 伝子型	育成地		古川農試		福島農試・相馬支場		愛知農総試・山間農研		総合判定
		1993~1995, 2000, 2001年		1994年		2001年		1994年		
		発病程度	判定	発病程度	判定	発病程度	判定	発病程度	判定	
めばえもち	<i>Pia</i>	4.6	やや強	5.8	中	3.0	やや強	8.3	中	中
トヨニシキ	<i>Pia</i>	-	-	4.4	強	3.5	やや強	7.5	やや強	強
レイメイ	<i>Pia</i>	-	-	4.4	強	-	-	-	-	強
アキヒカリ	<i>Pia</i>	-	-	5.2	やや強	-	-	-	-	やや強
ササニシキ	<i>Pia</i>	-	-	5.9	やや弱	-	-	8.9	やや弱	やや弱
こがねもち	<i>Pia</i>	5.0	やや弱	-	-	-	-	-	-	やや弱
愛知旭	<i>Pia</i>	-	-	6.5	弱	-	-	-	-	弱
トドロキワセ	<i>Pii</i>	3.5	強	5.3	やや強	-	-	6.5	強	強
日本晴	+	5.4	中	-	-	4.3	やや弱	7.5	中	中
コシヒカリ	+	6.4	弱	5.9	やや弱	4.3	やや弱	8.5	やや弱	弱

注) 発病程度は0(無)~10(完全枯死)の11段階で示した(農水省の葉いもち抵抗性調査基準による)。

表IV-16 「めばえもち」の穂いもち圃場抵抗性

品種名	推定遺 伝子型	育成地		福島農試・相馬支場			茨城農総セ・生工研			愛知農総試・山間農研			総合判定	
		1995, 1999~2001 年		2001年			1994年			1994年				
		出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	罹病率 (%)		判定
めばえもち	<i>Pia</i>	8.13	3.8	やや強	8.16	3.2	やや強	8.7	1.5	強	8.13	6	強	やや強
トヨニシキ	<i>Pia</i>	-	-	-	8.15	3.8	やや強	-	-	-	-	-	-	強
こがねもち	<i>Pia</i>	8.12	5.9	中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	中
ニホンマサリ	<i>Pia</i>	-	-	-	8.26	5.3	弱	-	-	-	-	-	-	中
トドロキワセ	<i>Pii</i>	-	-	-	-	-	-	8.6	6.3	強	8.7	23	中	強
どんとこい	<i>Pii</i>	8.15	4.1	やや強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	やや強
藤坂5号	<i>Pii</i>	-	-	-	-	-	-	8.1	8.8	中	-	-	-	中
イナワセ	<i>Pii</i>	-	-	-	-	-	-	8.6	8.8	中	-	-	-	弱
コシヒカリ	+	8.15	6.3	やや弱	8.23	4.3	やや弱	-	-	-	8.11	80	弱	やや弱

注) 発病程度は0(罹病無し)~10(全穂穂いもち)の11段階で示した(農水省の穂いもち抵抗性調査基準による)。ただし、愛知農総試・山間農研は除く。

表IV-17 「めばえもち」の白葉枯病圃場抵抗性

品種名	長野南信農試			宮崎総農試			総合判定
	2001年			1994年			
出穂期 (月.日)	発病程度	判定	出穂期 (月.日)	発病程度	判定		
めばえもち	8.12	0.7	中~やや強	8.23	7.3	中	中
あそみのり	-	-	-	8.28	2.5	強	強
トドロキワセ	8.8	0.2	強	-	-	-	中
コシヒカリ	8.12	1.0	中~やや強	8.21	6.2	やや強	やや強
日本晴	8.23	0.5	中~やや強	8.23	5.2	やや強	やや強
ひとめぼれ	8.11	0.7	中~やや強	-	-	-	中

注) 発病程度は0(病徴なし)~10(全葉が枯死する)の11段階による。

えもち」の各菌株に対する罹病性反応から「めばえもち」はいもち病真性抵抗性遺伝子*Pia*を持つと推定される。

「めばえもち」の葉いもち圃場抵抗性の検定結果を表IV-15に示した。育成地では「めばえもち」の抵抗性は中程度の「日本晴」よりやや強く、宮城県古川農業試験場では「アキヒカリ」よりやや弱く、福島県農業試験場・相馬支場では「トヨニシキ」並に強く、愛知県農業総合試験場・山間農業研究所では「日本晴」並であった。以上のように検定場所によって判定結果がやや異なったが、「めばえもち」の葉いもち圃場抵抗性は総合的には「日本晴」並の“中”と判断される。

「めばえもち」の穂いもち圃場抵抗性の検定結果を表IV-16に示した。育成地では「こがねもち」より強く、福島県農業試験場・相馬支場では「トヨニシキ」並に強く、茨城県農業総合センター・生物学研究所および愛知県農業総合試験場・山間農業研究所では「トドロキワセ」並に強かったことから、「めばえもち」の穂いもち圃場抵抗性は“やや強”と判断される。

表IV-18 「めばえもち」の縞葉枯病抵抗性

品種名	愛知農総研		近中四農研		総合判定
	2001年		2000年		
	判定	発病株率 (%)	判定		
めばえもち	罹病性	100.0	罹病性	罹病性	罹病性
こがねもち	-	87.5	罹病性	罹病性	罹病性
コシヒカリ	罹病性	-	-	-	罹病性
朝の光	-	23.1	抵抗性	抵抗性	抵抗性
月の光	-	15.4	抵抗性	抵抗性	抵抗性
祭り晴	-	15.4	抵抗性	抵抗性	抵抗性

⑨ 白葉枯病圃場抵抗性

「めばえもち」の白葉枯病圃場抵抗性の検定を長野県南信農業試験場および宮崎県総合農業試験場で行い、その結果を表IV-17に示した。長野県南信農業試験場では全般に発病が少なく「めばえもち」も比較品種と変わらなかったが、宮崎県総合農業試験場でやや強の「コシヒカリ」や「日本晴」よりやや弱いことから、「めばえもち」の白葉枯病圃場抵抗性は“中”と判断される。

⑩ 縞葉枯病抵抗性

「めばえもち」の縞葉枯病抵抗性の検定を愛知県農業総合試験場および近畿中国四国農業研究センター・稲育種研究室で行った結果を表IV-18に示した。「めばえもち」は縞葉枯病抵抗性遺伝子を持たない「こがねもち」などと同様な発病が認められることから、「めばえもち」は縞葉枯病に対して“罹病性”と判定される。

⑪ 穂発芽性

「めばえもち」の育成地および福井県農業試験場における穂発芽性の検定結果を表IV-19に示した。「めばえもち」の穂発芽の程度は「こがねもち」および「キヌヒカリ」よりやや少ないことから“中”と判断される。

⑫ 障害型耐冷性

「めばえもち」の育成地と宮城県古川農業試験場、福島県農業試験場・冷害試験地および福井県農業試験場における検定結果を表IV-20に示した。穂孕期における耐冷性の検定では「めばえもち」の不稔歩合および不稔程度は耐冷性弱の「どんとこい」, 「農林21号」, 「ササニシキ」並に高いことから、「めばえもち」の障害型耐冷性は“弱”と判断される。ま

表IV-19 「めばえもち」の穂発芽性

品種名	育成地		福井農試			総合判定
	1993～1995, 1999～2001年		2001年			
	指数	判定	出穂期 (月・日)	発芽歩合 (%)	判定	
めばえもち	4.8	中	7.29	5	やや難～中	中
こがねもち	6.5	やや易	-	-	-	やや易
コシヒカリ	-	-	7.30	2	難	難
トドロキワセ	-	-	7.26	5	やや難～中	やや難
キヌヒカリ	-	-	8.1	34	やや易	やや易

注) 1) 育成地では成熟期に標本採取, 5℃で貯蔵後, 28℃, 湿度100%の穂発芽検定器に1週間置床後, 観察により2(極難)～8(極易)の8段階に分級。

2) 福井農試では, 穂を流水に浸し, 10日目の発芽歩合を示した。

表IV-20 「めばえもち」の障害型耐冷性

品種名	穂孕期耐冷性											開花期耐冷性			
	育成地			宮城・古川農試			福島農試・冷害試験地			福井農試		総合判定	福井農試		
	1994, 2000, 2001年			1995年			2001年			1994年			1994年		
	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	出穂期 (月・日)	不稔程度	判定	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	不稔歩合 (%)	判定		不稔歩合 (%)	判定	
めばえもち	8.9	95.4	弱	8.28	10.0	弱	8.25	91	弱	97.7	弱	弱	100.0	弱	
コシヒカリ	8.14	26.2	極強	9.1	7.8	極強	8.25	42	強	43.8	極強	極強	23.3	極強	
トドロキワセ	-	-	-	8.20	4.8	極強	-	-	-	30.2	極強	極強	51.0	極強	
ヤマヒカリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.6	極強	極強	73.7	やや弱	
オオトリ	-	-	-	8.25	6.3	強	-	-	-	-	-	強	-	-	
大空	-	-	-	9.6	9.8	やや強	8.26	54	やや強	-	-	やや強	-	-	
コガネヒカリ	-	-	-	8.26	8.3	やや強	-	-	-	-	-	やや強	-	-	
こがねもち	8.9	52.3	中	-	-	-	-	-	-	-	-	中	-	-	
キヌヒカリ	8.14	63.6	中	-	-	-	-	-	-	-	-	中	-	-	
フクヒカリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.3	中	中	66.0	中	
初星	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.4	中	中	87.7	弱	
アキホマレ	-	-	-	8.25	8.8	中	-	-	-	-	-	中	-	-	
トヨニシキ	-	-	-	8.24	9.5	やや弱	-	-	-	-	-	やや弱	-	-	
ササニシキ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97.3	弱	弱	76.2	やや弱	
どんとこい	8.17	89.0	弱	-	-	-	-	-	-	-	-	弱	-	-	
農林21号	-	-	-	9.3	10.0	弱	8.25	86	弱	-	-	弱	-	-	
ミョウジョウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	弱	弱	85.6	弱	

- 注) 1) 育成地では極早生の幼穂形成期から晩生の出穂期まで水温約19℃の冷水を掛け流しした(水深約15cm).
 2) 古川農試は不稔程度を達観で調査し、1(不稔歩合0~10%)~10(同90~100%)で示した。
 3) 福島農試・冷害試験地では冷水掛け流し法で検定した。
 4) 福井農試の穂孕期耐冷性検定は現地検定圃場(福井県大野市)において冷水掛け流し法で、開花期耐冷性は人工気象室において出穂日より15℃で、7日間処理で検定した。

表IV-21 「めばえもち」の幼苗期耐冷性(青森農試藤坂支場, 1994年)

品種名	人工気象室		冷水掛流し処理			総合判定
	観察調査	判定	観察調査	乾物重増加率	判定	
めばえもち	-	強	-	61.3	強	強
トドロキワセ	-	強	-	59.5	やや強	強
ササニシキ	-	強	-	61.1	強	強
ハバタ	A	極弱	C	57.1	弱	極弱
アキヒカリ	-	強	-	66.7	強	強
トヨニシキ	-	強	-	48.5	やや強	強
キヨニシキ	-	強	-	62.1	強	強
密陽23号	B, f	弱	C	25.0	弱	弱

- 注) 1) 観察調査の欄のAは個体枯死, Bは葉身の枯れ上がり, Cは稲体の黄化, fは葉身の黄化(症状の発現程度が少ない)が認められたことを示す。
 2) 乾物重増加率=(処理後30日の乾物重-処理後20日の乾物重)/処理後20日の乾物重×100(%)

表IV-22 水選で沈下あるいは浮上した「めばえもち」種子の発芽率

品種名	区分	種子の浮沈	発芽率(%)	
			播種後日数	
			4日	7日
めばえもち	巨大胚・糯	沈下	82.0	89.0
		浮上	62.7	81.0
はいみのり	巨大胚・粳	沈下	68.3	88.7
		浮上	52.7	66.3
EM-40	巨大胚・粳(母)	沈下	92.0	97.3
		浮上	58.3	71.0
ココノエモチ	糯(父)	沈下	100.0	100.0
こがねもち	糯(比較)	沈下	97.0	97.7
コシヒカリ	粳(穂発芽難)	沈下	99.3	99.3
キヌヒカリ	粳(穂発芽やや易)	沈下	96.7	97.0

- 注) 2001年産の風選した種子を用い、水選で沈んだ種子(沈下)と浮いた種子(浮上)に分け、1区100粒とし、3反復で暗黒、28℃の条件で発芽試験を実施した。

た、開花期耐冷性の検定では「めばえもち」は完全に不稔であったことから“弱”と判断される。

⑬ 幼苗期耐冷性

「めばえもち」の青森県農業試験場藤坂支場における幼苗期耐冷性の検定結果を表IV-21に示した。「めばえもち」の幼苗期耐冷性は「ササニシキ」並に強く、“強”と判断される。

⑭ 種子の発芽性

巨大胚品種「はいみのり」では苗立ちが不安定な点が課題となっているので（根本ら，2001）、「めばえもち」の発芽性および出芽性について検討した。

「めばえもち」はもち品種であり、かつ胚芽の部分が多いことから比重が他の品種より軽く、塩水選した場合にはほとんど全ての粃が浮いてしまう。水選でも半分以上の粃が浮いてしまうが、水選で沈下した種子と浮上した種子に分け、その発芽能力を比較した結果を表IV-22に示した。「めばえもち」の沈下種子の発芽率は約90%であり「はいみのり」と同様に一般品種に比べ低かった。しかし、「めばえもち」の浮上種子の発芽率は約80%と「はいみのり」より高く、発芽能力のある種子も容易に浮くことが明らかとなった。沈下種子の発芽性について品種間を比較すると、「はいみのり」は「めばえもち」と同様に一般品種よりやや低かったが、巨大胚品種でも両品種の親の「EM-40」は一般品種と変わらず高い発芽率を示すので、巨大胚の発芽能力が劣るとは一概には言えない。

⑮ 出芽性

「めばえもち」の沈下および浮上種子を用いて出芽時の温度条件と出芽率の関係を調査した結果を表

IV-23に示した。「めばえもち」の沈下種子の育苗時の出芽率は育苗温度が20℃では約60%、25℃および30℃では約75%であった。浮上種子は20℃では約45%、25℃および30℃では60%前後であった。したがって、出芽率を高めるためには25℃以上で出芽させることが必要であり、この場合沈下種子の出芽率は一般品種より2割程度低いが、浮上種子も5割以上出芽するので浮上種子も利用可能である。このように水選では種子の選別はできないとみられ、今後は水より比重の小さなアルコールの利用などの検討も必要と考えられる。

次に覆土の厚さと出芽率の関係を調査した結果を表IV-24に示した。「めばえもち」の沈下種子では、覆土の厚さが0.5cmでは出芽率が80%、2cmでは74%、3cmでは54%と覆土が厚くなるに従って低下した。浮上種子は0.5cmでは出芽率が67%で、2cmでは53%まで低下した。「めばえもち」は発芽率がもともと低いため、一般品種に比べ覆土が薄い場合でも出芽率が低い。覆土が2cm以下では出芽率50%以上に確保することが可能であったことから播種時には覆土が2cm以上にならないよう注意する必要がある。

沈下種子の出芽性について巨大胚品種間で比較すると「EM-40」は一般品種より出芽率がやや低い程度であり、「はいみのり」は覆土を0.5cmとして高温で育苗した場合に出芽率が50%以上となったが、「めばえもち」より明らかに発芽率が低かった。このように巨大胚品種間に出芽性に違いが認められたことから、巨大胚品種の育成においては出芽性の改良も可能と考えられる。

表IV-23 「めばえもち」種子の出芽時の温度と出芽率

品種名	種子の種類	出芽率(%)									
		20℃				25℃				30℃	
		播種後日数				播種後日数				播種後日数	
		4日	7日	10日	14日	4日	7日	10日	14日	4日	7日
めばえもち	沈下	1.5	48.0	59.0	59.0	40.5	72.0	74.5	74.5	68.0	75.5
	浮上	1.0	26.5	45.0	45.0	25.5	48.5	53.5	53.5	51.0	61.0
はいみのり	沈下	0.0	11.5	22.5	22.5	15.0	33.0	47.5	47.5	25.5	34.5
	EM-40	0.5	44.0	64.0	64.0	52.5	73.0	82.5	82.5	56.0	72.0
ココノエモチ	沈下	0.5	66.5	88.5	88.5	53.5	93.0	93.5	93.5	81.0	97.0
こがねもち	沈下	14.5	65.5	75.0	75.0	87.5	94.5	95.5	95.5	91.0	93.0
コシヒカリ	沈下	2.5	82.5	94.5	94.5	84.5	96.5	97.5	97.5	95.0	97.5
キヌヒカリ	沈下	15.0	79.5	91.5	91.5	90.5	93.5	94.0	94.0	89.5	95.5

注) 1) 表IV-22と同じ由来の種子を用い、1区100粒とし、2反復で実施した。
2) 苗箱(共立)に播種し、温度を20℃、25℃、30℃の3段階とし、出芽率を測定した。

表IV-24 「めばえもち」種子の覆土の厚さと出芽率

品種名	種子の種類	出芽率(%)							
		覆土の厚さ							
		0.5cm		1cm		2cm		3cm	
		播種後日数		播種後日数		播種後日数		播種後日数	
		4日	7日	4日	7日	4日	7日	4日	7日
めばえもち	沈下	69.5	79.5	63.0	76.5	51.5	74.0	8.5	54.0
	浮上	56.0	66.5	43.0	60.5	34.5	52.5	5.0	41.5
はいみのり	沈下	53.5	54.5	38.0	48.0	3.5	23.5	0.0	13.0
	浮上	31.0	40.5	26.5	29.5	3.0	19.0	0.0	7.0
EM-40	沈下	81.0	90.0	75.0	86.0	50.0	79.5	8.5	67.5
	浮上	60.0	72.0	33.0	58.0	34.0	60.0	2.0	35.0
ココノエモチ	沈下	92.5	99.5	96.0	99.5	88.0	100.0	24.0	94.0
こがねもち	沈下	93.0	96.5	86.5	99.0	86.0	97.0	41.0	82.5
コシヒカリ	沈下	95.5	99.5	96.0	100.0	96.0	99.0	31.5	97.0
キヌヒカリ	沈下	90.0	97.0	87.5	95.5	93.5	97.5	13.5	80.5

注) 1) 表IV-22と同じ由来の種子を用い、1区100粒とし、2反復で実施した。

2) マット育苗苗箱に播種し、覆土厚さ0.5cm, 1cm, 2cm, 3cmとし、温度30℃で出芽させた。

表IV-25 「めばえもち」の餅硬化性試験結果 (育成地)

品種名	2000年			2001年			硬化性総合判定
	硬度(kgf)		硬化性判定	硬度(kgf)		硬化性判定	
	1日後	2日後		1日後	2日後		
めばえもち	3.78	6.20	不良	2.47	5.45	不良	不良
こがねもち	5.43	6.58	良	5.05	6.68	良	良
峰の雪もち	4.61	6.53	中	-	-	-	中
ヒメノモチ	4.55	5.86	中	-	-	-	中
マンゲツモチ	5.56	6.41	良	-	-	-	良

注) 1) 材料は生産力検定試験(標肥区)圃場産を用いた。

2) 厚さ約1cmに伸ばした餅を5℃の冷蔵庫に保管後、デジタル硬度計(藤原製作所 KHT-20型)で測定した。

4) 巨大胚米の機能性とそれを活かした 新食材開発

(1) 餅の食味と特性

a) 材料および方法

① 餅の硬化性

巨大胚の糯品種「めばえもち」、その比較品種として「こがねもち」、「峰の雪もち」、「ヒメノモチ」および「マンゲツモチ」の2000年および2001年の生産力検定試験標肥区産精米を用いた。家庭用の電気餅つき機(National SD-M1810)を用いて精白米1400gを350mlの水で蒸して餅をつき、厚さ約1cmに伸ばした餅を5℃の冷蔵庫内で硬化させた。1日後および2日後にデジタル硬度計(藤原製作所 KHT-20型)を用いて硬度(kgf)を測定した。餅の硬化性は「こがねもち」を基準とし比較品種「峰の雪もち」、「ヒメノモチ」ならびに「マンゲツモチ」の硬度を参考にして判定した。

② 餅の食味

1994年、2000年および2001年の生産力検定試験

標肥区産および多肥区産の精米を用いた。家庭用の電気餅つき機(National SD-M1810)を用いて精白米1,400gを350mlの水で蒸して餅をつき、伸し餅の硬化後に切り分け、ホットプレートで焼いて試食した。「こがねもち」を基準とし同時に6検体を比較した。基準品種として1994年には「カグラモチ」、2000年および2001年には「こがねもち」を用い、いずれも標肥区産とした。パネラーは研究室職員16~25名で構成した。

評価項目は餅の外観、香り、うま味、粘り、硬さのほか総合評価とした。とくに総合評価では、基準品種を0として最不良(-5)から最良(+5)までの11段階に区分した。

b) 実験・調査の結果

① 餅の硬化性

「めばえもち」の餅の硬化性について表IV-25に示した。「めばえもち」の餅は「こがねもち」に比べ硬くなりにくいので、切り餅にする場合には硬化に時間を要するため加工適性は低い。しかし、大福

表IV-26 「めばえもち」の餅の食味試験結果 (育成地)

試験年次	品種名	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
1994	めばえもち(標)	0.06	0.31	0.13	0.06	0.19	0.06
	マンゲツモチ(標)	-0.81**	-0.88**	-0.19	-0.56**	-0.19	0.44*
2000	めばえもち(標)	-0.42*	-0.65**	-0.08	-0.23	-0.04	0.15
	(参)峰の雪もち(標)	0.27	0.23	0.35**	0.12	0.35	0.12
2001	めばえもち(標)	0.00	0.24	0.14	0.19	0.05	0.00
	めばえもち(多)	-0.52*	-0.33	0.00	-0.14	-0.48	0.00
	こがねもち(多)	-0.14	0.19	-0.10	-0.19	-0.19	0.33*
	めばえもち(標)	-0.13	-0.25	0.13	-0.08	0.17	0.17
	こがねもち(多)	-0.58	-0.42*	-0.33	-0.38*	-0.46*	0.17

注) 1) 材料は生産力検定試験産を用い、標肥区は(標)、多肥区は(多)とし、施肥量が同じでも栽培圃場が異なる場合には(参)で示した。

2) 基準品種は1994年が標肥区の「カグラモチ」、2000、2002年は標肥区の「こがねもち」とした。

3) 総合評価、外観、香り、うま味は+5(同品種より極く優れる)~-5(極く劣る)の11段階、粘り、硬さは+3(極く強い、硬い)~-3(極く弱い、柔い)の7段階で評価した。

4) *, **はt検定の結果基準品種との差が5%、1%水準で有意であることを示す。

餅などとしてそのまま食べる時には、柔らかい食感を長時間保持することが可能である。

② 餅の食味と特性

育成地で実施した「めばえもち」の餅の食味試験の結果を表IV-26に示した。「めばえもち」の餅はうま味、粘り、硬さは基準品種と大差ないが、餅生地の外観がやや劣ることから、食味の総合評価としては「こがねもち」よりやや劣り、食味は中上に分級される。

(2) 発芽玄米としての利用

a) 材料および方法

① アミノ酸含有量

2001年に標肥栽培した「めばえもち」および2000年および2001年に標肥栽培した「コシヒカリ」、2000年および2001年に現地試験の委託圃場(長野県南安曇郡梓川村)で標準栽培した「めばえもち」をドーマー株式会社にアミノ酸分析を依頼した(食品総合研究所で測定)。

② 発芽玄米の食味

発芽玄米の食味試験には2001年の生産力検定試験標肥区産の「めばえもち」の玄米を供試した。発芽玄米はマイコン電気発芽器(竹越製作所HP-70)を用いて20時間処理して作成した。発芽玄米を同年標準栽培した「コシヒカリ」の精白米に17%、33%、50%混米した区を設けた。比較として上記「コシヒカリ」を用いて同様に発芽玄米を作成し、「コシヒカリ」の精白米に混米した区を設けた。この他「コシヒカリ」の精白米に「コシヒカリ」の玄米を33%混米した区、市販の発芽玄米(商品名:あずさ、

梓川村営農支援センター、原料米:コシヒカリ)に「コシヒカリ」を50%、33%混米した区を設け、33%混米した区を基準として炊飯米の食味試験を実施した。試験は2002年1月30日にパネラー24名で行った。

米300gに375mlの水を加え、市販電気釜(National SR-MH10)を用いて炊飯した。評価項目は総合評価、外観、香り、うま味、粘り、硬さとし、基準(0)との対比で評価した。総合評価は-5(最不良)~+5(最良)の11段階の指数として分級した。

b) 実験・調査の結果

① 玄米および発芽玄米の遊離アミノ酸組成

育成地および普及見込み地帯(長野県南安曇郡梓川村)における「めばえもち」の玄米および発芽玄米の遊離アミノ酸組成を表IV-27と表IV-28に示した。「めばえもち」のγ-アミノ酪酸(GABA)は乾物100g中に玄米では4~10mg、発芽玄米は17~26mgとなり、発芽玄米に多く含まれていた。栽培条件などによって異なるが、発芽玄米中のGABA含有率は玄米の2~6倍程度であった。また、「めばえもち」の発芽玄米中のGABA含有率は「コシヒカリ」および「こがねもち」の発芽玄米の約2倍量であることが注目された。アスパラギン酸およびグルタミン酸は玄米中に多く含まれる遊離アミノ酸であるが、発芽玄米において激減した。「めばえもち」の発芽玄米中に含まれる他の遊離アミノ酸としては、アラニンやリジン等の成分も玄米中より多く含まれていた。そして「めばえもち」の遊離アミノ酸総量は玄米より発芽玄米にやや多く含まれ、「コシ

表IV-27 「めばえもち」の玄米および発芽玄米の遊離アミノ酸組成

(γ-アミノ酪酸 (GABA), アスパラギン酸およびグルタミン酸)

生産年	産地	品種名	区分	γ-アミノ酪酸 (GABA)		アスパラギン酸 (Asp)			グルタミン酸 (Glu)			
				(mg/ 乾物 100g)	同左比率 (%)		(mg/ 乾物 100g)	同左比率 (%)		(mg/ 乾物 100g)	同左比率 (%)	
					対 玄米	対 コシヒカリ		対 玄米	対 コシヒカリ		対 玄米	対 コシヒカリ
2000	梓川村	めばえもち	玄米	9.7	100	441	37.8	100	221	45.9	100	162
			発芽玄米	17.4	179	161	3.6	10	113	9.8	21	86
		コシヒカリ	玄米	2.2	100	100	17.1	100	100	28.4	100	100
			発芽玄米	10.8	491	100	3.2	19	100	11.4	40	100
2001	育成地	めばえもち	玄米	4.4	100	88	34.1	100	195	35.5	100	116
			発芽玄米	25.8	586	213	1.2	4	171	13.6	38	349
		こがねもち	玄米	2.5	100	50	4.2	100	24	6.7	100	22
			発芽玄米	11.1	444	92	0.5	12	71	2.0	30	51
		コシヒカリ	玄米	5.0	100	100	17.5	100	100	30.5	100	100
			発芽玄米	12.1	242	100	0.7	4	100	3.9	13	100
梓川村	めばえもち	玄米	6.9	100	-	20.5	100	-	34.8	100	-	
		発芽玄米	22.6	328	-	1.3	6	-	15.3	44	-	

注) 1) 梓川村: 現地試験圃場(長野県南安曇郡梓川村倭)

2) 分析はドーマール株式会社に依頼した(食品総合研究所で測定).

表IV-28 「めばえもち」の玄米および発芽玄米の遊離アミノ酸組成

(その他の遊離アミノ酸および遊離アミノ酸総量)

生産年	産地	品種名	区分	成分含量 (mg/ 乾物100g)														遊離アミノ酸総量			
				スレオニン	セリン	アスパラギン	プロリン	グリシン	アラニン	バリン	メチオニン	シスタチオニン	イソロイシン	ロイシン	チロシン	フェニルアラニン	アンモニア		リジン	ヒスチジン	アルギニン
				(Thr)	(Ser)	(Asn)	(Pro)	(Gly)	(Ala)	(Val)	(Met)	(Cyst)	(Ile)	(Leu)	(Tyr)	(Phe)	(Amno)		(Lys)	(His)	(Arg)
2000	梓川村	めばえもち	玄米	3.5	9.4	-	-	3.7	12.2	1.3	2.9	-	3.7	1.5	3.7	3.3	-	3.5	4.4	8.1	-
			発芽玄米	2.1	2.6	-	-	2.9	27.9	0.0	1.4	-	1.3	0.0	1.6	1.4	-	3.5	1.9	7.1	-
		コシヒカリ	玄米	-	3.4	-	-	1.5	5.3	-	-	-	-	1.5	0.9	-	-	-	1.3	5.9	-
2001	育成地	めばえもち	玄米	0.0	1.4	0.2	0.0	0.7	8.7	0.0	0.9	0.0	0.0	1.0	1.6	0.0	1.2	1.9	3.0	5.8	104.3
発芽玄米			1.0	5.4	3.1	4.2	2.3	29.0	3.8	1.6	0.0	1.5	3.5	2.9	1.6	1.1	4.9	4.3	10.5	116.8	
こがねもち		玄米	0.0	1.9	0.0	0.0	0.9	6.3	1.8	0.6	0.0	0.8	1.1	2.0	0.7	0.0	0.8	1.6	1.8	34.9	
		発芽玄米	1.1	1.6	1.1	0.0	1.1	16.6	2.3	1.0	1.1	0.7	1.8	1.9	1.3	0.6	0.7	1.6	2.6	51.1	
コシヒカリ		玄米	0.0	0.4	2.7	0.0	1.1	5.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.9	1.5	1.6	3.9	71.8	
		発芽玄米	0.0	0.3	0.0	0.0	1.0	13.0	2.0	0.9	0.0	0.5	1.0	1.3	0.3	0.9	2.6	1.6	5.6	52.9	
梓川村	めばえもち	玄米	0.0	3.7	5.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.3	0.7	0.0	0.6	0.0	0.0	2.2	1.1	1.5	4.8	93.9	
		発芽玄米	1.2	1.8	0.8	3.0	1.6	20.4	2.7	1.2	0.0	1.2	2.4	2.4	1.7	0.7	5.7	4.0	7.5	98.0	

注) 1) 梓川村: 現地試験圃場(長野県南安曇郡梓川村倭)

2) 分析はドーマール株式会社に依頼した(食品総合研究所で測定).

表IV-29 「めばえもち」発芽玄米を混米した「コシヒカリ」の食味試験の結果

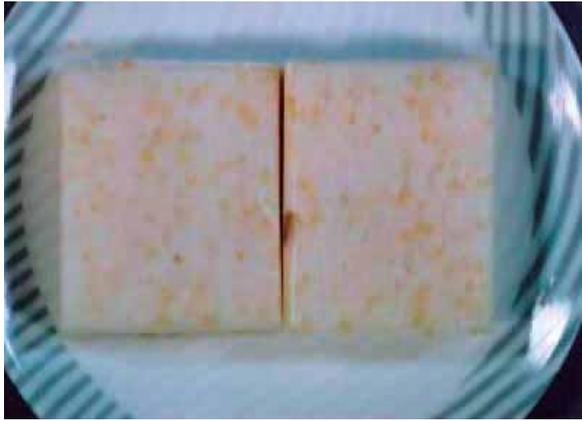
発芽玄米		白米		総合評価 (-5~+5)	外観 (-5~+5)	香り (-5~+5)	うま味 (-5~+5)	粘り (-3~+3)	硬さ (-3~+3)
品種名	比率 (%)	品種名	比率 (%)						
めばえもち	17	コシヒカリ	83	0.54**	0.46*	0.00	0.38*	0.58**	-0.08*
めばえもち	33	コシヒカリ	67	-0.42*	-0.63**	-0.46*	-0.21	0.42**	-0.79**
めばえもち	50	コシヒカリ	50	-1.71**	-1.54**	-0.75*	-1.04**	0.33	-2.29**
コシヒカリ	17	コシヒカリ	83	0.75**	0.61**	0.29*	0.54**	0.54**	0.21
コシヒカリ	33	コシヒカリ	67	0.04	-0.17	-0.04	-0.13	0.25	-0.50*
コシヒカリ	50	コシヒカリ	50	-0.83**	-0.79**	-0.58**	-0.46*	0.08	-0.50*
コシヒカリ (玄米)	33	コシヒカリ	67	-0.38	-0.13	-0.50**	-0.42*	-0.38*	0.54*
市販品	50	コシヒカリ	50	-0.46*	-0.29	-0.21	-0.42*	0.00	-0.58**
市販品	33	コシヒカリ	67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注) 1) 試験は2001年1月30日, パネラー24名で行った.

2) 標準栽培した「コシヒカリ」(2000年育成地産)に1/3量の市販の発芽玄米(商品名「あずさ」, 梓川村営農支援センター)を混ぜたものを基準とした.

3) 基準以外の発芽玄米はマイコン電気発芽器(HP-70, 竹越製作所)を用い, 20時間処理し, 作成した.

4) 「めばえもち」は標準栽培した2000年育成地産を用いた.



写真IV-6 「めばえもち」の巨大胚芽入り餅



写真IV-7 「めばえもち」の発芽玄米餅

ヒカリ」や「こがねもち」に比べ玄米中および発芽玄米中ともに明らかに多く含まれていた。

② 発芽玄米としての利用

炊飯米として発芽玄米の利用は「コシヒカリ」などの粳品種が用いられているが、もち品種の「めばえもち」の発芽玄米の混米利用について検討した。発芽玄米は玄米食より柔らかく食べやすいが、継続的に用いるためには白米に発芽玄米を1/3程度混ぜて炊飯することが多い。そこで「コシヒカリ」に市販発芽玄米を1/3混ぜた炊飯米を基準とした食味試験の結果を表IV-29に示した。「めばえもち」は1/6程度の混米比率（17%）の時に外観が良く評価が高かった。「めばえもち」の発芽玄米は「コシヒカリ」の発芽玄米の約2倍量のGABAを含むことからみて、「めばえもち」の発芽玄米1/6程度を混米することにより市販発芽玄米を1/3混ぜたと同量のGABAを摂取することができ「めばえもち」の発芽玄米は少量でも高い機能が期待できる。

(3) 加工原料米としての利用

a) 材料および方法

① 巨大胚芽入り餅

2001年に標肥栽培した巨大胚品種「めばえもち」を用い「めばえもち」の米糠から回収した胚芽を「めばえもち」の搗き餅生地に混和した巨大胚芽入り餅（写真IV-6）を試作し食味評価を行った。小林ら（2001）の方法により胚芽の分離と回収は精米程度を精米時間で調整できる攪拌式精米機（東芝精米機QS-1）を用いて行い、1回目の搗精は玄米を通常の搗精網より網目の少し広い（大きい）網（長径2.72mm、短径1.72mmの菱形搗精網）を装備して玄米から胚芽が離脱する程度に弱めに搗精し、部分

精米と胚芽・米糠を区分した。部分精米は追加搗精して完全精白米を得た。他方、胚芽・米糠混合物は篩目の細かい篩（径1.47mmの円形篩目）で、胚芽と米糠に篩分して胚芽を得た。得られた精白米1,400gを12時間浸水処理したのち電気餅つき機（National SD-M1810）に入れ、その上に水洗後4時間浸水した胚芽約100g（精米の7.4%重量相当）をカーゼに包んで載せ350mlの水で蒸した。蒸し上がった米に胚芽を混和しながら餅をつき、伸し餅の硬化後に切り分けホットプレートで焼いて供試した。試食は2001年12月19日に男17名、女11名、合わせて28名の職員でパネルを構成した。

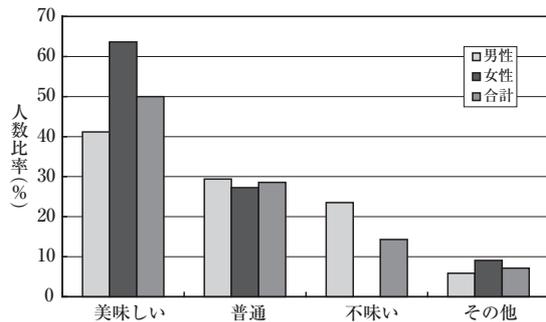
② 発芽玄米餅

2001年に現地試験の委託圃場（長野県南安曇郡梓川村倭）で標肥栽培した「めばえもち」を用いて、梓川村農産物加工研究会が試験を行った。玄米を0.5mm程度発芽させた状態で餅に加工した発芽玄米餅試作品（「めばえもち」玄米100%使用）（写真IV-7）をホットプレートで焼いて供試した。試食は2001年12月13日に男13名と、女10名、計23名からなるパネルで実施した。

b) 実験・調査の結果

① 巨大胚芽入り餅

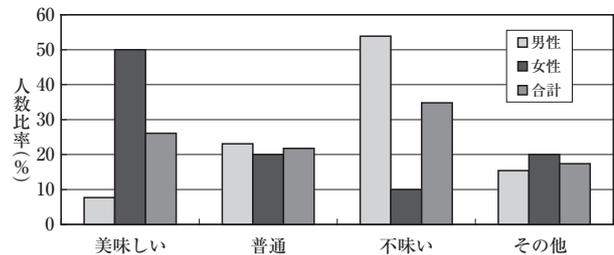
「めばえもち」の米糠から回収した胚芽を「めばえもち」の搗き餅生地に混和した巨大胚芽入り餅（小林ら、2002）について北陸研究センター職員を対象に食味試験を行った。結果を図IV-3に示した。この餅は発芽玄米餅よりはやや薄い茶色を呈しており、餅の中に小粒で淡黄色の胚芽が点在する（写真IV-6）。「めばえもち」の巨大胚芽入り餅は概ね好評で特に女性の評価が高かった。



図IV-3 巨大胚芽入り餅の食味評価
(育成地, 2001年)

質 問：巨大胚芽入り餅の印象は
いかがでしたか。

有効回答数：男性17名, 女性11名, 計28名



図IV-4 発芽玄米餅の食味評価 (育成地, 2001年)
質 問：発芽玄米餅の印象はいかがでしたか。
有効回答数：男性13名, 女性10名, 計23名

② 発芽玄米餅

長野県梓川村では村民の健康増進のために発芽玄米の普及に努めており、「めばえもち」を用いた発芽玄米餅の普及を計画した。梓川村農産物加工研究会が現地実証圃で生産した「めばえもち」を用いた発芽玄米餅を試作し、梓川村農村女性団体協議会主催のイベントにおいて参加者に試食してもらった。その結果、従来の「モチミノリ」に比べ香ばしく、喉ごしがよく美味しいという評価だった。今後「めばえもち」の普及が見込まれる。そこで、梓川村農産物加工研究会が試作した発芽玄米餅(写真IV-7)をホットプレートで焼き、当所・北陸研究センターの職員を対象に食味試験を行った結果を図IV-4に示した。「めばえもち」の発芽玄米餅は茶色でやや柔らかく香ばしさがあがり、一般の切り餅と異なった印象を受けた人が多かった。嗜好性には個人差があり、女性を対象とした場合には評価が高かった。しかし、水分調節や味付けなどの加工方法の改善によりさらに評価が向上するとみられる。

5) 考察

(1) 「めばえもち」の特性に基づく栽培上の留意点

北陸地方では水稲もち品種としては「こがねもち」が最も多く栽培されており、2005年の北陸の作付面積は2,873haであり、福島県等も含めると全国で4,217haの作付けがあった。この品種は宮城県では「みやこがねもち」の名前で1,910haに栽培されてい

た。「こがねもち」は「コシヒカリ」が育成された1956年に新潟農業試験場・中条試験地において育成された品種であり、新潟県の主力糯品種となっていた。

そこで、「めばえもち」の特性を「こがねもち」と比べた結果以下のとおりであった。「めばえもち」の出穂期は「こがねもち」よりやや遅く、成熟期は「こがねもち」よりやや早く、育成地では“中生の早”に属するもち種である。稈長は「こがねもち」より16cm程短い短稈で穂長はやや長く穂数は多く、草型は“偏穂数型”であり稈先色は“赤褐”である。収量は標肥栽培では「こがねもち」より少ないが、多肥栽培した場合には「こがねもち」より多収となる。耐倒伏性は「こがねもち」より強く、“中”である。玄米の品質は「こがねもち」よりやや劣り“中中”である。胚芽重は「こがねもち」、「コシヒカリ」の約3倍あり、玄米重の7～8%程度を占める。胚芽内に蓄積されるγ-アミノ酪酸(GABA)含有率は発芽玄米で高く、「コシヒカリ」や「こがねもち」の約2倍である。餅の食味は「こがねもち」よりやや劣る“中上”で、柔らかい食感を長時間保持することができる。いもち病真性抵抗性遺伝子*Pia*を持つと推定され、葉いもち圃場抵抗性は“中”、穂いもち圃場抵抗性は“やや強”である。白葉枯病抵抗性は“中”、縞葉枯病に対しては“罹病性”で障害型耐冷性は“弱”で穂発芽性は“中”である。

このような「めばえもち」の特性からみて、栽培にあたっては以下の点に留意する必要がある。「めばえもち」の種子の発芽率および出芽率が低いので、播種量を2割程度多くし覆土は薄くし加温して出芽を促進させる。稈長は短く倒伏がほとんど認められなかったことから施肥条件によっては収量の増加も考えられる。しかし穂数が多いため過度な追肥は倒伏を助長するので避ける。粒着がやや疎で1穂粒数が少なく登熟が早いので、刈り遅れに注意する。障害型耐冷性が弱いので、冷害の常襲地での作付けは避ける。

「めばえもち」の栽培適地は早晩性から判断すると、東北地方中南部、北陸地方および関東地方以西となり、従来巨大胚のもち品種がなかったことから東北地方中南部から九州地方に至る広い地域で新規用途を目的とした栽培の可能性が高いと考えられる。

(2) 玄米特性と新規用途開発

「めばえもち」は、玄米の胚芽部分が一般品種の3倍ほど大きい巨大胚のもち品種である。「めばえもち」の餅の食味は「こがねもち」よりやや劣り“中上”であり、柔らかい食感を長時間保持することができる。そして「めばえもち」は機能性成分γ-アミノ酪酸(GABA)を多く含み、胚芽内に蓄積されるGABA含有率は発芽玄米で高く、「コシヒカリ」や「こがねもち」の約2倍のGABAを含む。

米粒には生理的機能を持つ各種の遊離アミノ酸が含まれ、とくに米粒の外層部や胚芽に多く含まれている。これらの遊離アミノ酸の含有量は水に浸漬すると変動しやすく、水浸漬により米胚芽のGABAが急激に蓄積することが明らかにされている(Saikusa *et al.*, 1994 a, Saikusa *et al.*, 1994 b)。GABAは自然界に広く存在するアミノ酸の一種であり、哺乳動物の小脳、脊椎後角、黒質、海馬などに多く存在する抑制性神経神経伝達物質と考えられており、グルタミン酸からグルタミン酸デカルボキシラーゼ(GAD)の作用を受けて生合成される(今堀・山川, 1990)。医薬品として販売されているγ-アミノ酪酸製剤(合成GABA製剤)は脳代謝促進作用があり、脳梗塞・脳出血後遺症など、脳血管障害の諸症状の改善や血圧上昇抑制効果が認められている。また更年期障害や初老期の自律神経障害にみられる精神的症状の緩和にも効果があるとされている。そこで、

岡田ら(2000)は「ササニシキ」の米糠から分別製造した「GABA蓄積脱脂コメ胚芽」の効果について検討した結果、更年期および初老期に見られる抑うつ、不眠、イライラ、不定愁訴の自律神経障害の改善に明らかな効果が認められた。このほかに高血圧症や肝機能の改善作用も示され、服用に伴う副作用も全く認められなかったことから、機能性食品素材として高い利用価値を有していることが明らかになった。

そこで、玄米を水に浸漬し僅かに発芽させた「発芽玄米」がGABAを多く含む機能性食品として市販化されている。「発芽玄米」はGABAのほかに食物繊維、ビタミン類、ミネラルを多く含み、玄米より柔らかく炊きあがることから消費者の評価も高く、消費の拡大が期待されている。

GABAの蓄積量をさらに高めるためには巨大胚品種を用いることが有効と考えられ、既に巨大胚品種「はいみのり」(根本ら, 2001)などが育成されてきた。「はいみのり」は寒冷地では極晩生であることから栽培に適さず、近畿地方以西の温暖地および九州地方が栽培適地と考えられる。この他に北海道農業研究センターが巨大胚系統「北海269号」を育成し、北海道および東北地方の一部で栽培されている。いずれもうるち種であり、作付け適地が限られることから今後はさまざまな栽培地帯に適した巨大胚のもちならびにうるち品種の開発が必要と考えられる。

「めばえもち」は巨大胚もちという新しい特性を備えた新品种であり、高い機能性を備えた加工食品などへの新たな需要が見込まれ、とくに地域興しの一環として餅を用いた商品開発に積極的に取り組んでいる地域で普及が見込まれる。たとえば長野県松本市梓川地区では地域興しの一環として村の特産物づくりと村民の健康維持のために発芽玄米餅の生産と販売に取り組んでいる。このような動きが全国に広がり、米の消費拡大につながることを期待したい。

さらに米糠から回収した巨大胚芽の活用方法として団子生地、甘酒、おこし様菓子などの製造も考えられている(特許第3851934号、巨大胚米加工食品の製造法、農研機構・小林明晴・上原泰樹・清水恒・小牧有三・太田久稔)。米油の原料として、巨大胚性品種を評価する必要もあると考えられる。

2. 新規食品開発用の高・低アミロース品種の育成

米でんぷんの品質特性、加工適性、食味などは、でんぷんを構成するアミロースとアミロペクチンの二つの主成分の含有率により変化する。アミロースは多数のグルコースが直鎖状に結合し、アミロペクチンは多数のグルコースが枝分かれして側鎖状に連結した高分子化合物である。もち米でんぷんはアミロペクチンのみから構成されているが、うるち米でんぷんはアミロースとアミロペクチンから成るため、うるち米の品質・加工特性や食味は、アミロースの含有率に大きく依存する。

ところで、わが国では、古来よりうるち米を炊飯し白飯として食する習慣があり、アミロース含有率が低く、粘り気の強い米が好まれてきた。アミロース含有率が低く炊飯米に粘りあるジャポニカは、日本をはじめ、朝鮮半島や中国北部にいたる東アジア地域において集中的に栽培されている。アジアの他の地域では、比較的アミロース含有率の高いインディカが広く栽培されている。

わが国では、世界大戦後の食糧難を克服すると、食の高度化、西欧化、多様化が急速に進展し、米の需要動向も大きく変化した。さらに、国民経済の進展に伴う購買力の高まりにより、多くの農産物が海外から輸入されるようになった。これに伴って国内産米の消費は大幅に減退し、米の生産過剰が社会問題化した。

そこで、国産米の需要拡大をねらいとする「新形質を備えた農作物品種の開発」のなかで、米でんぷんの主成分であるアミロースの含有率を変化させ、新たな米の品質・加工特性を持つ品種の開発が取り上げられることとなった。

1) 育種目標の設定と交配母本の選定

1978年以前の北陸農業試験場においては、外国品種の利用は一部に限られ、強稈性の母本としてIRRI (国際稲研究所) 育成の半矮性インディカ品種や多収性の母本としてアメリカからの導入品種などが用いられていたに過ぎなかった。米あまりに伴う生産調整が行われるなかで、飼料用稲 (えさ米用) を転作作物にして欲しいという要望が生産者などから出され、1979年には農業団体や農家による飼料用稲の試作が各地で行われるようになり、外国品種の飼料用稲としての可能性が論議されるようになった。

このような情勢の下で農林水産省は1979年から積極的に外国品種を利用した飼料用超多収品種の育成に着手した。一方、北陸農業試験場では農林水産省イネ遺伝資源導入・保存事業によって海外から導入された品種を含む内外稲約5,000品種・系統について1976~1979年にかけて第1次特性評価を行い (内山田ら, 1977; 内山田ら, 1978; 内山田ら, 1980), その中で多収性の母本として利用の可能性が認められた半矮性インディカの改良品種などについて生産力検定試験を実施し、品種の特性解析が行われていた。また、1979年からは超多収稲に関する連絡試験を実施し、有望な品種を交配母本として選定した。1981年からはプロジェクト研究「超多収作物の開発と栽培技術の確立」(超多収プロジェクト)の開始を契機に、本格的に超多収品種の育成を開始した。

超多収性の母本としてはジャポニカのイタリア品種の中の大粒品種、あるいは、IRRI, 韓国, 中国のインディカの半矮性品種が有望とみられた。これらの半矮性品種は極多肥栽培でも倒伏しない強稈性を備え、受光態勢にもすぐれることから理想的な草型とみられた。このような背景の下で「夢十色」の育成が開始された。

超多収性を追求する一方で、米の用途拡大のためには消費者ニーズの変化に対応して、各種用途向けの最適な玄米特性をもつ品種が求められるようになった。佐藤ら (1981) は、3種類の突然変異誘起剤、エチルメタンサルフォネート (EMS), エチレンイミン (EI), およびメチルニトロウレア (MNU) を用いて、種子浸漬処理および受精卵処理を行い、もち、ダル (低アミロース・半もち性)、粉質などの胚乳や胚の形質に関する多様な変異体の誘発に成功した。ダル突然変異体の米は白色不透明な胚乳を持つが、白濁の程度はもちとうちの中間であり、「中間もち」と呼ばれることもある。米の胚乳でんぷんのアミロースとアミロペクチンの構成比率を変化させる遺伝子として、第6染色体 (第I連鎖群) に座乗するモチ性遺伝子 (*wx*) がよく知られているが、Okuno *et al.* (1983) は、ダル突然変異体のアミロース含有率の減少は、*wx*座とは異なる遺伝子座 (*du*) の対立遺伝子によって支配されることを報告した。

稲津 (1988) は北海道産米の食味が府県産米に

劣る原因としてアミロース含有率が高いことをあげ、食味改善のために北海道産米の低アミロース化の必要性を指摘した。北海道立上川農業試験場では、1984年に農業生物資源研究所・放射線育種場において「ニホンマサリ」に⁶⁰Coを照射して作出された低アミロース突然変異系統を母本とし、1991年にわが国初の低アミロース性品種「彩」の育成に成功した。「彩」のアミロース含有率は、北海道の普及品種より約4%、新潟県産「コシヒカリ」より2%程度低く、炊飯米は柔らかく粘りが強く、食味の総合評価は良好で加工適性も優れていた（菊地ら、1991）。そこで、これらの低アミロース性の新たな育種素材を用いて、低アミロース品種「ソフト158」および「朝つゆ」の育成を計画した。

このように選抜を進めてきた育成材料は、1989年からは消費者ニーズの多様化・高度化など新たな状況に対応して、総合的開発研究「需要拡大のための新規形質水田作物の開発」（新規形質米プロジェクト）に引き継がれた。新規形質としては、米の粒形・粒色、アミロース含有率、香りや含有成分など様々な形質に着目して、新品种の開発を実施することとした。

アミロース含有率の異なる品種の育成にあたり、交配母本の選定は、次のようにして行った。

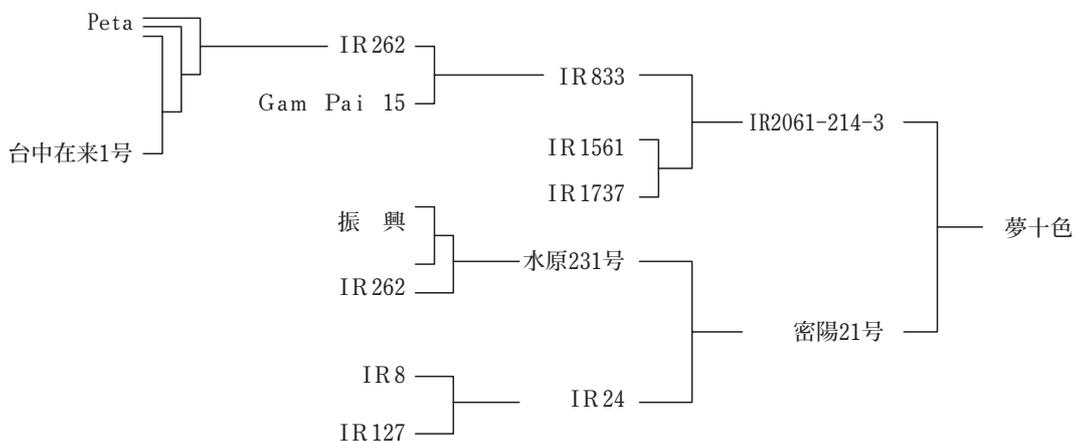
(1) 「夢十色」

「夢十色」の系譜を図IV-5に示した。「夢十色」の育成にあたっては、インディカの超多収・他用途向き品種の育成を目的として、「IR2061-214-3」を母本とし、「密陽21号」を父本として人工交配を行っ

た。母親の「IR2061-214-3」は、国際イネ研究所（IRRI）の育成系統であり、当時、北陸農業試験場・作物第6研究室が進めていた内外稲品種の特性解析のために、農事試験場・作物第7研究室から取り寄せられた。1976年に行われた第1次特性解析の結果、出穂期が「コシヒカリ」と「日本晴」の中間で、短程、長穂、1穂粒数が多く、草型は「IR 8」タイプであり、倒伏もなく多収が期待できた。しかし、欠点としては、育苗期の低温により葉身の退色がみられ、脱粒し易く長粒で品質が劣っていた（内山田ら、1977）。

1977年には同品種を含む27品種の生産力検定試験を行った。「IR2061-214-3」は下葉まで直立して受光態勢が良く、中短程、長穂であったが、穂が出すくみ、枯れ上がりが多く、やや多収（日本晴対比105%）であった（内山田ら、1978）。父親の韓国品種「密陽21号」も同様な経緯で農事試験場・作物第7研究室を經由して北陸農業試験場・作物第6研究室に取り寄せられ、1978年に特性解析が行われた。出穂期は「レイメイ」より2日程度遅い早生の半矮性インディカで、低温退色が認められ、心白と腹白が多く外観品質が劣ったが、脱粒性は“やや難”であった（内山田ら、1980）。

母本とした「IR2061-214-3」は草型が良く多収特性を備え、父本とした「密陽21号」は早生で、半矮性インディカには稀な脱粒しにくい品種であった。これらのことから、両者を交配することにより、寒冷地中南部以南の地域に向くインディカ系超多収品種の育成をねらった。その後、新規形質品種の育



図IV-5 「夢十色」の系譜

成を目標として選抜を続け、米の理化学的特性や加工適性の解析とともに耐病虫性などの検定を行った。

(2) 「ソフト158」および「朝つゆ」

「ソフト158」および「朝つゆ」の系譜を図IV-6に示した。「ソフト158」および「朝つゆ」は、多収性の低アミロース品種の育成を目的として、晩生の多収系統「北陸127号」を共通母本とし、起原の異なる低アミロース系統を父本として人工交配を行って育成された半きょうだい品種である。共通の母本として用いた「北陸127号」は、「レイメイ」に由来する半矮性と、「トドロキワセ」に由来する穂数型で耐倒伏性に優れた特性を併せもつ多収系統で、「日本晴」並の晩生で短稈・穂数型の系統であった。

「ソフト158」の父本となった「研系2078」は、1977年に農業技術研究所・遺伝第3研究室において「ササニシキ」にエチルメタンスルフォネート(EMS)の種子浸漬処理を行い、 M_2 世代の個体の中から選抜された半もち性の胚乳を持つ突然変異系統である。他方、「朝つゆ」の父本とした「道北43号」は、「ニホンマサリ」の胚乳突然変異体から得られた低アミロース系統「NM391」を母本として育成された低アミロース系統である。

菊地(1988)は登熟温度の低い北海道においてもアミロース含有率を低減できる「NM391」の低アミロース遺伝子に着目して、遺伝解析を行った結果、*du*座の対立遺伝子 $du-a(t)$ がアミロース含有率を半減させるとともに、登熟温度や遺伝的背景により、アミロース含有率が大きく変動することが明らかにした。この一連の試験から育成された「道北43号」は、北海道の低アミロース品種「彩」や「はなぶさ」等の母本としても利用されており、北海道で栽培された場合でも玄米はよく白濁し、ダルあるいは中間もちと呼ばれる状態となり、北陸地方で生産される良食味米に近いアミロース含有率ならびに食味となる。

2) 交配および育成経過

「夢十色」と「ソフト158」ならびに「朝つゆ」の育成経過を表IV-30に示した。各品種の選抜経過は次の通りであった。

(1) 「夢十色」

1980年夏に中央農業総合研究センター・北陸研究センター(旧北陸農業試験場)において交配を行

い、交配種子を同年秋に温室に播種し、 F_1 世代を養成した。翌1981年春に温室にて F_2 集団を養成した後、苗代放置によって F_3 世代の雑種集団を栽培した。1982年には、約6,500個体の F_4 雑種集団を養成し、その中から個体選抜により27株を選抜した。1983年には27系統の単独系統を養成し、その中から3系統を選抜した。1984年以降は系統群を養成し、系統選抜を継続して遺伝的固定を図ってきた。

1985年からは「上119」の系統番号を付して生産力検定試験および特性検定試験に供試した。1987年に F_5 世代の選抜系統に「北陸142号」の地方系統番号を付けて東北地方南部以南の府県に配布し、奨励品種決定調査および他用途向き品種選定試験に供試した。さらに、1987年以降は「超多収プロジェクト」、1989年以降は「新形質米プロジェクト」において、品質・加工適性の評価および特性検定試験を実施した。これらの結果、今後予測される消費者ニーズに対応可能な新規形質米として評価され、1996年には新品種として「水稻農林345号」に登録され、「夢十色」と命名された。なお、育成を完了した1995年度は、雑種第17世代にあたる。

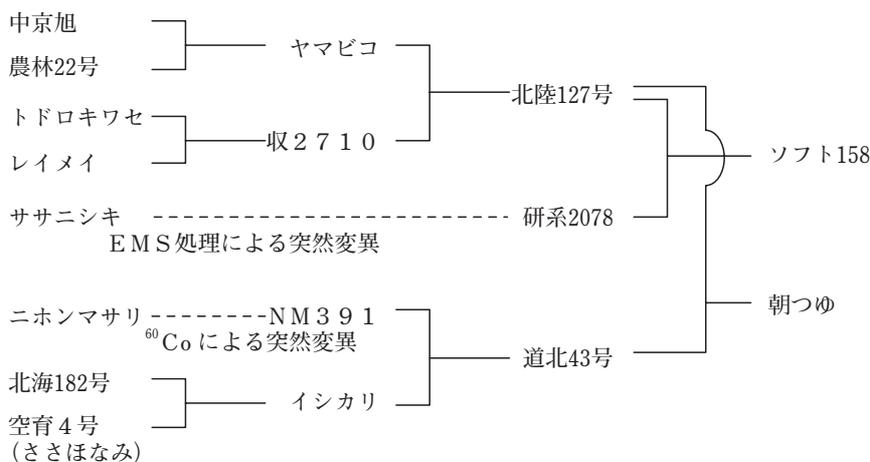
(2) 「ソフト158」

1986年夏に中央農業総合研究センター・北陸研究センター(旧北陸農業試験場)において交配を行い、翌1987年に F_1 世代を養成した。1988年に苗代放置によって F_2 世代の雑種集団を栽培した。1989年の F_3 世代において玄米の形質調査に基づき個体選抜を行い、1990年以降は系統栽培によって系統選抜と固定を図った。

1991年に「上393」の系統番号を付して生産力検定試験に供試した。1992年の F_6 より「北陸158号」の系統名で東北南部以南の府県に配布し、奨励品種決定調査に供試した。1993年からは「新形質米プロジェクト」における品質・加工適性の評価を行った。これらの結果、今後予測される消費ニーズに対応する新規形質米として有望と認められ、1995年に新品種として「水稻農林337号」に登録され、「ソフト158」と命名された。なお、1994年には雑種第8世代で育成を完了した。

(3) 「朝つゆ」

1986年夏に中央農業総合研究センター・北陸研究センター(旧北陸農業試験場)において交配を行い、翌1987年圃場で F_1 世代の雑種植物を栽培し、



図IV-6 「ソフト158」および「朝つゆ」の系譜

表IV-30 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の育成経過

年次	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000		
世代	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	F ₁₆	F ₁₇					
栽 植	系統群数					3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
	系統数					27	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5						
	個体数	(73粒)	73	2,150	5,000	6,500	60*	60*	50*	50*	50*	50*	50*	50*	50*	60*	60*	60*					
選 抜	系統群数					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
	系統数					3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
	個体数					27	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	12					
配 布 数	特性検定試験							3	13	14	4	4	6	6	5	5	2						
	奨励品種決定調査								19	26	18	7	2	2	3	1							
	他用途向き品種選定試験								6	9	5	4											
備考	北陸交55067				上119				北陸142号														
世代								交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	
栽 植	系統群数												5	1	1	1							
	系統数													31	10	5	5	5					
	個体数							(8粒)	8	4,000	5,000	50*	50*	50*	50*	50*							
選 抜	系統群数													1	1	1	1						
	系統数													5	1	1	1	1					
	個体数													31	10	35	5	5	5				
配 布 数	特性検定試験													6	8	7							
	奨励品種決定調査														10	46	11						
備考	北陸交61033				上393 北陸158号																		
世代								交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	
栽 植	系統群数													11	7	1	1	1	1	1	1	1	1
	系統数													62	38	35	5	5	5	5	5	7	10
	個体数							(42粒)	42	4,000	5,000	50*	60*	50*	60*	60*	50*	50*	50*	50*	50*	50*	50*
選 抜	系統群数													7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	系統数													11	7	1	1	1	1	1	1	1	1
	個体数													62	38	35	5	5	5	5	5	7	10
配 布 数	系統適応性検定試験																				2		
	特性検定試験																	1	2	6	6	8	10
	奨励品種決定調査																			3	36	12	7
備考	北陸交61031				上389										北陸180号								

1988年苗代放置によりF₂世代の雑種集団を養成した。1989年のF₃世代で個体選抜を行い、1990年のF₄世代以降は系統栽培によって系統選抜と固定を図った。

1991年から「上389」の系統番号を付して、生産力検定試験および特性検定試験、さらに、1996年には系統適応性検定試験にも供試した。1997年F₁₁世代より「北陸180号」の系統名で関係各県に配布し、奨励品種決定調査に供試した。これらの結果、低アミロースの新規形質米として評価され、2001年に新品種として「水稻農林377号」に登録され、「朝つゆ」と命名された。なお、育成を完了した2000年度は雑種第14世代となった。

3) 品種特性の評価と解析

a) 材料および方法

① 形態的特性および生態的特性

先述の品種育成と同様な方法により生産力検定試験、玄米特性の調査、食味、いもち病などの病害虫抵抗性、穂発芽性、耐冷性などの障害抵抗性の検定を実施するとともに、農林水産省の水稻特性検定試験地、農林水産省の水稻育種研究室および指定試験地に依頼して実施した。

② 食味

通常の食用品種と同様に行った。これに加え、低アミロース品種「ソフト158」と「朝つゆ」については、炊飯時の加水量と食味関係について検討した。さらに、「ソフト158」に関しては、1993年に実施した生産力検定試験（標肥区）の米を用い、加水量を白米の1.05倍、1.15倍、1.25倍の3水準とし反復なしで検討した。なお、通常の食味官能試験に近い加水量は白米の1.25倍とし、「日本晴」ならびに「コシヒカリ」と比較検討した。北陸農業試験場・品質評価研究室に分析を依頼した結果によると、「コシヒカリ」のアミロース含有率は18.0%、タンパク質含有率は8.0%であったのに対して、「ソフト158」のアミロース含有率は12.5%、タンパク質含有率は8.1%であった。

「朝つゆ」に関しては、1999年産の生産力検定試験（標肥）区米を用い、加水量を白米の1.15倍、1.20倍、1.25倍、1.30倍の4水準とし2回反復で評価した。通常の食味官能試験と同様に加水量を白米の1.30倍とした「コシヒカリ」と比較した。なお、育成地における測定結果では、「コシヒカリ」のアミロース

含有率は14.7%、タンパク質含有率は6.0%であったのに対して、「朝つゆ」のアミロース含有率は6.2%、タンパク質含有率は5.4%であった。

③ 外国品種由来のいもち病抵抗性遺伝子を持つ「夢十色」の耐病性

「夢十色」はIR系統や「密陽21号」などの外国品種に由来するいもち病真性抵抗性を持つとみられたことから、これらの外国品種を侵害する菌株を保有する専門研究室に検定を依頼した。いもち病真性抵抗性遺伝子型を推定のための検定は、1989年は東北農農業試験場・水田病害研究室において23菌株、1990年には農業研究センター・水田病害研究室において16菌株を用いて行った。1995年に農研センター・水田病害研究室に依頼して、同年の選抜系統（系4795）の12個体が真性抵抗性遺伝子*Pib*および*Pit*遺伝子を保有するか否かを確認するために4菌株を用いて検定を行った。

葉いもち圃場抵抗性の検定は、1997年、1990年および1992年の3年間、穂いもち圃場抵抗性の検定は1991年と1992年の両年にわたり、農業研究センター・水田病害研究室において罹病性菌株を用いた人工接種による室内検定を実施した。

④ 外国品種由来の白葉枯病抵抗性遺伝子を持つ「夢十色」の耐病性

「夢十色」は交配親とした外国品種に由来する白葉枯病抵抗性遺伝子を持つ可能性があることから、外国品種の白葉枯病抵抗性遺伝子を侵害する菌株を保有していた旧北陸農業試験場・病害第1研究室（現中央農業総合研究センター・北陸研究センター）および旧中国農業試験場・病害研究室（現近畿中国四国農業研究センター）に検定を依頼した。

⑤ ツマグロヨコバイ耐虫性

「夢十色」は交配親に用いた外国品種に由来するツマグロヨコバイ耐虫性を保有する可能性があることから、ツマグロヨコバイ耐虫性の検定が可能な旧北陸農業試験場・虫害研究室（現中央農業総合研究センター・北陸研究センター）に検定を依頼した。

b) 調査・実験の結果

① 草姿および草型

「夢十色」、「ソフト158」ならびに「朝つゆ」の育成地における形態特性に関する調査結果を表IV-31、また、生育特性の調査結果を表IV-32に示した。「夢十色」は「日本晴」に比較し、移植時の苗丈は

表IV-31 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の特性 (育成地)

品種名	移植時			止葉の 直立	稈		芒		芒 または 稈先色	穎色	粒着 密度	脱粒 難易	稈糯 の別
	苗丈	葉色	葉身 形状		細	太	剛	柔					
夢十色	短	やや淡	中	立	極太	剛	無	-	黄白	黄白	やや密	やや難	稈
日本晴	中	中	中	中	中	中	少	短	黄白	黄白	中	難	稈
ハバタキ	やや短	やや淡	中	立	極太	剛	無	-	黄白	黄白	密	中	稈
ソフト158	やや短	中	やや垂	立	中	やや剛	無	-	黄白	黄白	中	難	稈(半糯)
アキニシキ	短	やや濃	中	中	中	やや剛	少	中	黄白	黄白	中	難	稈
朝つゆ	短	中	中	やや立	やや太	やや剛	稀	極短	黄白	黄白	中	難	稈(半糯)
日本晴	中	中	中	中	中	やや剛	少	短	黄白	黄白	中	難	稈

注) 上段は1995年, 下段は2000年の育成地の調査結果を示した。

表IV-32 移植栽培における「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の生育特性 (育成地)

試験年次	施肥 水準	品種名	出穂期	成熟期	登熟 日数	稈長	穂長	穂数	倒伏 程度	葉いもち	穂いもち	紋枯病	下葉 枯上り
			(月.日)	(月.日)	(日)	(cm)	(cm)	(本/m)	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)
1985~ 1995	多肥	夢十色	8.15	10.4	50	76	24.5	312	0.7	0.0	0.0	1.1	3.7
		日本晴	8.19	10.6	48	85	19.9	433	1.6	0.0	0.1	0.9	2.3
		ハバタキ	8.9	9.23	46	78	24.8	257	0.4	0.0	0.0	1.2	2.9
1991~ 1995, 1997~ 2000	標肥	ソフト158	8.12	9.23	42	75	20.1	299	0.4	0.0	0.0	0.1	3.0
		アキニシキ	8.12	9.22	40	83	19.6	370	0.7	0.0	0.0	0.0	2.3
		朝つゆ	8.13	9.28	46	76	19.6	361	0.7	0.0	0.0	0.0	2.4
		日本晴	8.17	9.30	46	80	19.6	367	0.8	0.0	0.0	0.0	2.3
1993~ 2000	多肥	ソフト158	8.12	9.24	45	78	20.0	320	0.9	0.0	0.2	0.0	2.5
		アキニシキ	8.13	9.23	43	88	19.7	392	2.4	0.0	0.2	0.0	2.5
		朝つゆ	8.14	9.30	48	80	20.2	396	2.4	0.0	0.3	0.0	2.5
		日本晴	8.16	10.1	47	83	20.4	400	2.1	0.0	0.2	0.0	2.1

注) 1) 耕種概要は以下のとおりである(表IV-33, 36も同じ)。

播種日: 4月6日~4月17日, 移植日: 5月11日~5月20日, 基肥量(N・P₂O₅・K₂O 各成分, kg/a): 標肥区は0.4~0.5・0.4~0.5・0.4~0.5, 多肥区は0.6・0.6・0.6(1993, 1994年は0.8・0.8・0.8), 追肥量(同左): 標肥区は0.2~0.3・0~0.1・0.27~0.37, 多肥区は0.3・0.0・0.41, 栽植密度: 30×18cm, 18.5株/m², 1株3~4本植, 反復数: 上段は3(1985年のみ2), 中段(標肥区)は3(1993年のみ2), 下段(多肥区)は2。

2) 数値は試験年次を通過した平均値で示した(表IV-33, 36も同じ)。

3) 倒伏程度, 葉いもち, 穂いもち, 紋枯病, 下葉枯上りは0(無)~5(甚)の6段階分級。

短く“短”, 葉色は“やや淡”, 葉身は「日本晴」並に立ち, 葉身の形状は“中”にそれぞれ分級される。幼苗期における低温により葉身が退色(黄化)しやすい。最高分げつ期の草丈は短く, 分げつは少なく, 葉色はやや淡く, 葉身は直立する。成熟期における止葉の葉身は立ち, 草姿は良好であるが, 葉枯れが多く熟色は劣る。稈長は「日本晴」より20cm程度短く“やや短”, 穂長は「日本晴」より4~5cm長く“極長”, 穂数は「日本晴」の70%程度で“少”, 草型は“極穂重型”にそれぞれ区分される(写真IV-8とIV-9参照)。「ハバタキ」と比較して稈長と穂長は同程度であるが, これより穂数は多い。稈の太さは一般の日本品種より明らかに太く, 「ハバタキ」並の“極太”, 稈の剛柔は“剛”に区分される。

粒着密度は「日本晴」より密であるが, 「ハバタキ」より疎で“やや密”に分級され, 稈色および稈先色は黄白で芒は無く, 脱粒性は“やや難”である。

「ソフト158」は「アキニシキ」に比較し, 移植時の苗丈はやや短く“やや短”, 葉色はやや淡く“中”に分級され, 葉身はやや垂れる。本田の生育は緩慢で, 草丈は短く, 茎数も少なめである。成熟期における止葉の葉身は立ち, 株は締まり, 草姿は良好である。稈長は「アキニシキ」より10cm程度短い短稈で, 穂長は「アキニシキ」よりやや長く, 穂数は少なく, 草型は“偏穂重型”である。稈の太さは「アキニシキ」並の“中”, 稈の剛柔は“やや剛”に分級されやや強稈である。粒着は「日本晴」並の“中”に分級され, 稈色および稈先色は“黄白”で芒は無



写真IV-8 「夢十色」の草姿
(左：夢十色 右：日本晴)

い。脱粒性は難である。(写真IV-10)

「朝つゆ」の移植時の苗丈は「日本晴」より短く、「アキニシキ」並の“短”，葉色および葉身の形状は「日本晴」並の“中”に分級される。本田における初期生育は緩慢で，草丈は「日本晴」より短い，葉幅は「日本晴」並に広く，分けつはほぼ「日本晴」並である。葉色は中庸で葉身はやや下垂する。止葉の葉身は“やや立”に分級される。稈は「日本晴」よりやや太く“やや太”，稈の剛柔は“やや剛”に



写真IV-9 「夢十色」の立毛 (育成地)



写真IV-10 「ソフト158」の草姿
(左：ソフト158, 中：アキニシキ, 右：日本晴)



写真IV-11 「朝つゆ」の草姿
(左：朝つゆ 右：日本晴)

分級される。稈長は標肥区では平均74cm、多肥区では80cm程度であり、「日本晴」に比べ3～4cm短く、「ソフト158」の平均値よりわずかに長い。年次によっては「日本晴」や「ソフト158」並のこともあるので、これらの品種と同じ“中”に分級される。穂長は20cm前後で「日本晴」並で“やや短”，穂数は400本/m²近くあり「日本晴」並の“やや多”，草型は「日本晴」と同じく“偏穂数型”に分級される（写真IV-11）。

奨励品種決定調査における「朝つゆ」と「日本晴」およびその他の標準品種との稈長を比較すると、「朝つゆ」の稈長は70～80cm程度の場合が多く、「日本晴」などの標準品種に比べ4～5cm短かく、育成地における比較結果とも一致した。「朝つゆ」の穂長は19～20cm程度の場合が多く、育成地における成績と同様に「日本晴」などの標準品種並かわずかに短かった。「朝つゆ」の穂数は400本/m²程度の場合が多く、育成地における結果と同様に「日本晴」とほぼ同程度であったが、その他の標準品種に比べやや多い傾向がみられた。

② 早晩性

「夢十色」，「ソフト158」および「朝つゆ」の育成地における出穂期および成熟期を表IV-32に示した。「夢十色」の出穂期は「日本晴」より3日程度、成熟期は2日程度それぞれ早く、また、「ハバタキ」より出穂期が6日程度、成熟期が11日程度それぞれ遅い特徴があり、育成地における早晩性は“晩生の早”に属する。

「ソフト158」の出穂期は「アキニシキ」並で、成熟期は「アキニシキ」並かやや遅く、育成地における早晩性は「アキニシキ」と同じ“晩生の早”に属する。「朝つゆ」の育成地における出穂期は「日本晴」に比べ2～4日早く、「ソフト158」に比べ2日程遅く、成熟期は「日本晴」に比べ2日程早く、「ソフト158」に比べ6日程遅く、育成地では“晩生の晩”に区分される。低アミロース品種として関東地方以南では「コシヒカリ」と同熟期の「ミルキークイーン」が広く栽培されているが、これらより遅い熟期の低アミロース品種としては「ソフト158」や九州地方の中生品種「柔小町」が育成されている。「朝つゆ」は、これらの中間の熟期の品種であり、温暖地から暖地にかけての広範な地帯で栽培が可能である。

③ 耐倒伏性

「夢十色」，「ソフト158」および「朝つゆ」の育成地における倒伏程度を表IV-32に示した。「夢十色」の耐倒伏性は「日本晴」より明らかに強く、「ハバタキ」並に強いことから、耐倒伏性は“強”に区分される。配布先においても倒伏はほとんど認められず、標準品種より明らかに倒伏が少なかったが、成熟期を過ぎて刈取りが遅れた場合には、挫折倒伏が認められたり、ニカメイチュウの被害により倒伏がみられたりすることがある。

「ソフト158」は標肥および多肥栽培では倒伏はほとんど認められず、「アキニシキ」および「日本晴」並かやや強く、耐倒伏性は両品種と同程度の“やや強”と判断される。「朝つゆ」の倒伏程度は「日本晴」や「アキニシキ」とほぼ同程度で、耐倒伏性は“やや強”に区分される。「朝つゆ」の稈はやや太い。短稈で穂数あまり多くない時には耐倒伏性は強いが、1994年のように代かき前の高温と乾燥による乾土効果により窒素供給量が過多になると、稈長が伸び、茎数が多くなり、穂数が400本/m²を大幅に上回るような場合には、稈が細くなり倒伏し易くなる。「朝つゆ」は穂肥や中間追肥により茎数が増加し易く、また、登熟後半の追肥により穂数が増加し易いことから（小牧ら，2001），茎数が多くなる年には肥培管理に注意が必要である。

④ 収量性

「夢十色」，「ソフト158」ならびに「朝つゆ」の育成地における収量調査成績を表IV-33に示した。「夢十色」の精玄米重は、育成地（本場）では過去11年間の平均が69.4kg/a、明治圃場の2年間の平均が68.1kg/aであり、「日本晴」との比較では、それぞれ114%および108%で年次間の変動はあるが全般に多収であった。また、中生の超多収品種「ハバタキ」とは直接比較はできないが、数値のうえで「夢十色」は「ハバタキ」よりも多収であった。

配布先において玄米重が80kg/a以上の多収となった事例としては、茨城県農業総合センターで91.4kg/a（対標準比率127%，1990年），栃木県農業試験場で83.0kg/a（同134%，1990年），福井県農業試験場で82.9kg/a（同125%，1987年）および83.9kg/a（同128%，1988年），岐阜県農業総合研究センターで82.2kg/a（同149%，1988年），滋賀県農業試験場で89.2kg/a（同129%，1987年），

84.9kg/a (同132%, 1989年) および85.7kg/a (同130%, 1990年) となっており, その他の試験地においても全般に標準品種より多収であった. しかし, 配布先の中には早生品種の作付け地帯も含まれるた

め標準品種より少収の場合もあった. したがって, 「夢十色」は比較的温暖な地帯では, 標準品種に比べて130%程度の多収が期待できることから, 「夢十色」の収量性は「ハバタキ」と同様の「極多」に

表IV-33 移植栽培における「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の収量性 (育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	同左 比率 (%)	屑米重 歩合 (%)	玄米 千粒重 (g)	玄米/わら比率 (%)
1985~1995	多肥	夢十色	175.1	69.4	114	1.6	21.9	67.8
		日本晴	174.2	61.1	100	1.0	22.2	54.7
		ハバタキ	162.2	65.1	107	2.2	19.3	69.8
1991~ 1995,1997 ~2000	標肥	ソフト158	139.5	50.9	89	0.4	22.1	58.2
		アキニシキ	154.9	57.3	100	0.4	21.2	59.0
		朝つゆ	155.8	59.6	104	0.6	23.3	63.3
		日本晴	166.8	57.3	100	0.3	22.7	52.6
1993~2000	多肥	ソフト158	149.8	53.9	89	0.5	21.2	55.3
		アキニシキ	172.6	60.4	100	0.5	21.8	56.5
		朝つゆ	169.4	63.0	103	1.0	23.5	60.8
		日本晴	178.0	61.0	100	0.5	22.7	52.6

注) 精玄米は「夢十色」「ハバタキ」については粒厚1.7mm以上, それ以外は粒厚1.8mm以上とした.

表IV-34 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の粒形および粒大 (育成地)

施肥水準	品種名	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅	粒形	粒大
多肥	夢十色	5.9	2.3	1.8	2.57	13.57	やや細長	やや小
	日本晴	5.3	2.7	2.0	1.96	14.31	中	中
	ハバタキ	5.5	2.4	1.8	2.29	13.20	やや細長	やや小
標肥	ソフト158	5.1	2.8	2.2	1.83	14.31	中	やや小
	朝つゆ	5.2	3.0	2.1	1.72	15.75	中	中
	日本晴	5.2	3.0	2.1	1.75	15.21	中	中
	アキニシキ	5.1	2.8	2.1	1.78	14.34	中	やや小
多肥	ソフト158	5.1	2.8	2.2	1.83	14.43	中	やや小
	朝つゆ	5.2	3.0	2.1	1.73	15.55	中	中
	日本晴	5.2	3.0	2.1	1.76	15.42	中	中
	アキニシキ	5.0	2.9	2.0	1.74	14.35	中	やや小

注) 上段は1995年, 中段(標肥区), 下段(多肥区)は2000年産の精玄米20粒について測定した(3反復).

表IV-35 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の玄米の粒厚分布 (育成地)

施肥水準	品種名	粒厚別重量比率(%)							
		2.2mm 以上	~2.1mm	~2.0mm	~1.9mm	~1.8mm	~1.7mm	~1.6mm	1.6mm 以下
多肥	夢十色	0.0	0.3	4.8	31.1	35.0	15.1	5.5	8.2
	日本晴	8.8	51.9	24.5	6.8	2.7	1.1	0.4	3.9
	ハバタキ	0.0	0.0	1.6	25.5	56.2	12.3	2.2	2.1
標肥	ソフト158	12.1	55.3	25.9	4.6	1.2	0.4	0.1	0.4
	朝つゆ	9.2	43.5	31.5	9.9	3.2	1.1	0.5	1.0
	日本晴	2.4	33.1	48.4	12.2	2.7	0.7	0.2	0.4
	アキニシキ	0.5	12.5	54.1	25.7	5.4	1.1	0.3	0.5
多肥	ソフト158	5.2	46.7	36.2	8.4	2.2	0.7	0.3	0.4
	朝つゆ	7.4	41.5	34.1	10.2	3.7	1.5	0.5	1.1
	日本晴	1.5	23.0	50.4	17.8	4.6	1.5	0.5	0.7
	アキニシキ	0.3	6.2	49.0	33.8	7.9	1.8	0.4	0.7

注) 上段は1995年, 中段(標肥区), 下段(多肥区)は2000年産の玄米200gを縦目篩選別機で7分間選別した(3反復).

区分できる。

「ソフト158」の収量は、「アキニシキ」より10%程度少なくやや少収である。肥料反応試験において、穂肥を多めに施用した多肥栽培では有効茎歩合が高まり、穂数、籾数が確保されて収量増が認められた。このことから適切な肥培管理と栽植密度で栽培すれば、収量の一層の増加が見込める。

「朝つゆ」の9年間の育成地標肥区における平均玄米重は59.6kg/aであり、「日本晴」に比較して4%程度の多収であった。多肥区における7年間の平均玄米重は63.0kg/aで、「日本晴」に比較して3%程度の多収であった。また、「朝つゆ」は同様の低アミロース品種「ソフト158」に比べ、標肥区と多肥区のいずれとも17%程度の多収であった。「朝つゆ」は低アミロース品種としては、「ソフト158」に比べ明らかに多収であり、「日本晴」に比較しても多収であった。その要因の一つは、表IV-33に示した通り、「日本晴」に比べ玄米/わら比率が高く、玄米の生産効率が低いことにあると考えられる。

⑤ 玄米の粒形および粒大

「夢十色」、「ソフト158」および「朝つゆ」の育成地における玄米千粒重を表IV-33、玄米の粒形および粒大を表IV-34、粒厚分布を表IV-35に示した。「夢十色」の玄米千粒重は「日本晴」より軽く、「ハバタキ」より重く、両品種の間である。「ハバタキ」の玄米の粒長は「日本晴」や「ハバタキ」よりやや長く、粒幅は「日本晴」よりやや狭く、「ハバタキ」とほぼ同程度である。粒厚は「日本晴」よりやや薄く、「ハバタキ」並だが、粒厚分布では「夢十色」は「ハバタキ」より重い粒がやや多い。「夢十色」の長幅比は「日本晴」より明らかに大きく、「ハバタキ」よりもやや大きい。粒形は「ハバタキ」と同じ“やや細長”に区分される。「夢十色」の粒幅と粒厚の積は「日本晴」より小さく、「ハバタキ」並かやや大きいことから、粒大は「ハバタキ」と同じ“やや小”に区分される(写真IV-12参照)。

「ソフト158」の玄米千粒重は「アキニシキ」より重く、「日本晴」より軽く、両品種の間である。「ソフト158」の玄米の粒長は「アキニシキ」並かやや長く、粒幅は「アキニシキ」とほぼ同じで、粒厚は「アキニシキ」より厚い粒が多いことから、「ソフト158」の玄米の形は「アキニシキ」および「日本晴」と同じ“中”，粒大は「アキニシキ」よりや

や大きい“中”に分類される(写真IV-13参照)。

「朝つゆ」の粒長、粒幅および粒長/粒幅比は「日本晴」並であることから、粒形および粒大はともに“中”に分類される(写真IV-14)。また、育成地における「朝つゆ」の粒厚は「ソフト158」と同様に2.1mm以上の粒の割合が高く、粒厚が2.0mm以上の玄米が多い「日本晴」や「アキニシキ」より粒厚が厚い玄米が多かった。このことが、表IV-33の通り、粒大がほぼ同じ「日本晴」よりも「朝つゆ」の方が玄米千粒重が重い要因と考えられる。

⑥ 玄米の外観品質

「夢十色」、「ソフト158」および「朝つゆ」の玄米の外観品質を表IV-36に示した。「夢十色」の玄米は腹白が目立ち、心白が多くみられ、光沢が「日本晴」よりやや劣り、色沢がやや淡く、総じて玄米の外観品質は「日本晴」より明らかに劣る。「夢十色」の腹白と心白の発生程度は「ハバタキ」とほぼ同程度であるが、乳白はやや少なく玄米の色沢がやや淡いが、外観品質は同じ“下上”に区分される(写真IV-12参照)。

「ソフト158」の玄米は光沢が「アキニシキ」や「日本晴」にやや劣り、色沢がやや濃い。低アミロースでしばしば認められる特有の濁りやもち品種のような白濁はない(写真IV-15参照)。外観上は腹白や心白はほとんど認められず、「アキニシキ」および「日本晴」よりやや劣るが、“中上”に分類される(写真IV-13)。

「朝つゆ」の玄米には低アミロース性特有の白濁が認められ(写真IV-15)、栽培年により白濁の程度は異なるが、「ソフト158」に比べ明らかに白濁の程度が強い。「ソフト158」は1999年や2000年のように登熟気温の高い年でも、白濁はほとんど認められず、透明感が残っていたが、「朝つゆ」は白濁が強く、腹白、心白、乳白を持つ粒とも区別し難かった。そこで、低アミロース品種の玄米品質については、整粒歩合、玄米の光沢および色沢を主眼に鑑定を行った。その結果、「朝つゆ」の育成地における玄米は、わずかに腹白と乳白が認められ、白濁が弱い年には心白もわずかに認められ、光沢と色沢は中程度である。玄米の外観品質は、低アミロース米としては「ソフト158」よりやや劣り、“中中”に分類される(写真IV-14参照)。

⑦ 搗精特性

「夢十色」, 「ソフト158」および「朝つゆ」の搗精歩合, 胚芽残存歩合および白度を表IV-37に示した。「夢十色」の適搗精時間は「ハバタキ」よりやや短く「日本晴」並で, 歩留まりも「日本晴」並で

あるが, 碎米の発生が多い。「夢十色」は胚芽が残存しやすく, 適搗精時においてもわずかに胚芽が残存する。精米白度は「日本晴」より低く, 「ハバタキ」並である。

「ソフト158」は刈り遅れにより胴割れが発生し,



写真IV-12 「夢十色」の籾および玄米 (左: 夢十色 右: 日本晴)



写真IV-13 「ソフト158」の籾および玄米 (左: ソフト158, 中: アキニシキ, 右: 日本晴)



写真IV-14 「朝つゆ」の籾および玄米 (左: 朝つゆ 右: 日本晴)



写真IV-15 低アミロース品種の玄米 (左から こがねもち 朝つゆ ソフト158 ミルキークイーン コシヒカリ)

表IV-36 移植栽培における「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の玄米品質 (育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	玄米品質	腹白の 多 少	心白の 多 少	乳白の 多 少	玄米の 光 沢	玄米の 色 沢
1985~1995	多肥	夢 十 色	7.3	2.4	6.2	0.6	3.8	4.0
		日 本 晴	3.3	1.2	0.6	5.8	4.7	
		ハ バ タ キ	7.2	3.1	5.0	2.2	3.8	4.8
1991~1995, 1997~2000	標肥	ソ フ ト 158	4.3	0.3	1.1	0.4	4.1	5.2
		朝 つ ゆ	4.7	0.8	0.7	1.3	4.5	4.7
		日 本 晴	3.1	1.0	0.8	0.4	5.7	4.7
		ア キ ニ シ キ	3.2	0.6	1.3	0.4	5.9	4.2
1993~2000	多肥	ソ フ ト 158	4.0	0.3	1.0	1.0	4.9	5.9
		朝 つ ゆ	4.6	1.3	1.0	1.6	4.6	4.9
		日 本 晴	3.5	1.3	1.0	0.6	5.5	4.5
		ア キ ニ シ キ	3.7	0.9	1.2	0.9	5.7	4.6

注) 1) 玄米品質は1(上上)~9(下下)の9段階, 腹白, 心白および乳白の多少は0(無)~9(甚)の10段階, 玄米の光沢は3(小)~7(大)の5段階, 玄米の色沢は3(淡)~7(濃)の5段階で示した。
 2) 「朝つゆ」, 「ソフト158」の玄米品質は低アミロースとして評価した。
 3) 「朝つゆ」は, 2000年等の高温登熟年には白濁が強く, 腹白, 心白, 乳白を評価しなかった。

搗精時に碎米がやや発生し易い。「ソフト158」の適搗精時間は「アキニシキ」と「日本晴」の中間で、精米白度および歩留まりは「アキニシキ」並に高いが、胚芽は残存し易い。

「朝つゆ」の適搗精時間は「日本晴」より明らかに短く、適搗精時における搗精歩合はほぼ「日本晴」並で、胚芽は「日本晴」や「アキニシキ」よりやや離脱し難く、適搗精時における胚芽残存歩合は「ソフト158」並に高かった。「朝つゆ」の玄米白度および適搗精時における白度は、玄米が白濁するため「日本晴」や「ソフト158」より高い。例年に比べ2000年には玄米の白濁程度が強く、適搗精時における精米白度は「日本晴」などより明らかに高かった。なお、「朝つゆ」は玄米が白濁し、軟らかいため碎米が発生し易いので、搗精に当たっては搗精時間を短縮したり、酒米用の搗精機を用いるなどして

低圧力で搗精する工夫が必要である。また、穂発芽の発生が多い場合には、碎米の発生がさらに多くなるので注意が必要である。

⑧ アミロースおよびタンパク質の含有率

「夢十色」、「ソフト158」および「朝つゆ」の白米中のアミロースおよびタンパク質の含有率を表IV-38に示した。「夢十色」のアミロース含有率は27.7～34.7%（平均31.1%）の範囲であり、年次変動は認められるが、通常のうるち品種より明らかに高く、日本晴より10ポイント以上高く（約1.5倍）、高アミロースの特徴がある。わが国では、高アミロースの品種としては「ホシユタカ」が育成されているが（篠田ら、1990）、「夢十色」のアミロース含有率は「ホシユタカ」よりさらに約2ポイント程度高い。「夢十色」のタンパク質含有率は約8%で、「ハバタキ」、「ホシユタカ」、「コシヒカリ」などの品種よりやや

表IV-37 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の搗精特性（育成地）

試験年次	品種名	搗精歩合(%)						胚芽残存歩合(%)						白度					
		搗精時間(秒)						搗精時間(秒)						搗精時間(秒)					
		30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
1995	夢十色	-	-	92.8	<u>91.0</u>	90.9	90.6	-	-	4.0	4.3	4.7	4.6	-	-	31.8	33.1	33.0	34.0
	日本晴	-	-	91.5	<u>91.1</u>	90.4	89.9	-	-	1.0	0.0	0.0	0.0	-	-	35.4	36.1	36.6	37.4
	ハバタキ	-	-	92.5	92.1	<u>91.3</u>	90.3	-	-	5.0	3.3	1.0	1.3	-	-	32.5	32.3	34.4	35.2
2000	朝つゆ	<u>90.6</u>	87.5	85.9	83.9	-	-	14.7	3.5	1.0	0.7	-	-	40.1	46.2	49.1	50.2	-	-
	ソフト158	-	91.3	<u>90.4</u>	88.7	87.1	-	-	27.1	11.8	4.3	2.7	-	-	35.7	37.6	40.5	43.3	-
	日本晴	-	92.3	91.7	<u>90.7</u>	90.2	-	-	3.3	3.0	1.7	0.0	-	-	32.5	34.8	36.6	37.1	-
	アキニシキ	-	91.0	<u>90.1</u>	89.4	88.7	-	-	3.3	3.0	1.7	2.0	-	-	36.6	38.6	39.9	40.2	-

- 注) 1) 上段(1995年産)の「夢十色」「日本晴」「ハバタキ」の玄米水分は13.8, 14.0, 14.0, 白度は, 20.5, 21.2, 21.1, 下段(2000年産)の「朝つゆ」「日本晴」「ソフト158」「アキニシキ」(生産力検定試験・標肥区)の玄米水分(%)はそれぞれ13.3, 13.2, 13.5, 13.3, 白度は26.3, 20.9, 21.5, 22.1であった。
 2) 搗精は試験用搗精機 Kett TP-2型を、白度は白度計 Kett C-300 を用いて測定した。
 3) □は適搗精時の搗精歩合を示す。

表IV-38 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の白米中のアミロースおよびタンパク質の含有率

試験年次	施肥水準	品種名	アミロース含有率 (%)	タンパク質含有率 (%)
1990~1993	多肥	夢十色	30.0	8.2
	-	日本晴	19.0	8.2
	多肥	ハバタキ	16.8	7.8
	-	ホシユタカ	28.3	7.3
1997~2000	標肥	朝つゆ	7.7	5.5
		ソフト158	10.3	6.7
		日本晴	19.2	6.1
		アキニシキ	17.6	6.3
1999, 2000	多肥	朝つゆ	5.9	5.9
		ソフト158	8.9	7.3
		日本晴	16.3	6.6

- 注) 1) 上段は育成地産の「夢十色」「ハバタキ」と、農研センター産「日本晴」、中国農試産「ホシユタカ」について北陸農試・品質評価研において、中段、下段は育成地の結果を示した
 2) タンパク質含有率は近赤外分析法で、アミロース含有率はブランスルーベ社製オートアナライザー II型で測定した。
 3) 数値は試験年次を通算した平均値で示した。

高いが、ほぼ「日本晴」並で通常のうるち品種と大きな違いはない。

「ソフト158」のアミロース含有率は9.25～14.5%の範囲であり、年次間や施肥条件による変動は認められるが、他の多くのうるち品種より明らかに低い。「ソフト158」のアミロース含有率は「アキニシキ」や「日本晴」の約50～60%程度であり、粘りが強く、アミロース含有率の低い「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」の約60～70%であり、また、*dull*遺伝子をもつ北海道農試育成の「彩」のアミロース含有率の約70～80%である。「ソフト158」のタンパク質含有率は「アキニシキ」、「日本晴」あるいは「コシヒカリ」などの通常うるち品種と大きな違いはない。

「朝つゆ」の精白米のタンパク質含有率は、標肥区で5.5%、多肥区で5.9%程度であり、「日本晴」

や「ソフト158」よりやや低く、食味には良い影響を及ぼすとみられた。また、アミロース含有率は供試年が異なり登熟気温が異なったことはあるが、標肥区平均が7.7%、多肥区平均が5.9%であった。低アミロース品種の「ソフト158」よりそれぞれ2.6%、3.0%程度低く、通常のうるち品種「日本晴」の半分以下のアミロース含有率であった。

⑨ 食味特性

通常のうるち品種の食味官能試験と同じ加水量で炊飯した「夢十色」、「ソフト158」および「朝つゆ」の育成地における食味試験の結果を表IV-39に示した。「夢十色」は「ホウネンワセ」や「日本晴」に比べて炊飯米の外観および食味が劣り、粘りが少なく硬く、食味の総合評価は明らかに劣り、“下中”に分級される。したがって、通常の炊飯米には適さ

表IV-39 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の食味(育成地)

試験年次	品種名	項目	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
1985～1995	夢十色 (n=10)	平均値	-3.87	-1.82	-0.63	-3.28	-2.41	1.99
		最大値	-3.40	-1.14	-0.16	-2.24	-0.54	2.54
		最小値	-4.46	-2.39	-1.12	-4.18	-2.86	1.29
		標準偏差	0.36	0.38	0.30	0.61	0.68	0.39
	日本晴 (n=9)	平均値	-0.54	-0.06	-0.06	-0.26	-0.29	0.34
		最大値	0.44	0.32	0.11	0.44	0.52	0.69
		最小値	-1.54	-0.39	-0.23	-0.82	-0.69	0.09
		標準偏差	0.60	0.25	0.10	0.36	0.42	0.21
	ハバタキ (n=2)	平均値	-1.60	-1.46	-0.61	-1.70	-0.49	-0.50
		最大値	-1.19	-1.23	-0.46	-1.63	-0.44	0.00
		最小値	-2.00	-1.69	-0.75	-1.77	-0.54	-1.00
		標準偏差	0.40	0.35	0.15	0.25	0.20	0.25
1991～2000	ソフト158 (n=10)	平均値	0.51	0.31	0.15	0.45	1.09	-0.93
		最大値	1.00	0.70	0.33	0.87	1.35	-0.56
		最小値	-0.06	-0.28	-0.05	0.03	0.76	-1.38
		標準偏差	0.40	0.35	0.15	0.25	0.20	0.25
	朝つゆ (n=15)	平均値	0.04	0.23	-0.02	0.28	1.79	-1.59
		最大値	0.65	0.83	0.18	0.80	2.20	-1.02
		最小値	-1.69	-1.34	-0.35	-0.56	1.24	-2.59
		標準偏差	0.69	0.62	0.12	0.35	0.27	0.53
	日本晴 (n=7)	平均値	0.01	0.12	0.00	0.01	0.05	0.24
		最大値	0.48	0.70	0.34	0.47	0.39	0.31
		最小値	-0.75	-0.50	-0.25	-0.75	-0.50	0.09
		標準偏差	0.43	0.39	0.20	0.43	0.34	0.08
アキニシキ (n=5)	平均値	0.53	0.53	0.19	0.50	0.34	0.21	
	最大値	0.81	0.69	0.32	0.75	0.44	0.45	
	最小値	0.33	0.42	0.06	0.29	0.19	-0.01	
	標準偏差	0.21	0.10	0.11	0.21	0.11	0.18	

- 注) 1) 基準品種は「ホウネンワセ」とし、総合評価・外観・香り・うま味は+5(同品種より極く優れる)～-5(極く劣る)の11段階、粘り・硬さは+3(極く強い、硬い)～-3(極く弱い、柔い)の7段階で評価した(表IV-40も同様)。
 2) 材料は生産力検定試験産を用いたが、基準品種は「ホウネンワセ」は別途に標準栽培したものを用いた。
 3) 上段は「夢十色」および「夢十色」と同時に試験を行った「日本晴」「ハバタキ」、下段は「ソフト158」「朝つゆ」および同時に試験を行った「日本晴」「アキニシキ」の結果を示した。

ない。

「ソフト158」の炊飯米は、粘りが強く、柔らかく食味と外観も比較的良好であり、総合評価は「日本晴」よりすぐれ、「アキニシキ」並の“上下”に分級されるが、粘り、柔らかさおよび香りに対する評価には個人差が認められる。

「朝つゆ」の食味は、標準とした「ハウネンワセ」並か、それを上まわることが多く、食味は“上下”と評価できる。低アミロース品種「ソフト158」との比較では、「朝つゆ」の方が粘り強く、柔らかい傾向が認められたが、食味の総合評価では大きな差異は出なかった。しかし、1999年と2000年には、登熟期間が高温に経過したため、アミロース含有率が低下し、また、秋雨の影響で刈り遅れにより穂発芽が多発し、碎米が多く発生した。このため、両年の炊飯米は碎米が目立ち外観が劣り、柔らかすぎ粘りすぎるため、食味の総合評価は低かった。

「朝つゆ」の炊飯米の香りについて、敏感な数名のパネラーはもち臭を感知したが、大多数のパネラーは「ソフト158」と同様にもち臭を感知できなかった。「朝つゆ」の香りが劣ると評価されたのは、穂発芽の多かった1999年、2000年産米のみであった。

表IV-40には、炊飯時の加水量を通常の食味官能試験より少なく調節して、「ソフト158」および「朝つゆ」の食味を評価した結果を示した。「ソフト

158」は通常の加水量が適切と判断された。しかし、「朝つゆ」は通常の加水量の80～90%程度に減らす方が安定して食味が良い結果となった。

⑩ いもち病耐病性

「夢十色」は日本のいもち病菌には抵抗性を示す外国品種を両親に持つため、日本のいもち病菌だけでは抵抗性の検定は困難である。そこで、「夢十色」のもつ真性抵抗性遺伝子を推定するために、外国のいもち病菌を含む多数のレースを用いて検定した結果を表IV-41に示した。また、「夢十色」の祖先系統のいもち病菌に対する反応を表IV-42に示した。これらの結果から、「夢十色」は*Pib*または*Pit*を侵すレースの一部に罹病反応を示した。「夢十色」は複数のいもち病抵抗性遺伝子を持つと推定されるが、遺伝子型推定に十分な種類のレースを入手することが困難だったことから遺伝子型の推定はできなかった。

「夢十色」を侵害するレースを用いた葉いもちの圃場抵抗性の検定結果を表IV-43に示した。「夢十色」のいもち病の発生は、圃場抵抗性が強いとされる「ヤマビコ」や「トヨニシキ」並か、やや多い結果が得られたことから、「夢十色」の葉いもちの圃場抵抗性は“やや強”程度と判断される。

「夢十色」の穂いもちの圃場抵抗性の検定結果を表IV-44に示した。「夢十色」は圃場抵抗性が強い「トヨニシキ」並かやや少ない被害度を示すことから、

表IV-40 加水量の変化と「ソフト158」「朝つゆ」の食味との関係

品種名	加水量(倍)	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
ソフト158	1.05	-1.13*	-0.75*	-0.38	-0.88*	-0.63*	1.25
	1.15	-0.38	-0.50*	-0.25	-0.50	0.00	0.50
	1.25	0.13	-0.13	0.25	0.00	0.38	-0.50
日本晴 コシヒカリ	1.25	-0.50*	0.13	0.00	-0.38	-0.13	0.38
	1.25	0.50*	0.63	0.38	0.50	0.38	-0.25
朝つゆ	1.15	0.53*	0.56**	0.50**	0.81**	1.08**	-1.08**
	1.15	0.48*	0.66**	0.32*	0.74**	1.21**	-1.44**
	1.20	0.40	0.48*	0.27	0.81**	1.16**	-1.24**
	1.20	0.56**	0.48**	0.11	0.69**	1.24**	-1.19**
	1.25	0.61**	0.87**	0.31	0.76**	1.39**	-1.31**
	1.25	0.11	0.50**	0.32**	0.48*	1.29**	-1.74**
	1.30	0.08	0.27	0.37*	0.56*	1.03**	-1.82**
	1.30	0.02	0.66**	0.29*	0.42*	1.37**	-1.76**
コシヒカリ	1.30	0.48**	0.16	0.31*	0.50**	0.37*	0.10

注) 1) 上段は1993年産米(標準栽培)、下段は1999年産米(標準栽培)を用いた。

2) *, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す。

表IV-41 「夢十色」のいもち病菌レースに対する反応

菌株の コード番号	接種菌株に対する「夢十色」の反応					
	抵抗性		罹病性		抵抗性と罹病性が分離	
	東北農試	農研センター	東北農試	農研センター	東北農試	農研センター
011		1413-2				
003		研54-04				
007	長69-150	長69-150				
031	TH67-22 長09-150南京11					
033	NAO-02	研65-20				
035	2216-3 TH68-140					
037	研60-19					
102		九77-07A				
107		稲84R-74B				
136	不明					
137	研53-33	稲84R-74A 研53-33				
177	TH74-9	K080-12				
333	0528-2					
337	Tus-01					
433		88A				
007 b+	TH87-20					
033 b+	Yu-01 長64-8					
135 b+	長65-386					
137 b+	80-02-65	BR20-43 TH81-02-3 愛79-142				
337 b+	UVA-8来敬					
403 b+			不明			
707 b+			不明			
737 b+	不明					
006 t+		IS72				TH177-4-2-1
103 t+	IS69					
406 t+						PH77-45-1
407 b+ t+						PH77-111-1

注) 1) 東北農試は1989年に水田病害研究室, 農研センターは1990年に水田病害研究室における検定を示す。
2) 菌株名の記載のないものは不明として表示した。

「夢十色」の穂いもちの圃場抵抗性は“強”と判断される。

「ソフト158」および「朝つゆ」のいもち病真性抵抗性遺伝子を推定するために、いもち病菌を噴霧し検定した結果を表IV-45に示した。「ソフト158」および「朝つゆ」の接種した菌株に対する反応は「愛知旭」と同じであり、いもち病抵抗性遺伝子*Pia*を持つと推定される。

「ソフト158」および「朝つゆ」の育成地および検定依頼先の宮城県古川農業試験場, 愛知県農業総合試験場・山間農業研究所における葉いもち圃場抵抗性の検定結果を表IV-46に示した。「ソフト158」

は*Pia*を持ち圃場抵抗性がやや強い「コチヒビキ」より発病が多く、「日本晴」と「コシヒカリ」の中間の発病程度を示すことから、葉いもち圃場抵抗性は“やや弱”と判断される。

「朝つゆ」は育成地では抵抗性の強い「トヨニシキ」や、やや強の「アキヒカリ」より弱く、「日本晴」並であった。愛知県農業総合試験場・山間農業研究所では、「朝つゆ」の抵抗性は「日本晴」並、また、単年度ではあるが宮城県古川農業試験場では、「ササニシキ」並であった。以上の結果から、「朝つゆ」の葉いもち圃場抵抗性は「日本晴」並かやや弱く“中”と判断される。

表IV-42 「夢十色」の祖先系統のいもち病菌に対する反応

品種名	個体番号	接種菌株名(コード番号)				推定遺伝子型
		T474-9 (177)	稲85-141 (037b ⁺)	3514-R・2 (137)	PH77-111-1 (407b ⁺ t ⁺)	
夢十色 (系4795)	1	R	R	R	S	不明
	2	R	R	R	S	不明
	3	R	R	R	S	不明
	4	R	R	R	S	不明
	5	R	R	R	S	不明
	6	R	R	R	S	不明
	7	R	R	R	S	不明
	8	R	R	R	S	不明
	9	R	R	R	S	不明
	10	R	R	R	S	不明
	11	R	R	R	S	不明
	12	R	R	R	S	不明
新2号		S	S	S	S	+
愛知旭		S	S	S	S	<i>Pia</i>
石狩白毛		S	S	S	S	<i>Pii</i>
関東51号		S	S	S	R	<i>Pik</i>
ツユアケ		S	S	S	R	<i>Pik^m</i>
フクニシキ		S	R	R	R	<i>Piz</i>
ヤシロモチ		S	R	S	R	<i>Pita</i>
Pi No.4		R	R	R	R	<i>Pita²</i>
とりで1号		R	R	R	S	<i>Piz^t</i>
K 60		S	S	R	R	<i>Pik^h</i>
BL 1		R	R	R	S	<i>Pib</i>
K 59		R	R	R	S	<i>Pit</i>

注) 1) 1995年、農研センター・水田病害研究室において検定した。
 2) 噴霧接種による。S：罹病性反応，R：抵抗性反応
 3) 1995年における「夢十色」の選抜系統(系4795)の選抜個体12個体について検定した。

表IV-43 「夢十色」の葉いもちの圃場抵抗性 (農研センター・水田病害研究室)

品種名	1987年		1990年						1992年				総合判定			
	噴霧接種		パンチ接種		噴霧接種		パンチ接種		簡易検定		噴霧接種			幼苗葉節接種		
	進展性病斑数	判定	病斑面積指数 (mm ²)	判定	進展性病斑数	病斑面積指数(mm ²)	病斑面積率(指数)		判定	病斑面積率(%)	判定	葉鞘罹病率(%)		判定		
							①	②							①	②
夢十色	0.8	強	17.7	中	1.4	0.1	11.3	22.9	1.5	0	強	0.8	強	16.7	強~中	やや強
ヤマビコ	4.2	強	9.3	強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	強
愛知旭	9.5	弱	28.4	弱	-	9.8	33.8	59.9	-	-	極弱	-	-	-	-	弱
Kencana	42.5	極弱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	極弱
トヨニシキ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.9	強	15.2	強	強
日本晴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.6	中	-	-	中
コシヒカリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.0	弱	69.4	弱	弱
ふくひびぎ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.1	弱~中	27.5	中~弱	中~弱

注) 1) 1987年は接種菌株(噴霧接種は IS 69, パンチ接種は ID00S7-2-1)は予め罹病性があることを確認し、検定に用いた。
 2) 1990年は TH177-4-2-1(①と表示), PH77-111-1(②と表示)の2菌株を用いた。
 3) 1992年は1.4葉期苗に外国および日本産の12菌株を噴霧接種し、最も病原性の強かった菌株を用いた。
 4) 噴霧接種では葉長10cm 当たりの進展型病斑数を示した(1ポット6株, 2反復, 葉幅を10mmとして換算)。
 5) パンチ接種では病斑面積指数(病斑の長×幅)を示した(12~22病斑を調査)。
 6) 簡易検定では真性抵抗性検定時(接種後8~9日)に浅賀の調査基準により調査した。
 7) 幼苗葉節接種法(ミニプランターで育苗した4および6葉期苗の第3および第5葉節部に毛細管法で付傷接種)では接種後約2週間における各40~80株の葉鞘罹病率を調査した。

表IV-44 「夢十色」の穂いもちの圃場抵抗性

(農研センター・水田病害研究室)

品種名	1991年		1992年				総合判定
	止葉葉節接種法		出穂促進法		止葉葉節接種法		
	被害度(%)	判定	被害度(%)	判定	被害度(%)	判定	
夢十色	0.0	-	18.0	強	3.5	強	強
金南風	7.2	-	-	-	-	-	中
トヨニシキ	-	-	30.1	強	3.9	強	強
日本晴	-	-	-	-	15.6	中	中
コシヒカリ	-	-	88.3	弱	16.7	弱	やや弱
サイワイモチ	-	-	23.7	強	8.7	中	やや強
レイホウ	-	-	54.0	弱	22.0	弱	弱
ふくひびき	-	-	12.9	強	23.0	弱	中

- 注) 1) 1991年の接種菌株は非親和性菌の KO80-12 (レースコード:117b⁺)を用いた。
 2) 1992年は1.4葉期苗に外国および日本産の12菌株を噴霧接種し、最も病原性の強かった菌株を用いた。
 3) 止葉葉節接種法では1/5000a ポット1個あたり4点に1本植え、穂ばらみ初～中期の止葉に粉末バルブ法で接種した。25℃の温室に40時間保持後25℃の温室に出し、接種後30日に穂首、穂軸、枝梗の発病を調査し、次式により被害度を算出した。

$$\text{被害度} = \text{穂首発病率} + (\text{穂軸・全枝梗の1/3以上の発病率} \times 0.66) + (\text{全枝梗の1/3以下の発病率} \times 0.26)$$

 4) 出穂促進法ではミニプランターで育苗を行い、6葉期に短日処理を開始し、9割以上の穂が穂首まで出た時に分生子懸濁液を噴霧接種した。温室に20時間保持後25℃の温室に出し、約2週間後に穂首、穂軸、枝梗の発病を調査し、被害度を算出した。

「ソフト158」および「朝つゆ」の育成地および検定依頼先の愛知県農業総合試験場・山間農業研究所、鳥根県農業試験場・中山間地研究センター、岡山県農業試験場・北部支場および茨城県農業総合センター・生物工学研究所における穂いもち圃場抵抗性の検定結果を表IV-47に示した。「ソフト158」は「日本晴」および「アキニシキ」と同程度であることから、穂いもち圃場抵抗性は“中”と判断される。「朝つゆ」は育成地では「日本晴」および「アキニシキ」と同程度であり、愛知県農業総合試験場・山間農業研究所、鳥根県農業試験場・中山間地研究センターおよび岡山県農業試験場・北部支場では、いずれも「日本晴」並、茨城県農業総合センター・生物工学研究所でも「日本晴」並であったことから、「朝つゆ」の穂いもち圃場抵抗性は“中”と判断される。

⑪ 白葉枯病耐病性

「夢十色」の白葉枯病菌レースに対する反応を表IV-48に示した。「夢十色」は白葉枯病のI、II、V群菌に真性抵抗性を示し、III群菌には菌株によって抵抗性反応が異なり、Xa11とともに、「Peta」または「台中在来1号」に由来する未知の抵抗性遺伝子を持つと推定される。白葉枯病圃場抵抗性に関しては、「日本晴」より強く“強”に分級される。

「ソフト158」および「朝つゆ」の長野県南信農業試験場、鳥根県農業試験場および宮崎県総合農業試験場における白葉枯病耐病性の検定結果を表IV-49に示した。「ソフト158」の発病程度は、やや強

表IV-45 「ソフト158」および「朝つゆ」のいもち病抵抗性遺伝子型の推定(育成地)

品種名	接種菌株名(コード番号)			推定 遺伝子型
	Kyu89-246 (003)	新83-34 (005)	稲86-137 (007)	
ソフト158	S	R	S	<i>Pia</i>
朝つゆ	S	R	S	<i>Pia</i>
新2号	S	S	S	+
愛知旭	S	R	S	<i>Pia</i>
石狩白毛	R	S	S	<i>Pii</i>
関東51号	R	R	R	<i>Pik</i>

注) 噴霧接種による。表中のSは罹病性反応、Rは抵抗性反応を示す。

い「日本晴」並かやや多く、「クジュウ」と同程度であることから、白葉枯病の圃場抵抗性は“中”と判断される。「朝つゆ」に関しては、「コシヒカリ」および「日本晴」よりやや弱く、「ヤマビコ」および「クジュウ」並であることから、白葉枯病圃場抵抗性は“中”と判断される。

⑫ 縞葉枯病抵抗性

「朝つゆ」の縞葉枯病抵抗性の検定を埼玉県農林総合研究センター、愛知県農業総合試験場および近畿中国四国農業研究センター・稲育種研究室で行い、それらの結果を表IV-50に示した。「朝つゆ」は、縞葉枯病抵抗性遺伝子をもたない「日本晴」や「コシヒカリ」などと同様に発病が認められたことから、縞葉枯病に対して“罹病性”と判定される。

「夢十色」と「ソフト158」については縞葉枯病抵抗性検定試験を行っていないが、「夢十色」は桁

表IV-46 「ソフト158」および「朝つゆ」の葉いもち圃場抵抗性

品種名	推定 遺伝子型	育成地		愛知農総試・山間農研		宮城・古川農試		総合判定
		1994~2000年		1993, 1994, 1996~2000年		1993年		
		発病程度	判定	発病程度	判定	発病程度	判定	
ソフト158	Pia	5.6	やや弱	-	-	-	-	やや弱
朝つゆ	Pia	4.9	中	7.1	中	6.8	やや弱	中
トヨニシキ	Pia	3.8	強	6.3	強	5.0	強	強
アキヒカリ	Pia	4.1	やや強	-	-	5.1	やや強	やや強
コチヒビキ	Pia	4.2	やや強	-	-	-	-	やや強
ササニシキ	Pia	-	-	-	-	6.7	やや弱	やや弱
日本晴	+	5.1	中	6.5	中	-	-	中
コシヒカリ	+	5.8	弱	7.4	弱	7.0	弱	弱

注) 発病程度は0(無)~10(完全枯死)の11段階で示した(農水省の葉いもち抵抗性調査基準による)。

表IV-47 「ソフト158」および「朝つゆ」の穂いもち圃場抵抗性

品種名	推定 遺伝子型	育成地		愛知農総試・山間農研			島根農試・山間農研セ			岡山農試・北部支場			茨城農総セ・生工研			総合判定
		1995~2000年		1993, 1997, 2000年			1998年			1999, 2000年			1997~2000年			
		出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	
ソフト158	Pia	8.20	4.0	中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	中
朝つゆ	Pia	8.21	4.3	中	8.24	6.6	中	9.1	6.8	中	8.23	3.0	中	8.20	4.5	中
トヨニシキ	Pia	-	-	-	-	-	-	8.23	6.5	強	8.21	4.8	強	-	-	中強
ヤマビコ	Pia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.29	3.8	強	
コチヒビキ	Pia	8.17	4.9	中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	中	
コシヒカリ	+	8.14	6.2	やや弱	8.15	8.9	やや弱	8.23	10.0	やや弱	8.21	7.0	やや弱	-	-	やや弱
日本晴	+	8.23	3.5	中	8.24	6.8	中	9.3	8.0	中	8.28	3.0	中	8.28	3.6	中
アキニシキ	+	8.20	4.3	中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	中
農林29号	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.28	6.3	弱	

注) 発病程度は0(罹病無し)~10(全穂穂いもち)の11段階で示した(農水省の葉いもち抵抗性調査基準による)。

表IV-48 「夢十色」の白葉枯病菌レースに対する反応

品種名	北陸農試・病1研						中国農試・病害研								推定 抵抗性 遺伝子	圃場 抵抗性 総合 判定	
	白葉枯病菌レース					圃場 抵抗性	白葉枯病菌レース										圃場 抵抗性
	I A	II A	III A	IV	V		I A	I B	II A	II B	III A	III B	IV				
夢十色	0.0 R	0.5 R	1.0 R	2.2 S	0.2 R	強	0.2 R	0.1 R	0.6 R	0.2 R	1.0 R	3.5 S	2.7 S	強	Xa11, 未知	強	
日本晴	3.4 S	3.6 S	3.3 S	2.7 S	2.5 S	強	7.2 S	8.1 S	8.0 S	2.9 S	10.6 S	2.2 S	6.0 S	やや強	+	やや強	
コシヒカリ	5.1 S	5.4 S	5.3 S	4.8 S	3.9 S	中	-	-	-	-	-	-	-	-	+	中	
コチヒビキ	5.0 S	4.7 S	5.6 S	4.3 S	3.0 S	中	-	-	-	-	-	-	-	-	+	中	
金南風	6.2 S	5.9 S	6.2 S	6.1 S	4.3 S	弱	10.3 S	13.8 S	11.6 S	8.4 S	18.1 S	6.7 S	10.9 S	弱	+	弱	
黄玉	0.0 R	3.6 S	5.4 S	5.9 S	0.0 R	弱	-	-	-	-	-	-	-	-	Xa1, Xa12	弱	
あそみのり	-	-	-	-	-	-	0 R	0 R	6.4 S	0 R	2.5 S	2.6 S	1.3 S	極強	Xa17	極強	
Te-tep	0.0 R	0.0 R	4.3 S	4.1 S	0.0 R	中	-	-	-	-	-	-	-	-	Xa2, Xa16	中	
中国45号	1.1 R	1.0 R	1.0 R	3.1 S	3.1 S	やや強	-	-	-	-	-	-	-	-	Xa3	やや強	
IR8	S	R	R	S	R	-	S	R	R	R	R	S	S	-	Xa11	-	

注) 1) 白葉枯病菌レースは上段にレース群, 下段に菌株名を示した。

2) 北陸農試・病1研では1987年と1988年とに発病指数を調査した。上段に平均値, 下段に反応型(Rは抵抗性, Sは感受性)を示した。

3) 中国農試・病害研では1988年に病斑長(cm)を調査した。上段に平均値, 下段に反応型を示した。

表IV-49 「ソフト158」および「朝つゆ」の白葉枯病圃場抵抗性

品種名	長野南信農試			島根農試			宮崎総農試						総合判定
	1999~2000年			1998年			1992~1994年			1993, 1997, 2000年			
	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	
ソフト158	-	-	-	-	-	-	8.31	5.3	中	-	-	-	中
朝つゆ	8.22	0.5	中	8.24	5.0	中	-	-	-	8.28	5.9	中	中
あそみのり	-	-	-	9.3	0.5	強	9.1	1.5	極強	9.1	1.6	極強	極強
ウズシオ	-	-	-	-	-	-	9.7	2.6	強	9.6	2.7	強	強
コシヒカリ	8.15	0.3	中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	やや強
日本晴	8.24	0.8	中	8.25	3.0	やや強	8.27	4.1	やや強	8.27	4.3	やや強	やや強
ヤマビコ	-	-	-	8.26	5.5	中	-	-	-	-	-	-	中
クジュウ	-	-	-	-	-	-	8.30	5.1	中	8.30	5.8	中	中
祭り晴	-	-	-	8.25	8.0	弱	-	-	-	-	-	-	弱
金南風	-	-	-	-	-	-	9.6	6.1	弱	9.5	7.2	弱	弱

注) 発病指数は0(無)~10(枯死)の11段階, ただし島根農試は0(無)~9(枯死)の10段階による。

表IV-50 「朝つゆ」の縞葉枯病抵抗性

品種名	埼玉農総研セ		愛知農総試		近中四農研		総合判定
	1997年		1999年		1999, 2000年		
	発病株率(%)	判定	発病苗率(%)	判定	発病株率(%)	判定	
朝つゆ	3.3	罹病性	77.0	罹病性	95.5	罹病性	罹病性
葵の風	-	-	20.0	抵抗性	-	-	抵抗性
中国31号	-	-	-	-	5.6	抵抗性	抵抗性
アキヒカリ	-	-	-	-	60.2	罹病性	罹病性
コシヒカリ	5.0	罹病性	100.0	罹病性	76.9	罹病性	罹病性
日本晴	5.0	罹病性	92.0	罹病性	62.5	罹病性	罹病性

表IV-51 「夢十色」のツマグロヨコバイ耐虫性(北陸農試・虫害研)

品種名	1987年		1988年		1995年	
	耐虫性の判定		耐虫性の判定		耐虫性	
	選好性	抗生性			指数	判定
夢十色	強	強	強		4.06	中
IR24	強	強	強		-	-
北陸143号	中	中	中		-	-
日本晴	極弱	極弱	極弱		10.10	弱
アキチカラ	-	-	極弱		-	-
アケノホシ	-	-	極弱		-	-
水稲中間母本農6号	-	-	-		0.80	強

注) 1) 1987年と1988年は, ツマグロヨコバイのIR24非寄生系統を用い, 選好性(害虫が摂食・生息・産卵に対して宿主を好む)と抗生性(害虫が摂食・生息・繁殖活動を抑制する作用)に分けて下記の方法により検定した。

選好性試験: 供試品種に「日本晴」と「IR24」を加え, 30×18cmのバットに各1列12粒ずつ播種, 1葉展開期にケージ内に収容したバットに4~5齢幼虫60頭を放飼, 1~4日後まで毎日各苗への着生数を調査した。2反復。

抗生性試験: 4齢幼虫を1頭ずつ各品種の1~2齢苗2本と共に試験管に収容, 25℃で9日間飼育し, 羽化虫数と死虫数を調査した。各品種20頭。

2) 1995年は, ツマグロヨコバイの「IR24」寄生系統を用い, ふ化幼虫(ふ化後1日以内)を5頭放飼, 25℃で飼育し, 抗生性を検定した。4日後に指数(生存虫数+脱皮殻)を調査した。

木県(1988年), 神奈川県(1987年), 鳥取県(1992年), 「ソフト158」は静岡県(1993年), 鳥取県(1993年)における奨励品種決定調査圃場で縞葉枯病の発生が認められたことから縞葉枯病に対して, いずれも“罹病性”と推定される。

⑬ ツマグロヨコバイ耐虫性

「夢十色」のツマグロヨコバイ耐虫性の検定結果を表IV-51に示した。「IR24」に寄生しないツマグ

ロヨコバイの系統に対しては, 「IR24」と同様に耐虫性を示した。「IR24」に寄生するツマグロヨコバイ系統に対しては「水稲中間母本農6号」よりは弱い, 「日本晴」より明らかに強い抵抗性を示した。したがって, 「夢十色」は一部のツマグロヨコバイ系統に対して抵抗性を持つとともに, 寄生系統に対しても中程度の抵抗性を持つと判断される。

表IV-52 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の穂発芽性

品種名	育成地				福井農試		総合判定
	1985～1995年		1995～2000年		1995, 1999～2000年		
	指数	判定	指数	判定	発芽(%)	判定	
夢十色	2.4	極難	-	-	-	-	極難
ソフト158	-	-	4.6	中	-	-	中
朝つゆ	-	-	5.1	やや易	71.4	やや易	やや易
コシヒカリ	3.6	難	3.7	難	-	-	難
どんとこい	-	-	4.8	中	-	-	中
朝の光	-	-	-	-	41.0	中	中
黄金晴	-	-	-	-	33.8	中	中
日本晴	5.4	やや易	4.7	やや易	50.6	やや易	やや易
アキニシキ	-	-	4.8	やや易	-	-	やや易
コチヒビキ	5.4	やや易	5.0	やや易	-	-	やや易
キヌヒカリ	-	-	5.2	やや易	-	-	やや易
月の光	-	-	-	-	51.4	やや易	やや易
ヤマヒカリ	-	-	-	-	72.9	易	易
中生新千本	-	-	-	-	86.8	極易	極易

注) 1) 育成地では成熟期に標本採取, 5℃で貯蔵後, 28℃, 湿度100%の穂発芽検定器に1週間置床後, 観察により2(極難)～8(極易)の7段階に分類した。

2) 福井農試では穂を流水に浸し, 10日目の発芽歩合を示した。

表IV-53 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の障害型耐冷性

品種名	穂孕期耐冷性												開花期耐冷性						
	育成地						福井農試						愛知・山間		福井農試				
	1992, 1993年		1996～2000年				1999, 2000年			1986～1988年			1998年		1995, 1997年				
	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	出穂期 (月・日)	不稔程度 (1-10)	判定	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	総合判定	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定
夢十色	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.1	3.7	弱	-	-	-	弱	-	-	-
ソフト158	8.28	94.7	弱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	弱	-	-	-
朝つゆ	-	-	-	8.29	88.9	弱	8.28	76.5	弱	-	-	-	8.22	3.0	やや強	弱	8.15	71.6	やや弱
コシヒカリ	-	-	-	8.16	33.1	極強	8.16	48.5	やや強	8.20	1.5	極強	8.10	9.0	極強～強	極強	-	-	-
アキニシキ	8.25	50.3	強	8.23	58.8	強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	強	-	-	-
大空	-	-	-	8.18	63.0	やや強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	やや強	-	-	-
ヤマヒカリ	-	-	-	-	-	-	8.24	59.5	中	-	-	-	-	-	-	中	-	-	-
日本晴	8.29	94.0	弱	8.28	90.8	弱	9.1	89.0	弱	8.28	3.3	弱	-	-	-	弱	8.17	73.7	やや弱

注) 1) 育成地では極早生の幼穂形成期から晩生の出穂期まで水温約19℃の冷水を掛け流しした(水深約15cm)。

2) 福井農試の穂孕期耐冷性検定は恒温深水水槽(水温19℃, 水深25cm), 開花期耐冷性は人工気象室において出穂日より15℃で, 7日間処理で検定した。

3) 愛知山間では河川水を出穂前25日から出穂期まで掛け流す中期冷水掛け流し法で検定した。

⑭ 穂発芽性

「夢十色」, 「ソフト158」 および 「朝つゆ」 の育成地および福井県農業試験場における穂発芽性の検定結果を表IV-52に示した。「夢十色」の穂発芽程度は穂発芽難の「コシヒカリ」より少ないことから, 穂発芽性は「極難」と判断される。「ソフト158」の穂発芽の程度は穂発芽性が「中」の「日本晴」と同程度であることから, 穂発芽性は「中」と判断される。「朝つゆ」の穂発芽の程度は, 穂発芽性中の「どんとこい」や「朝の光」などよりやや多く, 「日本晴」や「キヌヒカリ」などと同程度であることから, 穂発芽性は「やや易」と判断される。

⑮ 耐冷性

「夢十色」, 「ソフト158」 および 「朝つゆ」 の障害型耐冷性の検定結果を表IV-53に示した。穂孕期における耐冷性の検定において, 「夢十色」, 「ソフト158」ならびに「朝つゆ」は, いずれも障害型耐冷性弱の「日本晴」並の不稔歩合を示したことから, 障害型耐冷性は「弱」と判断される。また, 「朝つゆ」の福井県農業試験場における開花期耐冷性の検定では, 「日本晴」並の「やや弱」と判断される。「夢十色」の幼苗期の耐冷性検定結果を表IV-54に示した。「日本晴」は「ハバタキ」並に弱く, 幼苗期耐冷性は「極弱」と判断される。

4) アミロース含有率の変化による食材の多様化と新食品開発

米でんぷんの物理・化学的特性は、主成分構成要素としてのアミロースの含有率により特徴付けられる。米でんぷんのアミロース含有率は、*wx*あるいは*du*などの遺伝子座の対立遺伝子により支配されているほか、生育環境、とくに登熟期の気温などの影響により変化する。さらに、米でんぷんのアミロース含有率は、調理・加工法とも不可分な関係にある。

(1) 低アミロース品種の登熟気温と白米中のアミロース含有率の関係

a) 材料および方法

1995年～2000年の間の育成地における生産力検定試験（標肥）区の低アミロース品種「朝つゆ」と「ソフト158」（1995、1996年は欠測）ならびに一般品種「日本晴」、「アキニシキ」、「コシヒカリ」、「キヌヒカリ」および「どんとこい」に関して、出穂期後10日、20日、30日、11～20日間の日平均気温（℃）の平均値とそれぞれの品種のアミロース含有率（%）との相関係数を求めた。なお、日平均気温（℃）は、生産力検定試験圃場の近傍の中央農業総合研究センター・北陸研究センター（旧北陸農業試験場）気象観測露場における最高気温と最低気温の平均値とした。

b) 調査・実験の結果

表IV-55に品種ごとの登熟温度とアミロース含有率を示した。また、図IV-7に出穂後30日間の平均気温とアミロース含有率との関係を示した。調査した6年間の登熟期間の平均気温は、出穂期が早いほど高く、年次により出穂期後10日間では最も早生の「コシヒカリ」が26.8℃、最も晩生の「日本晴」が25.8℃で、両者の間に1℃の差があり、20日間では1.6℃、30日間では1.6℃の差があった。出穂後30日間の平均気温の年次間の変動幅は「コシヒカリ」で3.5℃、「朝つゆ」で4.0℃、「日本晴」で4.6℃であった。

いずれの品種のアミロース含有率（%）にも年次変動が認められ、登熟温度が高いとアミロース含有率が低下し、登熟温度が低いとアミロース含有率が高まるとする従来の研究報告（茶村ら、1979；稲津、1988；菊地、1988；Resurrccin *et al.*, 1977；清水、1994）とほぼ同様の結果が得られた。「朝つゆ」に関しては、出穂後30日間の平均気温とアミロース

含有率との間には有意な負の相関が認められた。アミロース含有率の変動幅は「コシヒカリ」や「ソフト158」では少なく、「日本晴」や「アキニシキ」では大きく、「朝つゆ」、「キヌヒカリ」ならびに「どんとこい」は、それらの中間であった。一般のうち品種の場合、アミロース含有率の低い方が粘りが強く、食味がよくなるが、低アミロース品種「朝つゆ」や「ソフト158」では、高温年にアミロース含有率が低くなると、炊飯米が柔らかくなり過ぎるので、炊飯時の加水量を調節する必要が生じる。

(2) 低アミロース品種の混米利用

a) 材料および方法

① 低アミロース品種混米による食味改善

低アミロース品種利用による炊飯米の食味改善を目的に、食味が“中中”の「アキヒカリ」、「中上」の「日本晴」、「上下」の「アキニシキ」に低アミロース品種を混合した材料について食味官能試験を行った。なお、基準品種とした「ハウネンワセ」の食味は「日本晴」と同じく“中上”にランクされる。

「アキヒカリ」との混米については、1994年生産力検定試験（標肥）区の米を用い、「アキヒカリ」単品に対比して、「アキヒカリ」に「ソフト158」をそれぞれ30%、40%、50%、60%、あるいは70%混米した区を設けた。なお、「ソフト158」のアミロース含有率は11.9%、でタンパク質含有率は7.8%であった。

「日本晴」との混米については、1996年の生産力検定試験（標肥）区の米を用い、「朝つゆ」との混米による食味向上について検討した。「朝つゆ」のアミロース含有率は11.5%、タンパク質含有率は7.1%であり、「日本晴」のアミロース含有率は23.8%、タンパク質含有率は7.2%であった。

「アキニシキ」との混米については、1998年生産力検定試験（標肥）区の白米を用い、「朝つゆ」と「アキニシキ」との混米による食味向上について検討した。「朝つゆ」のアミロース含有率は10.4%、タンパク質含有率は5.5%であり、「アキニシキ」のアミロース含有率18.5%、タンパク質含有率は5.7%であった。

② 古米の食味向上のための低アミロース品種の混米利用

古米の食味改善のために低アミロース品種の混米利用について検討した。古米は農林水産省新潟食糧

表IV-54 「夢十色」の幼苗期耐冷性（青森農試・藤坂支場）

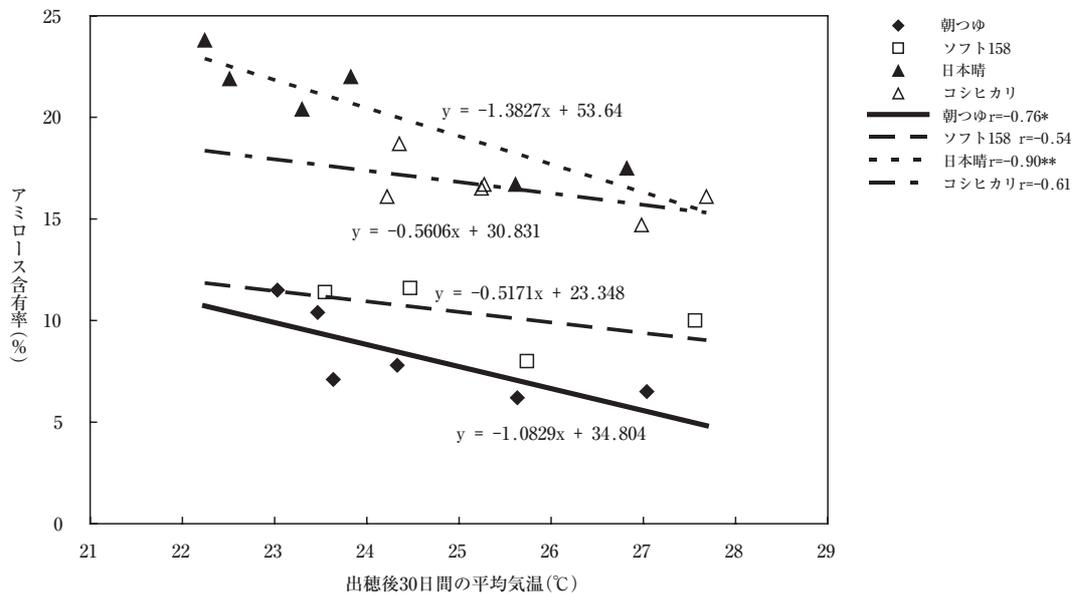
品種名	幼苗期耐冷性の判定					総合判定
	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	
夢十色	弱	弱	極弱	極弱	極弱	極弱
アキヒカリ	やや強	やや強	強	強	強	強
トドロキワセ	やや強	やや強	やや強	強	強	強
密陽23号	弱	やや弱	弱	弱	弱	やや弱
ハバタキ	-	中	極弱	極弱	極弱	極弱

注) 人工気象室および冷水掛け流しによる低温処理を行い、判定は枯死個体、葉身の黄化程度、乾物重増加率を総合的に判断して行った。

表IV-55 登熟温度とアミロース含有率

品種名	年次	登熟期間の平均気温(°C)				アミロース含有率(%)				アミロース含有率との相関係数 登熟期間の平均気温(°C)			
		10日間	20日間	30日間	11~20日間	平均	最小	最大	最大-最小	10日間	20日間	30日間	11~20日間
		コシヒカリ	1995-2000	26.8	26.4	25.6	26.0	16.5	14.7	18.7	4.0	-0.51	-0.57
キヌヒカリ	1995-2000	26.7	26.2	25.5	25.8	17.2	15.9	20.6	4.7	-0.26	-0.34	-0.50	-0.43
どんとこい	1995-2000	26.6	26.1	25.3	25.5	16.0	13.2	18.4	5.2	-0.12	-0.30	-0.45	-0.48
ソフト158	1997-2000	26.1	25.5	25.3	25.0	10.3	8.0	11.6	3.6	-0.79	-0.62	-0.54	-0.46
アキニシキ	1995-2000	26.0	25.3	24.7	24.6	19.0	14.2	23.6	9.4	-0.48	-0.62	-0.71	-0.64
朝つゆ	1995-2000	25.9	25.2	24.5	24.6	8.3	6.2	11.5	5.3	-0.73	-0.82*	-0.76*	-0.70
日本晴	1995-2000	25.8	24.8	24.1	23.8	20.4	16.7	23.8	7.1	-0.79*	-0.79*	-0.90**	-0.72

注) 1) 登熟期間の平均気温は出穂期後の10日間、20日間、30日間、および11~20日間の日平均気温の平均値を示した。
2) *, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す。



図IV-7 出穂後30日間の平均気温とアミロース含有率

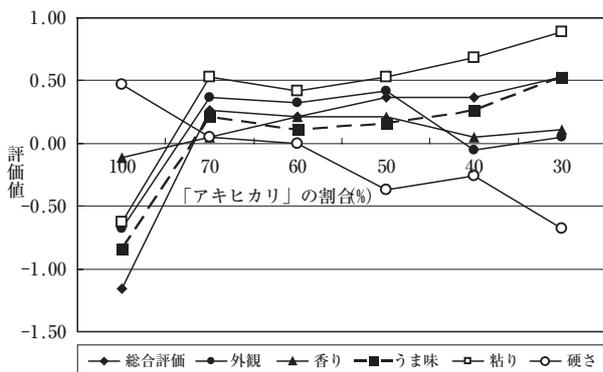
事務所で保管中の1997年佐渡産「ゆきの精」の玄米の提供を受け、搗精して用いた。これに1999年生産力検定試験（標肥）区でとれた「朝つゆ」を30%混合して、食味官能試験を1999年12月に実施した。なお、「朝つゆ」のアミロース含有率は6.2%、タンパク質含有率は5.2%であった。

b) 調査・実験の結果

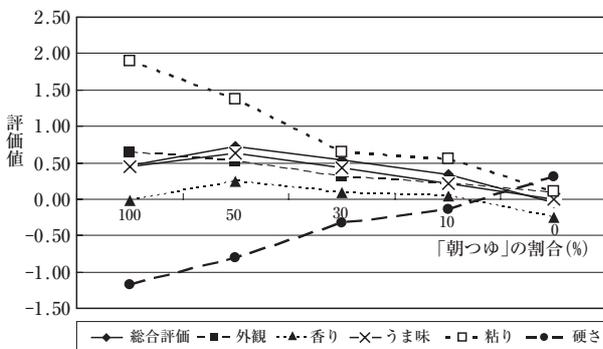
「アキヒカリ」と「ソフト158」混米の食味試験の結果を図IV-8、「朝つゆ」と「日本晴」との混米の食味試験の結果を図IV-9、「朝つゆ」と「アキニシキ」との混米の食味試験の結果を図IV-10に示した。

食味の劣る「アキヒカリ」に「ソフト158」を30%程度混米することにより、炊飯米の外観がよくなり、粘りが強く、柔らかくなり、うま味も増し、総合評価が向上した。これは、「ソフト158」のもち米臭が緩和され、「ソフト158」に対する嗜好性の個人差が縮小した結果として、美味しいと判断する人が増加したものと推察される。したがって、「ソフト158」の活用法として、食味のすぐれない品種との混米が有効と考えられる。

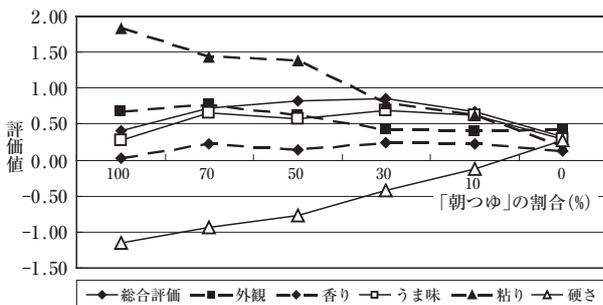
「朝つゆ」と「日本晴」あるいは「アキニシキ」



図IV-8 「アキヒカリ」への「ソフト158」の混米に伴う食味改善効果



図IV-9 「朝つゆ」への「日本晴」の混米比率に伴う食味評価の変動



図IV-10 「朝つゆ」への「アキニシキ」の混米比率に伴う食味評価の変動

との混米の場合にも、明らかな食味改善の効果が認められた。すなわち、「朝つゆ」の混合割合を30~50%とし、炊飯米が硬く粘りが少ない「日本晴」や「アキニシキ」と混米した場合、炊飯米の硬さと粘りが改善され、明らかに食味の総合評価が向上した。元来、食味評価が比較的高い「アキニシキ」では、混米の仕方によっては、魚沼産「コシヒカリ」に相当する食味評価を得る場合もあった。

「朝つゆ」と古米との混米の食味試験の結果を図IV-11に示した。「朝つゆ」と古米との混米により炊飯米の硬さと粘りが改善され、食味改善効果は認められたが、古米臭が除かれないと評価が低くなることから、古米の混米割合を少なくする必要がある。したがって、古米の食味改善のためには、「朝つゆ」に古米だけでなく、古米臭の無い他の品種を同時に混合する必要があると考えられる。

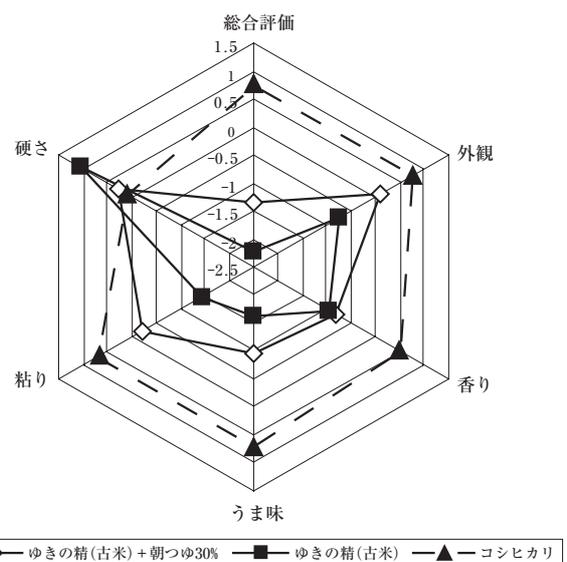
(3) 高・低アミロース米の物理・化学的特性

a) 材料および方法

① 米粉の糊化特性

育成地において標準栽培した高アミロース品種「夢十色」ならびに低アミロース品種「ソフト158」と「朝つゆ」の米粉の糊化特性の分析を食品総合研究所・穀類特性研究室に依頼するとともに、一部は育成地においても実施した。

1992年産「夢十色」については、育成地で生産したインディカ品種「ハバタキ」およびジャポニカ



図IV-11 古米への「朝つゆ」混米による食味改善
古米は農水省新潟食糧事務所より1997年佐渡産「ゆきの精」の提供を受けた。食味官能試験は1999年12月に実施した。

品種「コシヒカリ」とともに、食品総合研究所・穀類特性研究室に糊化特性の分析を依頼した。食品総合研究所では近畿中国四国農業研究センターで生産された高アミロース品種「ホシユタカ」および作物研究所の「日本晴」とともにブラベンダー社のビスコグラフにより、最高粘度、最低粘度、最終粘度を計測し、ブレイクダウン（糊化でん粉の崩壊、最高粘度-最低粘度）とコンシステンシー（冷却時の粘度増加、最終粘度-最低粘度）、（最低粘度/最高粘度）値を求めた。

1995年産「夢十色」については、「ハバタキ」、「コシヒカリ」、中国品種「桂朝2号」および「日本晴」とともに、育成地においてNewport Scientific社製のラビッド・ビスコ・アナライザー（RVA）を使って測定した。RVA測定では、精米粉3.5gにイオン交換水25mlを加え50℃で1分間攪拌後、4分間で93℃まで温め93℃で7分間保持した後最高粘度を測定し、4分間で50℃まで冷却して最低粘度を測定し、50℃で5分間保持して最終粘度を測定した。

1992年産「ソフト158」については、北陸農業試験場・品質評価研究室に測定を依頼した。育成地産のうるち品種「コシヒカリ」と「キヌヒカリ」、もち品種「こがねもち」および東北農業試験場産のもち品種「ヒメノモチ」とともに、ブラベンダー社のビスコグラフにて糊化特性を測定した。

さらに、1998年産「ソフト158」および「朝つゆ」については、「コシヒカリ」、「キヌヒカリ」、「どんとこい」とともに、食品総合研究所・穀類特性研究室に測定を依頼した。他の育成地で育成した低アミロース品種「はなぶさ」（北海道農研産）、「スノーパール」（東北農研産）、「ミルキークイーン」（作物研産）、「柔小町」（九州沖縄農研産）、「ひとめぼれ」（東北農研産）および「ヒノヒカリ」（九州沖縄農研産）とともに、RVAを用いて糊化特性を測定した。

② 炊飯特性

高アミロース品種「夢十色」については、1991～1993年の育成地において標準栽培された「ハバタキ」および「コシヒカリ」とともに北陸農業試験場・品質評価研究室に測定を依頼した。近畿中四国農研産の高アミロース品種「ホシユタカ」および作物研産の「日本晴」とともに測定した。大坪(1996b)に準じて、測定項目は加熱吸水率、膨張容積、溶出固形物、ヨード呈色度とした。

1998年産（標準栽培）の低アミロース品種「ソフト158」および「朝つゆ」については、「コシヒカリ」、「キヌヒカリ」および「どんとこい」とともに、食品総合研究所・穀類特性研究室に測定を依頼した。他の試験地で育成された低アミロース品種とともに、上記項目ならびに炊飯液Phを測定した。

③ 米飯の物理特性

1994年に標準栽培した高アミロース品種「夢十色」ならびに1998年に標準栽培した低アミロース品種「ソフト158」と「朝つゆ」について、食品総合研究所・穀類特性研究室に測定を依頼した。他の試験地の品種を加えて測定を行った。測定には全研製テクスチュメーターを用い、測定値から硬さ、粘り、付着性、バランス度を求めた。

④ 米飯および米粉の冷却に伴う物理特性の変化

育成地において標準栽培した低アミロース品種「ソフト158」および「朝つゆ」の米飯および米粉の冷却に伴う物理特性の変化について、中央農研・米品質評価研究室に測定を依頼した。「ソフト158」は1999年産、「朝つゆ」は、1997年と1999年の産米を用いた。他の試験地で育成された低アミロース品種や通常のうるち品種ともち種とともに、レオログラフマイクロを用いて測定した。

b) 調査・実験の結果

① 米粉の糊化特性

「夢十色」、「ソフト158」ならびに「朝つゆ」の米粉の糊化特性を表IV-56に示した。「夢十色」の最高粘度は、ほぼ「日本晴」並であるが、最低粘度、最終粘度、コンシステンシーおよび最終粘度が高くブレイクダウンが低い。同じインディカでもアミロース含有率が低い「ハバタキ」は、他の通常うるち品種に近い値を示すのに対し、「夢十色」は中国のインディカ品種「桂朝2号」に近い値を示した。高アミロースの品種でも、「ホシユタカ」は最高粘度が通常うるち品種より低く、「夢十色」と異なった糊化特性を示した。一般に最高粘度およびブレイクダウンと米の食味との間には高い相関関係があり、食味評価の高い米は、これらの計測値も高くなる傾向が認められる。また、最終粘度やコンシステンシーは澱粉の老化と関係があり、これらの値が低いほど老化しにくい。したがって、「夢十色」は食味および老化に関して通常うるち品種には劣ると考えられる。

表IV-56 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の米粉の糊化特性

品種名	区分	生産地	糊化特性						備考
			最高粘度 M	最低粘度	最終粘度 F	ブレイク ダウン	コンシス テンシー	F/M 値	
夢十色 ホシユタカ	高アミロース	中央研・北陸	475	430	1,005	45	575	2.12	1992年産米を食品総 合研究所穀類特性研究 室においてブラベン ダービスコグラフで測 定した。
	高アミロース	近農研	215	170	585	45	415	2.72	
日本晴 ハバタキ	一般粳	作物研	460	255	600	205	345	1.30	室においてブラベン ダービスコグラフで測 定した。
	一般粳	中央研・北陸	535	260	575	275	315	1.07	
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	540	270	570	270	300	1.06	
夢十色 桂朝2号	高アミロース	中央研・北陸	367	221	479	146	258	1.31	1995年産米を育成地 においてラビッド・ビ スコ・アナライザーで 測定した。
	高アミロース	中央研・北陸	337	192	435	145	243	1.29	
日本晴 ハバタキ	一般粳	作物研	307	114	223	193	109	0.73	スコ・アナライザーで 測定した。
	一般粳	中央研・北陸	391	121	210	271	90	0.54	
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	391	139	224	252	85	0.57	
ソフト158	低アミロース	中央研・北陸	885	350	710	535	360	0.80	1992年産米を北陸農 試・品質評価研究室に おいてブラベンダービ スコグラフで測定し た。
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	775	335	740	440	405	0.95	
キヌヒカリ	一般粳	中央研・北陸	775	320	705	455	385	0.91	
こがねもち	糯	中央研・北陸	915	480	735	435	255	0.80	
ヒメノモチ	糯	中央研・北陸	955	450	720	505	270	0.75	
ソフト158	低アミロース	中央研・北陸	346	124	206	222	82	0.60	
朝つゆ	低アミロース	中央研・北陸	309	93	158	216	64	0.51	
はなぶさ	低アミロース	北海道農研	305	97	169	208	72	0.55	
スノーパール	低アミロース	東北農研	328	91	156	237	65	0.48	1998年産米を食品総 合研究所穀類特性研究 室においてラビッド・
ミルククイーン	低アミロース	作物研	383	123	201	260	78	0.53	ビスコ・アナライザー で測定した。
柔小町	低アミロース	九州沖縄農研	320	84	146	237	63	0.46	
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	342	159	274	183	115	0.80	
キヌヒカリ	一般粳	中央研・北陸	359	163	276	196	113	0.77	
どんとこい	一般粳	中央研・北陸	322	136	245	186	109	0.76	
ひとめぼれ	一般粳	東北農研	322	156	274	166	118	0.85	
ヒノヒカリ	一般粳	九州沖縄農研	354	156	267	197	111	0.76	

注) 1) 測定値の単位は測定機器によって異なり、ビスコグラフの測定ではB.U., ラビッド・ビスコ・アナライザーではRUVである。

2) ラビッド・ビスコ・アナライザー(RVA)の使用では、精米粉3.5gにイオン交換水25mlを加え、50℃で1分間攪拌後、93℃まで4分間で上昇させ、93℃で7分間保持後、4分間で50℃まで冷却して、50℃で5分間保持し、その間の粘度を測定した。

「ソフト158」の最高粘度は、通常のもち品種とうるち品種との中間にあり高く、粘りが強いとみられる。「コシヒカリ」などの食味のよい品種もブレイクダウンが高い傾向があることからみて、「ソフト158」のブレイクダウンも高いことは、食味には良い効果を与えるとみられる。「ソフト158」のコンシステンシーは「コシヒカリ」などのうるち品種より低く、精米粉の澱粉は老化しにくい。「ソフト158」の最終粘度は極端に低く、冷えても硬くなりやすく、最終粘度/最高粘度が低いことから膨化性が高いとみられる。

以上のように、「ソフト158」の精米粉は粘りが強く、食味も良い傾向にあり、澱粉の老化と劣化が進み難いことから家庭用米飯のほか、おにぎりや弁当等の携帯食、コンビニエンスストア用米飯や団子等に向くと考えられる。また、「ソフト158」の精米粉は膨化性が高く、米菓加工適性が優れている

みることができる。

「朝つゆ」の最高粘度は、低アミロース品種や通常の良食味品種と大差ないが、その値は低アミロース品種の中では低い方であり、「はなぶさ」に近い値であった。低アミロース品種の最低粘度は、一般の良食味品種よりも低い傾向がある。最高粘度と最低粘度との差を示すブレイクダウンは、低アミロース品種では大きな値を示す傾向があるが、「朝つゆ」は低アミロース品種の中では低い値を示し、一般の良食味品種に近い値であった。また、最終粘度と最低粘度との差を示すコンシステンシーは、低アミロース品種が一般の良食味品種よりも低い値を示し、低アミロース品種の中でも「朝つゆ」は低い値を示した。糊化特性に関しては、わが国では最高粘度およびブレイクダウンが高い米が好まれ、さらに、コンシステンシーが低いほど糊化でんぷんが老化し難いため(大坪, 1996 a), 「朝つゆ」の糊化特性

からみて米飯の食味は概して良好であり、炊飯後の時間経過に伴い劣化しにくいと考えられる。

② 炊飯特性

「夢十色」, 「ソフト158」ならびに「朝つゆ」の炊飯特性を表IV-57に示した。「夢十色」の加熱吸水率は「日本晴」や「コシヒカリ」よりやや高く良く吸水し、膨脹容積は大きく、「日本晴」や「コシヒカリ」の約120%に達した。溶出固形物は「ホシユタカ」より明らかに少なく、「日本晴」, 「コシヒカリ」並かやや少なかった。しかし、「夢十色」のヨード呈色度は「ホシユタカ」よりは明らかに低かったが、高アミロースであるため「コシヒカリ」よりは高く、「日本晴」並かやや高めの値を示した。

「ソフト158」の加熱吸水率は「コシヒカリ」並かやや高く良く吸水するが、膨脹容積、溶出固形物およびヨード呈色度は「コシヒカリ」と大きな差は認められなかった。「朝つゆ」の膨脹容積は低アミロース品種および一般の粳品種の中では小さい方で、「ひとめぼれ」並であった。したがって、「朝つゆ」の炊飯米はふっくら感が少なく、おにぎりにした時には、ずっしり感があつた。また、「朝つゆ」はヨード呈色および溶出固形物（通称「おねば」）が低アミロース品種の中では低く、炊飯時にあまり「おねば」が出ない特徴がみられた。わが国ではヨード呈色および溶出固形物が低い米の食味が好まれることから（大坪, 1996 a）, 「朝つゆ」は炊飯特性からも米飯の食味は概して良好とみられる。

③ 米飯の物理特性

「夢十色」, 「ソフト158」ならびに「朝つゆ」のテクスチュロメーターによって測定した米飯の物理特性を表IV-58に示した。「夢十色」の米飯は高アミロース品種「ホシユタカ」に近い物理特性を示し、「日本晴」などの一般品種より明らかに硬く、付着性と粘りが少ないので、米飯として直接利用するのは困難とみられる。「ソフト158」の米飯は「コシヒカリ」より柔らかく、粘りが強く、またバランス度が高いので、混米としての利用も考えられる。「朝つゆ」の炊飯米の硬さ、粘りおよび両者の比であるバランス度は、「コシヒカリ」に近い値を示した。炊飯米の硬さ、粘りおよびバランス度は食味と関係が深く、わが国では「コシヒカリ」に代表される粘りが強く、柔らかい特性が好まれることからみて（大坪, 1996c）, 「朝つゆ」は米飯物性からも食味は良好とみられる。また、付着性は「コシヒカリ」より強く、「ひとめぼれ」に近い値を示した。

④ 米飯および米粉の冷却に伴う物理特性の変化

「ソフト158」ならびに「朝つゆ」の米飯および米粉の冷却に伴う物理特性の変化についてのレオログラフマイクロによる測定結果を表IV-59に示した。「ソフト158」の動的弾性率および動的損失は、炊飯後の値が「コシヒカリ」などのうるち品種や低アミロース品種「彩」より低く、硬化しにくい特徴があり、冷蔵後も、「彩」並の低い値であった。また、「ソフト158」の損失正接の値は低アミロース品種

表IV-57 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の炊飯特性

品種名	区分	生産地	炊飯特性					備考
			加熱吸水率 (%)	膨脹容積 (ml)	炊飯液 PH	ヨード呈色 (OD600)	溶出固形物 (g)	
夢十色	高アミロース	中央研・北陸	380.7	42.8	-	0.297	0.59	1991～1993年産米を北陸農試・品質評価研で測定した。
ホシユタカ	高アミロース	近農研	356.7	39.8	-	0.668	0.82	
日本晴	一般粳	作物研	354.7	36.2	-	0.274	0.60	
ハバタキ	一般粳	中央研・北陸	374.5	34.7	-	0.194	0.60	1998年産米を食品総合研究所穀類特性研究室で測定した。
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	359.4	35.4	-	0.201	0.62	
ソフト158	低アミロース	中央研・北陸	359.3	42.1	6.91	0.170	0.76	
朝つゆ	低アミロース	中央研・北陸	355.3	36.5	6.37	0.130	0.69	1998年産米を食品総合研究所穀類特性研究室で測定した。
はなぶさ	低アミロース	北海道農研	341.9	38.2	6.22	0.206	0.83	
スノーパール	低アミロース	東北農研	338.0	38.2	6.85	0.142	0.77	
ミルククイン	低アミロース	作物研	377.9	40.6	6.56	0.128	0.70	
柔小町	低アミロース	九州沖縄農研	346.6	39.0	6.92	0.141	0.81	
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	373.4	41.5	6.08	0.257	0.91	
キヌヒカリ	一般粳	中央研・北陸	358.3	38.1	6.68	0.243	0.58	
どんとこい	一般粳	中央研・北陸	360.3	39.6	6.80	0.274	0.80	
ひとめぼれ	一般粳	東北農研	328.9	35.3	6.61	0.162	0.63	1998年産米を食品総合研究所穀類特性研究室で測定した。
ヒノヒカリ	一般粳	九州沖縄農研	357.3	39.0	5.27	0.210	0.76	

注) 食糧庁標準計測方法に準じて測定した。ただし、試料採取重量は8gとした。

「彩」より「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」に近い値を示した。したがって、「ソフト158」は炊飯後時間が経っても、炊きたての食感を長く保持する性質を持っているので、おにぎりや弁当に向き、また、冷蔵後も低い値であることからレトルト食品の加工原料にも向くとみられる。さらに、損失正接の値か

ら「ソフト158」は「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」に近い食感を持つとみられる。

「朝つゆ」の炊飯米は動的弾性率（硬さに相当）が低く、損失正接（粘りに相当）が高いことから、炊飯米が柔らかく、粘りの強い傾向が認められた。「朝つゆ」の炊飯米は、冷却後も動的弾性率および

表IV-58 「夢十色」「ソフト158」「朝つゆ」の米飯物理特性

品種名	区分	生産地	テクスチュロメーターによる測定値				
			硬さ	粘り	付着性	バランス度1	バランス度2
			正の波高値 H ₁ (kgf)	負の波高値 -H ₃ (kgf)	負の面積 A ₃	-H ₃ /H ₁	A ₃ /A ₁
夢十色	高アミロース	中央研・北陸	3.25	0.00	0.00	0.00	0.00
ホシユタカ	高アミロース	近農研	3.08	0.03	0.00	0.01	0.00
日本晴	一般粳	作物研	2.47	0.36	0.06	0.15	2.30
ハバタキ	一般粳	中央研・北陸	2.57	0.36	0.04	0.14	1.61
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	2.51	0.50	0.11	0.20	4.03
ソフト158	低アミロース	中央研・北陸	2.36	0.90	0.27	0.38	0.12
朝つゆ	低アミロース	中央研・北陸	2.32	0.82	0.27	0.36	0.12
はなぶさ	低アミロース	北海道農研	2.30	0.93	0.31	0.40	0.14
スノーパール	低アミロース	東北農研	2.51	0.70	0.27	0.28	0.11
ミルキークイーン	低アミロース	作物研	2.18	0.68	0.20	0.31	0.10
柔小町	低アミロース	九州沖縄農研	2.32	0.80	0.26	0.34	0.12
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	2.37	0.82	0.23	0.35	0.10
キヌヒカリ	一般粳	中央研・北陸	2.47	0.79	0.26	0.32	0.11
どんとこい	一般粳	中央研・北陸	2.49	0.86	0.26	0.35	0.11
ひとめぼれ	一般粳	東北農研	2.65	0.91	0.27	0.35	0.10
ヒノヒカリ	一般粳	九州沖縄農研	2.51	0.78	0.24	0.31	0.10

注) 1) 食品総合研究所穀類特性研究室において、上段は1994年産米、下段は1998年産米を用いて測定した。

2) 全研製テクスチュロメーターを使用し、クリアランス 0.2mm, 米粒3粒で5回測定した。炊飯はカップ炊飯法で行った。

表IV-59 「ソフト158」「朝つゆ」の米飯および米粉の冷却に伴う物理特性の変化
(中央農研・米品質評価研究室)

品種名	区分	生産地	1997年産				1999年産					
			米飯の物理特性				60%水分の米粉ゲルの物理特性					
			動的弾性率		損失正接		動的弾性率		損失正接		5℃, 16時間後	
			(E + 05dyn/cm ²)		(×0.1)		(E + 05dyn/cm ²)		(×0.1)		動的弾性率	損失正接
50℃, 3h	5℃, 24h	50℃, 3h	5℃, 24h	50℃	5℃に急冷直後	50℃	5℃に急冷直後	増加量	減少量			
		増加量				増加量						
ソフト158	低アミロース	中央研・北陸	-	-	-	-	3.8	3.9	2.0	1.6	3.8	0.3
朝つゆ	低アミロース	中央研・北陸	4.3	0.8	6.2	0.4	2.5	3.3	2.2	1.2	2.9	0.5
彩	低アミロース	北海道農研	5.2	1.1	3.5	0.2	-	-	-	-	-	-
はなぶさ	低アミロース	北海道農研	-	-	-	-	2.1	3.8	2.8	1.3	4.2	0.7
スノーパール	低アミロース	東北農研	3.8	2.4	4.2	-0.5	1.4	2.9	3.1	1.0	4.7	0.9
ミルキークイーン	低アミロース	作物研	-	-	-	-	2.5	3.0	2.3	1.3	3.7	0.5
柔小町	低アミロース	九州沖縄農研	-	-	-	-	3.6	3.5	2.4	1.2	3.3	0.4
コシヒカリ	一般粳	中央研・北陸	4.3	3.4	3.9	0.1	5.0	2.8	1.6	1.4	15.3	0.8
アキヒカリ	一般粳	東北農研	-	-	-	-	6.9	4.3	1.5	1.5	23.1	1.2
ササニシキ	一般粳	東北農研	4.2	2.4	5.0	-1.4	6.3	5.0	1.5	1.4	20.2	1.1
ひとめぼれ	一般粳	東北農研	2.3	4.2	3.6	0.3	4.8	3.5	1.7	1.6	14.2	1.2
日本晴	一般粳	作物研	5.8	2.7	3.4	0.2	5.0	3.8	1.7	1.1	20.2	1.3
ヒヨクモチ	糯	九州沖縄農研	2.7	1.8	4.8	0.1	-	-	-	-	-	-
はくちょうもち	糯	北海道農研	-	-	-	-	0.5	2.9	6.5	-1.2	1.7	0.2

注) レオログラフマイクロを用いて測定した。動的弾性率は硬さ、損失正接は粘り、5℃, 16時間後は老化に相当する。

損失正接の変化が少なく、炊飯米が劣化し難く、品質が保持し易いとみられる。また、「朝つゆ」の米粉ゲルは冷却後の動的弾性率の増加が少なく、損失正接の減少が少ないことから、炊飯米は冷めても硬くなり難く、粘りも保持され易い傾向が認められる。

(4) 低アミロース米の加工利用

a) 材料および方法

① 「ソフト 158」の利用

育成地において標準栽培した低アミロース品種「ソフト158」の1992年産米で作った「おにぎり」の市場評価を全農に依頼した。比較として同様に栽培した「コシヒカリ」と作物研究所で生産された「日本晴」を用いた。1992年産の「ソフト158」の米菓製造に関する品質特性および製造米菓の品質評価を亀田製菓株式会社（新潟市）に依頼した。比較品種には同社が他用途利用米として購入している国産米を用いた。

② 「朝つゆ」の利用

「朝つゆ」の無菌包装米飯、団子加工および米菓加工適性の評価を新潟県農業総合研究所・食品研究センターに依頼した。無菌包装米飯加工適性については、育成地において標準栽培した1997年産および1998年産の米、団子加工適性については1997年産米、米菓加工適性については1998年産米を用いた。比較として「コシヒカリ」（中央農研・北陸センター産）、「日本晴」（作物研産）、「ヒヨクモチ」（九州沖縄農研産）を用いた。

育成地において標準栽培した1997年産「朝つゆ」のアルファ化米および膨化米加工適性の評価を尾西食品(株)大阪工場（大阪市）、業務用炊飯適性の評価を(株)アイホー（愛知県豊川市）に依頼した。比較として尾西食品(株)の試験では「日本晴」（作物研産）を、(株)アイホーの試験では「コシヒカリ」（中央農総研・北陸センター産）を用いた。

b) 調査・実験の結果

① 「ソフト 158」の利用

「ソフト158」のおにぎりの市場評価の結果を表IV-60に示した。「ソフト158」は外観、食味、粘りの項目で「コシヒカリ」および「日本晴」に優り、総合評価は最良であることから「ソフト158」のおにぎりは、市場評価が高くなるとみられた。しかし、香りや硬さは「コシヒカリ」に及ばず、回答者による嗜好性の差が大きかった。

「ソフト158」で製造した米菓の評価を表IV-61に示した。「ソフト158」のソフトタイプ米菓はボリュームがあり、外観、食感、風味とも良好であった。堅焼タイプ米菓では、比較品（他用途利用米）と同程度であった。加工工程の作業性に関しては、長径、短径および厚さの値から見て、延ばし工程において若干低い許容範囲に留まった。したがって、「ソフト158」は米菓への加工適性があり、特にソフトタイプ米菓に向くとみられる。

② 「朝つゆ」の利用

新潟県農業総合研究所・食品研究センターで実施した無菌包装米飯、団子加工および米菓加工適性についての検討結果を表IV-62、尾西食品(株)で実施したアルファ化米および膨化米加工適性についての検

表IV-60 「ソフト 158」のおにぎりの市場評価（全農，1992年産）

品種名	最も好ましいとした人数(割合, %)					
	外観	香り	味	硬さ	粘り	総合評価
ソフト158	169 (36.0)	128 (27.8)	170 (36.3)	148 (31.7)	209 (45.0)	171 (36.2)
コシヒカリ	152 (32.3)	180 (39.1)	159 (33.9)	171 (36.6)	124 (26.7)	151 (32.0)
日本晴	149 (31.7)	152 (33.0)	140 (29.9)	148 (31.7)	132 (28.4)	150 (31.8)
有効回答数	470 (100.0)	460 (100.0)	469 (100.0)	467 (100.0)	465 (100.0)	472 (100.0)

表IV-61 「ソフト 158」で製造した米菓の品質特性および品質評価（亀田製菓，1992年産）

製品のタイプ	品種名	1枚重量 (g)	長径 (mm)	短径 (mm)	1枚厚さ (mm)	10枚ボリューム (mm)	製品の品質評価				考察・備考	
							総合評価	外観 (色・艶)	浮き伸び	食感 歯ざわり		風味
ソフト	ソフト158	5.51	79.8	77.4	8.3	95.6	良	+1	0	+2	+1	外観きれい、素直な伸び、
(浮かせ)	他用途利用米	5.46	79.3	76.7	8.2	92.4	良	0	0	0	0	食感ソフト
堅焼き	ソフト158	14.52	88.8	85.1	8.6	133.6	良	0	0	0	+1	
	他用途利用米	14.31	90.4	86.2	8.4	131.3	良	0	0	0	0	

注) 製品の品質評価は対照区(他用途利用米)を0として+側を良、-側を不良として官能的に評価した。

表IV-62 「朝つゆ」の無菌包装米飯、団子加工および米菓加工適性
(新潟県農業総合研究所食品研究センター)

品種名	無菌包装米飯加工適性				団子加工適性					米菓加工適性								
	1997年産		1998年産		1997年産					1998年産								
	最適 加水量 (g)	適性	食味	適性	色調 W YI (Lab)		硬度(gf) 2時 1日 2日 間後 後 後			食味	適性	比容積 (ml/g)	硬度 (kgf)	製造 時作 外観 食感 業性		食味	適性	
朝 つ ゆ	70	◎	艶・透明感があり外 観良好。おこわ的食 感で、旨味もあり良好。	○	66.6	25.9	112	112	154	色白く粘りの強 い食感。	◎	6.45	1.88	△	○	○	横伸びして いる。パサ パサ。軽い。	◎
コシヒカリ	-	-	外観、物性とも良好。	◎	-	-	-	-	-	-	-	6.07	2.79	○	○	○	風味あり。 サクリ感。	◎
日 本 晴	80	○	粘りやや不足。	○	66.9	28.1	122	210	314	色・味・香りは良 いが硬い食感。	○	6.21	2.91	○	○	○	モサモサ。 しっとり。 硬い。	◎
ヒヨクモチ	65	○	艶あり粒はしっかりし ているが、ややグチャ ついた食感。	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注) 1) 「朝つゆ」、「コシヒカリ」は中央研・北陸センター産、「日本晴」は作物研産、「ヒヨクモチ」は九州沖縄農研産を用いた。
2) 最適加水量は浸漬米76gに対する加水量である。
3) 団子としての可食限界は、250gfである。

表IV-63 「朝つゆ」のアルファ化米および膨化米加工適性 (1997年産米, 尾西食品株)

品種名	アルファ化米加工適性								膨化米加工適性				
	アルファ化米分析				アルファ化米粉				膨化テスト			粒粥	
	アルファ 化米水分 (%)	糊化度 (%)	膨潤容積 (cm ³)		比容積 (ml/g)		平均 粒子径 (μm)	総合 評価	膨化前		膨化後		総合 評価
			15℃水注水 60分	80℃湯注水 30分	粗	密			水分 (%)	比容積 (ml/g)	水分 (%)	比容積 (ml/g)	
朝 つ ゆ	10.0	94.2	60	59	1.33	1.12	321	◎	13.4	1.69	7.1	2.81	○
日 本 晴	9.0	93.7	56	55	1.32	1.10	330	○	13.8	1.72	5.2	2.94	×

注) 1) 「朝つゆ」は中央研・北陸センター産、「日本晴」は作物研産を用いた。
2) 膨潤容積：メスシリンダーに設定水分65%で製造したアルファ化米20gを入れ、100mlの設定温度の水、湯を加えて経過時間毎に容積を測定した。
3) アルファ化米粉の総合評価は糊化度、膨潤度、官能的に外観、食感、風味を総合評価した(◎:優 ○:良 △:可×:不可)。
4) 膨化米の総合評価は粒粥として外観、食感、風味を総合評価した(○:良 △:可 ×:不可)。

表IV-64 「朝つゆ」の業務用炊飯適性 (1997年産米, ㈱アイホー・開発本部・研究室)

品種名	加水率 (%)	米飯 増加率 (倍)	米飯 含水率 (%)	味度値	食味値	外観	硬さ	粘り	バランス	テンシブレッサー			
										硬さ	こし	付着	粘り
朝 つ ゆ	85	2.1	62.6	86	86	9.2	4.4	7.8	8.9	46.8	47.4	51.6	78.3
	95	2.3	63.9	94	86	9.1	4.3	7.8	8.9	36.6	40.0	50.1	110.0
	105	2.5	63.3	83	89	9.5	4.2	8.9	9.4	29.8	30.0	58.9	137.0
コシヒカリ	85	2.2	58.6	68	70	6.7	6.1	6.2	6.7	51.7	53.0	44.0	55.2
	95	2.4	63.5	74	80	8.1	5.5	8.0	8.2	40.5	41.6	47.0	52.8
	105	2.2	58.5	78	83	8.5	5.3	8.5	8.6	44.0	42.7	49.4	48.5

討結果を表IV-63に示した。

「朝つゆ」の無菌包装米飯は、艶や透明感があり外観が良好で、おこわ的な食感で旨味もあり、無菌包装米飯加工適性についての評価は高かった。「朝つゆ」の団子は色が白く、粘りが強く硬くなり難いので、団子加工適性は良好とみられる。また、米菓の場合、もち品種には及ばないが、一般のうるち品

種より膨張し易く柔らかい製品となるので、米菓加工適性は高く食感も良好であった。

「朝つゆ」のアルファ化米の加工においては、糊化度が高く、アルファ化米粉への加工適性は高かった。また、膨化米の粥の食味評価も高いことから、乾燥粥として国際援助食料などとしての利用が考えられる。アルファ化米粉として加工する場合には、

焙煎処理よりも製造コストの安価なエクストルーダー加工の方が良い結果が得られた。

業務用炊飯適性を評価するために、(株)アイホーで実施した大量炊飯の結果を表IV-64に示した。1997年産米の「朝つゆ」は「コシヒカリ」に比べ、炊飯米の味度値と食味値は高く、炊飯米は外観が良く柔らかく粘りが強く、バランスが良好であった。加水率は85%程度がよく、硬さ、こし、付着性、粘りの点で「コシヒカリ」に近いとの評価を得た。

以上のように、「朝つゆ」は低アミロース性を活かした無菌包装米飯、団子、米菓、アルファ化米、膨化米などの加工適性は高いが、炊飯米が柔らかく粘りが強すぎることから、粘りの少ない米との混米や炊飯時の加水量の調節が必要である。また、良好な製品を製造するには、安定した良質な原料米の供給が不可欠と考えられる。

(5) 高アミロース米の加工利用

a) 材料および方法

① 高アミロース米の利用形態

育成地において標準栽培した高アミロース品種「夢十色」について、新潟県農業総合研究所・食品研究センター、共立女子大家政学部・調理学研究室、亀田製菓株式会社（新潟市）に新用途の検討を依頼した。新潟県農業総合研究所・食品研究センターにおいては、1987年産米を用いて団子、米菓、1991年産米を用いて味噌用米麴、ライスヌードル、米菓、即席アルファ化米、レトルト米飯としての加工利用について検討した。共立女子大では、1991年産米を用いてプディング、カレーライス、1992年産米を用いて牛丼、団子、1993年産米を用いてクスクス（アラブ民族料理）、1994年産米を用いてインスタント・クスクス（アルファ化・粉碎米）、いろいろの加工利用について検討した。

② 「夢十色」のアルファ化粉碎米（クスクス）としての利用

育成地において標準栽培した1995年産「夢十色」の玄米を新形質米試験用精米機RK30D（細川製作所）で精米し、インスタント・クスクスの製造を尾西食品(株)大阪工場（大阪市）に依頼した。比較として同様に栽培した「日本晴」、インディカ品種「ハバタキ」、インディカ・高アミロース中国品種「桂朝2号」を供試した。尾西食品(株)では、「夢十色」を炊飯し、乾燥アルファ化米を作成したのち、圧偏

機で粉碎した。この粉碎粒子（クスクス）1kg当たり、ターメリック6g、サラダ油75ml、塩15g、コショウ少々を加え、混合してインスタント・クスクスを作成した。

インスタント・クスクスの品質評価と嗜好性評価のために職員を対象とした試食試験を実施した。インスタント・クスクス100gに沸騰水260mlを加え、弱火で3分間加熱し、5分間蒸らした後、市販のミートソースを添えたものを検体とし、クスクスとしての特性とパネラーの嗜好性とに分けて評価を依頼した。特性評価については、クスクスの品質として必要な特性をあらかじめ示した。評価は「桂朝2号」を基準とし、総合評価、外観、型くずれ、香り、硬さ、粘り、うま味の各項目について、基準に比べ非常に優れている（+3）～非常に劣る（-3）の7段階に分けて評価した。

③ 高アミロース米の利用形態

「夢十色」の用途別適否を表IV-65に示した。共立女子大学では、「夢十色」を用いてアラブ民族料理クスクスを調理した。洗米後水に1時間浸漬し水切りした後、40分間室温にて乾燥し粉碎した。次に調味料、香辛料、サラダ油を水少々加えてよく混ぜ合わせ、クスクス用蒸し器で約40分間蒸し、その間ふり水により硬さを調節し、よくほぐした（出来上がり量は米重量の約2.2倍とした）。蒸し器の下鍋で好みのシチュウを調製し、野菜とともに煮てココット風クスクスとした。その結果、クスクスの調理性に関しては、洗米後の「夢十色」は砕けやすく、試料は容易に準備できた。炊飯鍋で炊く方法は粉末状のものを除いてもべたつきを生じ、クスクスの食感は出にくかったが、蒸すことにより粉末を除く必要もなく、パラパラにほぐしながらふり水により硬さの調節ができた。「夢十色」のクスクスはセモリナを原料とする市販のクスクスに比べてソフト感があり、日本人には食べやすい製品ができた（写真IV-16）。さらに、工業的にアルファ化後、粉碎したクスクスを製造し、適当な調味料やソースなどを添付するなどしてインスタント食品に活用することが可能であるとみられた。

この他、「夢十色」の米粉をいろいろやプディングなどのゲル状食品の硬化剤としての利用、団子、ライスヌードル、堅焼きタイプ米菓、味噌用米麴としての利用なども考えられる。

表IV-65 「夢十色」の用途別適否

利用形態	食品の種類	利用の適否	試験結果の概要	試験実施機関
炊飯米	クスクス (アラブ民族料理)	適	家庭で容易に加工でき、セモリナのクスクスに比べ日本人の味覚に適した製品ができる。	共立女子大
	インスタント・クスクス (アルファ化・粉碎米)	適	粉碎粒子は細かい粒子の割合が高く、均一性も高い。調理した時にソースを良く吸収し、粒子が原型をとどめ、食感および味が良い。	共立女子大 民間企業 育成地ほか
	米飯	不適	日本晴に比べて炊飯米の外観および味が劣り、粘りが少なく、硬く、食味の総合評価は明らかに劣る。	育成地ほか
	即席アルファ化米	不適 (加工は適)	蒸し後、米粒のほぐれが良好だが、食味が劣るので不向きである。	新潟食研
	レトルト米飯	不適	原料として使用不適。	新潟食研
	カレーライス	不適	白飯と同様の傾向を示し、嗜好性の改善は認められない。	共立女子大
米 粉	牛丼	不適	嗜好性は低い。	共立女子大
	ういろう	適	歯切れが良く、さっぱりした食感で好まれる傾向がある。	共立女子大
	プディング	適	硬いゲルを得やすいので、「ブラマンジェ」のようなゲルを作る場合には少量の米粉で作れる。	共立女子大
	団子	可能	弾力が強く咀嚼性が劣り、また硬化が早く、適性は低い。単独では団子としての適性は低いが、低アミロースの品種の粉を混合することにより、使用の可能性はある。	新潟食研 共立女子大
	ライスヌードル	可能	適性のアミロース含有率は26~30%と推察され、食感がゴム状であり、アミロース含有率が高いため単品として使用する場合には麺が硬すぎて使用不適である。しかし、アミロース含有率の低い粉と配合することにより使用可能性はある。また、ビーフンのような細い麺には適性があると推定される。	新潟食研
	堅焼きタイプ米菓	可能	他の粉を混ぜるなどして利用の可能性はある。	新潟食研ほか
米 麴	味噌用米麴	不適	膨化性が低い。	新潟食研ほか
米 麴	味噌用米麴	適	蒸米は粘りが少なく、作業性は良い。加工性は良で、優扱いには及ばない。	新潟食研

写真IV-16 「夢十色」を用いたクスクスの調理
(共立女子大)

④ 「夢十色」のアルファ化粉碎米（クスクス）としての利用

クスクスはアラブ語であるが、元来、アワ、キビ、トウモロコシ、麦類の粗い粉末（スモール）で作られた小さなボールを意味し、クスクス用の料理器具は、日本料理の蒸籠のように上下二段より成り、下の釜に水、ブイヨン、好みの野菜や肉を入れて熱し、この水蒸気を上に重ねた蒸し器に通して、クスクスを蒸すようになっている（東，1975）。最良のクスクスはチュニジアのデュラムコムギの地方種を原料として作られる。クスクスの粒子の直径は1mm程

表IV-66 「夢十色」のアルファ化粉碎米（クスクス）の粒状（1995年）

品種名	粒厚分布構成 (%)				
	~1.70mm	~1.18mm	~0.85mm	~0.60mm	0.60mm~
夢十色	21.3	55.2	13.0	5.9	4.6
日本晴	53.4	29.2	8.6	4.6	4.2
ハバタキ	30.4	45.8	11.5	6.5	5.8
桂朝2号	23.7	51.6	13.9	6.3	4.5

注) 1) 育成地産の精玄米を用い、尾西食品においてアルファ化後圧偏機で粉碎した。

2) □はモードを示す。

度でソースを良く吸収し、蒸したりソースをかけた時にクスクスの個々の粒子が原型をとどめ、粒子の大きさが一定で、互いに付着しないことが重要である (Kaup *et al.*, 1986)。

そこで、「夢十色」のアルファ化粉碎米（クスクス）の粒状を表IV-66に示した。「夢十色」の粉碎粒子は「日本晴」、インディカ品種の「ハバタキ」、あるいは「桂朝2号」に比較して細かい粒子の割合が高く、1.18mmの篩上の粒子の割合が高いことから粒子の均一性も高いとみられ、前述の通り良質なクスクスの条件に合致する。

表IV-67 「夢十色」のインスタント・クスクスの食味評価 (1995年, 育成地)

評価視点	品種名	総合評価 (+3~-3)	外観 (+3~-3)	型くずれ (+3~-3)	香り (+3~-3)	硬さ (+3~-3)	粘り (+3~-3)	うま味 (+3~-3)
クスクスの特性	夢十色	0.68**	0.50**	0.68**	0.27	0.27	0.50*	0.41*
	日本晴	-1.32**	-0.86**	-1.59**	0.09	-1.59**	-0.64	-0.45*
	ハバタキ	-1.55**	-0.73**	-1.86**	0.00	-1.77**	-1.00	-0.41
嗜好性	夢十色	0.55**	0.45*	0.55**	0.18	0.59**	0.36*	0.55**
	日本晴	-0.45	-0.64**	-1.05**	0.14	-0.91**	-0.18	-0.18
	ハバタキ	-0.64*	-0.64**	-0.91**	0.05	-1.05**	-0.27	-0.09

- 注) 1) 育成地産の精玄米を尾西食品においてアルファ化後、粉碎したクスクスを共立女子大学家政学部調理学研究室の方法(クスクス 1kg, ターメリック 6g, サラダ油75ml, 塩 15g, コショウ少々)により、インスタント・クスクスを製造し試験に用いた。
 2) インスタント・クスクス100gに、沸騰水260mlを加え、弱火で3分間加熱し、5分間蒸らした後、市販のミートソースを添えて試食した。
 3) 基準品種は「桂朝2号」とし、パネラー数22名で実施した。
 4) 各項目の評価は、クスクスとしての特性評価とパネラーの嗜好性の評価とに分け、特性評価についてはクスクスの品質として必要な特性を予め示した。評価は非常に優れている(+3)~非常に劣る(-3)の7階級とした。
 5) *, **はt検定の結果、基準品種との差が5%, 1%水準で有意であることを示す。

表IV-68 「夢十色」のインスタント・クスクスの調理例

〈材料〉(4人前)			
・クスクスの材料		・スープの材料	
夢十色のクスクス	1カップ	中華風乾燥スープ	2袋(41g入り, 4人分)
固形スープの素	1個	生卵	2個
ターメリック	少々	熱湯	6カップ
熱湯	2カップ		
〈作り方〉			
・クスクスの作り方材料		・スープの作り方	
①蓋付鍋に夢十色のクスクス1カップ、固形スープの素1個(砕く)、ターメリック少々を加え、良く混ぜる。	①2袋分の中身を6カップ(1.2リットル)の熱湯で溶く。	②泡立て器で良く混ぜながら煮立て、ひと煮立ちしたら弱火にして時々かき混ぜながら5分間煮る。	②最後に強火にして、溶きほぐした生卵2個分を流し入れ、軽くかき混ぜながらひと煮立ちさせる。
②熱湯(沸騰水)を2カップ加え、鍋に蓋をして3分間弱火で加熱する。	③火から下ろし、5分間蒸らす。	③最後に強火にして、溶きほぐした生卵2個分を流し入れ、軽くかき混ぜながらひと煮立ちさせる。	④皿に盛ったクスクスにたっぷりかけて供する。
③火から下ろし、5分間蒸らす。	④かるくほぐし、皿に盛りつける。		

インスタント・クスクスの食味試験の結果を表IV-67に示した。「日本晴」は粘りが強すぎて粒子がくっつき易く食感が劣ったが、「夢十色」はソースと良く馴染み、粒がばらばらとなり易く良質のクスクスとなり、嗜好性でも高アミロース品種「桂朝2号」よりも良好であった。

表IV-68に「夢十色」のインスタント・クスクスを用いた調理例を示した。市販の乾燥スープを用いた例であるが、調理が簡単であり、独特なつぶつぶの食感があり、クスクス以外の新たな商品開発の素材となることも期待される。

5) 考察

(1) 品種特性に関する考察と栽培上の留意点

「日本晴」と「コシヒカリ」の中間熟期の品種としては、良質で登熟の良い品種「アキニシキ」が、北陸地方や関東地方で広く作付され、1983年には36,150haの作付があった(上原, 2004)。「アキニ

シキ」と同熟期の「ソフト158」の特性を「アキニシキ」と比べると以下のとおりである。

「ソフト158」の出穂期および成熟期は「アキニシキ」並か、やや遅く、育成地では「晩生の早」に属する。稈長は「アキニシキ」より10cm程度短く短稈で、穂長は「アキニシキ」よりやや長く、穂数は少なく、草型は“偏穂重型”である。収量は「アキニシキ」にやや劣るが、多肥栽培で初数が確保される場合には増収が見込める。低アミロース性特有の玄米の白濁はなく、品質は“中上”である。アミロース含有率は9.25~14.5%の範囲にあり、「アキニシキ」の約50~60%、「コシヒカリ」の約60~70%程度に留まる。食味は良好で、粘りが強く、柔らかで、「日本晴」に優り、「アキニシキ」並の“上下”に区分される。

いもち病抵抗性遺伝子型は*Pia*を持つと推定され、葉いもちには“中”、穂いもちには“やや強”である。

白葉枯病抵抗性は“中”である。耐倒伏性は“やや強”，障害型耐冷性は“弱”，穂発芽性は“中”である。

これらの「ソフト158」の特性から、栽培にあたっては以下の点に留意する必要がある。障害型耐冷性が弱いので、山間の冷害常襲地帯での作付は避ける。穂肥による増収が見込まれるので、適量の穂肥を施用する。刈り遅れは胴割れ米の発生や品質の低下を招くので注意する。

また、早晚性からみて「ソフト158」の栽培適地は、冷害常襲地帯を除く東北地方南部、北陸地方、関東地方以西に広く適応するものと考えられる。収量性がやや低いので、適切な肥培管理、栽培法の確立が望まれる。

「朝つゆ」の特性を同熟期の「日本晴」および低アミロース品種「ソフト158」と比較すると、以下のとおりである。「朝つゆ」の出穂期および成熟期は「ソフト158」より遅く、「日本晴」並で、育成地では“晩生の晩”に属するうるち種である。稈長、穂長および穂数は「日本晴」並で、草型は「日本晴」と同じ“偏穂数型”に属する。収量性は「ソフト158」より明らかに高く、「日本晴」よりも多収である。耐倒伏性は「日本晴」並に強く“やや強”である。玄米は白濁し、玄米品質は「ソフト158」よりやや劣り“中中”である。食味は「ホウネンワセ」並の“上下”である。白米中のアミロース含有率は6.2~11.5%で、「ソフト158」より3%程低く、「日本晴」の半分以下である。

いもち病抵抗性遺伝子は*Pia*をもつと推定され、葉いもち圃場抵抗性、穂いもち圃場抵抗性はともに“中”である。白葉枯病抵抗性は“中”，縞葉枯病には“罹病性”，穂発芽性は“やや易”，障害型耐冷性は“弱”である。

これらの「朝つゆ」の特性から、栽培にあたっては以下の点に留意する必要がある。胴割れ粒が発生し易いので、刈り遅れや過乾燥に注意する。穂発芽し易いので、倒伏に注意するとともに、適期刈りに努める。いもち耐病性が“中”なので、適期防除に努める。

この熟期から判断すると、「朝つゆ」の栽培適地は、東北地方南部から九州地方に至る広い地域で栽培が可能と考えられる。ただし、収穫期が高温になる早期あるいは早植地帯では穂発芽しやすいので注意が

必要である。

「夢十色」の特性を同熟期の「日本晴」と比べると、以下のとおりである。「夢十色」の出穂期および成熟期は「日本晴」よりやや早く、育成地では“晩生の早”に属する。稈長は「日本晴」より20cm程度短く“やや短”，穂長は「日本晴」より4~5cm長い“極長”，穂数は“少”，草型は“極穂重型”である。収量性は「日本晴」より高く“極多”である。玄米の粒形はやや細長，粒大はやや小で，腹白や心白が多く，品質は“下上”である。アミロース含有率は約31%で、「日本晴」より10%以上，「ホシユタカ」より約2%程高い。

いもち病抵抗性遺伝子型は不明だが，葉いもちには“やや強”，穂いもちには“強”である。白葉枯病に関しては，*Xa11*のほかに未知の抵抗性遺伝子を持つと推定され，圃場抵抗性は“強”である。また，ツマグロヨコバイ耐虫性を持つ。耐倒伏性は“強”，障害型耐冷性は“弱”，幼苗耐冷性は“極弱”，穂発芽性は“極難”である。

以上の「夢十色」の特性から，栽培にあたっては以下の点に留意する必要がある。幼苗期および障害型耐冷性が弱いので，冷涼地帯での作付は避ける。穂発芽性が“極難”なので，播種前に十分に休眠覚醒を行う必要がある。育苗時および移植後しばらくの間は育苗資材，水管理等により保温に努める。いもち病には強いが，特殊な菌系に侵される可能性があるがあるので，発生に注意し発病が認められたら直ちに防除する。

「夢十色」は熟期が“晩生の早”であることから，東北地方南部以南での作付が可能であるが，幼苗期の耐冷性が“極弱”であり，障害型耐冷性も“弱”であることから判断すると，冷涼な地帯には適さず，北陸地方南部，関東・東海・近畿地方，中国・四国地方，九州地方北部の平坦地域に適する。

(2) アミロース含有率の多様性を活かした品種の拡大方策

① 低アミロース米の利用

「ソフト158」および「朝つゆ」のアミロース含有率は年次間や施肥条件による変動は認められるが，「ソフト158」のアミロース含有率は12%前後で通常のうるち品種より明らかに低く，「朝つゆ」のアミロース含有率は「ソフト158」よりさらに3%程低く，「日本晴」の半分以下である。したがって，

単品を炊飯米とした場合には、粘りは強いが柔らかすぎて食味の評価には個人差が生じる。しかし、炊飯時の加水量を減らすことにより、また、粘りのない品種に混米することにより食味評価は向上し、極良食味品種並、あるいは、それ以上の評価となったりすることがあり、混米利用に適していると考えられる。

さらに、冷めても炊飯米の粘りが強く、柔らかく、付着性が長く持続するので、おにぎりや弁当などの携帯食やコンビニエンスストア用米飯に向く。また、無菌包装米飯、アルファ化米、膨化米などの加工利用も考えられる。これらの品種の精米粉は、炊飯米と同様に粘りが強く、でんぷんの老化および劣化が遅く膨化性が高いので、精米粉は米菓加工適性が優れているほか、団子などにも向く。

表IV-69に農業・食品産業技術総合研究機構および指定試験地で育成された低アミロース品種を示した。北海道では道産米の食味の改善をめざして、低アミロース米の利用に着目し、1991年に最初の実用品種「彩」（菊地ら、1991）が育成された。「彩」は画期的良食味品種として期待されたが、熟期がやや遅く、耐冷性が劣るなどの理由で栽培面積は伸び悩み、その後「はなぶさ」（荒木ら、1991）や「あやひめ」が北海道の奨励品種に採用された。

これらの品種の低アミロース性は、いずれも「ニホンマサリ」のガンマー線照射による低アミロース

突然変異系統「NM391」に由来する。最近、これとは起原の異なる低アミロース性の育種素材を母本とした「おぼろづき」が育成され（安東ら、2007）、2006年における作付面積が1,706haとなり、とくに北海道において急激に作付面積を増やしている。「おぼろづき」は2003年に命名・登録されたが、育成当初、北海道において奨励品種として採用されなかったが、2005年に優良品が認められて北海道の奨励品種に採用された。「おぼろづき」の低アミロース性は、「きらら397」の組織培養による低アミロース性変異系統「95晩37」（後の「北海287号」）に由来し（荒木ら、1996）、「あやひめ」よりアミロース含有率が3～4%程度高く、登熟温度による変動も北海道の既存の低アミロース品種と比べてやや小さく、高価格の本州産の極良食味米に近い食味となることから注目される。

「ソフト158」と同時に命名登録された「ミルキークイーン」は、1985年に「コシヒカリ」にMNU処理をした後代から育成された低アミロース品種である（伊勢ら、2001）。「ミルキークイーン」は「コシヒカリ」の低アミロース突然変異であるため、低アミロース性以外は原品種「コシヒカリ」の特性を受け継いでおり、「ミルキークイーン」の炊飯米は、「コシヒカリ」より柔らかく、光沢と粘りがあり、総合評価においても優ると考えられる。「ミルキークイーン」は東北から九州地方に至る20県以上で

表IV-69 農研機構および指定試験地で育成された低アミロース品種および高アミロース品種

アミロース	農林番号	品種登録年	品種名	両親名	育成場所	(参考)* アミロース含有率 (育成時データ)
低	農林309号	1992	彩	永系84271 / キタアケ	北海道立上川農試	15.1
	農林332号	1998	ミルキークイーン	コシヒカリ MNU 処理による突然変異	作物研究所	10.5
	農林337号	1997	ソフト158	北陸127号 / 研系2078	中央農研(北陸)	11.9
	農林355号	2002	はなぶさ	道北53号 / キタアケ	北海道農研	14.1
	農林356号	1999	スノーパール	74wx2N1 / レイメイ	東北農研	9.0
	農林364号	1999	柔小町	ニシホマレ / 探系2021	九州沖縄農研	12.3
	農林375号	2004	シルキーパール	探系2019 / ふ系143号	東北農研	7.9
	農林376号	2005	あやひめ	AC90300 / キタアケ	北海道立上川農試	8.7
	農林377号	2004	朝つゆ	北陸127号 / 道北43号	中央農研(北陸)	8.3
	農林381号	2005	LGC ソフト	NM391 / LGC1	近中四農研	6.3
	農林387号	2003	ミルキープリンセス	関東163号 / 鴻272	作物研究所	8.4
	農林388号	2006	はなえまき	道北53号 / 水稻中母農11号 // 空育139号	北海道農研	9.8
	農林389号	2006	おぼろづき	空育150号 / 95晩37	北海道農研	13.8
	-	2003	おしまこ180	道北43号 / ふ系144号	青森県農総研(藤坂)	11.0
高	農林286号	1988	ホシユタカ	中国55号 / KC89	近中四農研	27.4
	農林345号	2000	夢十色	IR2061-214-3 / 密陽21号	中央農研(北陸)	30.0

注) *品種育成時の資料に記載されているアミロース含有率

作付けされ、2001年には全国で3,572haの最大作付面積に達した。その後、「ミルキークイーン」の栽培特性を改良した「ミルキープリンセス」が「ミルキークイーン」のきょうだい系統の低アミロース性突然変異系統「鴻272」を母本として育成された。

これらの品種はいずれも単品で主食用の極良食味を目指した品種であり、とくに北海道や東北地方北部のように、これまで極良食味品種が存在しない地帯では、低アミロース化による食味改良が有効と考えられる。しかし、アミロース含有率は登熟温度により変動し易く、低アミロース化による食味改良の育種においては、環境条件による変動が少ない育種素材の開発が重要と考えられる。

低アミロース品種の加工利用との関連では、「ソフト158」や「朝つゆ」をはじめ、ほとんどの低アミロース品種が限定的にしか栽培されておらず、加工原料の供給体制が整っていない。そうした状況の下で、「スノーパール」(東ら, 1999)が冷凍米飯としての利用で、一時作付面積を増やしたが、アミロース含有率の環境変動が大きく、もち臭の強い点が普及の阻害要因となり作付けが減少した。

低アミロース品種については、北海道から九州地方まで作付が可能な品種が育成されているが、品種の選定に当たっては、低アミロース品種は登熟温度によりアミロース含有率が増減しやすく、品種によってアミロース含有率に変動があることを考慮する必要がある。

② 高アミロース米の利用

「夢十色」は米の需要拡大を目的とする新規形質品種開発の一環として育成された高アミロース性の超多収性のインディカ品種である。「夢十色」のアミロース含有率は約31%であり、「日本晴」より10ポイント以上、高アミロース品種「ホシユタカ」より約2ポイント高い。米粉の糊化特性に関しては、ブレイクダウンが低く、最終粘度が高く、炊飯特性では加熱吸水率が高く、米飯物性では硬く、付着性・粘りがなく、炊飯米は主食用白飯には適さない。

しかし、アラブ民族料理のクスクスやインスタント食品(アルファ化、粉碎)など、新たな調理方法により新たな活用が図れることが明らかとなった。そのほか、米粉としては、うどん、プディング、団子、ライスヌードル、堅焼きタイプ米菓、味噌用米麹としての利用が考えられる。

最近、高アミロース米は消化・吸収されにくい難消化性デンプンであるアミロースを多く含んでおり、「コシヒカリ」などに比べ糖の吸収が遅く、糖尿病の食事療法に利用できるのではと期待されている。坂井ら(2004)は動物試験において高アミロース米の「ホシユタカ」と「夢十色」は食後血糖値の緩やかな上昇と最大血糖値の遅延がみられたことから、人でも同様の効果が期待できると推察した。2007年には島根大学医学部と共同して、島根県出雲市の(株)アルファ食品が高アミロース米「夢十色」を用いた加工食品を開発した。「夢十色」を用いた加工食品の摂取により食後の血糖値の上昇を抑える効果があることが、島根大医学部の塩飽邦憲教授らによるマウスやヒトの摂食試験で確かめられた。これらの点は健康増進法を鑑み、さらにヒト試験など綿密なデータの蓄積と厚生労働省による認可が必要である。今回開発された商品は「夢十色白がゆ」と「夢十色おじや(鶏肉ゴボウおじや)」の2種類で、島根県斐川町産の高アミロース米「夢十色」を原料に使われており、さらさらとした食感で、電子レンジなどで数分温めるだけで食べられ、レトルト食品として常温保存もできる。

これまでに開発された高アミロース品種(2品種)は、栽培地帯は東北地方南部以南に限られる。現在のところ、高アミロース米の大きな需要は期待できないが、これまでに育成された「夢十色」などがテストケースとなって、今後新たな需要が喚起されることが期待される。

3. 低グルテリン品種「春陽」の育成と利活用

温暖湿潤気候に適應するイネはアジアの諸文明を育み、アジアの人口を支え、世界の米の90%以上がアジアで生産されている。米には良質のでんぷんとタンパク質が含まれ、特別の加工をしなくても粒食としておいしく食することができる。とくに、白米には6~8%のタンパク質が含まれており、そのうち60~70%を占めるグルテリンは消化しやすく、米の加工適性にも影響を及ぼすと考えられる。

白米にはプロテイン・ボディⅠと呼ばれる難消化性のタンパク質顆粒(プロラミンが局在)とプロテイン・ボディⅡと呼ばれる易消化性のタンパク質顆粒(グルテリンが局在)が一定の比で蓄積される。このためグルテリンを蓄積するプロテイン・ボディ

IIを破壊するか、あるいは、グルテリン合成に関わる遺伝子の機能を止めてしまえば、グルテリンフリーの米を作ることができると考えられる。このように特定の遺伝子を破壊して機能を発揮できなくするには、人為突然変異による育種が有効である。こうしたタンパク質の改変を行うことにより、新たな加工適性やタンパク質摂取の制限されている患者に対応した病態食としての利用可能性のある品種育成を図った。

農林水産省の総合的開発研究「需要拡大のための新形質作物の開発」(1989~1994年度)の一環として、米の易消化タンパク質グルテリンを低レベルでしか蓄積しない人為突然変異系統を母材として、低グルテリン品種「春陽」の開発に成功した。そこで、本章では、「春陽」の育成経過、特性解析、加工用としての評価などに関する研究成果について述べる。

1) 育種目標の設定と交配母本の選定

一般の食用品種の白米中には、通常タンパク質が6~8%程度含まれる。穀物の貯蔵タンパク質は、水、油、アルコールなどの溶媒に対する溶解性によりアルブミン、グロブリン、プロラミン、グルテリンの4種類に区分される。白米中の易消化タンパク質は全タンパク質の約90%を占め、とくに、グルテリンの含有率は60~70%に達する(佐藤ら, 1991)。

「春陽」の系譜を図IV-12に示した。低グルテリン性の母本として利用した「NM67×NM(1-3)」は、「ニホンマサリ」(伊藤ら, 1974)に化学的突然変異剤エチレンイミン(EI)処理により得られた突然変異系統「NM67」に、原品種「ニホンマサリ」を戻し交配して得られたF₃世代の系統である。この系統の選抜・固定により低グルテリン系統「LGC1」(西村, 2000)が育成され、「エルジーシー-1」と命名登録された。原品種「ニホンマサリ」は「日本晴」より熟期がやや早く、やや短稈の偏穂数型品種であ

り、1970年代に関東以西で広く普及した。父本の「北陸153号」(上原, 2000)は「コシヒカリ」熟期の超多収系統で、「オオチカラ」(小林ら, 1990b)に由来する極大粒性を備え玄米千粒重は30g前後となる。

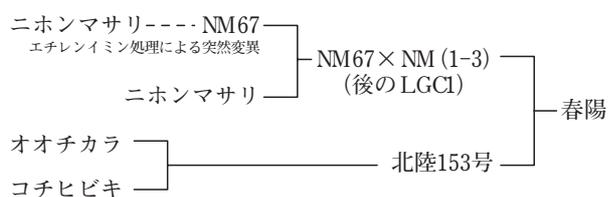
そこで、極大粒で超多収の低グルテリン米品種の育成を目的として、低グルテリン系統「NM67×NM(1-3)」(後のLGC1)および極大粒系統「北陸153号」を交配母本として選定した。

1991年に「需要拡大のための新形質作物の開発」の一環として開始された本研究は、1995年からは、総合的開発研究「画期的新品種の創出等による次世代稲作技術構築のための基盤的総合研究」(略称「次世代稲作」)のI期(1995~1997年度)およびII期(1998~2004年度)に引き継ぎ実施した。

2) 交配および育成経過

低グルテリン米系統「NM67×NM(1-3)」(後のLGC1)を農業生物資源研究所・放射線育種場・育種法第一研究室より分譲を受けた。1991年夏に北陸農業試験場(現在の中央農業総合研究センター・北陸研究センター)において、「NM67×NM(1-3)」を母本とし極大粒系統「北陸153号」を父本として、人工交配を行った。表IV-70に示したとおり、人工交配により21粒のF₁種子が得られたので、本組合せに「上交91-178」の交配番号を付与した。1992年2月には、世代促進温室においてF₁種子を育苗箱に播種してF₁世代の雑種植物を養成し、5月下旬に刈り取りF₂種子を得た。

F₂世代の雑種種子200粒を二分割し、胚を含まない玄米半粒を用いてSDS-ポリアクリクアミド電気泳動法(西尾, 1995)により、グルテリン含有率の分析を行った。そして、グルテリン含有率が低く粉質でない95粒を選抜し、同年、胚を含む残りの半粒を播種して、F₂世代の95個体を本場圃場に移植して育てた。1993年には、F₃世代の95単独系統を養成し、低グルテリンの10系統を選抜した。1994年以降、系統群を養成し低グルテリンならびにその他の特性の選抜を行い、遺伝的固定を進めた。1994年から「上579」の系統番号を付して、生産力検定試験および特性検定試験に供試し、1996年から系統適応性検定試験にも供試した。1998年F₈世代より「北陸183号」の系統名で関係県に配布し、奨励品種決定調査に供試するとともに、「次世代稲作」プロジェ



図IV-12 「春陽」の系譜

表IV-70 「春陽」の育成経過

年次 世代	1991	1992		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
栽 植	系統群数				10	1	1	1	1	1	1
	系統数			95	50	5	5	5	5	5	7
	個体数	(21粒)	3	200	50*	60*	50*	60*	50*	50*	50*
選 抜	系統群数				1	1	1	1	1	1	1
	系統数			10	1	1	1	1	1	1	1
	個体数		3	95	50	5	5	5	5	7	10
配 布 数	系統適応性検定試験						2	3			
	特性検定試験						4	4	8	11	10
	奨励品種決定調査								14	42	13
備考	上交91-178				上579			北陸183号			

注) *: 1系統当たりの個体数。

クトにおける品質・加工適性研究および特性検定試験も実施した。

このような育成経過を経て、低グルテリンの新形質米として評価され、2001年10月に新品種として「水稻農林374号」に登録され、「春陽」と命名された。なお、育成を完了した2000年度の世代は雑種第10 (F₁₀) 世代である。

3) 品種特性の解明

a) 材料および方法

① 形態的および生態的特性

本章1-3) で述べたのと同様な方法により生産力検定試験、玄米特性の調査、食味、いもち病などの病虫害抵抗性、穂発芽性、耐冷性などの障害抵抗性の検定を実施した。また、特性検定試験を農林水産省の水稲特性検定試験地、農林水産省の水稲育種研究室および指定試験地などに依頼して実施した。

② 直播栽培適性

1998年は5月ならびに2000年は4月に明治圃場において代かきの2~3日後、催芽粃を湛水表面散播(落水播種)した。播種量は1998年には200粒/m²(品種ごとに多少異なるが0.5~0.6kg/a)、2000年には160粒/m²(0.4~0.5kg/a)とした。1998年には標肥区の基肥としてN、P₂O₅、K₂O成分量でそれぞれ0.6kg/a、追肥としてN、P₂O₅、K₂O成分量でそれぞれ0.3、0.1、0.37kg/aを施用した。多肥区では、基肥としてN、P₂O₅、K₂O成分量で各0.8kg/a、追肥としてN、P₂O₅、K₂O成分量でそれぞれ0.4、0.1、0.5kg/aを施用した。2000年には、標肥区の基肥としてN、P₂O₅、K₂O成分量で各0.3kg/a、追肥としてN、P₂O₅、K₂O成分量でそれぞれ0.2、0.1、0.37kg/a、多肥区では、基肥としてN、P₂O₅、K₂O成分量で各

0.6kg/a、追肥としてN、P₂O₅、K₂O成分量でそれぞれ0.5、0.1、0.5kg/aずつを施用した。試験区面積は11.0m²とし、2反復で生産力検定試験に準じて栽培した。出芽率の測定のために50×50cmの枠を試験区内に設置し、試験区と同じ播種密度になるように準備した催芽粃を同時に播種し、出芽した苗数を計測した。除草剤は苗立ち後にプッシュ粒剤、生育中期にクリンチャーバスを散布した。なお、転び型倒伏抵抗性については、本章4-3) で述べたのと同様な方法で検定した。

b) 調査・実験の結果

① 草姿および草型

「春陽」の一般特性に関する育成地における結果を表IV-71、および表IV-72に示した。移植時の苗丈は「ひとめぼれ」よりやや長く、「トドロキワセ」より短い“中”、葉色は「ひとめぼれ」よりやや淡く「トドロキワセ」より濃い“中”、葉身の形状は“やや立”に分級される。本田における初期生育は良好で、草丈は「ひとめぼれ」よりやや長い、トドロキワセよりやや短く、葉幅は広く、分けつは「ひとめぼれ」並で、「トドロキワセ」よりやや少ない。止葉の葉身は葉幅が広く長く“やや立”に分級される。稈は「ひとめぼれ」や「トドロキワセ」よりやや太く“やや太”、稈の剛柔は“やや剛”に分級される。稈長は「ひとめぼれ」や「トドロキワセ」より10cm程短く、「アキチカラ」や「ふくひびき」並の“短”、穂長は「ひとめぼれ」や「アキチカラ」より1cm程、また、「トドロキワセ」より3cm程長く“やや長”、穂数は「ひとめぼれ」や「トドロキワセ」より明らかに少なく、「ふくひびき」よりやや多く、「アキチカラ」並の“中”、草型は“偏穂

表IV-71 「春陽」の特性（育成地，2000年）

品種名	移植時			止葉の			稈		芒		穎色	粒着密度	脱粒難易	稈糯の別
	苗丈	葉色	葉身形状	直立	細太	剛柔	多少	長短	稈先色					
春陽	中	中	やや立	やや立	やや太	やや剛	やや少	やや短	黄白	黄白	やや疎	難	梗	
ひとめぼれ	やや短	やや濃	やや立	中	中	中	やや少	やや短	黄白	黄白	やや疎	難	梗	
あきたこまち	やや短	やや濃	やや立	中	中	中	少	短	黄白	黄白	中	難	梗	
トドロキワセ	やや長	やや淡	やや立	やや立	やや細	中	無	-	黄白	黄白	やや密	難	梗	
ふくひびき	中	中	やや立	やや立	やや太	やや剛	少	短	黄白	黄白	密	難	梗	
ハナエチゼン	短	やや濃	やや立	中	中	中	稀	極短	黄白	黄白	やや密	難	梗	

表IV-72 移植栽培における「春陽」と比較品種の生育（育成地）

試験年次	施肥水準	品種名	出穂期	成熟期	登熟日数	稈長	穂長	穂数	倒伏程度	葉いもち	穂いもち	紋枯病	下葉枯上り
			(月.日)	(月.日)	(日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)
1995, 1996, 1998, 2000	標肥	春陽	8.3	9.16	44	73	21.3	349	0.0	0.0	0.0	0.1	3.1
		ひとめぼれ	7.31	9.10	43	83	20.2	373	1.2	0.1	0.3	0.0	3.0
		あきたこまち	7.27	9.8	43	82	19.4	359	1.1	0.0	0.1	0.1	3.0
		トドロキワセ	7.28	9.6	40	84	18.5	398	0.5	0.0	0.0	0.0	4.0
1996~2000	多肥	春陽	8.1	9.12	43	76	21.5	360	0.9	0.0	0.0	0.0	3.0
		ひとめぼれ	7.29	9.9	42	88	20.4	441	3.1	0.2	0.2	0.0	3.0
		あきたこまち	7.26	9.4	41	85	19.3	381	1.7	0.1	0.3	0.0	3.4
		トドロキワセ	7.27	9.4	39	90	18.5	436	2.2	0.0	0.0	0.1	3.8
		ハナエチゼン	7.25	9.1	38	79	19.2	416	1.0	0.0	0.0	0.0	3.9
		アキチカラ	7.26	9.6	42	75	20.3	367	0.1	0.0	0.2	0.0	2.5
		ふくひびき	7.26	9.9	45	77	20.4	322	1.1	0.0	0.0	0.0	3.3

注) 1) 耕種概要は以下のとおりである(表IV-73, 76も同じ).

播種日：4月8日～4月17日，移植日：5月13日～5月19日，基肥量(N・P₂O₅・K₂O各成分，kg/a)：標肥区は0.4～0.5・0.4～0.5・0.4～0.5，多肥区は0.6・0.6・0.6(1994年は0.8・0.8・0.8)，追肥量(同左)：標肥区は0.2～0.3・0～0.1・0.27～0.37，多肥区は0.3・0.0・0.41，栽植密度：30×18cm，18.5株/m²，1株3～4本植，反復数：標肥区は3(1994年のみ2)，多肥区は2.

2) 数値は試験年次を通算した平均値で示した(表IV-73, 76も同じ).

3) 倒伏程度，葉いもち，穂いもち，紋枯病，下葉枯上りは0(無)～5(甚)の6段階分級.

重型”に分級される(写真IV-17).

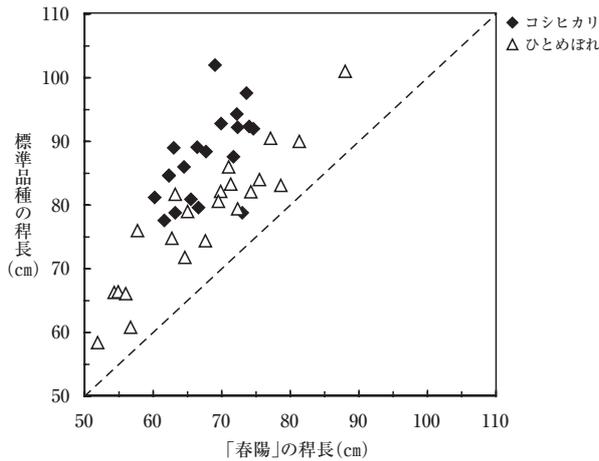
奨励品種決定調査における「春陽」と標準品種の「コシヒカリ」および「ひとめぼれ」との稈長の比較を図IV-13，穂長の比較を図IV-14，穂数の比較を図IV-15に示した。「春陽」の稈長は70cm前後の場合が多く、「コシヒカリ」に比べ約20cm，「ひとめぼれ」に比べ約10cm短く，育成地における成績と一致した.

「春陽」の穂長は19～20cmの場合が多く，「ひとめぼれ」や「トドロキワセ」より1cmほど長く，穂数は350～400本/m²程度の場合が多く，「コシヒカリ」に比べ50本/m²程，「ひとめぼれ」に比べ100本/m²程少なく，育成地における成績に近かった.

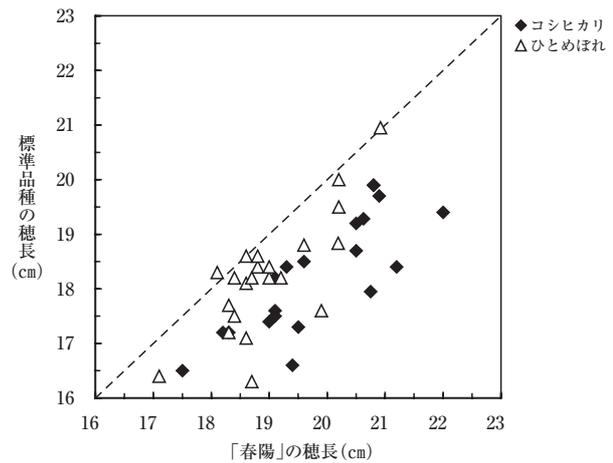
粒着密度は「トドロキワセ」よりやや疎で，「ひとめぼれ」並の“やや疎”に分級される. 稈先色および稈先色は“黄白”で，「ひとめぼれ」と同じく短芒を“やや少”程度生じる. 脱粒性は“難”である. 玄米の粒形は「ひとめぼれ」より細長く“やや細長”，粒大は「ひとめぼれ」より明らかに大きく“大”に分級される.



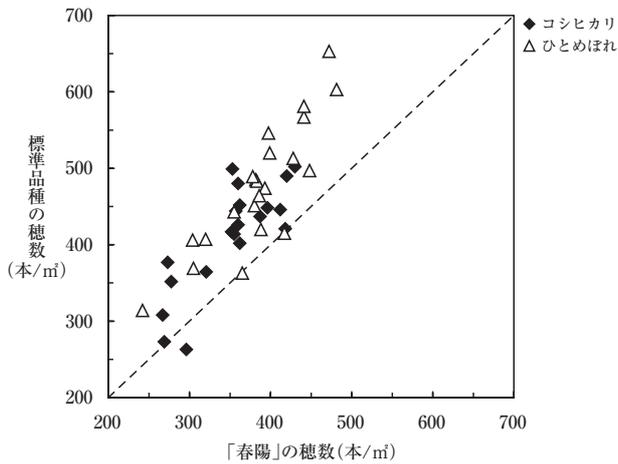
写真IV-17 「春陽」の草姿
(左：春陽 右：ひとめぼれ)



図IV-13 配布先における「春陽」と標準品種の稈長
 注) 奨励品種決定調査において「コシヒカリ」を対照とした20試験および「ひとめぼれ」を対照とした22試験の結果を示した。



図IV-14 配布先における「春陽」と標準品種の穂長
 注) 奨励品種決定調査において「コシヒカリ」を対照とした20試験および「ひとめぼれ」を対照とした22試験の結果を示した。



図IV-15 配布先における「春陽」と標準品種の穂数
 注) 奨励品種決定調査において「コシヒカリ」を対照とした20試験および「ひとめぼれ」を対照とした22試験の結果を示した。

② 早晚性

「春陽」の育成地における出穂期および成熟期を表IV-72に示した。出穂期は「ひとめぼれ」に比べ3日程遅く、「トドロキワセ」に比べ5、6日遅く、成熟期は「ひとめぼれ」に比べ4～6日遅く、「トドロキワセ」に比べ8～10日遅く、育成地では“早生の晩”に区分される。寒冷地中部に該当する東北地方中南部における奨励品種決定調査では、「春陽」の出穂期および成熟期は「ひとめぼれ」、「トヨニシキ」、「ササニシキ」などの品種と同じであることから、寒冷地中部における“中生の晩”に区分される。また、温暖地では「コシヒカリ」と同じ熟期に区分されることが多い。

③ 耐倒伏性

育成地における「春陽」の倒伏程度を表IV-73に示した。「春陽」の倒伏程度は「ひとめぼれ」より明らかに小さく、「トドロキワセ」や「あきたこまち」よりも小さかった。「春陽」の稈はやや太く、通常、耐倒伏性は強いが、1994年には代かき前の高温・乾燥による乾土効果のため窒素供給量が多くなり、稈長が長くなり倒伏した。「春陽」の耐倒伏性は「アキチカラ」より弱く、「ハナエチゼン」や「ふくひびき」並の“やや強”に区分される。

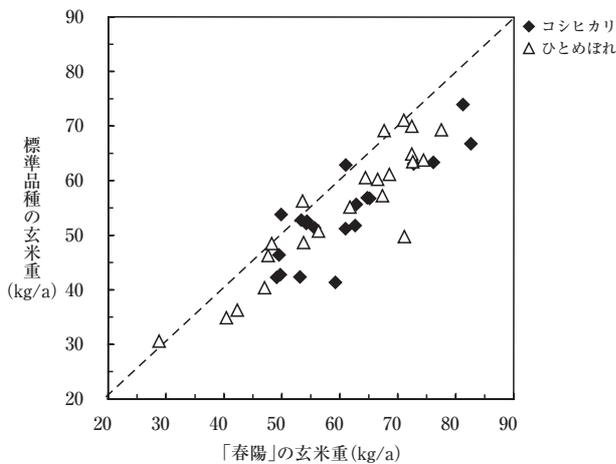
④ 収量

育成地における「春陽」の収量調査成績を表IV-73に示した。4年間の標肥区における「春陽」の平均収量は70.3kg/aで、「ひとめぼれ」に比較して13%ほど多収であった。多肥区における6年間の平均でも74.7kg/aと高く、「ひとめぼれ」に比較して14%程度多収で、「ふくひびき」および「アキチカラ」よりも多収であった。

東北地方中南部から九州・沖縄に至る広範な地帯で実施した奨励品種決定調査の83試験における「春陽」と標準品種の玄米重の比較を図IV-16に示した。標準品種の平均玄米重は56.9kg/aであったのに対して、「春陽」の平均玄米重は62.5kg/aで約10%の多収であった。「コシヒカリ」を標準とした20試験区ならびに「ひとめぼれ」を標準とした22試験区の「春陽」の玄米重の平均は60.9kg/aならびに60.2kg/aで、「コシヒカリ」と「ひとめぼれ」比べ、それぞれ13%および9%多収であった。

表IV-73 移植栽培における「春陽」と比較品種の収量（育成地）

試験年次	施肥水準	品種名	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	同左率 (%)	屑米重歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米/わら比率 (%)
1995, 1996, 1998, 2000	標肥	春陽	156.5	70.3	113	0.3	28.0	83.5
		ひとめぼれ	142.5	62.0	100	0.2	22.8	77.8
		あきたこまち	139.1	59.8	97	0.2	22.0	76.4
		トドロキワセ	134.7	60.3	97	0.2	22.4	80.9
1996~2000	多肥	春陽	172.2	74.7	114	0.5	26.8	78.1
		ひとめぼれ	163.7	65.8	100	0.6	22.5	68.7
		あきたこまち	148.0	62.8	95	0.4	21.8	74.2
		トドロキワセ	150.8	66.0	100	0.3	22.2	78.4
		ハナエチゼン	145.9	64.1	97	0.4	22.0	78.4
		アキチカラ	154.1	66.8	102	0.7	22.0	78.2
		ふくひびき	160.1	71.4	109	0.8	23.7	82.5



図IV-16 配布先における「春陽」と標準品種の玄米重
 注) 奨励品種決定調査において「コシヒカリ」を対照とした20試験および「ひとめぼれ」を対照とした22試験の結果を示した。

育成地および配布先のいずれの試験においても「春陽」が多収となったのは、標準品種に比べ穂長が長く、玄米千粒重が重く、さらに玄米/わら比率が高く、玄米の生産効率が高いことに起因するとみられる。その要因の一つとして、成熟期に止葉が長く立ち草姿が良好で、受光態勢がすぐれているためとみられる。

⑤ 玄米の粒形および粒大

育成地における「春陽」の玄米の粒長および粒幅を表IV-74、玄米の粒厚分布を表IV-75示した。「春陽」の粒長は「ひとめぼれ」や「トドロキワセ」等より明らかに長く、粒幅はこれらの品種とほぼ同じで、粒長/粒幅比は明らかに大きいことから、粒形は“やや細長”に分類される(写真IV-18)。「春陽」

表IV-74 「春陽」の粒形および粒大（育成地，2000年）

施肥水準	品種名	粒長(mm)	粒幅(mm)	粒厚(mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅	粒形	粒大
標肥	春陽	6.27	3.07	2.18	2.04	19.2	やや細長	大
	ひとめぼれ	5.31	3.02	2.14	1.76	16.0	中	中
	トドロキワセ	5.10	3.04	2.10	1.68	15.5	中	中
多肥	春陽	6.20	3.05	2.19	2.03	18.9	やや細長	大
	ひとめぼれ	5.28	2.94	2.06	1.79	15.5	中	中
	トドロキワセ	5.20	3.01	2.06	1.73	15.6	中	中
	アキチカラ	5.28	2.97	2.20	1.78	15.7	中	中
	ふくひびき	5.27	3.01	2.30	1.75	15.9	中	中

注) 1.8mmの縦目篩で選別した玄米20粒について測定した(3反復)。

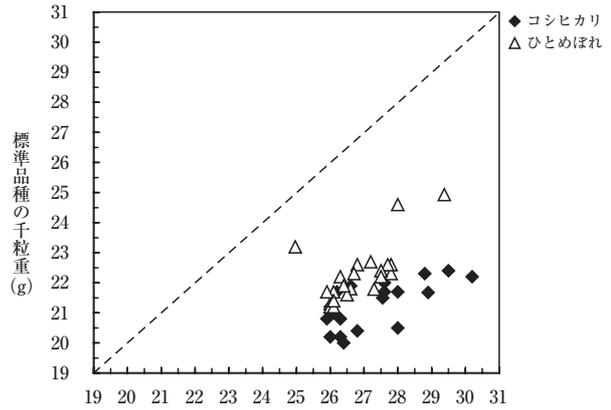
表IV-75 「春陽」の玄米の粒厚分布（育成地，2000年）

施肥水準	品種名	粒厚別重量比率(%)							
		2.2mm以上	~2.1mm	~2.0mm	~1.9mm	~1.8mm	~1.7mm	~1.6mm	1.6mm以下
標肥	春陽	65.8	16.2	10.8	4.0	1.6	0.9	0.4	0.5
	ひとめぼれ	12.1	53.2	27.7	4.9	1.2	0.5	0.2	0.3
	トドロキワセ	2.9	34.4	47.3	12.5	2.0	0.5	0.2	0.3
多肥	春陽	62.8	22.4	8.0	3.2	1.6	1.0	0.5	0.6
	ひとめぼれ	6.3	39.4	38.0	11.1	2.9	1.1	0.6	0.6
	トドロキワセ	1.3	16.0	52.9	21.9	5.0	1.6	0.6	0.8
	アキチカラ	1.9	23.7	49.2	17.5	4.5	1.8	0.5	0.8
	ふくひびき	33.9	38.6	15.6	5.5	3.1	1.6	0.7	1.0

注) 玄米200gを縦目篩選別機で7分間選別した(3反復)。



写真IV-18 「春陽」の籾および玄米
(左：春陽 右：ひとめぼれ)



図IV-17 配布先における「春陽」と標準品種の千粒重
注) 奨励品種決定調査において「コシヒカリ」を対照とした20試験および「ひとめぼれ」を対照とした22試験の結果を示した。

表IV-76 移植栽培における「春陽」と比較品種の玄米品質 (育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	玄米品質	腹白の多少	心白の多少	乳白の多少	玄米の光沢	玄米の色沢
1995, 1996, 1998, 2000	標肥	春陽	6.3	3.5	1.3	1.3	4.0	5.8
		ひとめぼれ	3.4	0.4	1.3	1.1	5.5	5.5
		あきたこまち	3.2	0.5	1.2	0.3	5.8	5.0
		トドロキワセ	5.0	0.5	1.8	1.8	5.0	5.0
1996~2000	多肥	春陽	6.6	3.8	1.3	1.2	4.0	5.8
		ひとめぼれ	4.2	0.6	1.3	1.5	5.0	5.2
		あきたこまち	4.0	0.5	1.5	0.6	5.1	5.2
		トドロキワセ	4.7	0.8	1.3	1.8	4.8	4.8
		ハナエチゼン	4.8	1.7	1.9	1.4	5.1	4.8
		アキチカラ	4.5	1.3	1.9	0.9	4.9	5.1
ふくひびき	6.1	1.3	2.8	2.6	4.4	5.8		

注) 玄米品質は1(上上)~9(下下)の9段階, 腹白, 心白および乳白の多少は0(無)~9(甚)の10段階, 玄米の光沢は3(小)~7(大)の5段階, 玄米の色沢は3(淡)~7(濃)の5段階で示した。

表IV-77 「春陽」と比較品種の搗精特性 (育成地, 2000年)

品種名	搗精歩合(%)					胚芽残存歩合(%)					白度				
	搗精時間(s)					搗精時間(s)					搗精時間(s)				
	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70
春陽	92.4	90.8	89.7	88.8	87.7	4.0	1.0	0.3	0.0	0.0	31.7	35.2	36.9	38.3	40.1
ひとめぼれ	-	92.3	91.0	90.4	90.0	-	25.3	5.0	2.0	1.0	-	32.0	34.3	36.1	37.0
トドロキワセ	92.7	91.4	90.2	89.5	-	25.0	6.7	2.0	1.0	-	30.7	34.7	37.0	38.2	-

注) 1) 供試した「春陽」「ひとめぼれ」「トドロキワセ」(生産力検定試験・標肥区)の玄米水分(%)はそれぞれ13.4, 13.6, 13.8, 白度は20.7, 19.4, 20.9であった。

2) 搗精は試験用搗精機 Kett TP-2型を, 白度は白度計 Kett C-300を用いて測定した。

3) □は適搗精時の搗精歩合を示す。

の粒長×粒幅の値は「ひとめぼれ」より大きく, 粒大は“大”に区分される。また, 「春陽」の粒厚は2.2mm以上の割合が高く, 粒厚が2.1mm以上の玄米が多い「ひとめぼれ」や2.0mm以上の玄米が多い「トドロキワセ」より粒厚が厚い玄米が多かった。さらに, 図IV-17に配布先における「春陽」の玄米千粒重を示したが, 「春陽」は標準品種の「コシヒカリ」や「ひとめぼれ」に比べ明らかに重く, 栽培条件にかかわらず大粒である。

⑥ 玄米の外観品質および搗精特性

育成地における「春陽」の玄米品質の調査結果を表IV-76に示した。「春陽」の玄米は腹白が中程度認められ, また, 乳白および心白がわずかに発生し, 光沢が少なく, 品質は「ひとめぼれ」より明らかに劣り, 「ふくひびき」並かやや劣り“中下”に分類される(写真IV-18)。

「春陽」の搗精歩合, 胚芽残存歩合および精米白度を表IV-77に示した。「春陽」の適搗精時間は「ひ

とめぼれ」や「トドロキワセ」より短く、適搗精時における搗精歩合はほぼ「ひとめぼれ」や「トドロキワセ」並で、胚芽は取れ易く、適搗精時にはほとんど残存しない。また、適搗精時における精米白度はほぼ「ひとめぼれ」や「トドロキワセ」並である。しかし、腹白などが発生し易く、玄米が軟らかいため碎米が発生しやすいので、搗精時間を短くして酒米用の搗精機などを用いて低圧力で搗精する必要がある。

⑦ 食味

育成地で実施した「春陽」の食味試験の結果を表IV-78と表IV-79に示した。1995年および1996年における生産力検定試験標肥区、1997年および1998年における生産力検定試験多肥区の「春陽」の食味は、「コシヒカリ」よりは劣るものの、基準として用いた「ハウネンワセ」とほぼ同等であった。1999年には秋雨の影響で刈り取りが遅れ穂発芽も多発したこ

とから、食味は「ハウネンワセ」より大幅に低下した(データ省略)。2000年も1999年と同様に穂発芽が多発し、食味は低下した(データ省略)。しかし、表IV-79に示したとおり穂発芽粒を取り除くと、ほぼ「ハウネンワセ」並の食味となった。

秋田県南秋田郡大潟村および岐阜県瑞浪市で栽培された「春陽」の食味もほぼ「ハウネンワセ」並の食味であった。したがって、登熟気温が低い年の「春陽」の食味は良好でほぼ「ハウネンワセ」並であるが、1999年や2000年のように高温登熟の年には品質の低下や穂発芽発生の影響で食味はやや劣ることから“中上”に分級される。

⑧ 食味関連形質

「春陽」の食味に影響を及ぼすとみられる白米中のタンパク質含有率とアミロース含有率を表IV-80、また、米粉の糊化特性を表IV-81に示した。「春陽」の精白米のタンパク質含有率は「ひとめぼれ」

表IV-78 「春陽」の食味(育成地)

試験年次	品種名	総合評価	外 観	香 り	うま味	粘 り	硬 さ
1995 (標肥)	春 陽	0.08	0.12	-0.24	0.16	0.48 **	-0.08
	コシヒカリ	1.00 **	0.64 **	0.20	0.88 **	0.92 **	-0.40 *
1996 (標肥)	春 陽	-0.06	-0.16	0.02	0.29	0.03	0.13
	ハナエチゼン	0.60 **	0.21	0.19 *	0.53 **	0.52 **	0.05
	ふくひびき	-0.37	-0.27	0.02 **	-0.32 *	-0.10	-0.10
1997 (多肥)	コシヒカリ	0.69 **	0.56 **	0.48	0.58 **	0.79 **	-0.02
	春 陽	0.67 **	0.48 **	0.12	0.55 **	0.72 **	-0.10
	トドロキワセ	0.31	0.24	0.29 *	0.33	0.48 **	-0.62 **
	ふくひびき	-0.20	0.09	-0.03	-0.10	0.26	-0.16
1998 (多肥)	コシヒカリ	0.88 **	0.72 **	0.17	0.78 **	0.72 **	-0.05
	春 陽	-0.05	-0.23	0.11	0.13	0.30	-0.47 **
	ふくひびき	-0.33	-0.33	0.16	-0.27	0.05	-0.45 *
	コシヒカリ	1.13 **	0.80 **	0.28 **	0.95 **	1.08 **	-0.03

- 注) 1) 基準品種は「ハウネンワセ」とし、総合評価、外観、香り、うま味は+5(同品種より極く優れる)~-5(極く劣る)の11段階、粘り、硬さは+3(極く強い、硬い)~-3(極く弱い、柔い)の7段階で評価した(以下同様)。
 2) 材料は生産力検定試験産を用いたが、基準品種は「ハウネンワセ」、「コシヒカリ」は別途に標準栽培したものを用いた。
 3) *, ** はt検定の結果基準品種との差が5%, 1%水準で有意であることを示す(以下同様)。

表IV-79 普及見込み地帯における「春陽」の食味(2000年)

品種名	産 地	総合評価	外 観	香 り	うま味	粘 り	硬 さ	備 考	
春	陽	秋田・大潟村	0.56 **	0.48 **	0.21	0.48 *	0.52 **	0.00	通常搗精(搗精歩合90.4%) 強搗精(搗精歩合88.9%)
		秋田・大潟村	0.09	0.27	-0.09	0.15	0.30	0.18	
		岐阜・瑞浪市	0.00	0.06	-0.09	-0.06	0.30	-0.48	通常搗精 (搗精歩合約90%)
		育成地(多肥)	0.06	-0.15	-0.15	0.06	0.48 **	-0.61 **	
アキヒカリ	育成地(標肥)	-0.36	-0.12	-0.39 *	-0.15 **	0.00	0.15		
どんとこい	育成地(標肥)	0.86 **	0.88 **	0.15	0.88	0.94 **	-0.55 **		

- 注) 1) 秋田・大潟村および岐阜・瑞浪市はジーンバンク事業による実証圃であり、試験圃場および担当農家は以下のとおりである。
 秋田・大潟村 試験圃場：秋田県南秋田郡大潟村東野16-10, 担当農家：増永寛
 岐阜・瑞浪市 試験圃場：岐阜県瑞浪市土岐町字松虫8285, 担当農家：酒井初造
 2) 育成地の「春陽」は穂発芽が発生したので、穂発芽粒を取り除いて供試した。

表IV-80 「春陽」の白米中のタンパク質およびアミロース含有率

試験年次	施肥 水準	品種名	タンパク質 含有率(%)	アミロース 含有率(%)
1995, 1996, 2000	標肥	春陽	6.5	20.4
		ひとめぼれ	6.7	16.0
		あきたこまち	7.2	16.2
		ハナエチゼン	7.3	16.4
1997~2000	多肥	トドロキワセ	7.1	18.0
		春陽	6.4	19.2
		トドロキワセ	6.8	16.3
		ふくひびき	6.7	18.3

注) 1) タンパク質含有率は近赤外分析法で、アミロース含有率はブランルーベ社製オートアナライザーII型で測定した。

2) 数値は試験年次を通算した平均値で示した。

や「トドロキワセ」並かやや低く、食味には良好な影響を及ぼしているとみられた。しかし、アミロース含有率は「ひとめぼれ」より明らかに高く、「トドロキワセ」よりもやや高く、食味が劣る原因の一つとみられた。「春陽」の精白米の糊化特性のうち、食味との関連が大きい最高粘度およびブレイクダウンは「コシヒカリ」と「日本晴」との中間の値を示した。これらの結果から米の理化学的特性から見て、「春陽」は比較的良好な食味が期待できる。

⑨ 直播栽培適性

育成地の直播栽培における「春陽」の生育調査および収量調査の成績をそれぞれ表IV-82および表IV-83に示した。4月下旬から5月初旬にかけて催芽粉を湛水表面散播した。「春陽」の苗立ち率は50%台で、「ハナエチゼン」や「はえぬき」よりわずかに低かった。出穂期および成熟期は「はえぬき」並で、収穫適期は9月中旬であった。稈長は「ハナエチゼン」や「はえぬき」並で、穂長はやや長く穂数は少なかった。倒伏程度は「はえぬき」並に少なく、耐倒伏性は強いとみられる。精玄米重は標肥区60.9kg/a、多肥区58.7kg/aであり、「ハナエチゼン」より明らかに高く多収であった。玄米品質は「ハナエチゼン」より明らかに劣った。

育成地における転び型倒伏抵抗性検定結果を表IV-84に示した。「春陽」の押し倒し抵抗値は「M201」や「どんとこい」並に強く、転び型倒伏抵抗性は“強”と判断される。このように、「春陽」は直播栽培において苗立ち性は一般品種と変わらないが、倒伏に強く多収であることから、直播栽培にも適するとみられる。

表IV-81 「春陽」の白米粉末の糊化特性
(福山大学工学部, 1998)

品種名	最高 粘度 (RVU)	ブレイク ダウン (RVU)	セット バック (RVU)	最高粘度 温度 (°C)	糊化開始 温度 (°C)
春陽	301	226	82	95.0	66.5
コシヒカリ	328	253	64	94.2	68.1
日本晴	274	204	66	93.7	66.3

注) ラビット・ビスコ・アナライザー(RVA)を用いて測定した。

⑩ いもち病抵抗性

いもち病真性抵抗性遺伝子型の推定に必要な3種類のいもち病菌株を噴霧し、「春陽」の抵抗性反応を検定した結果を表IV-85に示した。「春陽」の接種菌株に対する反応から「春陽」はいもち病抵抗性遺伝子*Pia*を持つと推定された。

「春陽」の葉いもち圃場抵抗性の検定を表IV-86に示した。育成地では「春陽」の抵抗性は「日本晴」よりやや強く、愛知県農業総合試験場・山間農業研究所では「日本晴」よりやや強く「トヨニシキ」よりやや弱い。また、宮城県古川農業試験場では「日本晴」とほぼ同じである。以上結果から「春陽」の葉いもち圃場抵抗性は「日本晴」並かやや強く“中”と判断される。

穂いもち圃場抵抗性の検定を育成地、愛知県農業総合試験場・山間農業研究所および茨城県農業総合センター・生物工学研究所で行い、それらの結果を表IV-87に示した。「春陽」の圃場抵抗性は「あきたこまち」、「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」よりやや強く、「トドロキワセ」や「アキヒカリ」より弱く、「アキチカラ」並であることから“中”と判断される。

⑪ 白葉枯病抵抗性

「春陽」の白葉枯病抵抗性の検定を長野県南信農業試験場および島根県農業試験場で行い、それらの結果を表IV-88に示した。「春陽」の抵抗性は「コシヒカリ」よりやや弱く、「トドロキワセ」並であることから“やや弱”と判断される。

⑫ 縞葉枯病抵抗性

縞葉枯病抵抗性の検定を岐阜県農業総合研究所および近畿中国四国農業研究センター・稲育種研究室

表IV-82 直播栽培における「春陽」と比較品種の生育（育成地，1998・2000）

施肥水準	品種名	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	登熟日数 (日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (0~5)	葉いもち (0~5)	穂いもち (0~5)	紋枯病 (0~5)	苗立ち率 (%)
標肥	春陽	8.2	9.13	43	68	20.0	465	1.0	0.0	0.3	0.3	58.6
	ハナエチゼン	7.27	9.3	38	69	16.6	670	2.8	0.0	0.0	0.5	67.9
	はえぬき	8.2	9.12	41	68	16.6	623	1.8	0.0	0.5	0.5	59.9
多肥	春陽	8.3	9.16	45	77	19.7	527	2.5	0.0	0.5	0.3	55.9
	ハナエチゼン	7.28	9.4	38	76	17.2	701	5.0	0.0	0.5	0.3	62.5
	はえぬき	8.1	9.14	44	73	17.2	734	2.5	0.0	0.3	0.0	64.7

- 注) 1) 中央農業総合研究センター・北陸研究センター明治圃場(新潟県中頸城郡頸城村)で実施した。
 2) 耕種概要は以下の通りである(表IV-83も同じ)。
 1998年は播種5月1日，播種量0.5kg/a，基肥量(N・P₂O₅・K₂O各成分，kg/a)：標肥区は0.6・0.6・0.6，多肥区は0.8・0.8・0.8，追肥量(同左)：標肥区は0.3・0.1・0.37，多肥区は0.4・0.1・0.5。
 2000年は播種4月26日，播種量0.4kg/a，基肥量(N・P₂O₅・K₂O各成分，kg/a)：標肥区は0.3・0.3・0.3，多肥区は0.6・0.6・0.6，追肥量(同左)：標肥区は0.2・0.1・0.37，多肥区は0.5・0.1・0.5。
 反復数は2で，催芽粉を湛水表面散播した。
 3) 数値は試験年次を通算した平均値で示した(表IV-83も同じ)。
 4) 倒伏程度，葉いもち，穂いもち，紋枯病は0(無)~5(甚)の6段階分級。

表IV-83 直播栽培における「春陽」と比較品種の収量（育成地，1998・2000）

施肥水準	品種名	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	同左比率 (%)	屑米重歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米品質	玄米/わら比率 (%)
標肥	春陽	154.1	60.9	122	1.2	28.7	7.0	60.9
	ハナエチゼン	113.3	50.0	100	6.9	23.5	5.0	46.3
	はえぬき	153.5	56.0	112	6.8	22.0	4.5	39.0
多肥	春陽	162.4	58.7	105	8.7	27.7	7.5	38.6
	ハナエチゼン	130.4	55.8	100	8.3	23.0	5.0	45.2
	はえぬき	162.2	63.3	113	5.6	22.3	4.3	40.1

注) 玄米品質は1(上上)~9(下下)の9段階で示した。

表IV-84 「春陽」の転び型倒伏抵抗性
(育成地，1998・2000年)

品種名	押し倒し抵抗値 (g/本)	判定
春陽	120	強
M201	119	強
はえぬき	84	やや強
ハナエチゼン	58	中
どんとこい	110	強
キヌヒカリ	99	やや強

注) 検定材料を表面散播し，出穂後に倒伏試験器を用いて押し倒し抵抗値を測定した。

表IV-85 「春陽」のいもち病抵抗性遺伝子型の推定（育成地）

品種名	接種菌株名(菌系コード)			推定 遺伝子型
	Kyu89-246 (003)	新83-34 (005)	稲86-137 (007)	
春陽	S	R	S	<i>Pia</i>
新2号	S	S	S	+
愛知旭	S	R	S	<i>Pia</i>
石狩白毛	R	S	S	<i>Pii</i>
関東51号	R	R	R	<i>Pik</i>

注) 噴霧接種による。表中のSは罹病性反応，Rは抵抗性反応を示す。

表IV-86 「春陽」の葉いもち圃場抵抗性

品種名	推定 遺伝子型	育成地		愛知農総試・山間農研		宮城・古川農試		総合判定
		1994~2000年		1996, 1997, 1999年		1998~2000年		
		発病程度	判定	発病程度	判定	発病程度	判定	
春陽	<i>Pia</i>	3.9	やや強	5.7	中~やや強	5.6	中	中
トヨニシキ	<i>Pia</i>	3.7	強	5.4	強	5.1	強	強
キヨニシキ	<i>Pia</i>	-	-	5.3	やや強	4.9	やや強	やや強
アキヒカリ	<i>Pia</i>	3.9	やや強	4.9	やや強	-	-	やや強
アキチカラ	<i>Pia</i>	4.3	やや強	-	-	-	-	やや強
コチビビキ	<i>Pia</i>	4.3	やや強	-	-	-	-	やや強
ササニシキ	<i>Pia</i>	-	-	-	-	6.7	やや弱	やや弱
日本晴	+	5.2	中	6.1	中	5.7	中	中
コシヒカリ	+	5.8	弱	6.5	弱	-	-	弱

注) 発病程度は0(無)~10(完全枯死)の11段階で示した(農水省の葉いもち抵抗性調査基準による)。

表IV-87 「春陽」の穂いもち圃場抵抗性

品種名	推定 遺伝子型	育成地			愛知農総試・山間農研			茨城農総セ・生工研			総合判定
		1995~2000年			1999年			1997~2000年			
		出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	
春陽	Pia	8.13	4.6	中	8.13	6.8	中~やや強	8.14	5.1	やや強	中
トヨニシキ	Pia	-	-	-	8.11	6.7	強~やや強	-	-	-	強
アキヒカリ	Pia	8.6	3.7	やや強	8.8	5.6	やや強	-	-	-	やや強
コチビビキ	Pia	8.17	4.8	やや強	-	-	-	-	-	-	やや強
アキチカラ	Pia	8.10	4.4	中	-	-	-	-	-	-	中
チヨニシキ	Pia	-	-	-	8.11	5.9	強	-	-	-	強
トドロキワセ	Pii	8.9	3.7	強	8.8	5.2	強	-	-	-	強
あきたこまち	Pia, Pii	8.7	5.1	やや弱	-	-	-	-	-	-	やや弱
ひとめぼれ	Pii	-	-	-	8.9	8.9	やや弱	-	-	-	やや弱
イナバワセ	Pii	8.9	6.0	弱	-	-	-	8.12	7.5	弱	弱
コシヒカリ	+	8.14	6.2	やや弱	8.12	10.0	やや弱~弱	-	-	-	やや弱

注) 発病程度は0(罹病無し)~10(全穂穂いもち)の11段階で示した(農水省の穂いもち抵抗性調査基準による)。

表IV-88 「春陽」の白葉枯病圃場抵抗性

品種名	陽	長野南信農試			島根農試			総合判定
		1999, 2000年			1998年			
		出穂期 (月.日)	発病程度	判定	出穂期 (月.日)	発病程度	判定	
春陽		8.12	2.7	やや弱	8.17	7.0	中~やや弱	やや弱
トドロキワセ		8.8	1.6	中	8.15	8.0	やや弱	やや弱
コシヒカリ		8.13	1.6	やや強	8.19	7.0	やや強~中	やや強
アキユタカ		-	-	-	8.12	9.0	弱	やや弱

注) 発病指数は0(無)~10(枯死)の11段階, ただし島根農試は0(無)~9(枯死)の10段階による。

表IV-89 「春陽」の縞葉枯病抵抗性

品種名	陽	岐阜農総研		近中四農研		総合判定
		2000年		1999, 2000年		
		発病株率 (%)	判定	発病株率 (%)	判定	
春陽		6.8	罹病性	72.2	罹病性	罹病性
あさひの夢		0.0	抵抗性	-	-	抵抗性
中国31号		-	-	5.6	抵抗性	抵抗性
アキヒカリ		22.7	-	60.2	罹病性	罹病性
コシヒカリ		-	-	76.9	罹病性	罹病性
日本晴		17.5	罹病性	62.5	罹病性	罹病性

で行い, それらの結果を表IV-89に示した。「春陽」は縞葉枯病抵抗性遺伝子を持たない「日本晴」や「コシヒカリ」などと同様に発病が認められることから、「春陽」は縞葉枯病に対して“罹病性”と判定できる。

⑬穂発芽性

育成地および福井県農業試験場における「春陽」の穂発芽性の検定結果を表IV-90に示した。「春陽」の穂発芽の程度は、「トドロキワセ」よりやや多く、「トヨニシキ」よりやや少なく、「フクヒカリ」並であることから“中”と判断される。

表IV-90 「春陽」の穂発芽性

品種名	陽	育成地		福井農試		総合判定
		1995~2000年		1998~2000年		
		指数	判定	発芽 (%)	判定	
春陽		5.4	中	38.0	中	中
ひとめぼれ		3.4	難	11.0	難	難
トドロキワセ		4.7	やや難	22.7	やや難	やや難
あきたこまち		4.5	やや難	-	-	やや難
ハナエチゼン		-	-	27.3	やや難	やや難
ササニシキ		-	-	28.0	中	中
フクヒカリ		-	-	40.0	中	中
トヨニシキ		-	-	46.0	やや易	やや易

⑭障害型耐冷性

育成地と青森県農業試験場・藤坂支場, 福島県農業試験場・冷害試験地, 愛知県農業総合試験場・山間農業研究所, 福井県農業試験場における「春陽」の検定結果を表IV-91に示した。穂孕期における耐冷性の検定では、「春陽」の不稔歩合は障害型耐冷性が「アキヒカリ」, 「トヨニシキ」, 「ふくひびき」並の不稔歩合であることから、「春陽」の障害型耐冷性は“やや弱”と判断される。また, 開花期耐冷性の検定では「春陽」の不稔歩合は「トドロキワセ」や「ひとめぼれ」より少なく、「コシヒカリ」並の不稔歩合であることから“やや強”と判断される。

注) 1) 育成地では成熟期に標本採取, 5℃で貯蔵後, 28℃, 湿度100%の穂発芽検定器に1週間置床後, 観察により2(極難)~8(極易)の7段階に分級した。
2) 福井農試では穂を流水に浸し, 10日目の発芽歩合を示した。

表IV-91 「春陽」の障害型耐冷性

品種名	穂孕期耐冷性												開花期耐冷性		
	育成地		青森・藤坂		福島・冷害		古川農試		福井農試		愛知・山間		総合判定	福井農試	
	1997~2000年		1999, 2000年		1996~2000年		1998年		1998年		1999年			1998年	
不稔歩合 (%)	判定	不稔歩合 (%)	判定	不稔歩合 (%)	判定	不稔程度 (1~10)	判定	不稔歩合 (%)	判定	不稔歩合 (%)	判定	総合判定	不稔歩合 (%)	判定	
春陽	88.3	やや弱	67.5	やや弱	64.5	やや弱	10.0	やや弱	94.0	やや弱	50.0	やや強	やや弱	40.0	やや強
トドロキワセ	41.0	極強	24.4	極強	33.5	極強	4.0	極強	54.0	強	-	-	強	48.0	中
ひとめぼれ	39.2	極強	13.1	極強	27.0	極強	-	-	48.0	極強	15.0	極強	極強	51.0	中
コシヒカリ	37.4	極強	20.8	極強	42.3	極強	-	-	48.0	極強	45.0	極強	極強	31.0	やや強
オオトリ	-	-	33.5	強	-	-	6.5	強	-	-	-	-	強	-	-
ハナエチゼン	60.7	強	-	-	25.0	やや強	-	-	-	-	-	-	やや強	-	-
コガネヒカリ	-	-	55.2	やや強	-	-	8.5	やや強	-	-	-	-	やや強	-	-
大空	69.2	やや強	-	-	55.8	やや強	-	-	-	-	-	-	やや強	-	-
あきたこまち	71.3	中	-	-	-	-	5.5	強	71.0	中	-	-	中	48.0	中
ミネアサヒ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60.0	中	中	-	-
アキヒカリ	-	-	82.7	やや弱	-	-	10.0	やや弱	85.0	やや弱	-	-	やや弱	67.0	やや弱
トヨニシキ	-	-	-	-	63.5	やや弱	9.5	やや弱	91.0	やや弱	-	-	やや弱	64.0	やや弱
ふくひびき	93.4	やや弱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	やや弱	-	-
いなひかり	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.0	弱	弱	-	-
ササニシキ	-	-	-	-	-	-	-	-	98.0	弱	-	-	弱	61.0	やや弱

注) 1) 育成地では極早生の幼穂形成期から晩生の出穂期まで水温約19℃の冷水を掛け流しした(水深約15cm).

2) 古川農試は不稔程度を達観で調査し, 1(不稔歩合0~10%)~10(同90~100%)で示した.

3) 福井農試の穂孕期耐冷性検定は恒温深水水槽(水温19℃, 水深25cm), 開花期耐冷性は人工気象室において出穂日より15℃で, 7日間処理で検定した.

4) 愛知山間では河川水を出穂前25日から出穂期まで掛け流す中期冷水掛け流し法で検定した.

4) 白米中のタンパク質組成の変動要因

a) 材料および方法

① 搗精歩合とタンパク質組成との関係

冷蔵庫(5℃)に保存しておいた1997年産生産力検定試験多肥区の「春陽」および「ひとめぼれ」の精玄米と, 2000年産生産力検定試験標肥区および多肥区の精玄米を供試した. 2000年秋に研磨式精米機(SATAKE社製 GRAIN TESTING MILL)を用いて, 「春陽」については搗精歩合を50~90%に調製した. 「ひとめぼれ」は「春陽」より粒が小さく搗精歩合50%では碎米が多く発生したので, 60~90%搗精とした. 搗精した白米を粉碎し, タンパク質含有率を近赤外分析により測定した. 精白米粉のタンパク質組成の分析は(新潟県環境衛生研究所(新潟県燕市吉田東栄町8-13)に依頼し, SDS-ポリアクリルアミド電気泳動法により行った. 泳動ゲルの各バンドの濃さをデンストメーターで測定し, 全体の面積に対する各ピークの面積を測定してタンパク質組成を分析した. 易消化性タンパク質含有率は76kD以上(前駆体), 57kD(前駆体), 37-39kD(グルテリンα), 約26kD(グロブリン), 22-23kD(グルテリンβ)の合計値, 難消化性タンパク質含有率

は16kD(アルブミン), 約13kD(プロラミン)の合計値, グルテリン含有率は37-39kD, 22-23kDの合計値とした.

② 施肥量とタンパク質の含有率および組成との関係

1998年には明治圃場において生産力検定試験に準ずる方法で, 施肥方法を変更して栽培試験を実施した. 供試品種は早生・大粒の低グルテリン品種「春陽」, 早生品種「ひとめぼれ」, 早生・やや大粒の「ふくひびき」の3品種を供試した.

試験区は基肥も穂肥も施用しない0+0区, 基肥なしで穂肥N成分量4kg/10aを施用した0+4区, 基肥と穂肥ともN成分量でそれぞれ3kgと2kg/10aの3+2区, 基肥6kg/10aで穂肥なしの6+0区, 基肥および穂肥がN成分量でそれぞれ6kgと4kg/10aの6+4区の6処理区とし, 2反復で実験を行った. 播種は4月8日, 移植は5月13日に行い, 栽植密度は30×18cm(18.5株/m²)で株当たり3~4本植えとした. 早生と晩生の材料を同じ圃場で試験するため, 窒素肥料は緩効性のものを用い, 基肥相当のLP30(25℃の土壤中において約30日で含有窒素の80%が溶出する肥料), 穂肥相当のLPS100(25℃の土壤中において施肥後30日間は溶出

せず、その後70日間で含有窒素の80%が溶出するシグモイド型の肥料)を用い全量基肥として施用した。

③ 栽培環境の違いによるタンパク質含有率および組成の変化

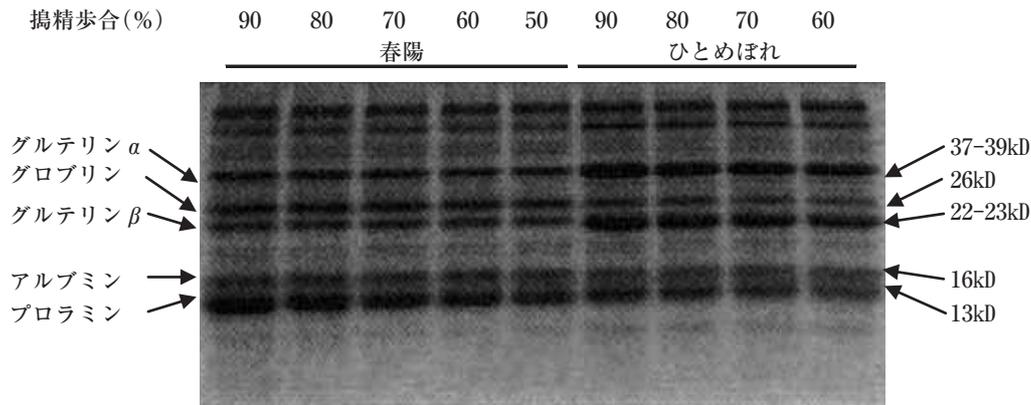
冷蔵庫(5℃)に籾で貯蔵した1999年および2000年産の種子、ならびに、2001年に試作を依頼した秋田県、福島県、埼玉県、新潟県、和歌山県、京都府の現地圃場において慣行法で栽培された玄米を供試し、約90%に搗精した精白米を製粉し、タンパク質含有率および組成を分析した。

b) 調査・実験の結果

① 搗精歩合とタンパク質組成との関係

「春陽」白米の全タンパク質の電気泳動像を図IV-18に示した。この泳動像から組成比率を推定し、易消化性タンパク質と難消化性タンパク質に分け、表IV-92には搗精歩合とグルテリン含有率との関係

を示した。「春陽」は明らかにグルテリン含有率が低く、難消化性タンパク質のプロラミン含有率が多い。表IV-92に示したとおり「春陽」の搗精歩合を低下させると、グルテリン組成および易消化性タンパク質全体の比率が高まる一方で、難消化性タンパク質の比率が低下する。しかし、搗精歩合の低下に伴ってタンパク質含有率が低下することから、易ならびに難消化性タンパク質ともに低下する。元来「春陽」のグルテリン含有率は低いことから、「春陽」の90%搗精時における易消化性タンパク質含有率は「ひとめぼれ」の60%高度搗精時にほぼ匹敵する水準であった。また、「春陽」は玄米が大きいので、醸造用精米機を用いて搗精を進めると、易消化性タンパク質含有率を大幅に低下させることが可能である。



図IV-18 「春陽」の白米中の全タンパク質の電気泳動像

注) 1) 1997年生産力検定試験多肥区産米を用いた。
2) SDS-ポリアクリクアミド電気泳動法による。

表IV-92 搗精歩合と「春陽」の白米のタンパク質組成 (育成地)

品種名	搗精歩合 (%)	タンパク質組成 (%)										タンパク質含有率 (%)		
		易消化性タンパク質						難消化性タンパク質				易消化	難消化	計
		76kD以上 前駆体	57kD 前駆体	37-39kD グルテリンα	26kD グロブリン	22-23kD グルテリンβ	計	グルテリン 合計	16kD アルブミン	13kD プロラミン	計			
春陽	90	12.6	6.4	12.0	15.0	9.7	55.7	21.8	9.5	34.8	44.3	3.6	2.8	6.4
	80	14.0	7.0	12.0	14.2	10.0	57.2	22.0	10.5	32.2	42.8	3.0	2.3	5.3
	70	12.9	8.3	13.4	15.3	10.4	60.2	23.7	9.7	30.0	39.8	2.9	1.9	4.8
	60	15.7	8.3	14.0	15.0	10.9	63.9	24.9	11.3	24.8	36.1	2.6	1.5	4.1
	50	16.5	8.6	14.1	14.6	10.8	64.6	24.9	11.1	24.3	35.4	2.4	1.3	3.8
ひとめぼれ	90	10.4	9.1	28.3	7.0	25.1	80.0	53.5	5.1	14.9	20.0	5.1	1.3	6.4
	80	12.4	8.9	27.2	7.2	24.3	80.0	51.5	6.2	13.8	20.0	4.3	1.1	5.3
	70	14.1	9.4	27.6	5.9	25.0	82.0	52.5	5.2	12.8	18.0	4.1	0.9	5.0
	60	16.3	10.2	28.2	7.9	21.2	83.8	49.4	6.9	9.3	16.2	3.6	0.7	4.3

注) 1997年の生産力検定試験多肥区、2000年の生産力検定試験標肥区および多肥区の玄米を搗精した白米を用いた。

② 施肥量とタンパク質含有率および組成との関係
 表IV-93には基肥および穂肥における窒素施肥量が生育および収量に及ぼす影響について調査した結果を示した。施肥量が多いほど出穂が遅れ長稈となり、穂数が多くなる傾向が認められた。9月中旬に襲った二度の台風の影響により成熟期に倒伏し、窒

素施肥量が多いほど被害も大きかった。このため収量は0+0区が最も低収となった点を除き、試験区間に大きな収量差は認められなかった。千粒重は「春陽」が他の品種より重く、窒素施肥量が少ないほど重くなる傾向が認められた。

表IV-94に窒素施肥量とタンパク質含有率および

表 IV-93 施肥法と生育および収量 (1998 年)

品種名	施肥水準	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本 / m ²)	全重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	同左比率 (%)	千粒重 (g)	倒伏程度 (0~5)
春陽	0+0	8.6	9.20	66	19.5	244	110.2	48.7	116	28.0	0.0
	0+4	8.7	9.22	70	19.9	297	126.5	54.8	103	28.3	0.5
	3+2	8.7	9.22	73	19.7	329	124.9	53.8	100	27.4	1.5
	6+0	8.7	9.24	75	19.5	294	129.5	54.2	110	27.2	3.0
	6+4	8.9	9.24	80	19.7	354	130.3	52.3	102	26.1	5.0
	平均	8.7	9.22	73	19.7	303	124.3	52.8	106	27.4	2.0
ひとめぼれ	0+0	8.4	9.18	80	18.2	295	102.3	42.0	100	22.4	2.5
	0+4	8.6	9.19	87	18.6	366	130.0	53.3	100	22.6	4.0
	3+2	8.6	9.22	88	18.8	369	131.9	53.8	100	22.5	5.0
	6+0	8.6	9.22	91	18.7	362	127.5	49.3	100	22.1	5.0
	6+4	8.6	9.24	94	19.1	419	129.2	51.4	100	22.1	5.0
	平均	8.6	9.21	88	18.7	362	124.2	50.0	100	22.3	4.3
ふくひびき	0+0	8.2	9.18	67	19.8	210	102.7	44.3	105	24.0	0.5
	0+4	8.4	9.18	74	20.7	213	123.8	55.0	103	23.7	2.5
	3+2	8.5	9.20	75	19.6	261	132.8	53.5	100	23.7	2.5
	6+0	8.5	9.22	79	19.5	264	128.9	55.0	112	23.4	3.5
	6+4	8.4	9.24	80	20.1	271	131.0	54.8	107	23.0	5.0
	平均	8.4	9.20	75	19.9	244	123.8	52.5	105	23.6	2.8

注) 1) 試験区は0+0区(基肥および穂肥なし), 0+4区(基肥なしで穂肥N成分量4kg/10a), 3+2区(基肥, 穂肥が各N成分量3, 2kg/10a), 6+0区(基肥N成分量6kg/10aで穂肥なし), 6+4区(基肥, 穂肥が各N成分量6, 4kg/10a)の6条件とし, 2反復で実施した。
 2) 9月中旬の2度の台風により倒伏した。

表IV-94 窒素施用量と「春陽」の白米のタンパク質組成 (育成地)

品種名	施肥水準	タンパク質組成 (%)										タンパク質含有率 (%)		
		易消化性タンパク質							難消化性タンパク質			易消化	難消化	計
		76kD以上	57kD	37-39kD	26kD	22-23kD	計	グルテリン	16kD	13kD	計			
		前駆体	前駆体	グルテリン α	グロブリン	グルテリン β	合計	アルブミン	プロラミン					
春陽	0+0	16.1	10.1	10.8	12.3	6.3	55.7	17.1	7.3	37.0	44.3	2.9	2.3	5.2
	0+4	8.3	5.2	11.2	13.1	7.4	45.1	18.5	7.1	47.7	54.9	2.7	3.3	6.0
	3+2	10.9	6.7	10.3	11.3	7.6	46.8	18.0	10.2	42.9	53.2	2.8	3.2	6.1
	6+0	18.3	4.4	11.2	12.0	6.4	52.2	17.5	4.8	43.0	47.8	3.1	2.8	5.9
	6+4	14.9	4.6	12.2	16.5	6.9	55.1	19.1	5.0	39.9	44.9	3.6	2.9	6.5
	平均	13.7	6.2	11.1	13.0	6.9	51.0	18.1	6.9	42.1	49.0	3.0	2.9	5.9
ひとめぼれ	0+0	13.4	14.5	32.3	4.0	24.5	88.7	56.7	0.0	11.3	11.3	4.9	0.6	5.5
	0+4	4.9	8.6	41.2	5.4	26.3	86.4	67.5	0.0	13.6	13.6	5.6	0.9	6.5
	3+2	8.4	8.5	41.7	4.7	27.2	90.5	68.8	0.0	9.5	9.5	5.8	0.6	6.4
	6+0	7.9	7.9	39.4	3.5	30.6	89.3	70.0	0.0	10.7	10.7	5.6	0.7	6.3
	6+4	8.6	7.1	39.3	6.7	28.9	90.6	68.2	0.0	9.4	9.4	6.1	0.6	6.8
	平均	8.6	9.3	38.8	4.9	27.5	89.1	66.3	0.0	10.9	10.9	5.6	0.7	6.3
ふくひびき	0+0	14.2	8.8	34.9	4.4	25.3	87.7	60.2	0.0	12.3	12.3	4.6	0.7	5.3
	0+4	6.4	7.1	37.2	4.3	23.5	78.5	60.7	5.9	15.6	21.5	4.6	1.3	5.9
	3+2	8.8	7.8	39.5	3.4	30.4	90.0	69.9	0.0	10.0	10.0	5.3	0.6	5.9
	6+0	8.7	6.4	40.5	3.2	30.5	89.4	71.1	0.0	10.6	10.6	5.2	0.6	5.8
	6+4	10.7	10.0	38.1	3.3	28.1	90.2	66.2	0.0	9.8	9.8	5.9	0.6	6.5
	平均	9.7	8.0	38.0	3.7	27.6	87.1	65.6	1.2	11.7	12.9	5.1	0.8	5.9

組成との関係を示した。「春陽」のタンパク質含有率は0+0区では5.2%、6+4区では6.5%であり、「ひとめぼれ」のタンパク質含有率は0+0区では5.5%、6+4区では6.8%となり、窒素施肥量が多いほどタンパク質含有率が高まる傾向が認められた。また、穂肥の窒素施肥量が多いほどタンパク質含有率が高まる傾向が認められた。しかし、窒素施肥量の多少と易・難消化性タンパク質のタンパク質組成の割合には一定の傾向は認められず、「ひとめぼれ」や「ふくひびき」のグルテリン含有率が65%前後なのに対して、「春陽」のグルテリン含有率は18%程度となり、1/3~1/4程度にまで低下した。そして、「ひとめぼれ」や「ふくひびき」の易消化性タンパク質が全タンパク量の90%近いのに対して、「春陽」の易消化性タンパク質は50%前後に留まり、「ひとめぼれ」の90%搗精の白米中の易消化性タンパク質含有率が4.9~6.1%なのに対して、「春陽」では2.7~3.6%と、半分近い値を示した。

③ 栽培環境の違いによるタンパク質含有率および組成の変化

1997年~2000年にわたり実施した育成地における生産力検定試験および各種栽培試験産米、さらに2001年に試作を依頼した東北、北陸、関東、近畿地方で実施した現地試験産米を適搗精の約90%に搗精した「春陽」の白米のタンパク質含有率および組成を表IV-95に示した。分析に供試した22試験地

の「春陽」の全タンパク質中のグルテリン含有率は13.5~26.1%の範囲で変動し、平均は20.5%であった。また、易消化性タンパク質含有率の変異は43.4~57.7%にわたり、平均は50.0%であった。そして、「春陽」の90%搗精の白米中のタンパク質含有率は5.2~7.6%の範囲で変動し平均は6.3%であり、さらに、易消化性タンパク質含有率の変動範囲は2.6~3.8%で平均は3.2%であった。

これらの22試験地のうち、育成地で栽培された10試験地の「春陽」のタンパク質含有率および組成を「ひとめぼれ」と対比して表IV-95(下段)に示した。「ひとめぼれ」の90%搗精の白米中の全タンパク質中の易消化性タンパク質含有率は69.6~90.6%の間で変動し、平均は84.4%であり、グルテリン含有率は49.0~70.0%の範囲をもち、平均は60.6%であった。さらに、「ひとめぼれ」の白米中のタンパク質含有率の範囲は5.5~7.1%で平均は6.4%、易消化性タンパク質含有率の範囲は4.9~6.1%で平均は5.4%であったことからみて、「春陽」の90%搗精時の白米中の易消化性タンパク質含有率は、同一条件で栽培された「ひとめぼれ」の40~80%程度と推定される。

5) 酒造用原料米としての利用

醸造用原料としては、低タンパク米がよいとされている。「春陽」は、総タンパク質含有量は必ずしも低くはないが、易消化性タンパク質であるグルテ

表IV-95 異なる栽培条件における「春陽」の白米のタンパク質組成の変動幅

栽培地	品種名	項目	タンパク質組成 (%)										タンパク質含有率 (%)		
			易消化性タンパク質							難消化性タンパク質			易消化	難消化	計
			76kD以上前駆体	57kD前駆体	37-39kDグルテリン α	26kDグロブリン	22-23kDグルテリン β	計	グルテリン合計	16kDアルブミン	13kDプロラミン	計			
育成地 および 各地の 現地圃場	春陽 (n=22)	平均値	9.8	5.6	11.6	14.1	8.9	50.0	20.5	10.1	40.0	50.0	3.2	3.2	6.3
		最大値	18.7	12.2	14.5	18.4	11.5	57.7	26.1	13.9	47.7	56.6	3.8	4.1	7.6
		最小値	2.5	1.4	6.5	10.3	6.3	43.4	13.5	4.8	33.5	42.3	2.6	2.3	5.2
		標準偏差	5.3	2.2	1.7	2.1	1.5	4.2	3.0	3.1	3.2	4.2	0.3	0.4	0.5
育成地	春陽 (n=10)	平均値	12.4	6.0	11.8	13.7	8.3	52.2	20.2	8.3	39.5	47.8	3.2	3.0	6.2
		最大値	18.3	10.1	13.8	16.5	10.4	57.7	23.4	12.3	47.7	54.9	3.8	3.7	7.1
		最小値	4.7	4.0	10.3	11.3	6.3	45.1	17.1	4.8	33.5	42.3	2.7	2.3	5.2
		標準偏差	4.0	1.9	1.1	1.9	1.6	4.4	2.4	2.5	4.4	4.4	0.4	0.4	0.5
育成地	ひとめぼれ (n=10)	平均値	9.0	9.0	34.2	5.8	26.4	84.4	60.6	2.7	12.9	15.6	5.4	1.0	6.4
		最大値	13.4	14.5	41.7	8.3	30.6	90.6	70.0	9.7	20.8	30.5	6.1	2.2	7.1
		最小値	3.9	7.1	25.8	3.5	24.0	69.6	49.9	0.0	9.1	9.4	4.9	0.6	5.5
		標準偏差	3.0	2.1	6.5	1.7	2.1	6.8	8.1	3.4	3.7	6.9	0.4	0.5	0.4

注) 1) 上段は表IV-94に供試した試験に、2001年における秋田県、福島県、埼玉県、新潟県、和歌山県、京都府の現地圃場栽培結果を加えた22試験の結果を示した。搗精歩合は約90%である。

表IV-96 「春陽」の酒造用原料米としての玄米品質および精米特性 (岩手県工業技術センター)

品種名	玄米千粒重(g)	玄米碎米率(%)	精米時間(分)	真精米歩合(%)	白米千粒重(g)	精米時碎米率(%)	無効精米率(%)
春陽	27.8	2.0	11.0	74.7	20.6	31.0	4.6
コシヒカリ	21.6	0.6	17.3	72.8	15.6	4.9	2.9

注) 1) 1999年と2000年の育成地産米を用い、酒造用原料米全国統一分析法により調査した。
 2) 真精米歩合(%) = 白米千粒重(g) / 玄米千粒重(g) × 100, 見掛け精米歩合(%) = 白米重量(g) / 玄米重量(g) × 100
 無効精歩合 = 真精米歩合 - 見掛け精米歩合
 3) 見掛け精米歩合が70%の時、無効精歩合が1.9%, 4.9%, 6.9%の評価は良好, 普通, 不良である。

表IV-97 「春陽」の70%搗精白米の吸水性および成分 (岩手県工業技術センター)

品種名	20分吸水(%)	120分吸水(%)	蒸米吸水(%)	糖度(Brix)(%)	アミノ酸度(ml)	粗タンパク質(%)	カリウム(ppm)
春陽	25.6	29.3	33.2	9.5	0.43	4.9	457.2
コシヒカリ	24.9	31.1	35.7	9.9	0.77	4.9	392.0

注) 1) 1999年と2000年の育成地産米を用い、酒造用原料米全国統一分析法により調査した。
 2) 20分間浸漬後の吸水率は吸水速度を、120分間浸漬後の吸水率は最大吸水量を示す。

リンの含有量が低く、難消化性タンパク質としてのプロラミンの含有量が高まっている。こうしたタンパク質構成の違いが醸造特性に与える効果を明らかにする。

a) 材料および方法

醸造試作原料米の生産は、1998年～2000年にわたり明治圃場において「春陽」の中苗(播種量: 110g/箱)を養成し機械移植した。施肥は基肥としてN, P₂O₅, K₂O各成分量で5 kg/10a, 追肥は穂肥としてNおよびK₂O成分量で1.5kg/10aおよび2 kg/10aを施用した。

収穫・調製した1998年産米を用いて、食品総合研究所・穀類利用研究室に「春陽」のα-アミラーゼ活性の分析を依頼した。また、岩手県工業技術センターには、1999年および2000年産米を用いて、酒造用原料米全国統一分析法により酒造用原料米として必要な特性の分析と1999年産米を用いた清酒の試作を依頼した。清酒の試作品については、国の研究機関および道県の指定試験地の水稻育種関係者に対して、同センターで同時に試作した「トヨニシキ」の清酒と比較して試飲を行い、アンケートへの回答を依頼した。

b) 実験・調査の結果

「春陽」は粒が大きく収量性も高いことから、酒造用掛米としての適性についても検討した。「春陽」の酒造用原料米としての玄米品質および精米特性を表IV-96, 70%搗精白米の吸水性および成分を表IV-97, 清酒のアルコール生成と関係の深いα-アミラーゼ活性を表IV-98に示した。「春陽」は玄米および白米の千粒重が大きく、精米時間が短い利点が

表IV-98 「春陽」のα-アミラーゼ活性

品種名	α-アミラーゼ活性(unit/g・乾物)
春陽	0.02
コシヒカリ	0.03

注) 1) 1998年の育成地産米(白米粉)を用いた。
 2) セルアルファ法(メガザイム社)で測定した。

ある。しかし、精米時の碎米率が高い欠点が認められたが、碎米率が高かったにもかかわらず無効精米率は普通であった。碎米の発生は栽培条件および収穫・調製作業にも影響されるが、品種の特性として碎米が発生しやすいので注意を要する。「春陽」の吸水性、糖度、粗タンパク質は「コシヒカリ」とほぼ同等である。「春陽」のアミノ酸度は「コシヒカリ」より明らかに低く、「コシヒカリ」の56%程度であった。「春陽」のカリウム含有率は「コシヒカリ」より17%ほど多かった。「春陽」のα-アミラーゼ活性は「コシヒカリ」とほぼ同等であった。

1999年育成地産米を用いた清酒の試飲の結果、「トヨニシキ」の清酒に比べて外観は良いが、風味と旨味が少なく淡麗な印象であったが、冷酒とした場合には、あっさりとして白ワイン風味で飲みやすく、美味しいと評価された。

6) 加工原料米としての利用

自然災害などの非常食として、アルファ米や早炊き米がある。「アルファ米」は、いわゆる「干し飯(ほし飯)」で、美味しく炊飯した米(アルファ化したデンブンの米)を乾燥させたもので、湯をかけて戻して食べることができる。このため、非常食や保存食となる。「早炊き米」は、一度加熱した後、減圧乾燥させた米で、研がずに十数分で炊飯できる。

a) 材料および方法

① 無菌包装米飯および米菓加工適性

新潟県農業総合研究所・食品研究センターにおいて、1999年の育成地産「春陽」を用いて無菌包装米飯および米菓の加工適性について検討した。

② アルファ化米および早炊き米

「春陽」の試料は2000年現地実証圃（秋田県大潟村、岐阜県瑞浪市）において農家の慣行法により栽培した産米を用いた。秋田県大潟村現地実証圃（秋田県南秋田郡大潟村東野16-10）では、移植は5月26日で栽植密度20.1株/m²とし、基肥はN, P₂O₅, K₂O各成分量で7.4, 4.4, 2.9kg/10a, 穂肥としてN, K₂O各成分量で0.9, 0.9kg/10aずつ施用した。瑞浪市の現地実証圃（岐阜県瑞浪市土岐町字松虫8285）では、移植日は5月19日、栽植密度22.2株/m²で、施肥はコシヒカリ化成を30kg/10a施用した。

佐竹製作所（東広島市）には、二か所の現地実証圃で収穫・調製した玄米についてアルファ化米の試作と加工適性の評価を依頼した。アサノ食品（名古屋市）には、大潟村現地実証圃産米について早炊き米の試作を依頼した。試作品については、職員による試食とアンケートへの回答を依頼した。アルファ化米は熱湯を袋の内側の注水線まで注ぎ、袋のチャックを閉めて15分おいて試食した。早炊き米は研がずにそのまま炊飯した。

b) 調査・実験の結果

① 無菌包装米飯および米菓加工適性

表IV-99に結果を示した。「春陽」の1999年産米はアミロース含有率が20.0%程度であるが、無菌包装米飯は艶・透明感があり外観は良好であり、粘りはわずかに弱いが旨味があった。また、米菓としては甘みが少ないが、ソフト感とふっくら感があり、加工適性が高いと評価された。しかし、アミロース

含有率やタンパク質含有率は米飯の硬さ米菓の食感に関係するので、表IV-99のアミロース含有率やタンパク質含有率並かそれより低くなるような条件で栽培することにより、加工適性は向上すると考えられる。

② アルファ化米および早炊き米

秋田県大潟村の現地実証圃では、「春陽」は倒伏もなく順調に生育し、60.1kg/aの玄米収量があった。瑞浪市の現地実証圃でも「春陽」の生育は順調で59.5kg/aの玄米収量があった。佐竹製作所（東広島市）において1999年育成地産米と2000年現地実証圃（秋田県大潟村、岐阜県瑞浪市）産米を用いてアルファ化米の加工適性について検討した。原料米および白米の特性を表IV-100および表IV-101に示した。大潟村産米は過乾燥で水分含有率が低くアミロース含有率は低いが、タンパク質含有率が高く、白米の粗粉碎食味計による食味値による評価は良好であった。瑞浪市産米の水分含有率はやや低く、アミロース含有率およびタンパク質含有率はともに低く、白米の粗粉碎食味計による食味値による評価は極めて良好であった。

アルファ化米の湯戻し後の炊飯食味計の測定値を表IV-102に示した。大潟村産米のアルファ化米は「良い」、瑞浪市産米のアルファ化米は「非常に良い」との評価であったことから、アルファ化米としての利用が可能である。「春陽」の試作品（写真IV-19）の試食アンケートの結果を図IV-19に示した。アルファ化米は白飯では不評だが、五目飯の評価はやや良好であった。

早炊き米の試作品（写真IV-20）の試食アンケートの結果を図IV-20に示した。早炊き米はほぼ普通の食味であり、主食用として使用の可能性が考えられる。

表IV-99 無菌包装米飯および米菓加工適性

品種名	白米中含量率 (%)		糊化特性		無菌包装米飯加工適性				米菓加工適性				
	アミロース	タンパク質	糊化温度 (°C)	最高粘度 (BU)	食味	適性	比容積 (ml/g)	硬度 (kgf)	製造時作業性	外観	食感	食味	適性
春陽	20.0	6.0	72.0	500	艶・透明感があり外観良好。粘りわずかに弱い旨味もあり良好。	やや適	7.30	2.54	○	○	○	ソフト。甘みが無い。ふっくら感	適
コシヒカリ	16.2	6.9	73.5	525	外観、物性とも良好。	適	6.07	2.79	○	○	○	風味あり。サククリ感	適
日本晴	19.5	9.1	75.0	440	粘りやや不足。	やや適	6.21	2.91	○	○	○	風味あり。サククリ感	適

注) 1) 新潟県農業総合研究所食品研究センターにおいて1998年産米を用い1999年に試験を行った。

2) 「春陽」「コシヒカリ」は育成地産米, 「日本晴」は農業研究センター(現 作物研究所)産米を用いた。

表IV-100 アルファ化米試作の原料米の特性

産地	項目	白度(%)	水分(%)	胴割れ(%)	碎米(%)	精米歩留り(%)	容積重(g/l)	水中亀裂(%)
秋田県 大潟村	玄米	19.6	13.9	16.0	0.2	-	-	-
	白米	39.7	13.0	14.0	2.0	91.2	866.0	1.0
岐阜県 瑞浪市	玄米	19.9	14.6	21.0	0.9	-	-	-
	白米	40.7	14.1	19.0	4.9	90.3	858.0	0.0

注) 1) 2000年, 秋田県大潟村および岐阜県瑞浪市における実証圃産米を用いた(表IV-102, 103も同様).
2) 白度は白度計(Kett C-300)で, 容積重はブラウエル穀粒計(木屋製作所)で測定した.

表IV-101 アルファ化米試作の白米特性

産地	白米の粗粉碎食味計による測定値									
	アミロース		タンパク質		水分		脂肪の酸化度		食味値	
	(%)	判定	(%)	判定	(%)	判定	判定	判定	判定	判定
秋田県大潟村	18.1	低い	7.3	高い	13.0	不適・過乾燥	6.8	やや酸化	80	良好(Aランク)
岐阜県瑞浪市	17.8	極めて低い	6.0	極めて低い	14.1	やや低い	7.1	新米	84	極めて良好

注) Test rice Grander(佐竹製作所)で粉碎し, 粗粉碎食味計(佐竹製作所)を用いて測定した.

表IV-102 アルファ化米の特性

産地	炊飯食味計による測定値									
	外観		硬さ		粘り		バランス度		食味	
	評点	判定	評点	判定	評点	判定	評点	判定	評点	判定
秋田県大潟村	6.9	良い	6.4	非常に良い	7.4	良い	7.1	良い	73	良い
岐阜県瑞浪市	8.7	非常に良い	5.5	非常に良い	8.8	非常に良い	8.8	非常に良い	85	非常に良い

注) アルファ化米に加工後, アルファ化米を湯戻し15分後に, 炊飯食味計(佐竹製作所)を用いて測定した.

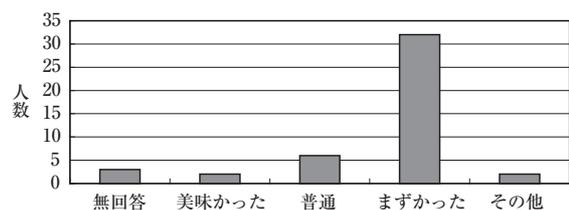


写真IV-19 「春陽」のアルファ化米(白飯)

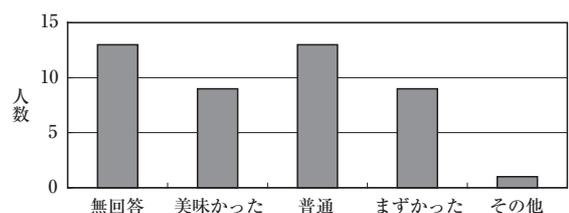


写真IV-20 「春陽」の早炊き米

質問1: 「春陽」のアルファ化米(白飯)の感想をお答え下さい。



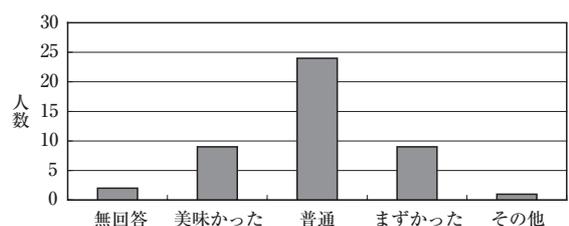
質問2: 「春陽」のアルファ化米(五目飯)の感想をお答え下さい



図IV-19 「春陽」のアルファ化米の試食アンケート結果

注) (株)佐竹製作所における試作品について, 職員45名に試食とアンケートを依頼した.

質問: 「春陽」の早炊き米の感想をお答え下さい。



図IV-20 「春陽」の早炊き米の試食アンケート結果

注) (株)アサノ食品における試作品について, 職員45名に試食とアンケートを依頼した.

7) 考察

(1) 栽培上の留意点

「春陽」と同熟期の品種では、極良食味品種「ひとめぼれ」が全国で最も広く作付されており、「ひとめぼれ」の2005年作付面積は154,929haに達し、品種別作付面積は全国の2位であった。「春陽」の特性を「ひとめぼれ」と比べると以下のとおりである。

「春陽」の出穂期および成熟期は「ひとめぼれ」よりやや遅く、育成地では“早生の晩”に属するうるち種である。稈長は「ひとめぼれ」より10cm程度短い短程で、穂長はやや長く、穂数は明らかに少なく、草型は“偏穂重型”に属する。収量は「ひとめぼれ」より明らかに高く多収である。耐倒伏性は「ひとめぼれ」より明らかに強く“やや強”である。品質は「ひとめぼれ」より明らかに劣り“中下”に格付けられる。食味は「ホウネンワセ」並であるが、高温登熟条件下ではやや劣る。直播栽培において倒伏に強く多収である。いもち病真性抵抗性遺伝子は *Pia* を持つと推定され、葉いもち圃場抵抗性、穂いもち圃場抵抗性はともに“中”である。白葉枯病抵抗性は“やや弱”、縞葉枯病に対しては“罹病性”、障害型耐冷性は“やや弱”、穂発芽性は“中”である。

このような「春陽」の特性から、栽培にあたっては次の諸点に留意する必要がある。「春陽」の短程、偏穂重型の草型、粳・玄米が大粒である点などを念頭において異品種の混入に注意する。障害型耐冷性がやや弱く、登熟日数が長いので、冷害が予測される地帯での作付を避ける。穂発芽性が中程度なので、適期刈取りに努める。窒素肥料の多用は玄米のタンパク質含有率を高めるばかりでなく、倒伏やいもち病の発生を助長するので避ける。

「春陽」の栽培適地は早晩性、高温による品質・食味の低下および耐冷性がやや弱いことから判断すると、東北中南部から北陸の平坦部とみられるが、倒伏抵抗性や収量性から判断して、東北中南部から九州に至る広い地域で栽培が可能と考えられる。

(2) 低グルテリン米の需要拡大方策

「春陽」は白米中の易消化性タンパク質のグルテリン含有率が低く、難消化性タンパク質のプロラミンが多い低グルテリン性で大粒という新しい特性を備えた品種である。米の用途としては酒造用掛米や早炊き米などの加工利用、慢性腎不全患者の病態食

が考えられる。

① 酒造用原料米

若井 (2000) は酒造好適米と一般主食用米とを比較して、酒造に適した特性について述べた。これから判断すると、「春陽」の酒造原料米としての特徴は、精米時間が短いので日本酒度が残りやすく、アミノ酸度が低いことから品質の良好な清酒となることが予測される。また、カリウムが多いことから発酵が良好に進み、清酒液量も多く、酸度も低くなると考えられる。また、若井 (2000) は清酒醸造において、プロテイン・ボディ (PB) I は麴酵素によって溶解を受けにくく、製成酒中のアミノ酸に関与しないが、PB-II は分解を受け製成酒中のアミノ酸に変化すると指摘している。「春陽」はPB-II に局在するグルテリンが少なく、PB-I に局在するプロラミンが多い品種であることから酒造用原料米としても適していると考えられる。

岩野ら (2001) は酒造原料米として「山田錦」、「美山錦」、「美郷錦」(秋田県育成の低タンパク質品種) および「春陽」を用い、タンパク質組成が製麴中の酵素生産に及ぼす影響について検討し、原料米のプロラミン、グルテリン、グロブリンの構成比が α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ、酸性プロチアーゼ生産に影響することを報告した。デンプン分解酵素の α -アミラーゼ、グルコアミラーゼは、グルテリンが多くプロラミンとグロブリンが少ない原料米において酵素生産が多かった。酸性プロチアーゼは、グロブリンが多くグルテリンが少ない原料米「春陽」において酵素生産が多かった。

また、岩野ら (2002) は製成酒成分に関しては、これらの4品種間に大きな差違が認められ、難溶解性タンパク質の多い「春陽」を使用した製成酒の全窒素量は他品種の約50%程度と少なく、タンパク質態窒素も少なかった。そして、製成酒中のアミノ酸組成にも大きな違いが認められ、「春陽」は全アミノ酸生成量が他品種の約60%と少なかったが、臭気成分などでは違いは認められなかった。

以上のように、「春陽」は従来の品種にない低グルテリン米という特性から、アミノ酸の少ない特徴のある清酒の原料として有用と考えられる。清酒の品質には原料米以外の要因も大きく影響すると考えられるが、「春陽」のアミノ酸度が低い特徴を活かした清酒の開発が新潟県内や富山県内などの清酒会

社で行われ、製品化されている。このような取り組みによって「春陽」が新しい特徴的な飲み口の日本酒として新たな米の需要を喚起することが期待される。

② 加工原料米

その他の加工用途にも「春陽」の利用が考えられ、販売も行われている。宮城県大崎市岩出山のJAでは、「春陽」の販売に取り組み、米の他に、米粉、北海道産の馬鈴薯と「春陽」を原料としたラーメン風の米麺を販売している。この麺は2006年の日本農業新聞一村逸品大賞優秀賞を受賞した。また、新潟県長岡市の民間会社では、精米の他に中越大震災を教訓として災害備蓄用としてアルファ化米やレトルト食品（米飯）の製造・販売を行っている。

③ 腎臓病患者等の病態食などの利用

「春陽」の90%搗精の白米中の易消化性タンパク質含有率は、同一条件で栽培された「ひとめぼれ」の40~80%程度とみられ、タンパク質摂取制限が必要な腎臓病患者等の病態食などの利用が期待される。

腎疾患の生活指導・食事療法ガイドライン（日本腎臓学会，1998）では、腎不全のため人工透析を受ける患者が近年増え続け、その医療費は年間1兆円以上となり、総医療費の3.3%以上に達している。透析医療費を節約するためには、透析導入数を抑制する必要があると指摘されている。また、人口10万人当たり少なくとも500人程度が慢性腎疾患であると推測されている。さらに、慢性腎不全に至る原因疾患として、わが国で最も多いのは慢性糸球体腎炎であるが、これを原因疾患として透析に移行する患者の割合は年々減少し、1996年度末では38.9%であった。しかし、糖尿病性腎症を原因疾患として透析に移行する患者の割合は増加を続け、1996年度末では33.1%に上昇した。腎疾患への負担が少なく、食事療法によってもたらされる栄養障害などを回避できることなどから、慢性腎不全患者に対しては低タンパク食を推奨している。このガイドラインにおける保存期慢性腎不全のタンパク摂取量は、0.6g/kg/dayであり、低タンパク食によりエネルギー摂取不足に陥りやすいため、エネルギー量としては35kcal/kg/dayを目標としている。

椎貝（1999）によると、タンパク質の必要摂取量の0.6g/kg/dayは、身体に蓄えられているタンパ

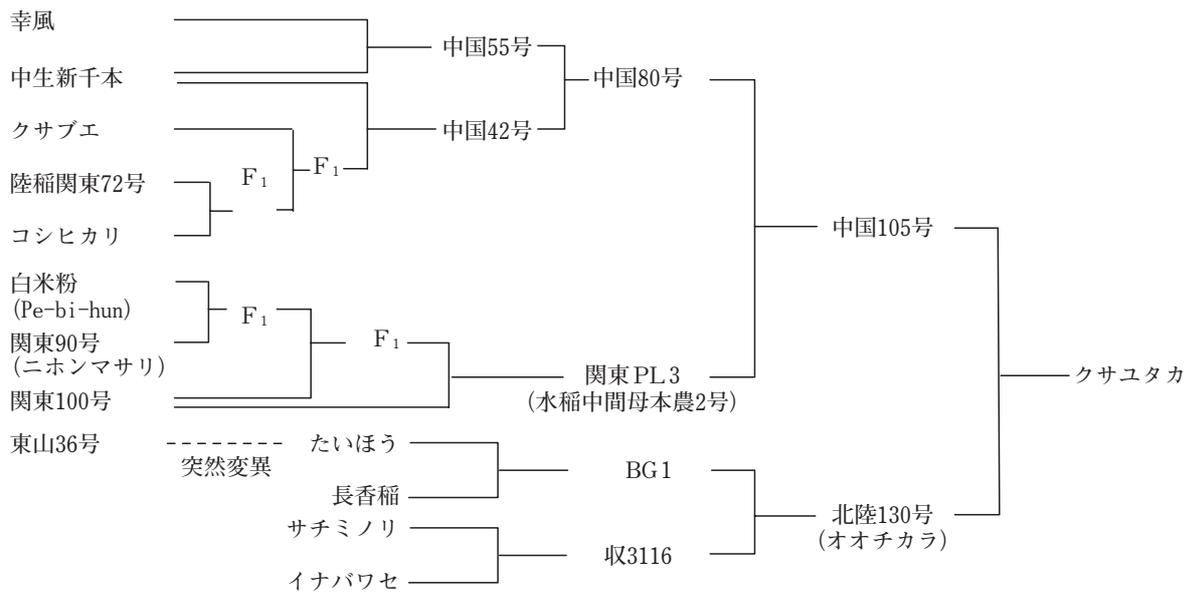
ク質をエネルギー源として消費しないで済むためのタンパク質摂取量の最低限度であり、50~60歳台の健康な人の普通の食事におけるタンパク摂取量の約半分である。

出浦（1999）は腎不全患者がタンパク質を摂取すると、腎機能障害の進行が早まり、血液に毒素が蓄積して不快な症状が起り、危険な合併症を併発し、栄養状態が悪くなり、透析療法への移行が速まり、寿命を縮めるので、慢性腎不全の症状でタンパク質の摂取制限を行うことが必要としている。そのため、患者がタンパク質摂取量を減らすと、それに伴いエネルギーの摂取量が減ってしまうため、十分にエネルギー量を確保しつつタンパク質の摂取量を大幅に減らせる治療用特殊食品開発の必要性を指摘している。

従来、治療用特殊食品としては、酒造用の搗精機を用いて50%近くまで搗精を進めた精白米や米のタンパク質を有機化学的に分解除去した米飯（レトルトパック米飯）のように、易消化性タンパク質の少ない米を用いたタンパク質調整食品やでんぷん調製食品が用いられてきた。しかし、これらの食品は高価であるうえに食味にも問題があり、継続的な食事療法の障害となっていた。このことから腎臓病患者の病態食向けとしてタンパク質含有率を一般品種の半分以下に抑えた低タンパク質品種の開発が求められていた。易消化タンパク質含有率の低い「春陽」をこうした目的で利用できる可能性がある。

ところが、「春陽」が命名・登録された翌年、2002年8月に健康増進法が制定され、栄養成分に関する強調表示をする場合には、栄養表示基準に従った表示が必要となり、虚偽・誇大な表示が禁止され、違反した場合には罰則も設けられた。そして、病態食などの特別の用途に供する旨の表示をしようとする場合には、健康増進法に基づく厚生労働省の許可が必要となった。

しかし、「春陽」については、食べた米に含まれているグルテリンなどの易消化性タンパク質およびプロラミンなどの難消化性タンパク質の人体における吸収量についての検討が継続中であり、定量的実証が行われていない。したがって、現段階では「低タンパク米」とか「低グルテリン米」という表示ができないのが現状であり、慢性腎不全患者がタンパク摂取制限のために「春陽」を利用する場合には、



図IV-21 「クサユタカ」の系譜

医師や栄養士に必ず相談する必要がある。

現在、医学や栄養学の専門家の協力を得て行っている人体におけるタンパク質組成の吸収量を定量的に解明できれば、タンパク質組成を表示して、低タンパク質食品として「春陽」を販売する道が開かれると考えられる。

4. 飼料用水稲品種「クサユタカ」の育成

水稻の品種改良と栽培技術の向上は第二次世界大戦後の日本の食料難を克服し、その後の経済発展の礎を築いてきたことは周知のとおりである。「食足りて礼節を知る」に準えて「食足りて贅沢を知る」がごとく、わが国の戦後経済のめざましい発展に伴い、食の高度化・西欧化・多様化が近年急速に進展してきた。その結果、四半世紀の間に国民1人1日当たりの米の消費はほぼ半減した。今や100万haの水田が余剰となり、転作物の導入、水田の畑への転換、田畑輪換などが行われ、さらに余った水田は耕作放棄の憂き目にあっている。

わが国の水田は長年にわたる土地改良や基盤整備により比類なき高い生産性を発揮できるようになった。そればかりでなく水資源の保全、耕土流亡の防止、暑熱の緩和、生物多様性の保全などの多面的機能を有している。豊かな気象資源と生産力に恵まれた日本の水田には水稻を栽培するのが最も望ましい。そこで、余剰水田に超多収性の水稻品種を超低コストで栽培し、濃厚飼料としてのえさ米やホール

クロップサイレージとしての稲発酵粗飼料を生産することを考えるべきである。

本研究では、わが国の温暖地域に向く発酵粗飼料用稲品種「クサユタカ」の育成経過と、その品種特性を明らかにする。さらに発酵粗飼料(ホールクロップサイレージ)の作成に関連する特性を解明し、水田畜産の可能性について論考する。

1) 育種目標の設定と交配母本の選定

1981年に農林水産省の全試験研究機関が参画して「超多収作物の開発と栽培技術の開発」が開始された(農林水産技術会議事務局, 1991)。この研究プロジェクトでは水稻収量の1.5倍増をねらいとして15年の長期計画を立てた。第1期(最初の3年)に10%、第2期(次の5年)で30%、そして第3期(最後の7年)で50%の増収を達成するとし、通称「逆七五三計画」と呼ばれた。本研究計画で開発される超多収水稻品種は余剰水田で栽培し、えさ米や発酵粗飼料として家畜に給餌することが期待された。

1987年に交配計画を立てるにあたり短強稈品種「アキチカラ」(古賀ら, 1987)、半矮性インディカ品種「ハバタキ」(小林ら, 1990a)、極大粒品種「オオチカラ」(小林ら, 1990b)、「タカナリ」(井辺ら, 2004)、「ホシユタカ」(篠田ら, 1990)などが第I期の最終段階を迎えて超多収品種候補となり、次の段階の交配母本としても有望視されていた。

「クサユタカ」の系譜を図IV-21に示した。母本

とした「中国105号」は「陸稲関東72号」に由来する縞葉枯病抵抗性を持つ「中国80号」と中国（台湾）の品種「白米粉（Pe-bi-hun）」由来のツマグロヨコバイ耐虫性を持つ「関東PL3」との交配によって育成された系統であり、ツマグロヨコバイ耐虫性と縞葉枯病抵抗性とを合わせ持ち、「日本晴」に比べやや短稈、長穂、やや晩生、多収であった。「中国105号」の父本の「関東PL3」は、「白米粉」のツマグロヨコバイによって選好されない性質（非選好性）とツマグロヨコバイを生存させない性質（抗生作用）を持ち、ツマグロヨコバイによって伝搬される萎縮病に対しても抵抗性を示した。また、「日本晴」よりやや早熟で「白米粉」の長稈で倒伏しやすく少収で品質が劣る点などが改良された。このことから1984年に「水稻中間母本農2号」として命名・登録された（金田ら、1985）。父親の「北陸130号」は1989年に極大粒・極多収の他用途向品種「オオチカラ」と命名され登録された系統で（小林ら、1990b）、枯れ上がりが多く穂数が少ないので、さらに収量性を高めるために、生育量を増やし枯れ上りを少なくする必要があった。そこで「北陸130号」の多収化を図るために、一穂粒数と穂数を増加させ、同時に登熟を低下させず、生育量を確保しやすい「中国105号」が母本として選定された。

他方、輸入畜産物等の需要の高まりが飼料自給率の低下を招いていることから、大量の粗飼料を必要とする乳用牛ならびに肉用牛を生産する畜産が自給飼料を活用するようになれば、飼料自給率の向上に資することは間違いないとみられた。

ところで、青刈り稲の飼料化や稲わらの乾草利用については古くから研究が行われてきたが、ホール

クロップサイレージとしての利用を目的として品種開発はあまり進んでいなかった。しかるに1971年から北陸農業試験場において5か年計画で「稲作転換推進対策試験」が開始された。その結果、水田で栽培できる転換飼料作物として茎葉がよく繁茂する外国の水稻品種「British Honduras」や「Caloro-2」が選定された（野田ら、1975）。しかし、低温抵抗性と耐倒伏性が不十分なうえ極晩生なために原種生産が難しいなどの問題点が明らかになり飼料用水稲品種としての普及には至らなかった。

イネの飼料化に関しては主に出穂前後の青刈りが中心の時期があり、サイレージの品質にも難点があったため栄養的価値評価に留まり、給餌に至るまでの十分な技術開発は行われてこなかった。その後、水田を利用した粗飼料生産の可能性が再び追求されるようになり、1998年には畜産対応研究「多様な自給飼料基盤を基軸とした次世代乳肉生産技術の開発」（1998～2000年度）の「新型牧草・飼料作物の利用技術の開発」という課題の下で飼料用水稲品種の育成が開始された。そこで、本交配組合せの後代系統は本プロジェクト研究ならびに次期作物対応研究「食料自給率向上のための21世紀の土地利用型農業確立を目指した品種育成と安定生産技術の総合的開発」（2001年度開始）に引き継がれ、稲発酵粗飼料用品種の育成をめざして選抜が行われた。

2) 交配および育成経過

1987年に当時の中国農業試験場（現在の近畿中国四国農業研究センター）から「中国105号」の種子の配付を受け母本として用いた。同年夏には当時の北陸農業試験場（現在の中央農業総合研究センター・北陸研究センター）において、表IV-103に

表IV-103 「クサユタカ」の育成経過

年次		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
世代		交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄
栽 植	系統群数						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	系統数					41	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10
	個体数	(98粒)	50	2,500	5,000	50*	50*	60*	60*	50*	50*	50*	50*	50*	50*	50*
選 抜	系統群数						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	系統数					3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	個体数				41	15	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10
配 付 数	特性検定試験								9	4	3	1	5	10	6	14
	奨励品種決定調査								25	40	8	4				
	飼料イネ品種選定試験													1	1	2
	現地実証圃設置													2	4	4
備考		上交87-43				上438			北陸168号							

注) * : 1系統当たりの個体数。

示したとおり「中国105号」を母とし「北陸130号」を父として人工交配を行い98粒の結実種子を得た。翌1988年に圃場でF₁世代を養成した。この交配組合せを「上交87-43」と名付けた。

1989年にF₂世代の雑種集団を苗代放置栽培により養成した。苗代放置栽培は明治圃場本田に1.4×13.8mの短冊を作り、折衷苗代の播種床とした。そこにF₂世代の種子100g(約2,500粒)を定法により消毒・催芽して、6月18日に区当たり2.2m²の播種床に均一散播した。基肥には尿素化成(15-15-15)を用い、N、P₂O₅、K₂O成分量でそれぞれ5kg/10a、追肥として穂肥特3号(15-0-20)を用い、N、K₂O成分量で2、2.7kg/10aずつを施用した。害虫被害を防止するために、播種直後にダイアジノン粒剤9g/10aを散布し燻炭を覆土し湛水したのち、雑草防除のためにプッシュ粒剤3kg/10aを散布した。その後は移植せず苗代のまま放置して出穂・成熟させ、10月1～2日に集団刈取りにより採種した。なお播種後は病害虫による自然淘汰をねらいとして、いもち病など病害虫防除は一切行わなかった。

1990年にはF₃世代の個体選抜を行った。栽植個体数は表IV-103に示したとおり、約5,000個体とし、その中から41個体を選抜した。1991年のF₄世代以降は系統栽培を行い選抜と固定を進めた。1992年から「上438」の系統番号を付して生産力検定試験および特性検定試験に供試した。1994年のF₇世代より「北陸168号」の系統名で関係府県に配付し、奨励品種決定調査に供試した。しかし、主食用品種としては品質と食味が劣ることから1998年より奨励品種決定調査への配付は中止し、飼料用品種選定など、他用途利用試験への配付を継続した。その結果、寒冷地南部地帯に適應する稲発酵粗飼料稲品種として評価され、2002年には新品種として水稻農林383号に登録され「クサユタカ」と命名された。

3) 品種特性の解明

a) 材料および方法

① 形態的および生態的特性

本章1-3)で述べたのと同様な方法により生産力検定試験、玄米特性の調査、いもち病などの病害虫抵抗性、穂発芽性、耐冷性などの障害抵抗性の検定を実施した。また、農林水産省の水稻特性検定試験地、農林水産省の水稻育種研究室および指定試験地などに依頼して、特性検定試験および適應性検定

試験を実施した。

② 食味

炊飯米の食味官能試験については、生産力検定試験の産米を用いて食糧庁(現在の総合食料局)の食味試験実施要領に準じて実施した。育種における選抜では、多数の材料を扱う必要から食味試験1回当たりの供試点数を4点から10点に増やして実施した。玄米は1.8mmの篩にかけた精玄米を用い、試験日の1～2日前に小型精米機(サタケ・ワンパス)を用いて搗精歩合が約90%になるように設定して搗精した。精白米600gに760mlの水を加え市販電気釜(National SR-MH10)を用いて炊飯した。標準肥料で栽培した「ハウネンワセ」を基準とし、1回の試験に9検体を供試した。パネラーは関連研究室職員約30名に依頼した。評価項目は炊飯米の外観、香り、うま味、粘り、硬さ、および総合評価とした。総合評価、外観、香り、うま味は+5(基準品種との対比で極優)～-5(極劣)の11段階、粘り、硬さは+3(極強あるいは極硬)～-3(極弱あるいは極柔)の7段階に分けて評価した。

③ 白米の理化学的特性

食味官能試験に供試した精白米の一部を製粉し、タンパク質およびアミロースの含有率を測定した。タンパク質含有率は株ニレコNIRS6500を用いて近赤外分析法、また、アミロース含有率はブランルーベ社製オートアナライザーⅡ型で測定した。米飯の物理的特性については米品質評価研究室に評価を依頼した。

④ 直播栽培適性

直播栽培適性に関連して転び型倒伏抵抗性、土中出芽性、低温発芽性、低温出芽性および低温苗立性について検定した。

転び型倒伏抵抗性検定：1区1.5mとし約10cm幅で催芽粉180粒を湛水表面条播した。3反復で試験した。出穂後5～10日に倒伏試験器(大起理化学工業)を用いて、地表10cmの位置で幅10cmの範囲にある稲体を45度まで押し倒し、その応力を測定した(上村ら、1985)。同時に、押し倒した穂着き茎数を計測した。応力を茎数で割った数値を押し倒し抵抗値として転び型倒伏抵抗性を評価した。

土中出芽性：太田ら(1997)の方法によりシーダーマシン(Nippon Plant Seeder社製)を用いて品種当たり100粒ずつの籾種子をシーダーテープに封入

表IV-104 「クサユタカ」の特性 (育成地, 2001年)

品種名	移植時			止葉の		稈		芒		芒または		粒着	脱粒	梗糯
	苗丈	葉色	葉身形状	直立	細太	剛柔	多少	長短	稈先色	穎色	密度			
クサユタカ	長	やや濃	立	立	極太	剛	稀	極短	黄白	黄白	やや密	難	梗	
キヌヒカリ	やや短	やや濃	やや立	やや立	中	やや剛	無	-	黄白	黄白	やや密	難	梗	
コチビビキ	中	中	中	中	やや太	やや剛	少	短	黄白	黄白	中	難	梗	
オオチカラ	長	濃	立	立	極太	剛	稀	短	黄白	黄白	やや密	難	梗	
ハバタキ	やや短	中	中	立	極太	剛	無	-	黄白	黄白	密	難	梗	

表IV-105 移植栽培における「クサユタカ」と比較品種の生育特性 (育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	出穂期	成熟期	登熟	稈長	穂長	穂数	倒伏	葉いもち	穂いもち	紋枯病	下葉
			(月.日)	(月.日)	日数	(cm)	(cm)	(本/m ²)	程度	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)
1996, 2000, 2001	標肥	クサユタカ	7.30	9.18	51	80	22.2	261	0.4	0.0	0.0	0.0	3.3
		キヌヒカリ	8.1	9.12	42	79	18.4	348	0.2	0.0	0.0	0.0	2.7
		コチビビキ	8.6	9.19	44	76	20.3	407	0.9	0.1	0.0	0.0	3.1
		コシヒカリ	8.1	9.12	43	91	20.2	360	3.6	0.7	0.0	0.0	3.3
		どんとこい	8.2	9.19	47	75	18.5	367	1.1	0.0	0.0	0.0	2.8
1993~2001	多肥	クサユタカ	8.5	9.26	52	87	22.3	286	2.1	0.0	0.1	0.2	3.3
		キヌヒカリ	8.6	9.21	46	85	18.4	368	1.1	0.0	0.2	0.0	2.5
		コチビビキ	8.9	9.25	47	80	20.3	447	2.9	0.0	0.0	0.0	2.7
		オオチカラ	8.6	9.23	47	88	22.6	271	2.3	0.0	0.0	0.0	3.9
		ハバタキ	8.6	9.22	46	81	25.3	245	1.2	0.0	0.0	0.0	3.1

注) 1) 耕種概要は以下のとおりである(表IV-106, 109も同じ).

播種日: 4月6日~4月16日, 移植日: 5月11日~5月19日, 基肥量(N・P₂O₅・K₂O 各成分, kg/a): 標肥区は0.4・0.4・0.4, 多肥区は0.6・0.6・0.6, 追肥量(同左): 標肥区は0.2・0.0・0.27, 多肥区は0.3(1993年, 1994年は0.6)・0.0(1993年, 1994年は0.3)・0.41(1993年, 1994年は0.71), 栽植密度: 30×18cm, 18.5株/m², 1株3~4本植, 反復数: 標肥区は3, 多肥区は2.

2) 数値は試験年次を通算した平均値で示した(表IV-106, 109も同じ).

3) 倒伏程度, 葉いもち, 穂いもち, 紋枯病, 下葉枯上りは0(無)~5(甚)の6段階分級.

し, 25℃ 2日間催芽した後, 1日間陰干し播種した. 試験は3回反復で行った. 播種深度は約2cmとし土中出芽調査までは水深約5cmの湛水状態を維持した. 出芽率で土中出芽性を評価した. 播種は5月8日, 調査は6月5日に行った.

b) 実験・調査の結果

① 草姿および草型

「クサユタカ」の育成地における一般特性に関する調査結果を表IV-104, 生育調査成績を表IV-105に示した. 移植時の苗丈は「キヌヒカリ」より長く“長”, 葉色は「キヌヒカリ」並の“やや濃”, 葉身の角度は“立”に分級できる. 本田における初期生育は良好で草丈は「キヌヒカリ」より明らかに長く, 葉身は立ち葉幅は広い. その後も草丈は長く葉色は濃く経過するが, 分けつは「キヌヒカリ」よりやや少ない. 止葉は幅が広く長大で直立している. 稈は「キヌヒカリ」より明らかに太く, 「オオチカラ」並の“極太”に稈の剛柔は“剛”に分級される. 稈長は「コシヒカリ」より10cm程短く「キヌヒカリ」よりやや長く“中”, 穂長は「コシヒカリ」より

2cm程, 「キヌヒカリ」より3~4cm程長く“やや長”, 穂数は「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」より明らかに少なく「オオチカラ」並の“少”, 草型は“穂重型”に分級される(写真IV-21参照).

粒着密度は「キヌヒカリ」や「オオチカラ」並の“やや密”に分級される. 稈色および稈先色は“黄白”で稀に極短芒を生じる. 脱粒性は“難”である. 玄米の粒形は「キヌヒカリ」より細長く“やや細長”, 粒大は「キヌヒカリ」より大きく「オオチカラ」に近い“極大”に分級される.

② 早晚性

「クサユタカ」の育成地における出穂期および成熟期を表IV-105に示した. 出穂期は「コシヒカリ」に比べ1, 2日早く, 「キヌヒカリ」に比べ2日程早く寒冷地南部の育成地では“中生の早”に区分される. 成熟期は「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」に比べ3~7日遅く「コチビビキ」並で登熟日数が長いことから育成地では“中生の中”に区分される. 普及予定地帯の大分県などの暖地における熟期は“極早生”で東北地方では“中生の晩”から“晩生”



写真 IV-21 「クサユタカ」の草姿
(左：クサユタカ 右：キヌヒカリ)

の間の熟期となることから東北から九州地方にかけての広い地帯で作付けが可能である。

③ 耐倒伏性

「クサユタカ」の育成地における倒伏程度を表IV-105に示した。育成地における「クサユタカ」の倒伏程度は「コシヒカリ」より明らかに小さく、「キヌヒカリ」並かやや大きく、ほぼ「オオチカラ」並であったことから、両品種と同じ階級の“強”に区分される。「クサユタカ」は穂数が少なく、稈は「オオチカラ」並に太く倒伏に強いので、多肥栽培に向くとみられる。多肥栽培により穂数および一穂重が

著しく増加した場合には、挫折倒伏する可能性がある。そのため施肥量に注意するとともに、高温、乾燥による乾土効果が顕著で生育が旺盛な場合には穂肥を控えるなどの対策が必要である。

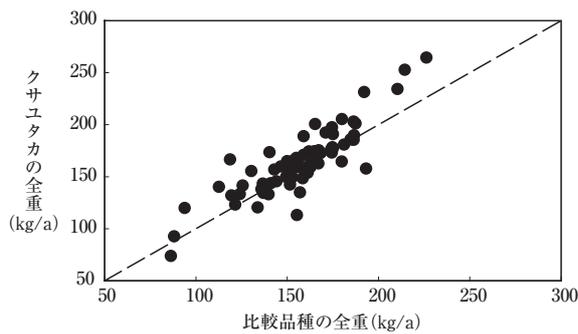
④ 収量

「クサユタカ」の育成地における全重など収量に関する成績を表IV-106に示した。「クサユタカ」の標肥区および多肥区における全重は161.4kg/aおよび171.1kg/aで標準品種の「キヌヒカリ」よりそれぞれ3%および4%重く、「オオチカラ」や「ハバタキ」並か、やや重かった。「クサユタカ」の標肥区および多肥区における精玄米重はそれぞれ70.8kg/aおよび72.9kg/aであり、標準品種の「キヌヒカリ」よりそれぞれ10%および16%重く、超多収品種「オオチカラ」や「ハバタキ」よりも多収であった。「クサユタカ」の精玄米千粒重は標肥区および多肥区ともに35g程度あり、「キヌヒカリ」や「コシヒカリ」より明らかに重く、「オオチカラ」よりはわずかに軽い程度の“極大粒”である。

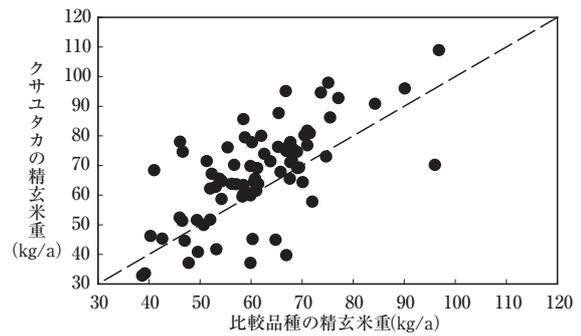
東北地方南部から九州、沖縄に至る広範な地帯で実施した奨励品種決定調査の71試験地における「クサユタカ」と比較品種の全重および精玄米重の比較を図IV-22および図IV-23に示した。「クサユタカ」の全重の平均は164.5kg/a、比較品種の平均は156.8kg/aであり、それに比べ約5%程多収であった。「クサユタカ」の全重の最大値は1997年の福島県農業試験場・会津支場における264.5kg/aであり、倒伏もなく比較品種「アキヒカリ」の226.2kg/aより約17%多収であった。「クサユタカ」の最大精玄米重は1996年の福島県農業試験場・会津支場における108.9kg/aであり、比較品種「ふくひびき」の96.8kg/aより約13%多収であった。

表IV-106 移植栽培における「クサユタカ」と比較品種の収量 (育成地)

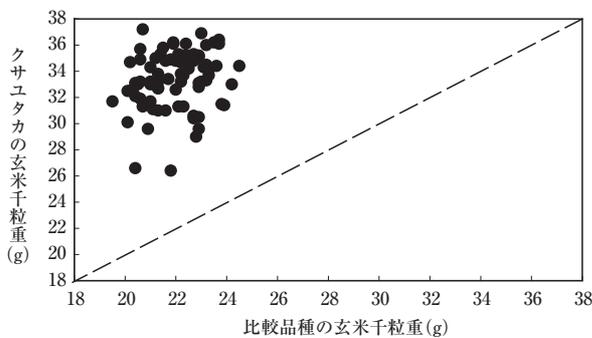
試験年次	施肥水準	品種名	全重 (kg/a)	同左比率 (%)	精玄米重 (kg/a)	同左比率 (%)	屑米重歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米/わら比率 (%)
1996, 2000, 2001	標肥	クサユタカ	161.4	103	70.8	110	0.4	35.0	79.3
		キヌヒカリ	156.1	100	64.2	100	0.5	22.6	69.1
		コチヒビキ	165.3	106	69.6	108	0.6	24.2	72.8
		コシヒカリ	162.7	104	66.7	104	0.7	22.6	69.6
		どんどこい	162.6	104	71.2	111	0.7	22.2	79.0
1993~2001	多肥	クサユタカ	171.1	104	72.9	116	0.8	34.5	72.9
		キヌヒカリ	164.8	100	62.8	100	0.8	21.6	62.7
		コチヒビキ	166.8	101	64.4	103	1.1	23.5	63.9
		オオチカラ	169.6	103	69.9	111	0.6	37.6	70.5
		ハバタキ	162.4	99	67.8	108	2.3	19.7	74.4



図IV-22 配付先における「クサユタカ」と比較品種の全重の比較
 注) 奨励品種決定調査(1994~1997年, 71試験)の結果を示した。
 平均: 北陸168号(クサユタカ)164.5kg/a (105%), 比較品種 156.8kg/a (100%)



図IV-23 配付先における「クサユタカ」と比較品種の精玄米重の比較
 注) 奨励品種決定調査(1994~1997年, 71試験)の結果を示した。
 平均: 「クサユタカ」67.4kg/a (109%), 比較品種 61.6kg/a (100%)



図IV-24 配付先における「クサユタカ」と比較品種の玄米千粒重の比較
 注) 奨励品種決定調査(1994~1997年, 71試験)の結果を示した。
 平均: 北陸168号(クサユタカ)33.4g (152%), 比較品種 22.0g (100%)

図IV-24に配布先における「クサユタカ」の玄米千粒重を示した。「クサユタカ」の平均玄米千粒重は33gであり、これには1995年の福島県農業試験場・冷害試験地における未成熟玄米の測定値も含まれるが、温暖地では30g台前半の場合が多いことから、高温登熟地帯では登熟が不十分となり収量が低下するとみられる。育成地では標肥区と多肥区とも玄米千粒重に大きな差異は認められなかった。しかし、栽培地帯により玄米千粒重に違いが認められたことからみて「クサユタカ」の登熟を良好にする条件の確保に努めることが極大粒の確保につながり安定的に多収を得るのに必要とみられる。

「クサユタカ」は育成地および配付先のいずれの試験地においても多収を示した。それは比較品種に比べ穂長が長く玄米千粒重が重いことに起因すると

みられる。とくに、福島県農業試験場・会津支場のように登熟期間の日射量が多く、気温の日較差のあるような地帯では極大粒の品種でも登熟が良好なことから高い収量性をあげたとみることができる。

⑤ 玄米の粒形および粒大

育成地における「クサユタカ」の玄米の粒長および粒幅を表IV-107, 玄米の粒厚分布を表IV-108に示した。「クサユタカ」の粒長および粒幅は「キヌヒカリ」より明らかに大きく、「オオチカラ」よりやや小さく、粒の長/幅比は「キヌヒカリ」より明らかに大きく、「オオチカラ」とほぼ同じである。これらのことから、粒形は“やや細長”に分級される(写真IV-22)。また「クサユタカ」の粒長×粒幅の値は「キヌヒカリ」より明らかに大きく、粒大は「オオチカラ」とほぼ同じで、“極大”に分級される。さらに、育成地における「クサユタカ」の粒厚は「オオチカラ」と同様に2.2mm以上の粒の割合が高く、粒厚が2.0mm前後の玄米が多い「キヌヒカリ」より粒厚が厚い玄米が多かった。

⑥ 玄米の外観品質および搗精特性

「クサユタカ」の育成地における玄米品質の調査結果を表IV-109に示した。「クサユタカ」の玄米は「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」などに比べ腹白が明らかに多く“多”と判定された。また、乳白および心白が“微”~“少”程度認められ、光沢が少なく品質は「キヌヒカリ」より明らかに劣り、「オオチカラ」並の“下下”に分級される(写真IV-22)。色沢は「オオチカラ」より淡く“中”程度である。

「クサユタカ」の搗精歩合、胚芽残存歩合および

表IV-107 「クサユタカ」の粒形および粒大 (育成地, 2001年)

施肥水準	品種名	粒長(mm)	粒幅(mm)	粒厚(mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅	粒形	粒大
標肥	クサユタカ	6.45	3.12	2.44	2.07	20.10	やや細長	極大
	キヌヒカリ	5.07	2.92	2.11	1.74	14.78	中	中
多肥	クサユタカ	6.48	3.07	2.48	2.11	19.88	やや細長	極大
	キヌヒカリ	5.07	2.88	2.06	1.76	14.61	中	中
	オオチカラ	6.92	3.22	2.59	2.15	22.25	やや細長	極大

注) 1.8mmの縦目篩で選別した玄米20粒について測定した(3反復)。

表IV-108 「クサユタカ」の玄米の粒厚分布 (育成地, 2001年)

施肥水準	品種名	粒厚別重量比率(%)								2.0mm以上	1.8mm以上
		2.2mm以上	~2.1mm	~2.0mm	~1.9mm	~1.8mm	~1.7mm	~1.6mm	1.6mm以下		
標肥	クサユタカ	83.3	8.4	5.0	1.9	1.1	0.2	0.0	0.0	96.7	99.7
	キヌヒカリ	2.2	28.9	44.6	14.1	5.9	2.6	0.9	0.8	75.7	95.7
多肥	クサユタカ	80.0	8.6	6.3	2.8	1.6	0.5	0.2	0.1	94.9	99.3
	キヌヒカリ	0.9	14.0	46.6	21.5	9.8	4.0	1.5	1.8	61.4	92.7
	オオチカラ	85.5	7.7	4.3	1.6	0.6	0.2	0.0	0.1	97.6	99.7

注) 玄米200gを縦目篩選別機で7分間選別した(3反復)。

表IV-109 移植栽培における「クサユタカ」と比較品種の玄米品質 (育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	玄米品質	腹白の多少	心白の多少	乳白の多少	玄米の光沢	玄米の色沢
1996, 2000, 2001	標肥	クサユタカ	9.0	8.1	1.0	1.9	3.0	5.3
		キヌヒカリ	4.1	0.1	2.3	0.9	5.0	5.0
		コチビビキ	5.0	1.8	1.0	1.7	5.0	5.0
		コシヒカリ	4.0	1.0	1.7	1.0	5.0	5.0
		どんとこい	3.9	0.8	1.5	1.1	5.0	5.0
1993~2001	多肥	クサユタカ	8.8	7.4	1.4	1.7	3.6	6.1
		キヌヒカリ	4.1	0.4	1.9	1.0	5.0	5.0
		コチビビキ	5.0	1.7	1.1	2.0	4.8	4.9
		オオチカラ	9.0	8.0	1.3	1.6	3.1	6.7
		ハバタキ	6.9	4.1	3.2	2.1	4.1	5.4

注) 玄米品質は1(上上)~9(下下)の9段階, 腹白, 心白および乳白の多少は0(無)~9(甚)の10段階, 玄米の光沢は3(小)~7(大)の5段階, 玄米の色沢は3(淡)~7(濃)の5段階で示した。



写真IV-22 「クサユタカ」の初および玄米
(左: クサユタカ 右: キヌヒカリ)

精米白度を表IV-110に示した。「クサユタカ」の適搗精時間は「キヌヒカリ」より明らかに短く、玄米が柔らかく搗精時間の短い「オオチカラ」よりもさらに短い。碎米が発生しやすいことから搗精歩合は「キヌヒカリ」よりやや低く、ほぼ「オオチカラ」並で胚芽は取れ易く、適搗精時には胚芽はほとんど残存しない。また、適搗精時における精米白度は「キヌヒカリ」より明らかに高く、ほぼ「オオチカラ」並であり、腹白, 心白, 乳白の影響とみられる。腹白等が発生し易く、玄米が軟らかいため搗精に当たっては碎米が発生しやすい。したがって、搗精時間を短縮するか、酒米用の搗精機などを用いて低圧力で搗精する必要がある。

表IV-110 「クサユタカ」と比較品種の搗精特性 (育成地, 2001年)

品種名	搗精歩合 (%)					胚芽残存歩合 (%)					白度				
	搗精時間 (s)					搗精時間 (s)					搗精時間 (s)				
	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70
クサユタカ	92.0	90.4	88.8	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	37.0	40.9	42.5	-	-
キヌヒカリ	-	91.5	90.9	90.2	89.8	-	2.3	1.0	0.0	0.0	-	32.8	34.4	35.3	36.4
オオチカラ	-	92.1	88.8	86.9	-	-	20.3	4.0	1.0	-	-	12.4	32.6	34.7	-

注) 1) 供試した「クサユタカ」, 「キヌヒカリ」, 「オオチカラ」(生産力検定試験・多肥区)の玄米水分(%)はそれぞれ13.5, 12.6, 14.4, 白度は23.6, 21.5, 22.7であった。
 2) 搗精は試験用搗精機 Kett TP-2型を, 白度は白度計 Kett C-300 を用いて測定した。
 3) □は適搗精時の搗精歩合を示す。

表IV-111 「クサユタカ」の食味 (育成地)

試験年次	品種名	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
1992 (多肥)	クサユタカ	-1.76**	-1.24**	-0.47	-1.35**	-0.41	0.06
	コチビビキ(標肥)	-1.12**	-0.65*	-0.06	-0.88*	-0.41	0.18
1993 (多肥)	クサユタカ	-1.72**	-1.50**	-0.44*	-1.17**	-0.61*	0.17
	オオチカラ	-1.94**	-1.39**	-0.28*	-1.44**	-0.67**	0.56*
	ハバタキ	-1.67**	-1.44**	-0.50*	-1.44**	-0.83**	0.72**
	トヨニシキ(標肥)	-0.67*	0.00	-0.17	-0.56*	-0.56**	0.39*
1994 (多肥)	クサユタカ	-1.09**	-0.91**	-0.48**	-1.00**	0.39	-0.65
	キヌヒカリ	0.43	0.83**	0.22	0.48	0.61**	-0.04
	トドロキワセ	0.09	0.35	0.09	0.00	0.48*	-0.04
	コチビビキ	-0.39	-0.22	-0.09	-0.35	0.00	-0.09
ハバタキ	-1.09**	-0.78**	-0.70**	-1.04**	-0.17	-0.13	
1998 (多肥)	クサユタカ	0.18	-0.27	0.21*	0.16	0.71**	-0.48**
	コシヒカリ(標肥)	0.89**	0.77**	0.50**	0.88**	0.91**	-0.11
2001 (標肥)	クサユタカ	-0.78**	-1.41**	-0.37*	-0.56**	0.52*	-0.67**
	コシヒカリ	1.00**	0.89**	0.52**	1.00**	1.15**	-0.59**
	どんとこい	1.37**	1.15**	0.37*	1.26**	1.08**	-0.59**
	(参)アキヒカリ	-1.52**	-1.11**	-0.74**	-1.22**	-0.70**	0.26
2001 (多肥)	クサユタカ	0.85**	0.73**	0.23*	0.81**	0.81**	-0.50**
	クサユタカ(標肥)	-0.88**	-1.27**	-0.12	-0.42	0.23	-0.62
	オオチカラ	-1.54**	-1.81**	-0.77**	-0.92**	-0.35	0.50**
	ハバタキ	-1.38**	-1.65**	-0.58*	-1.04**	-0.42*	0.15
	コシヒカリ	1.35**	1.12**	0.58**	1.08**	1.04**	-0.73**

注) 1) 基準品種は「ハウネンワセ」とし, 総合評価, 外観, 香り, うま味は+5(同品種より極く優れる)~-5(極く劣る)の11段階, 粘り, 硬さは+3(極く強い, 硬い)~-3(極く弱い, 柔い)の7段階で評価した。
 2) 材料は生産力検定試験産を用いたが, 基準品種「ハウネンワセ」は別途に標準栽培したものを用いた。
 3) *, **は t 検定の結果基準品種との差が5%, 1%水準で有意であることを示す。
 4) 施肥量が同じでも栽培圃場が異なる場合には試験結果を参考データと判断し, (参)で示した。

⑦ 食味および食味関連形質

育成地で実施した「クサユタカ」の食味試験の結果を表IV-111に示した。「クサユタカ」の食味は栽培年次や施肥条件によりやや変動するが, 食味の基準品種「ハウネンワセ」に比較すると, 外観とうま味が劣ることが多い。総合評価は「ハウネンワセ」に劣るが, 食味評価が「中下」の「オオチカラ」よりやや良好であることから「中中」に分級できる。

「クサユタカ」の食味に影響を及ぼすと考えられる白米中のタンパク質含有率とアミロース含有率を表IV-112, 米飯の物理特性を表IV-113に示した。「クサユタカ」のタンパク質含有率は6.5%程度で「オオチカラ」や「ハバタキ」より低く, 「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」並であった。しかし, アミロース含有率は20%程度とやや高めで「コシヒカリ」, 「キ

表IV-112 「クサユタカ」の白米中のタンパク質およびアミロース含有率 (育成地)

試験年次	施肥水準	品種名	タンパク質含有率 (%)	アミロース含有率 (%)
1996, 2000, 2001	標肥	クサユタカ	6.4	20.0
		コシヒカリ	6.1	17.2
		キヌヒカリ	6.3	18.2
		どんとこい	6.1	16.6
		コチビビキ	6.0	20.1
2001	多肥	クサユタカ	6.6	20.0
		コシヒカリ	7.1	17.1
		キヌヒカリ	6.9	18.0
		どんとこい	6.6	16.6
		コチビビキ	6.3	21.2
		オオチカラ	7.6	18.9
		ハバタキ	7.4	18.4

注) 1) タンパク質含有率は近赤外分析法で, アミロース含有率はブランルーベ社製オートアナライザー II 型で測定した。
 2) 数値は試験年次を通算した平均値で示した。

ヌヒカリ], 「オオチカラ」あるいは「ハバタキ」より高く「コチヒビキ」並であった。「クサユタカ」の炊飯米の米飯物性を見ると、「コシヒカリ」に比べ動的弾性率(硬さに相当)が高く, 損失正接(粘りに相当)が低いことから, 炊飯米は硬く粘りが弱いとみられた。冷却後の米飯の動的弾性率の変化は他の品種と大差ないが, 損失正接の増加量が多いことから粘りは弱くなりやすいとみられた。

⑧ いもち病抵抗性

いもち病菌の噴霧接種による真性抵抗性遺伝子の推定結果を表IV-114に示した。「クサユタカ」の各菌株に対する罹病反応から「クサユタカ」は, いもち病真性抵抗性遺伝子*Pia*および*Pik*を持つと推定される。

「クサユタカ」の葉いもち圃場抵抗性の検定を表IV-115に示した。育成地では*Pik*を持つ品種の発病

は少なかったが, *Pik*を持つ品種の中では「クサユタカ」の発病が少なかったことから抵抗性は“やや強”と判定した。北海道農業研究センターの検定では, *Pik*の侵害菌が優越しており, 「クサユタカ」の発病が少ないことから抵抗性は“強”と判定された。しかし, 宮城県古川農業試験場と愛知県農業総合試

表IV-113 「クサユタカ」の米飯の物理特性
(中央農研・米品質評価研究室, 1997)

品種名	動的弾性率(硬さ) (E+05dyn/cm ²)		損失正接(粘り) (×0.1)	
	25°C, 3h	5°C, 24h 増加量	25°C, 3h	5°C, 24h 増加量
	クサユタカ	4.80	3.01	3.46
コシヒカリ	4.33	3.40	3.90	0.09

注) 1) 1997年の育成地産米についてレオログラムマイクロを用いて測定した。

2) 動的弾性率は硬さ, 損失正接は粘りに相当する。

表IV-114 「クサユタカ」のいもち病抵抗性遺伝子型の推定 (育成地, 2001年)

品種名	接種菌株名(コード番号)						推定 遺伝子型
	Kyu89-246 (003)	新83-34 (005)	稲86-137 (007)	TH68-126 (033.1)	TH68-140 (035.1)	24-22-1-1 (037.1)	
クサユタカ	R	R	R	S	R	S	<i>Pia, Pik</i>
新2号	S	S	S	S	S	S	+
愛知旭	S	R	S	S	R	S	<i>Pia</i>
石狩白毛	R	S	S	R	S	S	<i>Pii</i>
関東51号	R	R	R	S	S	S	<i>Pik</i>
あきたこまち	R	R	S	R	R	S	<i>Pia, Pii</i>
サカキモチ	R	R	R	S	R	S	<i>Pia, Pik</i>
ヒデコモチ	R	R	R	R	S	S	<i>Pii, Pik</i>
つがるおとめ	R	R	R	R	R	S	<i>Pii, Pia, Pik</i>

注) 噴霧接種による。表中のSは罹病性反応, Rは抵抗性反応を示す。

表IV-115 「クサユタカ」の葉いもち圃場抵抗性

品種名	推定 遺伝子型	育成地		北海道農研		古川農試		福島農試・ 相馬支場		愛知農総試・ 山間農研		総合 判定
		1999~2001年		1997年		1994年		1998, 2001年		1999, 2000年		
		発病 程度	判定	発病 指数(%)	判定	発病 程度	判定	発病 程度	判定	発病 程度	判定	
クサユタカ	<i>Pia, Pik</i>	0.6	やや強	27.1	強	5.1	中	0.9	中	4.9	中	中
ヒメノモチ	<i>Pik</i>	-	-	-	-	2.6	強	0.1	強	-	-	強
タツミモチ	<i>Pik</i>	1.2	強	-	-	-	-	0.5	強	2.3	強	強
マンゲツモチ	<i>Pik</i>	1.1	中	-	-	-	-	0.7	中	-	-	中
でわのもち	<i>Pik</i>	-	-	-	-	6.5	やや弱	0.7	やや弱	-	-	やや弱
クサブエ	<i>Pik</i>	1.8	弱	-	-	7.2	弱	1.2	弱	5.4	弱	弱
トドロキワセ	<i>Pii</i>	2.1	強	63.4	中	-	-	-	-	-	-	強
ヨネシロ	<i>Pii</i>	-	-	74.4	やや弱	-	-	-	-	-	-	やや強
藤坂5号	<i>Pii</i>	-	-	77.3	やや弱	-	-	-	-	-	-	中
あさあけ	<i>Pii, Pia</i>	-	-	98.2	弱	-	-	-	-	-	-	弱
トヨニシキ	<i>Pia</i>	1.8	強	-	-	-	-	-	-	-	-	強
日本晴	+	3.0	中	-	-	-	-	-	-	5.9	中	中
コシヒカリ	+	3.8	弱	-	-	-	-	-	-	7.1	弱	弱

注) 発病程度は0(無)~10(完全枯死)の11段階で示した(農水省の葉いもち抵抗性調査基準による)。ただし, 北海道農研は除く。

験場・山間農業研究所では*Pik*を持つ品種の中で発病が多く認められたことから“中”，福島県農業試験場・相馬支場では*Pik*を持つ品種の発病が少なかったが「マンゲツモチ」並の“中”と判定された。総合的に判断すると、「クサユタカ」の葉いもち圃場抵抗性は“中”と判定できる。

「クサユタカ」の穂いもち圃場抵抗性の検定を育成地，福島県農業試験場・相馬支場，茨城県農業総合センター・生物学研究所，愛知県農業総合試験場・山間農業研究所および島根県農業試験場・中山間地域研究センターで行い，その結果を表IV-116に示した。「クサユタカ」の抵抗性は育成地および茨城県農業総合センター・生物学研究所では「マンゲツモチ」よりやや強く“やや強”と判定した。しかし，愛知県農業総合試験場・山間農業研究所では“やや弱”，発病の少なかった福島県農業試験場・相馬支場および島根県農業試験場・中山間地域研究センターでは“中”および“やや強”とそれぞれ判定され，検定場所により判定が多少異なった。しかし，判定結果を総合的に判断すると，「クサユタカ」の穂いもち圃場抵抗性は“中”と判定できる。

⑨ 白葉枯病抵抗性

「クサユタカ」の白葉枯病抵抗性の検定を長野県南信農業試験場，島根県農業試験場および宮崎県総合農業試験場で行い，それらの結果を表IV-117に

示した。「クサユタカ」の抵抗性は「コシヒカリ」や「トドロキワセ」より弱いことから“やや弱”と判断される。

⑩ 紋枯病抵抗性

「クサユタカ」の紋枯病抵抗性の検定を鹿児島県農業試験場で行い，その結果を表IV-118に示した。「クサユタカ」の抵抗性は「コシヒカリ」より弱く，「ひとめぼれ」並であることから“やや弱”と判断される。

⑪ 縞葉枯病抵抗性

「クサユタカ」の縞葉枯病抵抗性の検定を埼玉県農林総合研究センター，愛知県農業総合試験場および近畿中国四国農業研究センター・稲育種研究室で行い，その結果を表IV-119に示した。「クサユタカ」は縞葉枯病抵抗性遺伝子を持たない「日本晴」や「コシヒカリ」などと同様に発病が認められることから「クサユタカ」は縞葉枯病に対して“罹病性”と判定される。したがって，母親「中国105号」に由来する縞葉枯病抵抗性遺伝子は欠落したものとみられる。

⑫ ツマグロヨコバイ抵抗性

「クサユタカ」のツマグロヨコバイ抵抗性の検定を当研究センター虫害研究室で行い，その結果を表IV-120に示した。「クサユタカ」においては，幼虫の生存率が高く2齢到達率も高いことから母親「中

表IV-116 「クサユタカ」の穂いもち圃場抵抗性

品種名	推定 遺伝子型	育成地			福島農試・相馬支場			茨城農総セ・生工研			愛知農総試・山間農研			島根農試・中山間			総合 判定
		1995~2001年			1998, 2001年			1995, 1998, 2000年			1996, 1999, 2000年			1995年			
		出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	出穂期 (月.日)	発病 程度	判定	
クサユタカ	<i>Pia, Pik</i>	8.14	3.9	やや強	8.17	0.9	中	8.20	2.5	やや強	8.16	5.8	やや弱	9.2	1.5	やや強	中
タツミモチ	<i>Pik</i>	-	-	-	-	-	-	(8.4)	(4.8)	強	(8.5)	(2.1)	強	-	-	-	強
ヒメノモチ	<i>Pik</i>	-	-	-	8.6	0.2	強	(8.8)	(6.0)	強	-	-	-	8.24	0.0	強	強
び系91号	<i>Pik</i>	-	-	-	8.9	0.6	強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	強
でわのもち	<i>Pik</i>	-	-	-	8.12	0.5	中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	中
マンゲツモチ	<i>Pik</i>	8.15	4.5	中	-	-	-	8.23	4.1	中	8.21	3.1	中	-	-	-	中
たちほなみ	<i>Pik</i>	-	-	-	8.10	1.5	弱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	弱
クサブエ	<i>Pik</i>	-	-	-	-	-	-	8.25	5.2	弱	8.19	3.5	弱	-	-	-	弱
トヨニシキ	<i>Pia</i>	-	-	-	8.11	3.4	強	-	-	-	8.13	7.0	強	-	-	-	強
コチヒビキ	<i>Pia</i>	8.17	4.6	やや強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	やや強
ニホンマサリ	<i>Pia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.29	2.3	やや強	やや強
トドロキワセ	<i>Pii</i>	-	-	-	-	-	-	(8.4)	(6.6)	強	8.10	7.1	強	8.27	1.3	強	強
どんとこい	<i>Pii</i>	8.15	4.1	やや強	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	やや強
キヌヒカリ	<i>Pii</i>	8.14	4.2	中	-	-	-	(8.6)	(6.5)	弱	-	-	-	-	-	-	中
イナバワセ	<i>Pii</i>	-	-	-	-	-	-	8.25	3.4	中	8.10	9.6	弱	-	-	-	弱
日本晴	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.19	6.4	中	-	-	-	中
コシヒカリ	+	8.14	5.9	やや弱	8.20	4.7	やや弱	-	-	-	8.13	8.7	やや弱	8.27	6.8	やや弱	やや弱

注) 1) 発病程度は0(罹病無し)~10(全穂穂いもち)の11段階で示した(農水省の穂いもち抵抗性調査基準による)。

2) 出穂期が大きく異なり，発病程度を直接比較することが困難な場合には，()付きで示した。

表IV-117 「クサユタカ」の白葉枯病圃場抵抗性

品種名	長野南信農試			島根農試			宮崎総農試			総合判定
	1995, 1998, 2000, 2001年			1999, 2001年			1994, 1999年			
	出穂期 (月・日)	発病 程度	判定	出穂期 (月・日)	発病 程度	判定	出穂期 (月・日)	発病 程度	判定	
クサユタカ	8.18	2.0	やや弱	8.23	5.5	やや弱	8.28	4.9	やや弱	やや弱
あそみのり	-	-	-	-	-	-	8.28	1.8	強	極強
ウズシオ	-	-	-	-	-	-	9.4	2.5	やや強	強
コシヒカリ	8.14	1.3	やや強	8.20	2.0	やや強	8.24	4.8	中	やや強
日本晴	-	-	-	-	-	-	8.23	4.0	中	やや強
トドロキワセ	8.10	1.1	中	-	-	-	-	-	-	中
ヤマビコ	-	-	-	8.29	5.7	やや弱	-	-	-	やや弱
クジュウ	-	-	-	-	-	-	8.26	4.9	やや弱	やや弱
大空	-	-	-	8.21	6.0	弱	-	-	-	弱
秋晴	8.24	2.4	弱	-	-	-	-	-	-	弱
金南風	-	-	-	-	-	-	9.2	5.6	弱	弱

注) 1) 発病程度は0(病徴なし)~10(全葉が枯死する)の11段階による。ただし、島根農試は0(病徴なし)~9(全葉が枯死する)の10段階による。
 2) 宮崎総農試の出穂期は1994年の値である(1999年に欠測値があるため)。

表IV-118 「クサユタカ」の紋枯病抵抗性
(鹿児島農試, 2001年)

品種名	出穂期 (月・日)	病斑 高率	発病株の 被害度	発病 株率	全体の 被害度	判定
クサユタカ	7.26	45	41	82	34	やや弱
コシヒカリ	7.17	51	50	58	30	中
ひとめぼれ	7.22	46	43	73	32	やや弱
Te-tep	7.31	7	1	2	0	強
WSS2	8.2	32	19	45	8	強
WSS3	7.31	20	10	32	5	強

注) 調査は以下のように羽柴式被害度の調査法に準じて行った。
 病斑高率=(最上位病斑高/発病株の草丈)×100
 発病株の被害度=1.62×病斑高率-32.4
 発病株率=(発病株数/調査株数)×100
 全体の被害度=(発病株の被害度×発病株率)×100

表IV-119 「クサユタカ」の縞葉枯病抵抗性

品種名	埼玉農総研セ 1999年		愛知農総研 2001年		近中四農研 1999, 2000年		総合 判定
	発病 株率 (%)	判定	判定	判定	発病 株率 (%)	判定	
クサユタカ	3.3	罹病性	罹病性	罹病性	43.7	罹病性	罹病性
コシヒカリ	1.7	罹病性	罹病性	罹病性	76.9	罹病性	罹病性
キヌヒカリ	1.7	罹病性	-	-	-	-	罹病性
日本晴	-	-	-	-	76.9	罹病性	罹病性
中国31号	-	-	-	-	8.7	抵抗性	抵抗性

表IV-120 「クサユタカ」のツマグロヨコバイ抵抗性
(中央農研・北陸研究センター・虫害研究室, 2001年)

品種名	生存率(%)	2齢到達率(%)	判定
クサユタカ	96	96	感受性
中国105号	14	0	抵抗性
オオチカラ	94	94	感受性
夢十色	16	0	抵抗性
キヌヒカリ	94	94	感受性
コシヒカリ	96	96	感受性
ハバタキ	16	10	抵抗性

注) 各品種10株ずつ(クサユタカは20株)を用い、芽出し苗検定を行った。
 生存率: ふ化8時間以内の1齢幼虫を5頭/株を放飼した時の4日後の生存した虫の割合
 2齢到達率: 放飼した虫のうち、2齢まで達した虫の割合

表IV-121 「クサユタカ」の穂発芽性

品 種 名	育成地(多肥区) 1996~2001年		福井農試 1999, 2001年		総合 判定
	指数	判定	発芽 歩合(%)	判定	
クサユタカ	5.9	やや易	46.0	やや易	やや易
コシヒカリ	3.6	やや難	7.0	難	難
どんとこい	5.3	中	27.5	中	中
コチヒビキ	4.5	中	-	-	中
ハバタキ	5.6	やや易	-	-	中
キヌヒカリ	5.3	中	33.0	やや易	やや易
オオチカラ	7.3	易	-	-	易

注) 1) 育成地では成熟期に標本採取, 5℃で貯蔵後, 28℃, 湿度100%の穂発芽検定器に1週間置床後, 観察により2(極難)~8(極易)の7段階に分級した。
 2) 福井農試では、穂を流水に浸し、10日目の発芽歩合を示した。

国105号」に由来するツマグロヨコバイ抵抗性は保持していないと判断される。

⑬ 穂発芽性

「クサユタカ」の育成地および福井県農業試験場における穂発芽性の検定結果を表IV-121に示した。「クサユタカ」の穂発芽の程度は「ハバタキ」よりやや多く、「オオチカラ」よりやや少なく「キヌヒカリ」並であることから“やや易”と判断される。

⑭ 障害型耐冷性

「クサユタカ」の育成地ならびに宮城県古川農業試験場、福島県農業試験場・冷害試験地、および福井県農業試験場における検定結果を表IV-122に示

した。穂孕期における耐冷性の検定では「クサユタカ」の不稔歩合は障害型耐冷性が「どんとこい」、「農林21号」および「ササニシキ」並の高い不稔歩合であることから「クサユタカ」の障害型耐冷性は“弱”と判断される。また、開花期の耐冷性の検定では「クサユタカ」の不稔歩合は「初星」あるいは「ミョウジョウ」並の高い不稔歩合であることから“弱”と判断される。

⑮ 直播栽培適性

転び型倒伏抵抗性：「クサユタカ」の転び型倒伏抵抗性の検定を育成地および宮崎県総合農業試験場で行い、それらの結果を表IV-123に示した。「クサ

表IV-122 「クサユタカ」の障害型耐冷性

品 種 名	穂孕期耐冷性												開花期耐冷性		
	育成地			宮城・古川農試			福島農試・冷害試験地			福井農試			総合判定	福井農試	
	1997~2001年			1995, 1999, 2000年			1995, 2001年			2000, 2001年				1994年	
	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	出穂期 (月・日)	不稔程度 (1-10)	判定	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	出穂期 (月・日)	不稔歩合 (%)	判定	判定	不稔歩合 (%)	判定
クサユタカ	8.15	93.9	弱	8.25	9.9	弱	8.28	72.2	弱	8.15	99.5	弱	弱	88.7	弱
コシヒカリ	8.15	31.1	極強	8.28	5.0	極強	8.26	27.3	極強	8.16	48.5	極強	極強	23.3	極強
トドロキワセ	-	-	-	8.13	4.4	極強	-	-	-	8.4	55.5	極強	極強	51.0	極強
オオトリ	-	-	-	8.19	5.6	強	-	-	-	-	-	-	強	-	-
ホウレイ	-	-	-	9.2	6.1	強	-	-	-	-	-	-	強	-	-
大空	8.17	63.0	やや強	9.1	8.1	やや強	8.28	44.4	やや強	-	-	-	やや強	-	-
コガネヒカリ	-	-	-	8.20	7.1	やや強	-	-	-	-	-	-	やや強	-	-
初星	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.4	69.5	やや強	やや強	87.7	弱
ヤマヒカリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.24	59.5	やや強	やや強	73.7	やや弱
キヌヒカリ	8.17	70.1	中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	中	-	-
アキホマレ	-	-	-	8.19	8.1	中	-	-	-	-	-	-	中	-	-
トヨニシキ	-	-	-	8.20	8.9	やや弱	-	-	-	-	-	-	やや弱	-	-
どんとこい	8.20	90.8	弱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	弱	-	-
農林21号	-	-	-	8.26	9.6	弱	8.28	75.7	弱	-	-	-	弱	-	-
ササニシキ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.7	92.0	弱	弱	76.2	やや弱
ミョウジョウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.3	100.0	弱	弱	85.6	弱
トワダ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.31	93.0	弱	弱	72.4	やや弱

- 注) 1) 育成地では極早生の幼穂形成期から晩生の出穂期まで水温約19℃の冷水を掛け流しした(水深約15cm)。
 2) 古川農試は不稔程度を達観で調査し、1(不稔歩合0~10%)~10(同90~100%)で示した。
 3) 福島農試・冷害試験地では冷水掛け流し法で検定した。
 4) 福井農試の穂孕期耐冷性検定は恒温深水水槽(水温19℃, 水深25cm), 開花期耐冷性は人工気象室において出穂日より15℃で、7日間処理で検定した。

表IV-123 「クサユタカ」の転び型倒伏抵抗性

品 種 名	育成地			宮崎総農試				総合判定
	2000, 2001年			2001年				
	出穂期 (月・日)	抵抗値 (g/本)	判定	出穂期 (月・日)	押し倒し抵抗値	倒伏指数	判定	
クサユタカ	8.9	187	強	8.13	0.50	2.05	強	強
コシヒカリ	8.7	104	中	-	-	-	-	中
キヌヒカリ	8.7	116	中	-	-	-	-	中
どんとこい	8.3	126	やや強	8.5	0.42	4.51	やや強	やや強
オオチカラ	8.12	182	強	-	-	-	-	強
M302	8.9	143	やや強	-	-	-	-	やや強
関東PL12	8.7	263	極強	-	-	-	-	極強
日本晴	-	-	-	8.13	0.23	7.39	やや弱	やや弱

- 注) 1) 育成地では材料を表面散播し、出穂後に倒伏試験器を用いて調査し、押し倒し抵抗値(g/本)を示した。
 2) 宮崎総農試：倒伏指数=(m当たり穂数×稈長)/(押し倒し抵抗値×5000)

ユタカ」の転び型倒伏抵抗性は「どんとこい」より強く、「オオチカラ」並の“強”と判断される。「クサユタカ」の転び型倒伏抵抗性は作物研究所が育成した転び型倒伏抵抗性の中間母本「関東PL12」には及ばないが、一般に普及している品種の中では最も強い。

土中出芽性：「クサユタカ」の土中出芽性の検定を育成地で行い、その結果を表IV-124に示した。「クサユタカ」の土中出芽性は一般品種と大差なく“中”と判断される。

低温発芽性、低温出芽性および低温苗立性：「クサユタカ」の低温発芽性は茨城県農業総合センター・生物学研究所、低温出芽性は北海道上川農業試験場と茨城県農業総合センター・生物学研究所、低温苗立性は北海道上川農業試験場で行い、それらの結果を表IV-125に示した。「クサユタカ」の低温発

芽性は「どんとこい」より劣り“やや弱”，低温出芽性は「きたいぶき」や「どんとこい」並の“中”，低温苗立性は「あきたこまち」や「キヌヒカリ」並の“中”と判断される。

4) 稲発酵粗飼料の飼料的評価

(1) 稲発酵粗飼料としての栄養収量

a) 材料および方法

① 移植栽培

2000年には超多収品種「クサユタカ」, 「オオチカラ」および「ハバタキ」, 2001年には「クサユタカ」と「ハバタキ」を生産力検定試験の多肥区に準じて本場水田で栽培した。基肥としてN, P₂O₅, K₂O各成分量0.6kg/a, 追肥はNおよびK₂O成分量0.3kg/aおよび0.41kg/aを施用した。試験は2反復の乱塊法で行い、1区当たり面積は5.0m²とした。2000年には成熟期に刈り取り、稲わら、籾殻、玄米に分別し、稲わらの飼料成分の分析と可消化養分総量 (TDN) の推定を東北農業研究センター・飼料生産研究室に依頼した。2001年には黄化籾が50%程度に達した黄熟期に刈り取り、栄養成分の分析を畜産草地研究所・飼料調製研究室に依頼した。稲わらの可消化養分総量 (TDN) の推定は、稲わらを含む乾草を綿羊に給餌する消化試験により実測された小川ら (1987) の回帰式 $Y=16.651+1.494X-0.012X^2$ (Y:TDN含有率, X:OCC (細胞内容物質の有機物) +Oa (高消化性繊維)) によって行った。粗玄米のTDN値は日本標準飼料成分表 (農林水産技術会議事務局,

表IV-124 「クサユタカ」の土中出芽性

品種名	2001年	
	出芽率 (%)	判定
クサユタカ	9.0	中
コシヒカリ	13.7	中
キヌヒカリ	7.7	中
どんとこい	4.3	中
オオチカラ	4.0	中
Arroz da Terra	68.7	極良
Dunghan Shali	41.3	極良
Ta Hung Ku	53.3	極良

注) 土中出芽性の検定は圃場において催芽籾をテープシーダーを用いて、深さ2cmに播種した。

表IV-125 「クサユタカ」の低温発芽性・低温出芽性・低温苗立性

品種名	低温発芽性		低温出芽性				低温苗立性	
	茨城農総セ・生工研		上川農試		茨城農総セ・生工研		上川農試	
	2001年		2001年		2001年		2001年	
	発芽率 (%)	判定	出芽率 (%)	判定	発芽率 (%)	判定	苗立率 (%)	判定
48日後		28日目		48日後		28日目		
クサユタカ	7	やや弱	34	中	33	中	21.0	中
Italica Livorno	-	-	78	強	-	-	91.0	強
Ta Hung Ku	-	-	62	強	-	-	66.0	強
あきたこまち	-	-	68	やや強	-	-	22.0	中
緑育 PL1	-	-	52	やや強	-	-	75.0	強
Arroz da Terra	-	-	46	やや強	-	-	92.0	強
きたいぶき	-	-	42	中	-	-	26.0	弱
どんとこい	74	強	-	-	50	中	-	-
ハバタキ	-	-	28	弱	-	-	2.0	弱
キヌヒカリ	-	-	22	弱	-	-	23.0	中

注) 1) 茨城農総セの低温発芽性の検定は0.8%の寒天培地中に埋め込み、10℃の恒温器で検定した。

2) 上川農試の低温出芽性の検定は、庫内を15℃に設定したプレハブ恒温器内に条播育苗箱を静置した。

(6時間照明, 18時間暗黒, 湿田区, 播種深度1cm)。

3) 茨城農総セの低温出芽性の検定は床土に粒状培土を用い、2cmの覆土をし、灌水し、15℃の恒温恒湿器で検定した。

4) 上川農試の低温苗立性の検定は、温室内で平均水温13.4℃, 水深5cm, 27日間冷水掛け流し処理した。

表IV-126 「クサユタカ」の成熟期における稲わらの飼料成分

品種名	乾物中含量(%)										
	乾物率 (%)	粗蛋白質 (CP)	粗脂肪 (EE)	酸性デター ジェント繊維 (ADF)	リグニン	ケイ酸	粗灰分 (CA)	細胞壁 物質 (OCW)	低消化 性繊維 (Ob)	中生デター ジェント繊維 (NDF)	可消化 養分総量 (TDN)
クサユタカ	92.2	3.4	1.4	40.9	4.4	11.2	16.8	68.2	61.0	66.1	37.0
オオチカラ	92.0	3.5	1.4	41.9	5.1	11.3	15.4	68.0	60.9	66.0	38.6
ハバタキ	91.2	3.9	1.1	38.5	3.9	10.2	18.1	64.5	52.0	61.6	44.9

注) 1) 2000年の生産力検定試験・多肥区を成熟期に刈り取り、稲わら、籾殻、玄米に分け、稲わらについて東北農業研究センター飼料生産研究室に分析を依頼した。

2) TDNの推定は、小川ら(1987)の回帰式によって行った。

表IV-127 「クサユタカ」の成熟期における乾物重と可消化養分総量(TDN)

品種名	乾物重(kg/a)				わら重比率 (A/B, %)	可消化養分総量(TDN)			TDN収量	
	わら重 (A)	籾殻重	粗玄米重	計 (B)		稲わら (%)	籾殻 (%)	粗玄米 (%)	乾物 (%)	乾物 (kg/a)
クサユタカ	76.6	15.5	69.7	161.7	47.3	37.0	0.0	94.3	58.1	94.0
オオチカラ	73.1	15.0	66.9	155.0	47.2	38.6	0.0	94.3	58.9	91.3
ハバタキ	62.6	20.1	69.5	152.1	41.1	44.9	0.0	94.3	61.5	93.6

注) 1) 2000年の生産力検定試験・多肥区における成績である。

2) 稲わらのTDN値は、表IV-126の値を用いた。

3) 粗玄米のTDN値は日本標準飼料成分表の値を用いた。

1995)の値を用いた。籾殻は消化されないこととした。

② 直播栽培

1999～2001年には明治圃場において「クサユタカ」、「オオチカラ」および「ハバタキ」を標準品種「キヌヒカリ」とともに、4月下旬(4月26日～4月27日)に催芽籾を湛水表面散播(落水播種)した。播種量は160粒/m²(品種ごとに異なり0.4～0.5kg/a)、標肥栽培に準じて基肥としてN、P₂O₅、K₂O各成分量で0.3kg/a、追肥はN、P₂O₅、K₂O各成分量で0.3、0.1、0.37(1999年は0.47)kg/aを施用し、1区面積は11.0m²、2反復で生産力検定試験に準じて栽培した。黄熟期に収穫し、TDN含有率の分析は畜産草地研究所・飼料調製研究室に依頼した。

b) 実験・調査の結果

① 移植栽培

2000年に育成地で多肥栽培した「クサユタカ」の成熟期における稲わらの飼料成分および乾物重とTDNを表IV-126および表IV-127に示した。「クサユタカ」の稲わら乾物中のTDNは37%で、「ハバタキ」より低く「オオチカラ」並であった。「クサユタカ」の乾物重は161.7kg/aで、「オオチカラ」や「ハバタキ」より重く、乾物重に占める稲わらの比率は「オオチカラ」並の47%で、「ハバタキ」より高かった。



写真IV-23 黄熟期における「クサユタカ」の草姿 (育成地, 2001年)

稲わらのTDN値と日本標準飼料成分表の粗玄米のTDN値から「クサユタカ」の成熟期におけるTDNを求めたところ、乾物重の約58%で、TDN収量(乾物)は94.0kg/aであった。

2001年に育成地で多肥栽培した「クサユタカ」の黄熟期における生育(写真IV-23)と、風乾物重およびTDN収量を表IV-128と表IV-129に示した。「クサユタカ」および標準品種「ハバタキ」の生育は平年並みであったが、黄熟期における「クサユタカ」の風乾物重(乾物重は欠測)は179.4kg/aで、「ハバタキ」より重くTDNは59.8%で、成熟期におけるTDNよりやや高い値を示した。そして、TDN収量(乾物)は98.3kg/aで、「ハバタキ」より6%ほど多収

表IV-128 「クサユタカ」の黄熟期における生育特性 (育成地, 2001)

品種名	出穂期 (月・日)	黄熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	障害の多少(0~5)				脱粒性
						倒伏程度	葉いもち	穂いもち	紋枯病	
クサユタカ	8.1	9.2	85	22.0	297	0.0	0.0	0.0	0.0	難
ハバタキ	8.3	9.7	77	24.8	275	0.0	0.0	0.0	0.0	やや難

注) 1) 2001年生産力検定試験試験多肥区と同じ条件(ただし, 栽培圃場が異なる)で栽培し, 黄熟期に収穫した。

2) 黄熟期は黄化初が50%程度に達した日とした。

3) 倒伏程度, 葉いもち, 穂いもち, 紋枯病は, 0(無)~5(甚)の6段階評価である。

表IV-129 「クサユタカ」の黄熟期における風乾物重と可消化養分総量

品種名	黄熟期				稲発酵粗飼料		
	風乾物重 (kg/a)	同左比率 (%)	初重 (kg/a)	同左比率 (%)	可消化養分総量(TDN)		同左比率 (%)
					(乾物%)	(乾物 kg/a)	
クサユタカ	179.4	108	94.8	107	59.8	98.3	106
ハバタキ	165.4	100	88.4	100	59.6	92.6	100

注) 1) 2001年生産力検定試験試験多肥区と同じ条件(ただし, 栽培圃場が異なる)で栽培し, 黄熟期に収穫した。

2) 黄熟期は黄化初が50%程度に達した日とした。

3) TDNは小川ら(1987)の回帰式から推定した値である(畜産草地研究所飼料調製研究室に依頼)。

であった。

日本標準飼料成分表によると, イネの乳熟期, 糊熟期, 黄熟期におけるTDN(サイレージ, 牛, 乾物中)はそれぞれ48.7, 54.6, 55.8%, 黄熟期のトウモロコシが65.9%, 一番草の出穂期におけるオーチャードグラス, イタリアンライグラス, チモシー, アルファルファ, アカクローバーでは56.5, 57.6, 57.8, 55.6, 58.1%であることから, 「クサユタカ」のTDNは主要な牧草の一番草の出穂期におけるTDNに匹敵する高い栄養価があるとみられた。

福見ら(1979)は水稻の登熟時期別の稲発酵粗飼料としての品質および飼料価値を去勢羊を用いて検討し, 品質としては糊熟期が最高で, 次いで黄熟期が良く, TDNとしては糊熟期から完熟期の時期が60%前後であり, ソルガムのサイレージに優る飼料価値を示し, TDN収量(乾物)は黄熟期, 完熟期, 糊熟期の順に低下した。したがって, 稲発酵粗飼料の詰め込み時期としては, 糊熟期から黄熟期までが適期とみられた。箭原ら(1981)が行った去勢羊を用いた消化試験では, 糊熟期のTDN含有率は55%であったが, 成熟期には61%に増加し, TDN収量も同様に登熟が進むと増加する傾向が認められた。しかし, 肉用牛(日本短角種)へのサイレージの給与試験では, 登熟が進むと子実の不消化排泄が多くなり, 乾燥して給与するとサイレージよりも多く排泄されるようになる。したがって, 稲発酵粗飼料として利用する場合, 収穫適期は糊熟期初期から糊熟期後期(黄熟期)が適当と考えられた。

育成地では「クサユタカ」の黄熟期におけるTDNは, 成熟期よりやや高い結果が得られており, 先述の報告と同様の傾向が認められた。したがって, 「クサユタカ」の収穫適期は, 子実の不消化排泄も考慮すると黄熟期頃と考えられる。

② 直播栽培

1999~2001年に直播栽培した「クサユタカ」の生育と黄熟期における風乾物重(乾物重は欠測)を表IV-130に, 2001年のTDN収量を表IV-131に示した。4月下旬に催芽初を湛水表面散播したが, 「クサユタカ」の苗立ち率は50%台で, 「オオチカラ」よりは高かったが, 「キヌヒカリ」より明らかに低く, 「ハバタキ」よりも低かった。いずれの品種においても, 倒伏はほとんど認められず, 黄熟期における風乾物重に関しては, 品種間に大きな差異は認められなかった。黄熟期における「クサユタカ」のTDNは59.7%であり, 移植栽培とほぼ同じであった。

「クサユタカ」のTDN収量は「ハバタキ」よりもわずかに低かったが, 「ハバタキ」は「クサユタカ」より脱粒しやすいことから, 実際の稲発酵粗飼料として収穫する場合には, 収穫作業機械によって落下する初が多く, 脱落初が翌年発芽する危険性も高く, 「ハバタキ」が必ずしも優れているとは言えない。「クサユタカ」は脱粒し難く脱落初が発芽能力が低いうえに大粒である。このため, 収穫作業機械によって初に傷が付きやすく, 家畜の胃での消化性は良いとみられる。したがって, 直播栽培における

表IV-130 直播栽培における「クサユタカ」の生育と黄熟期における風乾物重

品種名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	黄熟期 風乾物重 (kg/a)	同左 比率 (%)	苗立 ち率 (%)	障害の多少(0~5)				脱粒性 (2~8)
								倒伏 程度	葉い もち	穂い もち	紋枯病	
クサユタカ	8.2	72	19.2	361	142.1	102	54.2	0.2	0.0	0.0	0.0	3.0
キヌヒカリ	8.3	67	16.5	497	139.2	100	70.0	0.2	0.0	0.0	0.0	3.0
ハバタキ	8.4	72	21.9	352	143.8	103	64.2	0.0	0.0	0.3	0.0	4.3
オオチカラ	8.3	78	20.5	420	135.0	97	42.9	0.2	0.0	0.0	0.0	3.0

注) 1) 中央農業総合研究センター明治圃場(新潟県中頸城郡頸城村)において、標肥栽培し、黄熟期に収穫した。

2) 耕種概要は以下のとおりである(次表も同じ)。

播種日: 4月26日~4月27日, 播種量0.4~0.5kg/a(160粒/m²で, 品種ごとに異なる), 基肥量(N・P₂O₅・K₂O 各成分, kg/a):0.3・0.3・0.3, 追肥量(同左):0.3・0.1・0.37(1999年は0.47), 反復数は2で, 催芽糶を湛水表面散播した。

3) 数値は試験年次を通算した平均値で示した(次表も同じ)。

4) 倒伏程度, 葉いもち, 穂いもち, 紋枯病は0(無)~5(甚)の8段階分級, 脱粒性は2(極難)~8(極易)の7段階分級。

表IV-131 直播栽培における「クサユタカ」の黄熟期における可消化養分総量

品種名	風乾物重 (kg/a)	同左比率 (%)	TDN(可消化養分総量) 稲発酵粗飼料		同左比率 (%)
			(乾物%)	(乾物 kg/a)	
クサユタカ	158.1	95	59.7	87.1	96
ハバタキ	167.1	100	59.4	91.1	100
オオチカラ	155.2	93	58.8	85.4	94

注) TDNは小川ら(1987)の回帰式から推定した値である(畜産草地研究所飼料調製研究室に依頼)。

TDN収量は移植栽培よりやや劣るが, 粗飼料の低コスト生産に向け直播栽培も可能と考えられる。

(2) 飼料評価

a) 材料および方法

1998年より稲発酵粗飼料向き品種の選定を開始し, 大分県農業技術センター・水田利用部・久住試験地および大分県畜産試験場に「クサユタカ」の現地実証試験を依頼した。現地試験圃は大分県直入郡久住町大字白丹(標高600m)に設置し, 播種期および移植期は4月27日および5月25日とし, 稚苗を側条施肥田植機を用いて移植した。栽植密度は19株/m²とし, 窒素施肥量は基肥と穂肥, それぞれ0.6および0.3kg/a(「ホシユタカ」のみ0.4kg/a)とした。刈取りはロータリーモア(I社), 反転・集草はテッター(I社), 梱包は乗用型ロールベラ(I社, 作業幅800mm), ラッピングはラップマシン(T社, ロール寸法Φ470×650mm)を用いて行い, ホールクロップサイレージ(WCS)を作成した。WCSの一般成分組成および栄養価, 有機酸組成を分析するとともに繁殖牛にWCSを給与し, 飼料評価を行った。

b) 実験・調査の結果

普及見込み地帯における「クサユタカ」の生育特

性, 乾物重および栄養価を表IV-132および表IV-133に示した。大分県では収量目標を収穫時の乾物重で200kg/a, 最低でも150kg/aとし, 稲発酵粗飼料には乾物率35%程度が良いとされていることから, 生草重では450kg/a以上を目標として設定していた。しかし, 黄熟期における「クサユタカ」の生草重は約550kg/aとなり, 目標生草重である450kg/a以上となった。「クサユタカ」は同熟期の「ハバタキ」に比べ収量は低かったが, 稈質および脱粒性で優れていた。稲発酵粗飼料として「クサユタカ」の可消化粗蛋白は「ハバタキ」や「ホシユタカ」に比べやや低かったが, TDNは高く栄養価が優れていた。また, 「ホシユタカ」と比較した場合, 1999年の台風の影響や水温により生じた生育変動を除外すれば, 乾物重が重いことから, 「クサユタカ」のTDN収量は「ホシユタカ」より高いとみられる。収穫作業の競合回避や自給飼料の不足する夏場の粗飼料確保の点から, 普及見込み地帯においては極早生の主力品種「ひとめぼれ」の収穫前に稲発酵粗飼料として収穫可能な「クサユタカ」が適しているとみられた。

「クサユタカ」などの稲発酵粗飼料の有機酸組成を表IV-134に示した。稲発酵粗飼料のpHは高く酢

表IV-132 「クサユタカ」の普及見込み地帯(大分県)における生育特性(1999年)

収穫期	品種名	出穂期 (月・日)	収穫期 (月・日)	草丈 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	生草重 (kg/a)	同左比率 (%)	乾物重 (kg/a)	同左比率 (%)
乳熟期	クサユタカ	8.16	8.31	116	-	321	415.6	86	123.3	88
	ハバタキ	8.20	8.31	105	-	374	481.5	100	139.5	100
	ホシユタカ	9.10	9.23	122	-	363	578.6	120	145.7	104
黄熟期	クサユタカ	-	9.28	93	19.8	333	549.3	94	152.7	96
	ハバタキ	-	9.28	71	21.3	357	585.7	100	158.7	100
	ホシユタカ	-	10.19	96	19.6	300	380.8	65	145.3	92

- 注) 1) 大分県農業技術センター・水田利用部・久住試験地の現地試験圃(直入郡久住町大字白丹(標高600m))で実施した。
 2) 耕種概要は以下のとおりである(次表も同じ)。
 播種期: 4月27日, 移植期: 5月25日, 移植方法: 稚苗側条施肥田植機, 栽植方法: 19株/m²窒素施肥量(kg/10a): 基肥6, 穂肥3(「ホシユタカ」は0)
 3) 「ホシユタカ」の数値が低いのは, 水口近くで低温による生育量不足による。
 4) 9月24日の台風18号で熟期の早い「クサユタカ」は全面倒伏, 次に早い「ハバタキ」は半分程度が倒伏, 熟期の遅い「ホシユタカ」でも8割程度倒伏した。

表IV-133 「クサユタカ」の普及見込み地帯(大分県)における稲発酵粗飼料の一般成分組成および栄養価(1999年)

収穫期	品種名	原物中 水分 (%)	稲発酵粗飼料の一般成分(乾物%)				栄養価(乾物%)		
			粗蛋白 (CP)	粗脂肪 (EE)	粗繊維 (CF)	可溶無窒素物 (NFE)	粗灰分 (CA)	可消化粗蛋白 (DCP)	可消化養分総量 (TDN)
乳熟期	クサユタカ	71.1	6.2	1.7	32.3	34.5	25.3	3.3	41.5
	ハバタキ	73.6	6.2	1.4	33.7	35.1	23.6	3.3	42.2
	ホシユタカ	65.7	6.9	1.7	34.4	34.4	25.5	3.7	41.4
黄熟期	クサユタカ	72.4	4.4	1.8	29.2	42.6	21.9	2.2	48.6
	ハバタキ	72.3	5.7	1.9	29.7	34.1	28.5	2.9	43.6
	ホシユタカ	67.1	5.6	2.1	33.5	35.4	23.4	2.9	46.6

注) 栄養価は日本標準飼料成分表の消化率を用いて算出した。

表IV-134 普及見込み地帯(大分県)における「クサユタカ」などの稲発酵粗飼料の有機酸組成(1999年)

刈取り時期	品種名	乾物率(%)	pH	有機酸組成(原物中%)			
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	n-酪酸
乳熟期	クサユタカ	28.9	4.9	-	0.6	0.3	0.3
	ハバタキ	26.4	4.7	-	0.2	0.1	0.1
	ホシユタカ	34.3	4.8	0.1	0.1	-	0.0
黄熟期	クサユタカ	27.6	4.7	-	0.2	0.1	0.1
	ハバタキ	27.7	4.9	-	0.1	0.0	0.0
	ホシユタカ	32.9	5.0	0.1	0.2	-	0.1

酸と酪酸の生成が見られ, サイレージの品質としては劣っていた。その原因としては, 稈が太く稈の中空の酸素残存量が多くなり, 多少のカビの発生も認められ, アルコール臭があるものの酪酸臭は強くなく, 官能的には必ずしも劣質とは言えなかった。福見ら(1979)は稲発酵粗飼料は独特の甘酸臭があり, 良質のサイレージとみられたが, 有機酸組成を見ると糊熟期を除き乳酸含有率が低く, 酢酸含有率が乳酸含有率を上回り品質の評価は低かった。しかし, 予乾処理や糖添加は乳酸発酵を促し(福見ら, 1982), 細切, 踏圧, 十分な密封, サイレージの保蔵場所の温度変化を少なくし(福見ら, 1984), ア

ンモニア添加など(吉田ら, 1987)により品質の改善が期待されることから, 「クサユタカ」を稲発酵粗飼料として利用する場合, これらの改善方法にも配慮する必要がある。

「クサユタカ」の稲発酵粗飼料の和牛繁殖牛における採食量および養分摂取量を表IV-135に示した。この稲発酵粗飼料を繁殖牛に与えたところ, 刈取り時期別の採食量には差は認められず, 黄熟期は高いTDN充足度を示し, 要求量以上の採食が見られたことから, 黄熟期の嗜好性が優れており, TDN充足度から推測すると和牛繁殖牛の飼料として十分使えと判断される。

表IV-135 普及見込み地帯（大分県）における「クサユタカ」の繁殖牛による稲発酵粗飼料採食量および養分摂取量（1999年）

項目	稲発酵粗飼料		イタリアンライグラス
	乳熟期	黄熟期	
乾物採食量(DMkg)	供試飼料	3.1	2.6
	基礎飼料	4.2	4.2
乾物(DM)充足度(%)*	100.1~105.9	99.0~104.7	88.9~93.7
可消化養分総量(TDN)充足度(%)**	103.5~108.7	107.4~112.7	101.3~106.1

注) *：飼料給与において供試した牛に給与を要する飼料の乾物重に対する牛の摂取量の割合(%)

**：飼料給与において供試した牛に給与を要する飼料のTDNに対する牛の摂取量の割合(%)

表IV-136 現地栽培実証試験における「クサユタカ」の生育およびTDN収量（1999年）

品種名	出穂期 (月・日)	刈取り日 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	生重 (kg/a)	風乾物重 (kg/a)	TDN収量	
								乾物(%)	乾物(kg/a)
クサユタカ	8.5	9.9	77	20.5	272	325.7	154.1	60.8	79.6

注) 1) 試験圃場：新潟県上越市稲荷字舞台42番地

播種：4月12日，180g/箱

移植：5月7日，稚苗，18.5株/m²，3～4本/株

施肥量：前作が大豆で，基肥施用せず。穂肥として1.2kgN/10a(穂肥特3号15-0-20)施用。

2) TDNは畜産草地研究所において小川らの式(1987)から推定した。

(3) 「クサユタカ」の活用事例

a) 材料および方法

稲発酵粗飼料向け育成品種の活用をめざして，新潟県上越市・農林水産部・農林水産課の協力を得て，1999～2001年に「クサユタカ」の試作と稲発酵粗飼料の乳牛などへの給餌試験を行った。

1999年には稲作酪農家（白倉正勝氏，新潟県上越市稲荷965-1）の圃場（新潟県上越市稲荷字舞台42番地）において，「クサユタカ」を試作した。播種期は4月12日とし播種量は180g/箱とし，5月7日に稚苗18.5株/m²，3～4本/株を本田に移植した。前作に大豆を栽培したため，基肥は施用せず，穂肥としてN成分で1.2kg/10a（穂肥特3号15-0-20）を施用した。デスクモアードで刈り取り，ヘイメーカーで1回反転し，ロールベアラで梱包し乾草とし調製した。乳牛，経産牛，育成牛に乾草約2kg/頭/日をチモシー乾草，ヘイキューブ，ビートパルプ，濃厚飼料とともに給与した。

2000年には「クサユタカ」の試作を耕種農家（尾崎邦雄氏，新潟県上越市大字下百々335番地）の大区画水田（新潟県上越市川端字前田122-1）で行い，稲発酵粗飼料の乳牛への試験給餌を近隣の市外の酪農家（伊沢輝雄氏，新潟県中頸城郡頸城村柿野新田40番地）に依頼することとし，耕畜連携の可能性を検討した。播種は4月4日で播種量は100g/箱とし，5月13日に稚苗を20.8株/m²，3～4本/株

移植した。前作はケナフであったが，基肥3.0kgN/10a，追肥としてN成分で1.2kg/10a，穂肥として1.2kg/10aを施用した。刈り取りおよびWCSの作成は酪農家が所有する飼料作物専用機で行った。WCSの給飼は乳用牛を対象とし，泌乳牛には2～3kg/頭/日，育成・乾乳牛には6～8kg/頭/日とともにTMR（ルーサン・チモシー・オーツヘイ・濃厚飼料の混合飼料）を給飼した。

2001年には「クサユタカ」の試作を新潟県上越市保倉南部転作利用組合（尾崎邦雄氏と周辺の耕種農家6戸）の大区画水田（新潟県上越市下百々地内）約10haで行い，刈り取りおよびWCSの作成は酪農家が所有する飼料作物専用機で行い，WCS利用は近隣市町村の畜産農家（新潟県上越市，中頸城郡頸城村，東頸城郡の9農家・組合）が行った。播種は4月4日に行い，播種量は100g/箱とし，5月中旬に，稚苗を20.8株/m²，3～4本/株を本田に移植した。基肥としてN成分で3.0kg/10a，追肥として1.5kg/10aを施用した。刈取りは8月16日～19日，ラッピングは8月20日～21日に行った。

b) 実験・調査の結果

1999年の現地栽培実証試験における「クサユタカ」の生育およびTDN収量を表IV-136に示した。前作が大豆作で復元田における栽培であることから基肥を施用しなかったため，生育量は少なく，TDN収量も約80kg/aと低かった。1999年の「クサユ

タカ」の試験給餌では、牛の嗜好性は良好であったが、生産物が少なく家畜の生育状況の変化まではみることができなかった。

2000年の田植え後の生育は順調に推移した。登熟は好天に恵まれたこともあり順調に進み、出穂後25日で黄熟期となり刈り取りを行った。表IV-137に「クサユタカ」の生育を示した。倒伏もなく良好な生育で乾物収量は高かった。WCSの調製は刈り取り(ディスクモアーコンディショナー)、集草(ローラーバーレーキ)、梱包(ロールベラー)、ラップ(ラッピングマシン)の手順で行った。出穂後高温が続いたため、田面は硬く、刈り取り作業は8.57分/10aと短時間で終了した。牛の嗜好性は普通で、全給飼量を食べ、1～2月では牛の生育に目立った変化は見られなかった。牧草乾草の代わりに稲発酵粗飼料を給飼したが、乳量に変化はなかった。

2001年の収穫量は1,706kg/10aで前年より低収であった。一般水田での栽培経験がなかったため、「コシヒカリ」と同等の施肥量とした関係で、飼料用稲

としては施肥量が少なすぎた。しかし、多肥多収栽培を目指すこともさることながら粗飼料生産においては直播栽培などによる経費・労力の節減をはかり、低コスト生産を目指すのも一つの方策と考えられる。表IV-138には上越市における飼料イネ栽培で交付される補助金を示した。耕種農家は転作奨励金や稲作経営安定対策費等を合わせて76,000円の収入となり、畜産農家に支払う刈り取り負担金8,000円を差し引いても68,000円となる。畜産農家は給餌実証の補助金が20,000円で、運搬賃9,240円を差し引いても11,240円となった。今後は補助金も減額されると予想されるので、耕種農家と畜産農家が連携し、両者の経費負担を検討していく必要がある。

5) 考察

(1) 栽培上の留意点

「クサユタカ」の特性を同熟期で栽培特性が良く、倒伏に強く、直播栽培にも使われている主食用の極良食味品種「キヌヒカリ」と比べると以下のとおりである。「クサユタカ」の出穂期は「キヌヒカリ」

表IV-137 現地栽培実証試験における「クサユタカ」の生育および収量 (2000年)

品種名	出穂期 (月・日)	刈り取り日 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	風乾物重 (kg/a)
クサユタカ	8.5	8.29	96	20.4	380	197.4

注) 試験圃場：新潟県上越市川端字前田122-1

播種：4月4日, 100g/箱

移植：5月13日, 稚苗, 20.8株/m², 3～4本/株

窒素施肥量：前作はケナフ, 基肥3.0kgN/10a, 追肥1.2kgN/10a, 穂肥1.2kgN/10a 施用。

表IV-138 上越市における飼料イネ栽培における補助金 (2001年)
補助金体系(A表)

耕種農家		畜産農家		10a 当たり金額(円)
転作奨励金	40,000	給与実証		20,000
稲作経営安定対策費	23,000			
団地加算金	5,000			
県補助金	8,000			
計	76,000	計		20,000

農家持ち出し分(B表)

耕種農家		畜産農家		10a 当たり金額(円)
刈り取り負担金	8,000	刈り取り負担金		2,000
		運搬賃		9,240
計	8,000	計		11,240

耕種農家10a 当たり金額 A表 - B表 = 68,000円

畜産農家10a 当たり金額 A表 - B表 = 8,760円

よりやや早く、育成地では“中生の早”，成熟期は「キヌヒカリ」よりやや遅く、育成地では“中生の中”に属するうるち種である。稈長は「キヌヒカリ」より3～4 cm程度長く、やや長程で、穂長はやや長く、穂数は明らかに少なく、草型は“穂重型”に属する。全重および玄米重は「キヌヒカリ」より重く多収である。稈は“極太”であり、耐倒伏性は「キヌヒカリ」並の“強”である。玄米はやや細長く極大粒で、品質および食味は劣る。いもち病真性抵抗性遺伝子 *Pia* と *Pik* を持つと推定され、葉いもち圃場抵抗性ならびに穂いもち圃場抵抗性はともに“中”である。白葉枯病抵抗性は“やや弱”，縞葉枯病に対しては“罹病性”である。障害型耐冷性は“弱”，穂発芽性は“やや易”である。転び型倒伏に強く、土中出芽性も“中”程度であり、直播栽培に適している。

これらの「クサユタカ」の特性から、栽培にあたっては次の点に留意する必要がある。「クサユタカ」の栽培は多肥を基本とするが、過度な施肥はいもち病の発生および倒伏を助長するので避ける。千粒重が重いので、育苗箱当たりの播種量を一般品種より多めにする必要がある。穂数が少ないので、直播栽培においては播種量と基肥を多めにする。稲発酵粗飼料用としての収穫は黄熟期とし、籾の落下を防ぐために刈り遅れに注意する。穂発芽性が“やや易”なので、自家採種する場合には早めに収穫する。白葉枯病に“やや弱”なので、常産地での作付けは避ける。障害型耐冷性が弱いので、冷害の常襲地での作付けは避ける。

早晩性から判断すると、「クサユタカ」の栽培適地は、東北南部、北陸および関東以西であり、稲発酵粗飼料として利用する場合には、倒伏抵抗性や収量性から判断して、東北中南部から九州に至る広い地域で栽培が可能と考えられる。

(2) 超多収性と TDN 収量の向上

家畜の飼料とする「飼料イネ」には、濃厚飼料として利用する「えさ米」と粗飼料として利用する「稲発酵粗飼料 (WCS: ホールクロップサイレージ)」が含まれる。両者とも、消化性ならびに栄養成分のいずれの点ですぐれた家畜飼料として高く評価できる。したがって、発酵粗飼料用イネ品種の開発にあたっては、米や稲体の成分の改変や有効成分の向上よりは、ホールクロップとしての生物生産量を高めるための超多収品種の育成が重要な課題となる。

2005年3月に農林水産省農林水産技術会議事務局によって示された「農林水産研究基本計画—農林水産研究の重点と施策—」の期別達成目標に書き込まれている2010年におけるTDN収量予測によると、北海道～東北では9～10t/ha、関東～九州では11t/haが見込まれ、直播適性の付与が達成目標とされている。

TDN収量は黄熟期が最も高いとみられ(福見ら, 1979), 黄熟期における「クサユタカ」のTDN含有率は60%前後であり、チモシー等の優良牧草の一番草の出穂期におけるTDNに匹敵する高い栄養価であった。黄熟期における「クサユタカ」のTDN収量は約100kg/a (10t/ha相当)であった。黄熟期におけるTDN含有率は栽培条件による変動は少なく60%前後であるが、TDN収量は栽培年次や栽培条件によって大きく変動すると考えられる。したがって、育種によるTDN収量の向上のためには、TDN含有率と乾物重の増加が重要となる。

玄米部分はTDN含有率が高いので、収穫時における脱粒の少ない品種や消化しやすい籾粒の品種の育成により、TDN収量が高められると考えられる。また、最近育成され注目されている未消化籾の割合が小さく、茎葉の割合の高い「リーフスター」や雄性不稔系統など、未消化籾の全乾物重に対する割合を低下させることにより、TDN含有率の向上を計ることができると考えられる。

乾物重の増加のためには、育種により倒伏抵抗性の強化を図るとともに、飼料イネの栽培では、食用品種で食味低下を避けるために控えている穂肥や実肥の多用を検討する必要があると考えられる。さらに、飼料イネの栽培においては、超低コスト生産技術の開発が不可欠であり、省力的な直播栽培技術の確立が急務と考えられる。このために発芽・苗立ち性や転び型倒伏抵抗性などの直播栽培適性が高く、直播栽培において高い乾物生産をあげることでできる品種の開発が望まれる。

ところで、近年の米の消費減退に伴い、食用イネの改良における超多収品種開発の重要性が軽視されがちになった。このためハイブリッドライスなどに対する国民の関心も低迷し、その開発に取り組む育種家の意欲も失せかけていたと言える。しかし、現今の話題となっている飼料イネとの関連では、効率的な採種技術や高い組合せ能力を持つ育種素材の開

表IV-139 最近育成された発酵粗飼料用水稲品種

農林番号	農林登録年	品種登録年	品種名	両親名	育成場所
農林378号	2002	2003	クサホナミ	アケノホシ/中国113号	作物研
農林379号	2002	2003	ホシアオバ	多収系174/北陸130号	近中四農研
農林380号	2002	2003	クサノホシ	多収系175/アケノホシ	近中四農研
農林383号	2002	2005	クサユタカ	中国105号/北陸130号	中央農研・北陸研究センター
農林398号	2004	-	夢あおば	上321/奥羽331号	中央農研・北陸研究センター
農林399号	2004	-	ニシアオバ	北陸130号/SLG9	九州
農林408号	2005	-	べこあおば	オオチカラ/西海203号	東北農研
農林413号	2005	-	リーフスター	中国117号/コシヒカリ	作物研, 農工大
農林419号	2006	-	タチアオバ	は系906/(47-1-1)F2/95SH50	九州沖縄農研
(未定)	(未定)	-	(未定)	ふくひびき/97UK-46	東北農研
-	-	1986	くさなみ	玉系62号/F51801	埼玉県農林総合研究センター
-	-	1986	はまさり	玉系62号/F51816	埼玉県農林総合研究センター
-	-	2003	スプライス	新潟県内から導入した系統から選抜	三村伴春(熊本県), 丸山征男(岡山県)
-	-	2003	モーれつ	「リンクス89」にメチルニトロソウレア処理	麒麟麦酒株式会社
-	-	2007	ミナミユタカ	「モーれつ」の種子にγ線を照射	宮崎県総合農業試験場

発などの困難を乗り越えて、直播栽培に向く超多収性のハイブリッドライスの開発が重要になると考えられる。

(3) 食用品種との識別性

飼料用米が食用米に混入したり流通したりしないためには、飼料用品種と食用品種とを明確に区別するために、識別性が重要になると考えられる。「クサユタカ」は一般の食用品種より玄米千粒重が10.0g以上も大きく、一見して識別が容易である。さらに、「クサユタカ」の穂発芽性は“やや易”であり休眠性も“弱”であるので、収穫時の脱落粉が翌春になって発芽する可能性が低く、次年作における異品種汚染が少なく済むと考えられる。発酵粗飼料用水稲品種の育成に当たっては、食用品種との識別性を付与していくことが重要と考えられる。

(4) 農薬使用の低減

飼料用イネ品種の開発にあたっては、生産コストの低減や安全性の向上に配慮して、農薬使用の低減を計るために、耐病虫性の付与が重要になると考えられる。しかし、「クサユタカ」のいもち病抵抗性やその他の耐病虫性は十分とは言えず、適量の農薬の使用は必要である。飼料用イネでは茎葉を家畜に直接給与するため農薬使用には制限があり、生産コスト低減にも農薬使用量の削減が必要となる。

そこで、稲発酵粗飼料向き品種の育成に当たっては、耐病虫性強化は重要な課題となる。また、飼料用イネではTDN収量の増加のために多肥栽培が行われるので、とくに、いもち病抵抗性の強化が必要である。また、稲・麦・大豆の輪作体系が増加する傾

向にあり、縞葉枯病の発生が予測されるので、縞葉枯病抵抗性の付与も必要である。さらに、作物種に備わっているアレロパシー機能の活用や初期生育の旺盛な品種の開発などにより除草剤の使用が控えられるような研究開発も期待される。

(5) 地域適応型品種セット開発の必要性

「クサユタカ」の育成後、表IV-139に示すように稲発酵粗飼料向き品種が多く育成されようになった。そこで、今後の飼料用イネの普及、栽培面積の拡大、大規模経営などを考え、輪作体系への導入、農作業の効率化、施設・機械の効率的利用、労働ピークの分散などを考えて、地域ごとに熟期の異なる飼料用イネ品種セットを揃えて、生産者の経営状況に応じて適切な品種を選択できるようにしておくことが重要になると考えられる。

5. 直播栽培向き安定多収・良質良食味品種

「どんとこい」の育成と普及

わが国の小規模・多投入・高度機械化の集約技術で生産される農産物、とくに米が海外で生産される低廉な農産物との価格競争に耐えるには、大幅な生産コストの低減が必要である。そこで、直播栽培などの導入による生産コストの削減が求められる。しかし、北陸地方をはじめ、関東・北陸地方以西で広く栽培されている「コシヒカリ」は長程で倒伏しやすく、直播栽培には向かない。しかも北陸地方は「コシヒカリ」を基軸とする良質・良食味米の生産基地となっているため、低コスト生産に向けて直播栽培を普及させるには、「コシヒカリ」と同等あるいは

それ以上に高品質で食味のすぐれ、短稈で倒伏しにくい品種の育成が必要である。

本章では、旧北陸農業試験場で育成され、「コシヒカリ」と同等の熟期・品質・食味を備え、短稈で倒伏に強く、直播栽培に向く「どんとこい」の育成経過、特性解明、直播栽培適性評価、普及状況などについて述べる。

1) 育種目標の設定と交配母本の選定

1967年の大豊作を契機に、古米の在庫が急増し、米の生産調整に取り組むことになった。1969年からは政府は米の全量買入れをやめ、自主流通米制度を導入し、銘柄米奨励金、買入れ価格に銘柄格差を設けるなどして、良質・良食味品種の作付けが奨励されるようになった(海野ら, 1984)。その後、消費者の良食味米への志向は強まる一方で、政府米に対する自主流通米の割合が増加し、1990年からは助自主流通米価格形成機構が開設され、価格形成の場において一定数量について入札取引が行われるようになった。1995年からは国際的な貿易自由化交渉の中で米のミニマム・アクセスの受け入れ、さらには食糧管理法が廃止され、新たな新食糧法が施行され、米の流通にも市場原理が導入されることとなった(食糧制度研究会, 1995)。

このような最近の米を巡る情勢の変化に対応して、北陸ならびに関東地方以西の温暖地域の早期・早植え地帯においては、極良食味で市場評価の高い「コシヒカリ」に作付けが集中している。北陸地方では1994年の富山県における「コシヒカリ」の作付比率は、74%に達し、新潟県では67%、石川県では61%、福井県では53%となっており、茨城県、栃木県、千葉県、長野県、三重県、島根県ではいずれも50%を越える高い比率となっている(食糧庁長官官房調査課, 1995)。

「コシヒカリ」の熟期は北陸地方では中生にあたり、さらに熟期の遅い品種としては、晩生の「日本晴」に作付けが偏り、収穫期の労働ピークの発生や機械・施設利用の競合による問題が生じている。両品種の熟期差は大きいですが、両者の中間の熟期を埋める品種の導入により熟期配分の適正化と農作業の効率化が図られると考えられる。さらに、「コシヒカリ」は倒伏に弱く、いもち病にも弱い欠点があるため、これに代わり、食味がすぐれ、倒伏し難く、いもち病に強い品種の育成が望まれていた。

そこで、食味がすぐれ、多収で倒伏し難く、いもち病などの障害に強い品種の育成を目的として、熟期が「コシヒカリ」と異なり収穫時期の分散が図れるような品種の育成を目指した。

「どんとこい」の系譜を図IV-25に示した。母親の「北陸122号」は、「コシヒカリ」並の食味をもち、強稈で、いもち病圃場抵抗性が中程度であった。この系統は1988年に「キヌヒカリ」と命名され(古賀ら, 1989)、1995年には22都府県で奨励品種として普及された。交配母本として選定された「北陸122号」の欠点としては、収量性が「コシヒカリ」並で、いもち病抵抗性が中程度でやや不十分であった。この欠点を改善する目的で、登熟がよく収量性にすぐれ、いもち病抵抗性をもつ「北陸120号」を父本として人工交配を行った。

旧北陸農業試験場では、「コシヒカリ」が誕生した1956年頃から積極的に「コシヒカリ」を交配母本として利用し、「コシヒカリ」の倒伏抵抗性の強化を図る育種を進めた。その結果、1972年には短稈で早生の「イナバワセ」(佐本ら, 1973)、1974年には晩生で倒伏抵抗性が改良された「アキニシキ」(佐本ら, 1975)が育成された。これらの品種の食味は「コシヒカリ」に近い水準まで達したものの、さらなる食味向上が必要とみられた。そこで、放射線育種に取り組むことになり、「コシヒカリ」に γ 線を照射した後代から、短稈で食味が「コシヒカリ」と同水準の「北陸100号」(佐本・金井, 1975)が育成された。

谷坂ら(1990)は「北陸100号」の持つ半矮性遺伝子 $sd(t)$ (仮称)は、配偶子致死遺伝子 lt (仮称)と相互作用することや、それまでに同定された3つの半矮性遺伝子(後にIR 8の半矮性遺伝子と同じ sd 座にある対立遺伝子であることが判明)、すなわち「台中在来1号」の $d-47$ (Aquino and Jennings, 1966)、「Calrose 76」の $sd-1$ (Foster and Rutger, 1978)および「レイメイ」の $d-49(t)$ (Futsuhara, 1968)が座乗するのとは異なる遺伝子座にあることなどから、この遺伝子に $d-60$ の記号を与えた。また、IRRIで育成された「IR 8」は半矮性遺伝子 $sd-1$ を持つインディカ品種で、緑の革命に寄与したことは周知である(Hargrove, 1979)。Tabuchi *et al.*(2000)はQTL解析により、「キヌヒカリ」が持つ半矮性遺伝子の由来と染色体上の位置を検討したと



図IV-25 「どんとこい」の系譜

ころ、第1染色体上のRFLPマーカーC86とC385の近傍にホモ接合型で短稈化するQTLを検出したことから、「キヌヒカリ」は「IR 8」に由来する*sd-1*を持つことが明らかにされた。しかし、「キヌヒカリ」の*sd-1*（新記号では、*sd1-d*）と「レイメイ」の*d-49*（新記号では、*sd1-r*）とは異なること、*sd1*座の対立遺伝子をホモ接合型で持つ個体が短稈方向に超越分離を示すことなど、「キヌヒカリ」の短稈化には複数の遺伝子が関与していると推察された。

「コシヒカリ」のもう一つの改良点としては、いもち病抵抗性の強化であり、とくに、いもち病圃場抵抗性と良食味の結合が難しい問題であった。「イナバワセ」は真性抵抗性遺伝子*Pii*を持つため、当初は侵害菌レースが存在せず、葉いもちの被害はほとんど認められなかった。しかし、「イナバワセ」の普及に伴い、この品種を特異的に侵害するレースの増加により罹病化が進行し、いもち病圃場抵抗性の強化が必要となった。そこで、いもち病圃場抵抗性の改良のために、*Pii*遺伝子を持つ「トドロキワセ」（朝隈ら、1970）や*Pia*遺伝子を持つ「フジミノリ」（鳥

山ら、1961）などのいもち病圃場抵抗性が強い品種が交配母本として用いられるようになった。

「どんとこい」の母本となった「北陸122号」（後の「キヌヒカリ」）の育成にあたっては、短強稈化を目的として「IR 8」の半矮性が活用された。当初、「IR 8」と「フジミノリ」とのF₁に「コシヒカリ」を戻し交配して育成された系統「取2800」に、「コシヒカリ」の短稈突然変異系統「北陸100号」を交配し、さらに、いもち病圃場抵抗性の強い「ナゴユタカ」を組合せた三系交配が行われた。

「どんとこい」の育成にあたっては、玄米品質と登熟性が優れ、枯れ上がりの少なく、熟色が良い「アキニシキ」の特性と「イナバワセ」の短稈・良食味性を引き継いだ系統「取2884」に「トドロキワセ」由来のいもち病圃場抵抗性を持つ「北陸120号」が交配された。

2) 交配および育成経過

「どんとこい」の育成にあたっての系統の養成と選抜の経過を表IV-140に示した。1983年8月に北陸農業試験場において短稈・良食味の「北陸122号」（の

ちの「キヌヒカリ」を母とし、いもち病抵抗性の早生系統「北陸120号」を父として人工交配を行い、F₁種子117粒を得た。この交配組合せを「北陸交58031」と名付けた。F₁種子100粒を同年9月上旬に温室に播種してF₁世代の植物を養成し、12月下旬に収穫した。翌1984年2月には、温室にF₂雑種集団を栽培し、5月中旬に刈り取った。通風乾燥により休眠打破を行った後、本田における苗代放置栽培にてF₃雑種集団を養成した。

苗代放置栽培にあたっては、明治圃場本田に短冊幅1.2×16mの折衷苗代の播種床を作り、F₃種子100g(約3,450粒)を定法により種子消毒・催芽し、1区3m²に均一になるように散播した。基肥は尿素化成(15-15-15)を用い、N、P₂O₅、K₂O各成分量で5kg/10a相当を施用した。F₃雑種集団を栽培した圃場でいもち病を発生させ、残存個体を集団選抜した(上原・佐本, 1981; 上原, 1982; 上原・内山田, 1984)。いもち病の均一な発病を促すために、降雨後、いもち病罹病葉(007菌接種)を散布するとともに、4.5葉期に追肥として尿素(N:46%)を22g/m²(N成分で10kg/10a相当)を施用した。その後、いもち病など病虫害防除は行わず、出穂・成熟させて集団採種した。

1985年には、約2,900個体のF₄集団を養成し、その中から73個体を選抜した。1986年のF₅世代では、73系統の単独系統を栽培し、その中から3系統を選抜した。1987年のF₆世代以降は系統群として系統を養成し、系統選抜を続けるとともに、形質の遺伝的固定を図った。

1987年から「収4885」の系統番号を付して、生産力検定試験ならびに特性検定試験に供試し、

1988年から系統適応性検定試験に供試した。1990年のF₉世代より「北陸148号」の系統名を付けて関係府県に配布し、奨励品種決定試験に供試した。その結果、兵庫県、三重県および京都府で有望と認められ、1995年9月に新品種として水稲農林336号に登録され、「どんとこい」と命名された。兵庫県および三重県では、1995年から奨励品種に採用され、京都府では1996年から採用となり普及に移された。育成を完了した1994年度の世代は雑種第13代(F₁₃)である。

「どんとこい」という名称は、短程で耐倒伏性に強く、多収穫が得られる力強い品種であること表示とともに、ミニマム・アクセスの受け入れなどの稲作のおかれた厳しい現況に対応していく品種としての期待を込めて命名された。

3) 品種特性の解析

a) 材料および方法

他の育成品種と同様な方法により、生産力検定試験、玄米特性の調査、食味評価、病虫害抵抗性、穂発芽性、耐冷性などの障害抵抗性の検定を実施するとともに、農林水産省の水稲特性検定試験地、農林水産省の水稲育種研究室および指定試験地などに依頼して実施した。地域適応性の解析にあたっては、奨励品種決定調査の成績を用いた。

直播栽培に関しては、1994年に潤土表面散播で行った。播種は本場圃場において5月下旬に行い、播種量は6kg/10aとし、催芽した種子を用い、カルパーの粉衣を行わなかった。施肥量は基肥として、N、P₂O₅、K₂O各成分量で4kg/10a、追肥はNおよびK₂O成分量で、それぞれ2kg/10aおよび2.7kg/10aとした。

表IV-140 「どんとこい」の育成経過

	年次 世代	1983		1984		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
		交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃
栽 植	系統群数							3	1	1	1	1	1	1	1
	系統数						73	15	5	5	5	5	10	10	10
	個体数	(117粒)	100	1,000	3,450	2,880	60*	50*	50*	50*	50*	50*	50*	60*	60*
選 抜	系統群数							1	1	1	1	1	1	1	1
	系統数						3	1	1	1	1	1	1	1	1
	個体数					73	15	5	5	5	5	10	10	10	10
配 付 数	系統適応性検定試験								2	6					
	特性検定試験								2	4	10	8	8	5	6
	奨励品種決定調査										20	64	46	35	21
備 考		北陸交58031						収4885			北陸148号				

注) *: 1系統当たりの個体数。

表IV-141 「どんとこい」の特性 (育成地, 1994年)

品種名	移植時			止葉の 直立	稈		芒 多少	芒または 稈先色	穎色	粒着 密度	脱粒 難易	稈糯 の別	
	苗丈	葉色	葉身形状		細太	剛柔							長短
どんとこい	やや短	中	やや立	立	中	やや剛	無	-	黄白	黄白	密	難	梗
コシヒカリ	中	中	中	中	中	やや柔	稀	短	黄白	黄白	中	難	梗
キヌヒカリ	やや短	やや濃	中	やや立	中	やや剛	無	-	黄白	黄白	やや密	難	梗
大空	中	中	中	やや立	中	中	稀	極短	黄白	黄白	中	難	梗

表IV-142 「どんとこい」と比較品種の生育特性 (育成地)

試験場所	試験年次	品種名	出穂期	成熟期	登熟 日数	稈長	穂長	穂数	倒伏 程度	葉いもち	穂いもち	紋枯病	下葉 枯上り
			(月.日)	(月.日)	(日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)	(0~5)
本場	1987 ~1994	どんとこい	8.10	9.25	46	76	17.6	378	0.3	0.0	0.1	0.9	2.7
		コシヒカリ	8.7	9.18	42	95	18.7	402	4.2	0.0	0.3	1.0	3.6
		どんとこい	8.9	9.23	45	75	17.3	367	0.0	0.0	0.1	0.4	2.8
	1990 ~1994	キヌヒカリ	8.7	9.19	43	80	17.6	367	0.1	0.0	0.0	0.5	2.9
		コシヒカリ	8.6	9.16	41	95	18.7	402	3.9	0.0	0.4	0.5	3.8
		どんとこい	8.11	9.28	48	77	18.0	397	0.8	0.0	0.0	1.6	2.4
1987 ~1989	大空	8.12	9.26	45	87	17.9	445	2.9	0.0	0.0	1.4	2.7	
	コシヒカリ	8.9	9.22	44	98	18.7	412	4.7	0.0	0.0	1.7	3.2	
	どんとこい	8.6	9.24	49	73	19.3	339	0.5	0.0	0.0	0.5	3.0	
明治	1990	コシヒカリ	8.4	9.19	46	94	21.5	341	4.5	0.0	0.0	0.0	4.0
		キヌヒカリ	8.5	9.19	45	78	19.0	297	1.0	0.0	0.0	0.0	2.5
		アキニシキ	8.12	9.23	42	83	20.9	324	1.5	0.0	0.0	0.0	3.3
		どんとこい	8.6	9.24	49	73	19.3	339	0.5	0.0	0.0	0.5	3.0

注) 1) 明治: 北陸農業試験場明治圃場(新潟県中頸城郡頸城村).

2) 本場および明治圃場における耕種概要は以下の通りである.

播種日: 4月6日~4月13日および4月16日, 移植日: 5月11日~5月18日および5月22日, 基肥量(N・P₂O₅・K₂O各成分, kg/a): 両者とも0.4・0.4・0.4, 追肥量(同左): 0.4・0.2・0.47および0.2・-・0.27, 栽植密度: 両者とも30×18cm, 18.5株/m², 1株3~4本植, 反復数: 3(1987年のみ2)および2.

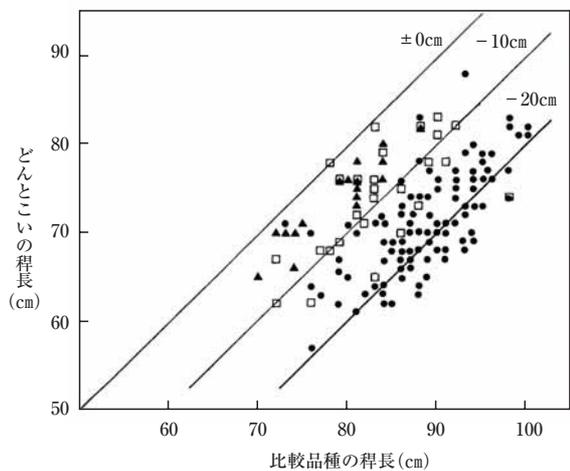
3) 倒伏程度, 葉いもち, 穂いもち, 紋枯病, 枯上りは0(無)~5(甚)の6段階分級.

b) 調査・実験の結果

① 草姿および草型

育成地における「どんとこい」の一般特性に関する調査結果を表IV-141, 生育特性の調査成績を表IV-142に示した. 移植時の苗丈は「コシヒカリ」よりやや短く“やや短”, 葉色は「コシヒカリ」並の“中”, 葉身は“やや立”である. 本田の生育は中庸で, 草丈は短く, 葉色はやや淡く, 葉身はやや垂れる. 成熟期には止葉の葉身は立ち, 草姿は良好である. 稈長は「コシヒカリ」より約20cm短く短稈で, 穂長は「コシヒカリ」よりやや短く, 穂数もわずかに少ない. 配布先における「どんとこい」の稈長の変異を図IV-26に示した.

「どんとこい」の稈長は「キヌヒカリ」, 「日本晴」および「コシヒカリ」と比較して, それぞれ5cm, 10cm, 20cm程度短く, 場所によっては「どんとこい」の稈長が70cm以下の場合も多い. 草型は育成地では中間型であるが, 表IV-143に示したとおり, 普及地帯の三重県や兵庫県では「どんとこい」の穂数は「コシヒカリ」並に確保され, 草型は偏穂数型である. 稈の太さは「コシヒカリ」並かやや太く“中”



図IV-26 配布先における「どんとこい」と比較品種の稈長比較

比較品種: ●コシヒカリ, ▲キヌヒカリ, □日本晴

に分類され, 稈質は剛く, 強稈である. 粒着は「コシヒカリ」より密で, 稈色および稈先色は黄白で芒は無い. 脱粒性は“難”である.

表IV-144には「どんとこい」の直播栽培における生育調査成績を示したが, 移植栽培より稈長および穂長は短いと穂数は多くなっている.

表IV-143 普及地帯における「どんとこい」と比較品種の生育特性比較

試験場所	試験年次	品種名	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 程度 (0~5)	病虫害等障害の多少(0~5)				
									葉いもち	穂いもち	白葉 枯病	紋枯病	縞葉 枯病
三重 農技セ	1990 ~1994	どんとこい	7.25	9.7	73	18.0	451	0.5	0.0	0.4	0.7	1.3	-
		大 空	7.25	9.3	82	18.6	493	2.4	0.1	0.2	1.1	1.5	-
		コシヒカリ	7.24	8.31	90	19.2	461	4.1	0.2	0.7	0.3	1.1	-
		キヌヒカリ	7.23	9.1	77	17.8	432	1.1	0.1	0.3	0.9	1.5	-
三重 伊賀農セ	1990 ~1994	どんとこい	8.1	9.12	71	17.1	396	0.0	0.3	0.4	0.1	0.3	-
		大 空	8.3	9.11	82	17.5	462	0.8	0.6	0.4	0.0	0.3	-
		コシヒカリ	8.1	9.9	89	18.6	412	2.4	1.4	1.5	0.0	0.0	-
		キヌヒカリ	7.31	9.10	77	17.2	378	0.0	0.8	0.4	0.0	0.1	-
		ヤマヒカリ	8.8	9.15	80	17.6	391	0.3	0.5	0.1	0.0	0.4	-
京都 農総研	1990 ~1994	どんとこい	8.7	9.16	76	17.6	394	0.0	0.0	0.0	-	0.5	-
		コシヒカリ	8.8	9.12	93	19.2	374	1.9	0.0	0.1	-	0.7	-
		日 本 晴	8.17	9.26	81	20.2	382	0.0	0.2	0.0	-	0.3	-
		キヌヒカリ	8.7	9.13	83	18.0	391	0.2	0.0	0.1	-	0.7	-
京都 丹後農研	1990 ~1994	どんとこい	8.1	9.11	75	17.5	340	0.0	0.6	0.1	-	1.5	-
		コシヒカリ	7.30	9.4	89	19.3	382	1.1	0.6	0.1	-	1.0	-
		日 本 晴	8.11	9.25	83	20.7	361	0.4	0.6	0.1	-	0.8	-
兵庫中央 農技セ	1991 ~1994	どんとこい	8.11	9.18	78	16.9	425	0.2	0.3	0.3	-	1.5	0.3
		コシヒカリ	8.12	9.2	93	17.8	391	3.2	0.5	0.4	-	1.6	0.0
兵庫北部 農技セ	1991 ~1994	どんとこい	8.3	9.12	74	16.6	461	0.2	0.5	0.3	-	0.7	-
		コシヒカリ	8.2	9.7	93	17.8	507	3.8	1.2	1.2	-	0.9	-

表IV-144 「どんとこい」の直播栽培における生育(育成地, 1994年)

品種名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏程度 (0~5)	葉いもち (0~5)	穂いもち (0~5)
どんとこい	8.14	66	15.6	572	0.5	0.0	0.0
コシヒカリ	8.14	81	16.4	367	5.0	0.0	0.0
キヌヒカリ	8.14	67	15.5	524	2.0	0.0	0.0
ハナエチゼン	8.7	71	17.5	560	2.5	0.0	0.0
ふくひびき	8.7	67	18.1	406	3.5	0.0	0.0
水原392号	8.18	60	20.1	400	0.0	0.0	0.0
M 4 0 1	8.31	69	18.8	331	0.5	0.0	0.0

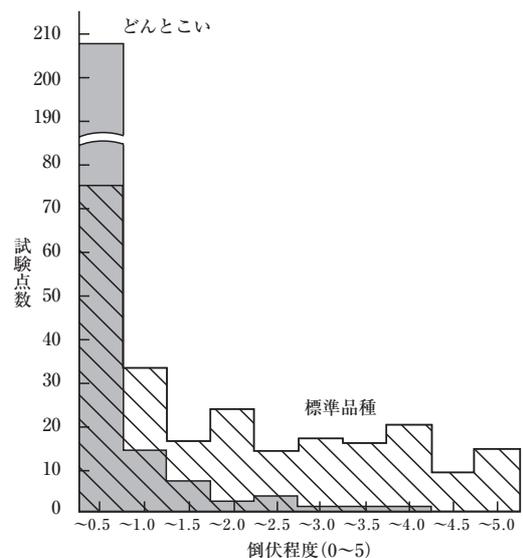
注) 耕種概要は以下の通りである。播種日：5月23日，播種量：0.6kg/a，基肥量(N・P₂O₅・K₂O各成分，kg/a):0.4・0.4・0.4，追肥量(同左):0.2・-・0.27，反復数：2。

② 早晚性

「どんとこい」の育成地における出穂期および成熟期を表IV-142，普及地帯における「どんとこい」の出穂期および成熟期を表IV-143に示した。「どんとこい」の出穂期は「コシヒカリ」より3日程度，成熟期は7日程度遅く，育成地における早晚性は“中生の中”である。また，普及地帯での出穂期および成熟期はともに「コシヒカリ」並かやや遅く，「どんとこい」は三重県では「大空」と同じ“早生の晩”，京都府では“早生の晩”，兵庫県では「コシヒカリ」と同じ“極早生の早”に分級される。

③ 耐倒伏性

「どんとこい」の育成地ならびに普及地帯，さらに直播栽培における倒伏程度を表IV-142，表IV-143および表IV-144，また，配付先における「どんとこい」と標準品種との倒伏程度の比較を図IV-27



図IV-27 配布先における「どんとこい」と標準品種の倒伏程度

注) 倒伏程度は0(無)~5(甚)に分級した。

に示した。「どんとこい」の倒伏程度は「コシヒカリ」や「大空」より明らかに少なく、また、強稈品種とされる「キヌヒカリ」よりも少ない。配付先においても、「どんとこい」にはほとんど倒伏は認められず、また、直播栽培においても倒伏程度は軽微であり、転び型倒伏にも強い。これらのことから「どんとこい」は標準品種より倒伏に強く、耐倒伏性は“強”に分類される。さらに、短強稈で倒伏に強いことから直播栽培にも適するとみられる。

④ 収量性

「どんとこい」の育成地、普及地帯および直播栽培における収量調査成績をそれぞれ表IV-145、表IV-146および表IV-147に示した。育成地における「どんとこい」の収量は、本場では「コシヒカリ」、「キ

ヌヒカリ」および「大空」と比較して、それぞれ5%、8%、9%多く、明治圃場では「コシヒカリ」より10%多く、「どんとこい」は、いずれの品種よりも明らかに多収である。また、普及地帯の三重県農業技術センターおよび三重県農業技術センター・伊賀農業センターにおいても、「どんとこい」の収量は「大空」より12%および3%多く、京都府農業総合研究所、京都府丹後農業研究所、兵庫県立中央農業技術センターおよび兵庫県立北部農業技術センターにおいては、それぞれ「コシヒカリ」より5%、3%、13%および17%多かった。単年の成績ではあるが、直播栽培においても「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」などより多収であり、しかも、玄米重は62.9kg/aであり、収量水準も高かった。

表IV-145 移植栽培における「クサユタカ」と比較品種の収量 (育成地)

試験場所	試験年次	品種名	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	同左比率 (%)	屑米重歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米/わら比率 (%)
本場	1987 ~1994	どんとこい	154.7	62.4	105	1.7	21.4	69.2
		コシヒカリ	151.5	59.3	100	1.8	21.0	65.6
	1990 ~1994	どんとこい	151.7	61.5	108	1.0	21.3	69.5
		キヌヒカリ	144.1	57.1	100	0.8	21.4	66.4
	1987 ~1989	コシヒカリ	149.5	59.8	105	0.9	20.9	66.7
		どんとこい	159.9	63.9	109	2.8	21.5	68.6
明治	1990	大空	152.7	58.6	100	3.5	21.2	65.0
		コシヒカリ	159.6	58.5	100	3.4	21.2	63.6
		どんとこい	150.6	67.6	110	0.2	21.8	81.7
		コシヒカリ	146.0	61.5	100	0.3	21.0	61.5
		キヌヒカリ	144.4	59.3	96	0.2	22.0	68.9
		アキニシキ	153.7	59.8	97	0.1	21.0	62.9

表IV-146 普及地帯における「どんとこい」と比較品種の収量

品種名	三重農技セ		三重伊賀農セ		京都農総研		京都丹後農研		兵庫中央農技セ		兵庫北部農技セ	
	玄米重 (kg/a)	対標準比 (%)										
どんとこい	57.2	112	60.8	103	65.3	105	65.4	103	51.8	113	58.0	117
大空	51.2	100	58.9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
コシヒカリ	51.6	101	59.0	100	62.4	100	63.2	100	46.4	100	49.8	100
キヌヒカリ	55.9	109	57.0	97	61.2	98	-	-	-	-	-	-
ヤマヒカリ	-	-	59.4	101	-	-	-	-	-	-	-	-
日本晴	-	-	-	-	59.9	96	65.5	104	-	-	-	-

注) 試験年次は三重農技セ、京都農総研および京都丹後農研が1990~1994年、三重伊賀農セ、兵庫中央農技セおよび兵庫北部農技セが1991~1994年である。

表IV-147 「どんとこい」の直播栽培における収量 (育成地, 1994年)

品種名	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	同左比率 (%)	屑米重歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米/わら比率 (%)
どんとこい	182.9	62.9	145	1.2	21.8	52.5
コシヒカリ	135.6	43.4	100	1.6	21.3	47.0
キヌヒカリ	175.2	59.4	137	1.0	22.0	51.3
ハナエチゼン	152.4	56.8	131	1.9	22.3	59.4
ふくひびき	139.2	54.5	126	0.8	24.2	64.4
水原392号	171.7	62.3	144	3.5	18.9	56.9
M401	152.8	45.2	104	3.6	24.7	41.9

奨励品種決定試験における「どんとこい」と「コシヒカリ」の収量比較を図IV-28に示した。「どんとこい」と「コシヒカリ」の収量を比べると、「どんとこい」が多収の場合が多く、「どんとこい」の稈長が76cm以上になると、明らかに「コシヒカリ」より多収となり、稈長が70cm以下の極短程でも多収となっている。1990年、1991年、1992年および1994年における「どんとこい」の最高収量は、それぞれ76.0kg/a (大分・久住)、78.2kg/a (長野本場)、79.7kg/a (岐阜・中山間) および77.9kg/a (熊本・高原)と高く、標準品種と比べて多収の場合が多かった。1993年は冷夏の影響で全国的に不作であったが、冷害により東北地方南部、関東地方およびそれ以西の高冷地帯では、収量の低下がみられ、「どんとこい」の最高収量は66.7kg/a (新潟本場)であった。

以上結果から、「どんとこい」は全国の各種の栽培環境条件で比較的多収を得やすい品種であると考えられるが、冷害には注意が必要である。

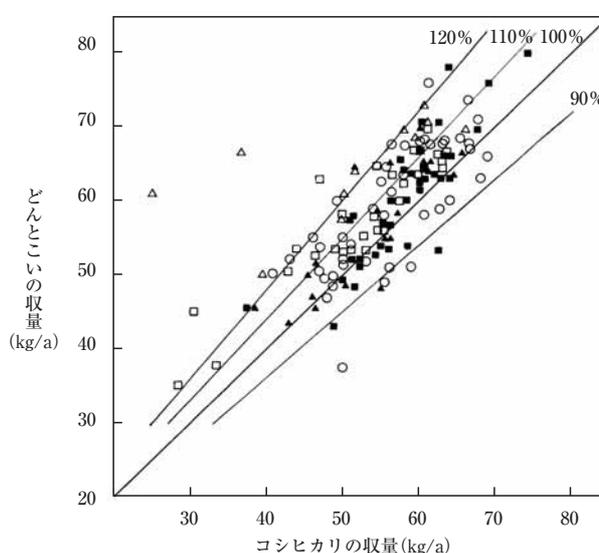
⑤ 玄米の粒形および粒大

「どんとこい」の玄米千粒重を表IV-145、玄米の粒長および粒幅を表IV-148、玄米の粒厚分布を表IV-149に示した。「どんとこい」の玄米千粒重は「コシヒカリ」並かやや重く、「キヌヒカリ」並である。「どんとこい」の玄米の粒長および粒幅は「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」とほぼ同程度で、形および大小はともに「コシヒカリ」並であった。「どんとこい」の粒厚は「コシヒカリ」より厚い玄米が多く、「キヌヒカリ」と同程度の粒厚分布を示した。

以上の結果から、「どんとこい」の玄米の形および大小はともに「コシヒカリ」並の“中”に分級され、玄米千粒重はほぼ「コシヒカリ」並と考えられる。

⑥ 玄米の外観品質および搗精特性

「どんとこい」の外観品質に関して、育成地および普及地帯における調査結果を表IV-150および表IV-151に示した。育成地では「どんとこい」の玄米の外観品質は比較的良好であり、ほぼ「コシヒカリ」並の“中上”に分級されるが、稀に腹白、心白、乳白が認められ、玄米の光沢は「コシヒカリ」並か



図IV-28 配布先における「どんとこい」と「コシヒカリ」との収量比較
注) ▲, ■, ○, □, △は、それぞれ「どんとこい」の稈長が～65cm, ～70cm, ～75cm, ～80cm, 81cm～であることを示す。

表IV-148 「どんとこい」の粒形および粒大 (育成地, 1994年)

品種名	粒長(mm)	粒幅(mm)	粒厚(mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅	粒形	粒大
どんとこい	5.00	2.88	1.95	1.74	14.40	中	中
コシヒカリ	5.00	2.86	1.93	1.75	14.30	中	中
キヌヒカリ	5.08	2.87	1.95	1.77	14.60	中	中

注) 1.8mmの縦目篩で選別した玄米20粒について測定した(3反復)。

表IV-149 「どんとこい」の玄米の粒厚分布 (育成地, 1994年)

品種名	粒厚別重量比率(%)									
	2.2mm以上	～2.1mm	～2.0mm	～1.9mm	～1.8mm	～1.7mm	～1.6mm	1.6mm以下	2.0mm以上	1.8mm以上
どんとこい	0.2	5.8	40.0	28.8	12.5	5.9	2.8	3.9	46.0	87.3
コシヒカリ	0.1	3.0	29.0	29.9	17.0	9.9	4.7	6.2	32.1	79.0
キヌヒカリ	0.7	11.5	46.4	22.6	9.5	4.6	2.1	2.6	58.6	90.7

注) 1) 玄米200gを縦目篩選別機で7分間選別した(3反復)。
2) 1994年は登熟期間が高温で経過したため、登熟が不良であった。

表IV-150 移植栽培における「どんとこい」と比較品種の玄米品質 (育成地)

試験場所	試験年次	品種名	玄米品質	腹白の多少	心白の多少	乳白の多少	玄米の光沢	玄米の色沢
本場	1987 ~1994	どんとこい	4.2	1.1	1.8	0.7	4.9	5.1
		コシヒカリ	4.2	0.5	1.9	0.3	5.3	5.0
	1990 ~1994	どんとこい	4.2	1.1	1.5	0.5	4.6	5.0
		キヌヒカリ	3.9	0.2	1.3	0.3	5.0	5.2
	1987 ~1989	コシヒカリ	4.1	0.5	1.3	0.5	5.2	5.0
		どんとこい	4.1	1.3	2.3	1.1	5.3	5.3
		大 空	4.5	0.6	2.9	1.1	5.0	5.0
		コシヒカリ	4.3	0.4	3.0	0.0	5.3	5.0

注) 玄米品質は1(上上)~9(下下)の9段階, 腹白, 心白および乳白の多少は0(無)~9(甚)の10段階, 玄米の光沢は3(小)~7(大)の5段階, 玄米の色沢は3(淡)~7(濃)の5段階で示した。

表IV-151 普及地帯における「どんとこい」と比較品種の千粒重および品質

品種名	三重農技セ		三重伊賀農セ		京都農総研		京都丹後農研		兵庫中央農技セ		兵庫北部農技セ	
	千粒重 (g)	品質 (1~9)										
どんとこい	20.5	5.0	21.6	5	22.1	6.9	22.2	5.9	22	5.6	21.7	5
大 空	20.2	5.0	21.7	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-
コシヒカリ	20.5	4.8	22.0	5	22.5	5.7	22	5.5	21.9	4.5	21.4	4.3
キヌヒカリ	20.9	3.9	22.6	4.8	22.5	5.2	-	-	-	-	-	-
ヤマヒカリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
日 本 晴	-	-	-	-	23.4	4.5	22.7	6.4	-	-	-	-

注) 試験年次は三重農技セ, 京都農総研および京都丹後農研が1990~1994年, 三重伊賀農セ, 兵庫中央農技セおよび兵庫北部農技セが1991~1994年である。

表IV-152 「どんとこい」と比較品種の搗精特性 (育成地, 1994年)

品種名	搗精歩合 (%)				胚芽残存歩合 (%)				白度			
	搗精時間 (s)				搗精時間 (s)				搗精時間 (s)			
	30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
どんとこい	90.6	89.9	89.0	88.5	5.3	2.3	0.7	0.3	30.5	32.8	34.4	35.6
コシヒカリ	91.8	90.6	89.8	89.1	11.3	5.0	0.7	0.7	29.6	32.6	34.8	36.1
キヌヒカリ	91.5	90.2	89.5	88.8	6.3	0.3	0.3	0.0	30.5	32.8	34.4	35.6

注) 1) 供試した「どんとこい」, 「コシヒカリ」, 「キヌヒカリ」(生産力検定試験・標肥区)の玄米水分(%)はそれぞれ13.0, 12.7, 13.2, 白度は23.6, 20.4, 21.1であった。

2) 搗精は試験用搗精機 Kett TP-2型を, 白度は白度計 Kett C-300 を用いて測定した。

3) □は適搗精時の搗精歩合を示す。

やや劣る。

普及地帯における「どんとこい」の外観品質については, 三重県ではほぼ「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」と同程度であり, 京都府では県北部の丹後農業研究所ではほぼ「コシヒカリ」並であるが, 県南部の農業総合研究所では劣り, 兵庫県では「コシヒカリ」よりやや劣った。以上から, 「どんとこい」の品質はほぼ「コシヒカリ」並だが, 登熟期間が高温となる地帯では品質の低下が認められるので, 適切な栽培管理が必要と考えられる。

「どんとこい」の搗精歩合, 胚芽残存歩合および精米白度を表IV-152に示した。「どんとこい」の適搗精時間は「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」並かや

や短く, 搗精歩留まりは「コシヒカリ」並である。「どんとこい」の胚芽残存歩合および精米白度もほぼ「コシヒカリ」と「キヌヒカリ」並であった。

⑦ 食味の評価

育成地および三重県農業技術センターが実施した「どんとこい」の食味試験の結果を表IV-153および表IV-154に示した。また, 京都府丹後農業研究所および兵庫県立北部農業技術センターが(財)日本穀物検定協会に依頼して実施した食味試験の結果をそれぞれ表IV-155および表IV-156に示した。

育成地では「どんとこい」の炊飯米は柔らかく, 外観が良好で, うま味があり, 粘りが強く, 食味の総合評価は「コシヒカリ」並かやや高く, 最上級の

表IV-153 「どんとこい」の食味評価 (育成地)

試験年次	品種名	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
1987	どんとこい	0.83 *	0.33	0.00	0.75 *	0.58	-0.17
	コシヒカリ	0.31	0.23	0.00	0.08	0.08	-0.08
	大 空	-0.62	0.08	-0.08	-0.62	0.15	0.23
1988	どんとこい	0.92 *	0.50	0.17	0.92	0.50	-0.08
	コシヒカリ	0.75	0.25	0.00	0.75	0.83	-0.08
	大 空	0.29	0.07	-0.07	0.14	1.00 **	-0.36
1989 (1)	コシヒカリ	0.21	0.14	0.14	0.00	0.00	0.14
	キヌヒカリ	0.71	0.57 *	0.07	0.43	0.57	0.07
	どんとこい	0.64	-0.09	0.00	0.64	0.55	-0.18
1989 (2)	コシヒカリ	0.64	0.09	0.00	0.73	0.46	-0.18
	大 空	-0.36	-0.36	0.00	-0.27	-0.36	0.27
	どんとこい	0.73 **	-0.13	0.13	0.73 **	0.80 **	-0.20
1990 (1)	コシヒカリ	0.67 *	0.00	0.33 *	0.60 *	0.80 **	0.20
	どんとこい	0.67	0.08	0.08	0.58 **	0.58	-0.75 **
	キヌヒカリ	0.75 *	0.42 *	0.33 *	0.58	0.50 *	0.08
1990 (2)	どんとこい	0.93 **	0.14	0.07	0.64	0.64	-0.21
	コシヒカリ	1.07 **	0.36 *	0.00	0.93 **	1.00 **	-0.50 *
	越路早生	0.43	0.21	-0.07	0.43	0.14	0.00
1991	どんとこい	0.69 *	0.15	0.38 *	0.69 **	0.85 **	-0.54 **
	日本晴	0.00	0.31 *	-0.08	0.08	0.00	0.15
	どんとこい	1.13 **	0.31	0.19	0.88 **	1.00 **	-0.50 *
1992 (1)	コシヒカリ	0.75 *	0.38	0.13	0.63 *	0.75 **	-0.50 *
	どんとこい	0.93 **	0.67 **	0.33 *	0.73 *	0.80 **	-0.33
	コシヒカリ	0.73	0.47	0.33	0.53	0.87 **	-0.20
1992 (2)	日本晴	-0.33	-0.13	-0.07	-0.40	-0.33	0.20
	どんとこい	1.43 **	0.43	0.36	1.29 **	1.43 **	-0.57 *
	コシヒカリ	0.86 *	0.64 **	0.43	0.64	0.86 *	-0.14
1992 (3)	日本晴	-0.07	0.21	0.07	0.00	0.29	0.07
	どんとこい	0.90 **	0.65 **	0.15	0.70 **	1.00 **	-0.65 **
	トドロキワセ	0.20	0.15	0.15	0.10	0.45 *	0.15
1993 (1)	どんとこい	0.71 *	0.53 *	0.29	0.65 *	0.71 **	-0.06
	コシヒカリ	0.94 **	0.41 *	0.47 *	0.65 **	0.88 **	-0.24
	日本晴	0.24	0.35	0.06	0.18	0.24	0.00
1993 (2)	どんとこい	1.00 **	0.50 **	0.20	0.85 **	1.05 **	-0.20
	コシヒカリ	0.70 **	0.55 **	0.25	0.65 **	0.60 **	0.05
	キヌヒカリ	0.45 *	0.10	0.10	0.35 *	0.30	0.10
1993 (3)	どんとこい	0.88 **	0.35	0.18	0.71 **	0.71 **	-0.65 **
	コシヒカリ	0.41	0.35	0.00	0.41	0.41 *	0.12
	キヌヒカリ	0.53	0.59 **	-0.12	0.24	0.29	0.29
1993 (4)	どんとこい	1.20 **	0.73 **	0.33	0.93 **	1.00 **	-0.07
	コシヒカリ	0.40	0.33	0.00	0.47 *	0.80 **	0.00
	キヌヒカリ	0.53 *	0.60 **	0.07	0.20	0.33	0.07
1994 (1)	どんとこい	1.00 **	0.80 **	-0.05	0.65 *	1.05 **	-0.20
	コシヒカリ	0.50	0.65 *	0.10	0.75 **	1.05 **	-0.65 **
	アキニシキ	0.15	0.35 *	0.00	0.15	0.20	0.20

注) 1) 基準品種は「ハウネワセ」とし、総合評価、外観、香り、うま味は+5 (同品種より極く優れる) ~ -5 (極く劣る) の11段階、粘り、硬さは+3 (極く強い、硬い) ~ -3 (極く弱い、柔い) の7段階で評価した。

2) 材料は生産力検定試験産を用いたが、基準品種「ハウネワセ」は別途に標準栽培したものを用いた。

3) *, **はt検定の結果基準品種との差が5%, 1%水準で有意であることを示す。

「コシヒカリ」と同じ「上中」に分級される。三重県農業技術センターでは、「どんとこい」の食味は「大空」や「コシヒカリ」とほぼ同程度で、「どんとこい」の食味を「上中」と評価しており、京都府および兵庫県では「どんとこい」の食味を「コシヒカリ」と同等の「上上」と評価している。

⑧ 食味関連形質

食味に影響を及ぼすとみられる白米中のタンパク質含有率、アミロース含有率および米粉の糊化特性を表IV-157に示した。育成地では「どんとこい」のタンパク質含有率は、ほぼ「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」並に低く、これらよりアミロース含有率

表IV-154 三重県農業技術センターにおける「どんとこい」の食味評価

試験年次	品種名	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
1990	どんとこい	0.00	0.38*	0.17	-0.04	0.00	-0.38
1991	どんとこい	0.25	0.25	0.17	0.21	0.21	-0.25
	キヌヒカリ	0.08	0.75*	0.38*	-0.04	-0.21	-0.54*
	コシヒカリ	0.13	0.50*	0.08	-0.08	-0.04	-0.29
1992(1)	どんとこい	-0.08	0.38*	-0.04	0.00	0.21	-0.25
	キヌヒカリ	0.21	-0.04	0.04	0.08	0.17	-0.42*
	コシヒカリ	0.08	0.00	-0.04	0.17	-0.13	-0.04
1992(2)	どんとこい	-0.29*	0.04	-0.08	-0.21	0.13	-0.13
1993(1)	どんとこい	-0.46*	-0.88*	-0.38*	-0.08	-0.17	-0.17
	キヌヒカリ	0.21	0.25	-0.17	0.21	0.50*	-0.13
	コシヒカリ	0.46*	0.54*	0.38*	0.42*	0.33*	-0.33*
1993(2)	どんとこい	0.25	0.33*	0.04	0.17	0.33	-0.50*

注) 1) 基準品種は1992(2), 1993(2)のみ「コシヒカリ」とし, これ以外は「大空」を用いた。

2) *は t 検定の結果基準品種との差が5%水準で有意であることを示す。

表IV-155 京都府丹後農業研究所における「どんとこい」の食味評価 (1994年産米)

品種名	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
どんとこい	0.09	0.50	0.00	0.00	0.30	-0.30
コシヒカリ	0.27	0.60	0.10	0.30	0.60	-0.30

注) 1) 勸日本穀物検定協会京都支所に依頼して実施した。

2) 基準は滋賀県野洲群中主町産の「日本晴」を用いた。

表IV-156 兵庫県立北部農業技術センターにおける「どんとこい」の食味評価 (1993年産米)

品種名	総合評価	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
どんとこい	1.33*	1.00*	0.56*	1.33*	0.56	-1.22*

注) 1) 勸日本穀物検定協会関西研究所に依頼して実施した。

2) 基準品種は「コシヒカリ」で, *は同品種と有意差が認められることを示す。

表IV-157 「どんとこい」のタンパク質含有率, アミロース含有率および糊化特性

品種名	育成地		兵庫中央農技セ		北陸農試・品質評価研				
	タンパク質	アミロース	タンパク質	アミロース	糊化特性				
	含有率 (%)	含有率 (%)	含有率 (%)	含有率 (%)	糊化温度	最高粘度	最低粘度	最終粘度	ブレイク ダウン
どんとこい	7.7	17.1	6.5	17.1	56.5	54.0	15.5	29.5	38.5
コシヒカリ	7.8	18.5	7.0	18.8	57.0	56.0	16.5	28.5	39.5
キヌヒカリ	7.9	19.0	-	-	60.5	58.5	17.0	29.0	41.5
アキニシキ	7.8	19.7	-	-	60.0	47.5	15.0	29.0	32.5
トドロキワセ	8.4	18.5	-	-	58.5	51.5	15.5	27.5	36.0

注) 1) 育成地におけるタンパク質含有率は1990~1992年および1994年に近赤外分析法で測定した, アミロース含有率は1994年にブランルーベ社製オートアナライザー II型で測定した。

2) 兵庫中央農技セは1993年における成績である。

3) 北陸農試・品質評価研では育成地の1990年産米について東洋精機の微量ビスコで測定した。

表IV-158 「どんとこい」のいもち病抵抗性遺伝子型の推定

品種名	接種菌株名(コード番号)			推定 遺伝子型
	長61-14(005)	北1(007)	稲168(101)	
どんとこい	S	S	R	<i>Pii</i>
新2号	S	S	S	+
愛知旭	R	S	R	<i>Pia</i>
石狩白毛	S	S	R	<i>Pii</i>
関東51号	R	R	R	<i>Pik</i>

注) 噴霧接種による。表中のSは罹病性反応, Rは抵抗性反応を示す。

も低く、食味に対して好影響を及ぼすと考えられる。兵庫県立中央農業技術センターでは、「どんとこい」のタンパク質ならびにアミロース含有率はともに「コシヒカリ」より低かった。また、糊化特性に関しては、「どんとこい」の最高粘度ならびにブレークダウンはともに「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」に近く良好である。

⑨ いもち病耐病性

「どんとこい」のいもち病真性抵抗性遺伝子を推定するために、3種類のいもち病菌株を噴霧し検定した結果を表IV-158に示した。「どんとこい」の判別菌株に対する反応は「石狩白毛」と同じであり、「どんとこい」はいもち病真性抵抗性遺伝子*Pii*をもつと推定される。

「どんとこい」の葉いもち圃場抵抗性の検定を育成地および特性検定試験地の福島県農業試験場・相馬支場および愛知県農業総合試験場・山間農業研究所で行い、その結果を表IV-159に示した。「どんとこい」は*Pii*遺伝子を持ち、圃場抵抗性が“強”あるいは“中”の「トドロキワセ」あるいは「キヌヒ

カリ」の中間の発病程度を示すことから、「どんとこい」の葉いもち圃場抵抗性は“やや強”と判断される。

「どんとこい」の穂いもち圃場抵抗性の検定を特性検定試験地の山形県農業試験場・最北支場、福島県農業試験場・相馬支場、愛知県農業総合試験場・山間農業研究所および島根県農業試験場・赤名分場で行い、その結果を表IV-160に示した。「どんとこい」は*Pii*を持ち圃場抵抗性が“強”および“弱”の「トドロキワセ」および「イナバワセ」の中間の発病程度を示し、また、圃場抵抗性が“中”および“やや弱”の「ニホンマサリ」および「コシヒカリ」より発病程度が低いことから、その穂いもち圃場抵抗性は“やや強”と判断される。

⑩ 白葉枯病耐病性

「どんとこい」の白葉枯病耐病性の検定を特性検定試験地の長野県南信農業試験場および島根県農業試験場で行い、その結果を表IV-161に示した。長野県南信農業試験場では白葉枯病の発病が少なく判定できなかったが、島根県農業試験場では「どんと

表IV-159 「どんとこい」の葉いもち圃場抵抗性

品種名	推定遺伝子型	育成地			福島農試・相馬支場			愛知農総試・山間農業研究所			総合判定
		指数 範囲	判定 範囲	指数 平均	指数 範囲	判定 範囲	指数 平均	指数 範囲	判定 範囲	指数 平均	
どんとこい	<i>Pii</i>	3.5~7.0	やや強~中	5.5	4.5~5.9	やや強~中	5.3	2.2~7.5	強~弱	5.5	やや強
トドロキワセ	<i>Pii</i>	2.8~6.0	強	4.5	3.8~4.9	強	4.2	4.9~6.5	強~やや強	5.6	強
キヌヒカリ	<i>Pii</i>	6.0~7.4	やや強~やや弱	6.5	-	-	-	-	-	-	中
アキニシキ	+	4.5~8.5	やや強~弱	6.4	-	-	-	-	-	-	中
日本晴	+	5.7~8.1	中~やや弱	6.9	6.8, 6.0	やや弱	-	5.4~6.8	中~やや弱	-	中
大空	+	5.5, 6.5	中	-	-	-	-	-	-	-	中
コシヒカリ	+	6.5~8.6	弱	7.5	5.7~6.9	やや弱~弱	6.2	5.3~7.5	やや弱~弱	6.4	弱

注) 1) 指数(発病程度)は0(無)~10(完全枯死)の11段階で示した(農水省の葉いもち抵抗性調査基準による)。
2) 試験年次は育成地では1988, 1989および1991~1994年(「大空」は1988, 1989年), 福島農試・相馬支場では1989~1992年(日本晴は1990, 1992年のみ), 愛知農総試・山間農業研究所では1988~1994年(「日本晴」は1990~1994年)である。

表IV-160 「どんとこい」の穂いもち圃場抵抗性

品種名	推定遺伝子型	山形農試・最北支場			福島農試・相馬支場			愛知農総試・山間農業研究所			島根農試・赤名分場			総合判定
		指数 範囲	判定 範囲	指数 平均	指数 範囲	判定 範囲	指数 平均	指数 範囲	判定 範囲	指数 平均	指数 範囲	判定 範囲	指数 平均	
どんとこい	<i>Pii</i>	1.1~3.7	強	2.2	1.0~3.7	やや強	2.6	3.0~8.7	やや強~中	6.6	0.6~7.5	やや強 強	3.5	やや強
トドロキワセ	<i>Pii</i>	0.9~3.5	強	2.5	0.2~2.8	強	1.6	2.0~7.7	強	4.9	0.0~4.5	-	1.7	強
イナバワセ	<i>Pii</i>	8.6~9.2	弱	8.8	-	-	-	8.0~10.0	弱	9.1	-	-	-	弱
ニホンマサリ	<i>Pia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4~9.8	中~やや 強	4.3	中
コシヒカリ	+	3.8~6.2	やや弱	4.8	0.7~5.6	やや弱	3.9	6.3~9.0	中~やや弱	7.7	2.8~10.0	やや弱	6.4	やや弱

注) 1) 指数(発病程度)は0(罹病無し)~10(全穂穂いもち)の11段階で示した(農水省の穂いもち抵抗性調査基準による)。
2) 試験年次は山形農試・最北支場では1992~1994年, 福島農試・相馬支場では1989~1992年, 愛知農総試・山間農業研究所では1990年および1992~1994年, 島根農試・赤名分場では1990~1994年である。

こい」の発病程度は白葉枯病耐病性がやや強い「コシヒカリ」と同程度であることから、「どんとこい」の白葉枯病耐病性は“やや強”と判断される。

⑪ 縞葉枯病耐病性

「どんとこい」の縞葉枯病耐病性の検定を特性検定試験地の埼玉県農業試験場および岡山県農業試験

場・北部支場で行い、その結果を表IV-162に示した。両試験地において「どんとこい」は縞葉枯病抵抗性遺伝子を持たない「日本晴」や「コシヒカリ」などと同程度に発病が認められることから、縞葉枯病に対して“罹病性”と判定される。

表IV-161 「どんとこい」の白葉枯病耐病性

品種名	長野・南信農業試験場		島根農業試験場			総合判定
	指数範囲	判定	指数範囲	判定範囲	指数平均	
どんとこい	0.0~0.1	-	2.0~2.5	やや強	2.3	やや強
コシヒカリ	0.0~0.6	-	2.0~2.5	やや強	2.3	やや強
トドロキワセ	-	-	2.5~3.5	やや弱	3.2	やや弱
大空	-	-	7.5, 5.0	弱	-	弱

- 注) 1) 指数(発病程度)は0(病斑無し)~9(全葉が枯死する)の10段階による。
 2) 試験年次は長野県南信農試では1990~1994年, 島根農試では1991~1993年(「大空」は1991, 1992年)である。
 3) 長野県南信農試では発病が少なく, 判定できなかった。

表IV-162 「どんとこい」の縞葉枯病抵抗性

品種名	埼玉農総研セ		岡山農試・北部支場		総合判定
	発病株率(%)	判定	発病株率(%)	判定	
どんとこい	6.7	罹病性	8.3	罹病性	罹病性
日本晴	6.7	罹病性	30.0	罹病性	罹病性
キヌヒカリ	10.0	罹病性	-	-	罹病性
コシヒカリ	16.7	罹病性	-	-	罹病性
ホウレイ	-	-	16.7	罹病性	罹病性
月の光	-	-	1.7	抵抗性	抵抗性

注) 試験年次は両試験地ともに1990年である。

表IV-163 「どんとこい」の穂発芽性(育成地)

品種名	指数範囲	判定範囲	指数平均	総合判定
どんとこい	4.0~5.3	やや難~やや易	4.8	中
コシヒカリ	3.0~4.7	難~中	3.6	難
アキニシキ	4.0~5.7	やや難~やや易	4.8	中
日本晴	3.0~6.0	難~やや易	5.0	やや易
キヌヒカリ	4.3~5.7	中~やや易	5.2	やや易
大空	4.0	やや難	-	やや難

- 注) 1) 試験年次は1987~1994年(「大空」は1987~1989年)で, 成熟期に標本採取し, 温度28℃, 湿度100%の穂発芽検定器に1週間置床後調査した。
 2) 指数(穂発芽程度)は観察により2(極難)~8(極易)の7段階に分級した。

表IV-164 「どんとこい」の障害型耐冷性(育成地)

品種名	不稔歩合(%)		判定範囲	総合判定
	範囲	平均		
どんとこい	73.7~99.1	90.5	弱	弱
コシヒカリ	25.3~47.1	32.9	極強	極強
アキニシキ	26.6~55.3	42.4	極強~やや強	強
キヌヒカリ	46.9~87.6	65.8	中~やや弱	中
日本晴	70.3~95.7	86.1	弱	弱

- 注) 1) 試験年次は1992~1994年である。
 2) 極早生の幼穂形成期から晩生の出穂期まで水温約19℃の冷水を掛け流しした(水深約15cm)。

⑫ 穂発芽性

「どんとこい」の育成地における穂発芽性の検定結果を表IV-163に示した。「どんとこい」の穂発芽の程度は、穂発芽性が“難”および“やや易”の「コシヒカリ」および「キヌヒカリ」や「日本晴」の中間で、後二者に近いことから、「どんとこい」の穂発芽性は“中”と判断される。

⑬ 障害型耐冷性

育成地における「どんとこい」の障害型耐冷性の検定結果を表IV-164に示した。「どんとこい」の不稔歩合は、障害型耐冷性が“極強”，“強”および“中”の「コシヒカリ」，「アキニシキ」および「キヌヒカリ」より高く、弱の「日本晴」並の不稔歩合であることから、「どんとこい」の耐冷性は“弱”と判定される。

4) 採用県における普及の背景と理由

「どんとこい」の府県における奨励品種採用年次、産地品種銘柄指定、作付面積 (ha) の推移を表IV-165に示した。主要3府県における「どんとこい」の普及状況について述べる。

(1) 兵庫県

兵庫県における水稻の作付面積は、1993年には53,400haあり、極早生品種として「コシヒカリ」や「フクヒカリ」などの4品種が県北部の但馬・丹波地域を中心に普及されていた。このうち、「コシヒカリ」は市場評価の高いことから、良食味米志向にのって面積が増加し、県南部にまで作付面積が拡大した。しかし、「コシヒカリ」は県南部では倒伏に問題があり、収量が不安定であるとともに品質の低下や収穫作業に支障をきたすことがしばしば見られ

た。さらに、県南部では「日本晴」，「中生新千本」ならびに「金南風」などへの偏重が大きく、作期の分散を図る上でも、「コシヒカリ」程度の熟期で倒伏に強く、良質・良食味の安定多収品種に対する要望が強かった。このため、現地では「コシヒカリ」より倒伏に強い「キヌヒカリ」の導入が行われたが、穂発芽性などに難点が多かった。

そこで、「どんとこい」について1991年から諸特性を検討してきた。その結果、「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」とほぼ同熟で倒伏抵抗性が強く、両品種より収量が多く栽培特性の優れることが明らかとなった。さらに、玄米の外観品質にやや難点があるが、食味もほぼ「コシヒカリ」と同等に良好であることが明らかとなった。これらの理由から、「どんとこい」を県南部の極早生栽培地帯の「コシヒカリ」に替えて普及し、適地適作と熟期の異なる品種の合理的な組合せによる作期の分散を図り、兵庫県産米の安定生産と質的向上を図ることとし、1995年から奨励品種に採用した。兵庫県における普及見込み地帯は県南部である。当地域における「コシヒカリ」の作付面積は約3,000haであり、その他の品種の作付面積は約600haであるが、これらの内1,000haへの普及が見込まれた。

(2) 三重県

三重県における1994年の水稻作付面積は37,716haで、うるち品種の中で「コシヒカリ」が作付けの64.2%を占めていた。「コシヒカリ」は倒伏し易く、いもち病に弱いなどの栽培上の問題点を持つものの、良食味品種として安定した評価があり、栽培技術の向上とともに1978年頃から順調に作付

表IV-165 「どんとこい」の府県における奨励品種採用年次、産地品種銘柄指定、作付面積 (ha) の推移

府県名	奨励品種 採用年次	産地品種 銘柄指定	年次別作付面積 (ha)										
			2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
三重	1995	指定	215	264	342	346	421	475	474	481	395	133	-
京都	1996	指定	270	349	372	404	474	620	942	1,387	1,167	146	-
兵庫	1995	指定	408	493	1,924	2,346	2,675	3,685	3,600	3,251	2,652	1,295	106
静岡	1997	-	-	191	265	314	417	523	512	375	112	-	-
長崎	1997	-	20	28	38	40	61	232	297	324	238	-	-
広島	1998	指定	442	474	622	654	618	605	504	254	-	-	-
新潟	-	指定	161	214	225	235	188	173	138	118	-	-	-
鳥取	-	-	-	2	10	15	28	35	54	4	-	-	-
石川	-	指定	38	59	81	84	110	110	99	-	-	-	-
福井	-	-	-	-	18	6	9	21	-	-	-	-	-
富山	-	指定	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合計	-	-	1,578	2,111	3,897	4,444	4,978	6,479	6,620	6,194	4,564	1,577	106

注) 産地品種銘柄は一部改正(2007年3月28日公示, 5月1日施行)を示した。

面積を伸ばしてきた。しかし、現在では伊勢湾沿い平坦部においては、「コシヒカリ」の作付比率が80%を超える地域も多く、「コシヒカリ」への過度の作付集中による機械・施設利用の競合が問題となってきた。このため、「コシヒカリ」への作付集中を緩和するために「コシヒカリ」と熟期が異なる品種の作付を推奨していた。「コシヒカリ」より熟期の遅い奨励品種としては、「大空」、「ヤマヒカリ」あるいは「黄金晴」などがあるが、植え付け時期の中心が4月下旬となる三重県平坦部の早期栽培に向く品種は「大空」しかなかった。「大空」は安定多収ではあるが、「コシヒカリ」との熟期差が少なく、外観品質にやや難点があり、耐倒伏性がやや不十分であるといった難点から作付面積は漸減し続け、栽培技術の向上により「コシヒカリ」の作付けが増加した。その結果、「コシヒカリ」の過度の作付け集中という問題だけでなく、平坦部の栽培不適地帯への「コシヒカリ」の作付け拡大という新たな問題をも引き起こした。このため、伊勢湾平坦部では「コシヒカリ」よりも熟期が遅く、「大空」に代わる優良安定多収品種の要望が強まった。

「どんとこい」については、1990年から諸特性を検討してきた結果、「コシヒカリ」よりも熟期が5～7日遅く、外観品質と食味ともはほぼ「大空」並であり、「大空」よりも倒伏し難く多収であることが明らかとなった。そこで、1995年から「どんとこい」を奨励品種として採用し、伊勢湾沿岸平坦部の「コシヒカリ」への過度の作付け集中の緩和を図ることとした。また、「コシヒカリ」の作付比率が低迷していた中山間部においても、場所によっては「ヤマヒカリ」に胴割が発生し易く、これに代わる品種が求められおり、やや熟期が早いものの「どんとこい」で十分代替できるとみられた。さらに、「どんとこい」の栽培特性からみて、省力、低コストの直播栽培にも向くとみられた。三重県における普及見込み地帯は、伊勢湾沿岸平坦部を中心にして三重県全域にまでおよび、県下全域における「大空」の全面積、平坦部の作付比率の高い地域の「コシヒカリ」および中山間部の「ヤマヒカリ」の一部を代替対象とし、5,000haの普及が見込まれた。

(3) 京都府

京都府においては、1994年の水稻作付面積は21,800haであり、このうち早生品種は「コシヒカリ」

や「キヌヒカリ」、中生品種は「日本晴」や「中生新千本」が普及されていた。とくに京都府北部の丹後地域においては、作付品種の偏りが著しく、「コシヒカリ」が82%を占め、「キヌヒカリ」と「日本晴」がそれぞれ7%と6%の作付率であった。

1991年から「キヌヒカリ」が普及されたが、耐倒伏性や食味が優れるものの、熟期が「コシヒカリ」並であることから収穫期の作業分散や施設の効率的利用による経営改善効果が少ないことなどにより、3～5ha程度の比較的規模の大きい農家の多い当地域では、普及拡大には至っていなかった。このため、熟期が「コシヒカリ」と「日本晴」との中間で、強稈、良質、良食味、さらに「キヌヒカリ」より穂発芽しにくい品種が要望されていた。

1990年から「どんとこい」の諸特性を検討した結果、「どんとこい」は熟期が「コシヒカリ」より7日（府南部では5日）程度遅く、耐倒伏性が極めて強く、収量性も「コシヒカリ」を上回り、栽培特性が優れることが明らかとなった。また、食味は「コシヒカリ」に匹敵し高い市場評価を得ていた。そこで、1996年度から府奨励品種に採用し、府北部丹後地域の「キヌヒカリ」のすべてと、「コシヒカリ」や「日本晴」の一部に代えて普及し、経営改善および産米改善を図ることとした。京都府における普及見込み地帯は、府北部の丹後地域が中心で、この地域の「キヌヒカリ」のすべてと「コシヒカリ」や「日本晴」の一部を代替することとし、900haへの普及が見込まれた。

5) 湛水直播適性の解明

(1) 湛水直播における出芽と苗立ち

a) 材料および方法

① 「どんとこい」の特性解明

1994年の試験は潤土表面散播で行った。供試品種として短稈・良食味品種「どんとこい」、直播栽培に用いられている短稈・良食味品種「キヌヒカリ」および「ハナエチゼン」、直播栽培向きアメリカ品種「M401」、良食味品種「コシヒカリ」を用いた。播種は本場圃場に5月23日に行い、播種量は6kg/10aとし、催芽した種子を播種したが、酸素発生剤の粉衣を行わなかった。施肥量は標肥とし、基肥としてN、P₂O₅、K₂O各成分で4kg/10a、追肥はNおよびK₂O成分でそれぞれ2kg/10aおよび2.7kg/10a相当を施用した。

表IV-166 「どんとこい」の直播栽培における苗立ち、生育、収量および品質

試験年次	播種方式	播種期(月・日)	播種量(kg/10a)	施肥水準	品種名	苗立本数(本/m ²)	出穂期(月・日)	成熟期(月・日)	稈長(cm)	穂長(cm)	穂数(本/m ²)	玄米重(kg/a)	同左比率(%)	千粒重(g)	品質	倒伏程度
1994	潤土表面散播	5.23	6	標肥	どんとこい	189	8.14	9.14	66	15.6	572	62.9	106	21.8	4.0	0.5
					キヌヒカリ	173	8.14	9.11	67	15.5	524	59.4	100	22.0	4.3	2.0
					コシヒカリ	127	8.14	9.10	81	16.4	367	43.4	73	21.3	4.0	5.0
					ハナエチゼン	157	8.7	9.7	71	17.5	560	56.8	96	22.3	5.0	3.0
					M401	106	8.31	10.1	69	18.8	331	45.2	76	24.7	5.5	1.0
1995	潤土表面散播	4.27	4	標肥	どんとこい	190	8.13	9.24	66	17.2	436	58.8	128	22.1	4.0	0.0
				キヌヒカリ	126	8.11	9.21	77	16.2	396	45.8	100	21.8	4.0	1.0	
			多肥	どんとこい	190	8.13	9.24	73	16.3	466	55.1	94	22.1	4.0	0.0	
			キヌヒカリ	126	8.11	9.21	74	19.3	415	58.7	100	21.8	4.0	2.5		
			標肥	どんとこい	234	8.12	9.24	67	16.9	525	62.6	119	21.7	4.0	0.0	
		キヌヒカリ	154	8.10	9.21	75	17.3	424	52.8	100	21.9	4.0	1.5			
		多肥	どんとこい	234	8.12	9.24	73	16.8	502	57.8	111	21.7	4.0	0.0		
		キヌヒカリ	154	8.10	9.21	75	18.0	483	52.1	100	21.8	4.0	2.0			
		5.18	4	標肥	どんとこい	130	8.20	10.6	67	16.3	420	57.4	113	22.5	4.0	0.0
				キヌヒカリ	132	8.19	9.28	80	16.7	388	50.8	100	22.5	4.0	1.0	
	多肥		どんとこい	130	8.20	10.6	70	17.0	506	62.9	120	23.1	5.0	0.0		
	キヌヒカリ		132	8.19	9.28	75	17.7	410	52.2	100	23.2	4.0	0.5			
	標肥		どんとこい	262	8.19	10.6	67	16.6	429	57.1	128	23.0	5.0	0.0		
	キヌヒカリ	250	8.18	9.28	73	16.6	416	44.7	100	22.5	4.0	1.5				
	多肥	どんとこい	262	8.19	10.6	68	16.4	497	64.9	115	23.0	5.0	0.5			
	キヌヒカリ	250	8.18	9.28	75	17.2	454	56.2	100	22.8	4.0	1.5				
	湛水表面散播	4.27	4	標肥	どんとこい	116	8.12	9.24	69	17.8	433	53.4	100	21.3	4.0	0.0
				キヌヒカリ	116	8.10	9.21	77	18.0	425	53.6	100	21.6	4.0	2.0	
			多肥	どんとこい	116	8.12	9.24	68	18.5	468	63.1	101	21.9	4.0	0.0	
			キヌヒカリ	116	8.10	9.21	77	18.0	522	62.4	100	21.3	4.0	3.0		
標肥			どんとこい	266	8.11	9.24	70	18.0	436	54.4	95	22.5	4.0	0.0		
キヌヒカリ		210	8.9	9.21	79	17.8	513	57.4	100	21.9	4.0	2.5				
多肥		どんとこい	266	8.11	9.24	70	18.0	436	54.4	102	22.5	4.0	0.0			
キヌヒカリ		210	8.9	9.21	77	19.0	507	53.3	100	21.4	4.0	3.5				
5.18		4	標肥	どんとこい	190	8.20	10.6	64	17.0	431	54.1	106	22.9	5.0	1.5	
			キヌヒカリ	90	8.20	9.28	74	17.5	331	50.8	100	23.0	5.0	1.5		
	多肥	どんとこい	190	8.20	10.6	68	17.2	544	60.5	119	23.3	6.0	0.0			
	キヌヒカリ	90	8.20	9.28	73	18.4	400	50.9	100	23.2	5.0	0.5				
	標肥	どんとこい	252	8.19	10.6	70	17.0	604	61.5	122	22.9	6.0	0.0			
	キヌヒカリ	158	8.18	9.28	69	17.6	426	50.5	100	23.5	5.0	2.0				
多肥	どんとこい	252	8.19	10.6	70	17.0	604	61.5	116	22.9	6.0	0.0				
キヌヒカリ	158	8.18	9.28	73	17.5	596	53.2	100	23.0	5.0	2.5					

注) 品質は1(上上)～9(下下)、倒伏程度は0(無)～5(甚)として示した。

1995年の試験は、潤土表面散播および湛水表面散播の2つの方法で明治圃場において、「どんとこい」および「キヌヒカリ」を供試して行った。播種期は4月27日と5月18日の2回とし、播種量は4kg/10aあるいは6kg/10aの2水準とし、催芽した種子を用い、酸素発生剤の粉衣を行わなかった。施肥量は基肥としてN、P₂O₅、K₂O各成分量で4kg/10a、追肥は標肥区がNおよびK₂O成分量で、それぞれ2kg/10aおよび2.7kg/10a、多肥区はNおよびK₂O成分量で、それぞれ4kg/10aおよび5.4kg/10a相当とした。一区面積は52.5m²(10.5m×5.0m)とし、試験は2反復で実施した。

② 土中出芽性

1998, 2000, 2001年に、太田ら(1999)の土中出芽性の圃場検定法に準じて検定を行った。供試品種は直播向きの「夢あおば」(三浦ら, 2006), 「ハ

ナエチゼン」, 「はえぬき」, 「いただき」(上原ら, 2000), 「キヌヒカリ」および「どんとこい」の6品種とした。品種当たり100粒をシーダーマシン(Nippon Plant Seeder 社製)でシーダーテープに封入し、25℃で2日間催芽した後、1日間陰干しにして播種した。播種深度は約2cmとし、土中出芽調査まで水深約5cmの湛水とした。出芽率により土中出芽性を評価した。播種は4月下旬～5月上旬に行い、調査は播種後約1月後に行った。試験は3回反復で実施した。

b) 実験・調査の結果

表IV-166に直播栽培における苗立ち本数を示した。1994年の潤土表面散播では、「どんとこい」の苗立ち本数が189本/m²で最も多く、次いで「キヌヒカリ」, 「ハナエチゼン」, 「コシヒカリ」, 「M401」の順に少なかった。1995年の試験における「どんと

こい」の苗立ち本数は、播種量 4 kg/10aの場合では、4月27日播種の湛水表面散播が最も少ない116本/m²で、4月27日播種の潤土表面散播および5月18日播種の湛水表面散播では、190本/m²で最も多かった。播種量6kg/10aでは「どんとこい」の苗立ち本数は234~266本/m²で、播種方法による差は小さかった。これに対して、「キヌヒカリ」は「どんとこい」並の苗立ち本数があった区もあるが、概して「どんとこい」より苗立ち本数は少なかった。

表IV-167には深度は約2 cmで播種した圃場検定による土中出芽性の検定結果を示した。「どんとこい」は「キヌヒカリ」や「ハナエチゼン」より出芽率は高いが、「はえぬき」には及ばず土中出芽性の程度は“中”と判定された。

これらの結果から、表面散播の場合、「どんとこい」は、従来直播栽培に用いられてきた「キヌヒカリ」や「ハナエチゼン」より出芽・苗立ち性に優れ、播種量 4 kg/10aの潤土表面散播および湛水表面散播では、ほぼ100本/m²の苗立ちを確保でき、播種量 6kg/10aでは200本/m²の苗立ちを確保できるとみられた。しかし、土中出芽性は中程度で、一般の品種並なので、酸素発生剤の粉衣を行わない場合には、播種深度が深くならぬよう注意が必要である。

(2) 湛水直播における倒伏抵抗性

a) 材料および方法

① 直播栽培における「どんとこい」の倒伏抵抗性

1994年の潤土表面散播、1995年の潤土表面散播および湛水表面散播による栽培試験において倒伏程度を調査した。

② 転び型倒伏抵抗性

1998~2001年に転び型倒伏抵抗性を検定した。供試品種は直播向きの「夢あおば」、「ハナエチゼン」、「はえぬき」、「いただき」、「キヌヒカリ」および「どんとこい」の6品種とした。1区1.5mとし、約10cm幅で催芽粉180粒を3反復で湛水表面条播栽培した。出穂後5~10日に倒伏試験器（大起理化学工業）を用い、地表面上10cmを幅10cmの範囲で45度まで押し倒し、その応力を測定した（上村ら、1985）。同時に、押し倒した茎数（穂数）を測定した。応力を穂数で割った数値を押し倒し抵抗値とし、転び型倒伏抵抗性を評価した。

b) 実験・調査の結果

表IV-166に1994年の潤土表面散播、1995年の潤

表IV-167 圃場検定による土中出芽性

品種名	出芽率(%)	判定
どんとこい	21.2	中
キヌヒカリ	18.9	中
夢あおば	17.2	中
いただき	4.2	中
はえぬき	26.6	やや強
ハナエチゼン	11.2	中

注) 1998, 2000, 2001年に催芽種子を播種深度約2 cm, 水深約5 cmに播種して検定した。



写真IV-24 湛水表面散播栽培の「どんとこい」

表IV-168 転び型倒伏抵抗性

品種名	押し倒し抵抗値(g/本)	判定
夢あおば	159.5	強
いただき	122.0	強
どんとこい	111.0	強
キヌヒカリ	99.3	やや強
はえぬき	78.5	やや強
ハナエチゼン	68.5	中

注) 1998~2001年に催芽種子を表面散播し、出穂後に倒伏試験器を用いて調査した。

土表面散播および湛水表面散播による栽培試験において倒伏程度を示した。1994年の潤土表面散播では、「どんとこい」の倒伏程度は0.5で、「ハナエチゼン」や「キヌヒカリ」よりも明らかに倒伏が少なかった。1995年の潤土表面散播および湛水表面散播の試験においても、ほとんどの区で倒伏は認められず、「キヌヒカリ」よりも明らかに倒伏は少なかった（写真IV-24参照）。

表IV-168に転び型倒伏抵抗性の検定結果を示した。「どんとこい」の押し倒し抵抗値は「キヌヒカリ」、「はえぬき」あるいは「ハナエチゼン」より高く、転び型倒伏抵抗性は“強”と判定された。「どんとこい」の命名登録後に育成された直播適性品種「夢あおば」や「いただき」は、「どんとこい」よりさらに高い押し倒し抵抗値を示した。

表IV-169 「どんとこい」および後続の「夢あおば」「いただき」の直播栽培に苗立ち、生育特性、収量および玄米品質

試験年次	施肥水準	品種名	苗立ち率 (%)	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	全重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	同左比率 (%)	玄米		被害の多少			
												千粒重 (g)	品質	倒伏程度	葉いもち	穂いもち	紋枯病
1998 2001	標肥	夢あおば	66.1	7.30	9.11	70	18.6	420	145.1	59.5	111	26.6	7.8	0.1	0.0	0.1	0.0
		ハナエチゼン	72.1	7.26	9.2	68	16.8	644	119.5	53.8	100	22.9	5.1	2.4	0.1	0.0	0.4
		はえぬき	69.0	8.1	9.11	67	17.0	645	140.1	56.4	105	22.4	4.5	0.9	0.0	0.3	0.3
	多肥	夢あおば	59.6	7.31	9.15	76	20.6	472	174.8	68.6	122	26.2	7.3	0.9	0.0	0.1	0.4
		ハナエチゼン	64.7	7.27	9.3	75	17.3	679	135.7	56.2	100	22.5	5.0	4.8	0.0	0.1	0.6
		はえぬき	62.6	7.31	9.12	72	17.2	743	165.3	64.3	115	22.3	4.3	2.6	0.1	0.1	0.0
	標肥	いただき	85.4	8.8	9.20	67	17.8	493	136.5	58.1	109	24.4	4.5	1.0	0.0	0.4	0.3
		キヌヒカリ	73.3	8.3	9.15	67	17.7	497	128.9	53.1	100	23.0	5.0	1.5	0.0	0.4	0.4
		どんとこい	74.2	8.4	9.17	66	16.7	563	134.6	59.5	112	23.3	4.6	0.9	0.0	0.4	0.3
	多肥	いただき	79.4	8.10	9.22	73	17.9	576	155.0	59.4	108	24.0	4.0	2.0	0.0	0.9	0.3
		キヌヒカリ	69.9	8.5	8.18	78	16.8	567	147.4	55.2	100	22.3	4.8	3.8	0.3	0.8	0.1
		どんとこい	71.6	8.6	9.20	74	16.5	591	154.1	59.1	107	22.6	4.8	2.0	0.3	0.9	0.0

注) 1) 播種量は約 4 kg/10a (160粒/m²) とし、4月下旬に湛水表面散播した。
 2) 施肥量は標肥区の基肥、中間肥、穂肥として各 N 成分量 4 kg/10a, 1 kg/10a, 2 kg/10a ずつ施用した。多肥区は基肥、中間肥、穂肥として各 N 成分量 6 kg/10a, 1 kg/10a, 3 kg/10a (1998, 1999 年は各 N 成分量 6 kg/10a, 2 kg/10a, 4 kg/10a) ずつ施用した。
 3) 品質は 1 (上上) ~ 9 (下下)、被害の多少は 0 (無) ~ 7 (甚) として示した。

以上のように、「どんとこい」は転び型倒伏抵抗性が強く、表面散播でも倒伏はほとんど認められなかった。また、写真IV-24で見られるとおり成熟期においても枯れ上がりが少なく、挫折倒伏にも強いと考えられる。

(3) 湛水直播における生育および収量

a) 材料および方法

① 直播栽培における「どんとこい」の生育および収量

1994年の潤土表面散播、1995年の潤土表面散播および湛水表面散播による栽培試験を行い、出穂期、成熟期、稈長、穂長、穂数、玄米重、玄米千粒重、玄米品質、病害などの被害の多少を調査した。

② 「どんとこい」の後続の直播適性品種の特性解明
 「どんとこい」の後で育成された直播適性品種について1998~2001年に湛水表面散播で試験を行った。供試品種は「どんとこい」を母として育成された晩生の「いただき」および早生の飼料向き品種「夢あおば」とし、比較として早生は「ハナエチゼン」と「はえぬき」、中~晩生は「キヌヒカリ」と「どんとこい」を用いた。

b) 実験・調査の結果

表IV-166に「どんとこい」の直播栽培における生育、収量および品質を示した。1994年の播種は5月23日で遅かったが、「どんとこい」の出穂期は8月14日、成熟期は9月14日であった。1995年には4

月27日と5月18日の2回播種したが、全般に出穂および登熟が遅れ、5月18日播種の「どんとこい」の成熟期は10月6日となった。「どんとこい」の稈長は66~73cmで、「キヌヒカリ」の69~80cmより短かった。「どんとこい」の穂長は16.3~18.5cmで、「キヌヒカリ」の16.2~19.3cmと同等かやや短かった。「どんとこい」の穂数は420~604本/m²で、「キヌヒカリ」の331~596本/m²と同等か多かった。

「どんとこい」の玄米重は53.4~65.1kg/aで、「キヌヒカリ」の45.8~62.4kg/aより2区を除き高く、「キヌヒカリ」を標準とした場合の収量比率は94~128%であった。玄米千粒重は「どんとこい」と「キヌヒカリ」の間に差はないが、1995年の4月27日播種より5月18日播種の方が重い傾向が認められた。品質は1994年および1995年の4月27日播種では「どんとこい」と「キヌヒカリ」の差はないが、1995年の5月18日播種では登熟が遅れたことから品質の低下がみられ、とくに「どんとこい」の成熟期が10月上旬になったことから品質の低下が顕著となった。

表IV-169には、「どんとこい」および直播適性を持つ後続品種「いただき」と「夢あおば」の直播栽培における生育特性、収量および品質を示した。早生の「夢あおば」は大粒であるが、苗立ち率は60%前後と低かったが、約100本/m²の苗立ちが確保され、倒伏はほとんど認められず、多収となった。「い

ただき」は「どんとこい」よりやや晩生の品種であるが、苗立ちは「どんとこい」より優れ、生育および収量は「どんとこい」並に良好であった。

以上のように、「どんとこい」は、いずれの潤土表面散播および湛水表面散播においても「キヌヒカリ」より安定して多収を示し、多肥による増収も認められた。さらに、「どんとこい」の後で育成された「ただき」と「夢あおば」も直播栽培に適するとみられた。しかし、「どんとこい」は成熟期が遅くなり10月上旬になると、品質の低下が認められたので、播種が遅くならぬよう注意が必要で、多肥栽培も登熟遅らせるので極端な多肥栽培は避ける必要がある。なお、福井ら(1997)は「どんとこい」の播種適期は出芽期や登熟期間の気象変動を考慮して4月25日～5月10日頃とした。

6) 考察

(1) 品種特性の解明と栽培普及上の注意点

a) 「どんとこい」の特性

「どんとこい」の特性を同熟期の「コシヒカリ」と比べると、以下のとおりである。「どんとこい」の出穂期は「コシヒカリ」より3日程度、成熟期は7日程度遅く、北陸地方では“中生の中”に属するうち種である。稈長は「コシヒカリ」より20cm程度短く短稈で、穂長は「コシヒカリ」よりやや短く、穂数もわずかに少なく、草型は“中間型”に属する。収量性は「コシヒカリ」に優り高く、耐倒伏性は「コシヒカリ」より明らかに強く、直播栽培にも適する。品質・食味は「コシヒカリ」並で、飯米は粘りが強く、柔らかで、食味および外観も良好である。

いもち病抵抗性遺伝子*Pii*を持つと推定され、葉いもち、穂いもちともに「日本晴」よりやや強い。白葉枯病には「コシヒカリ」並に強い。縞葉枯病に対しては罹病性である。障害型耐冷性は「コシヒカリ」より明らかに弱い。穂発芽性は「日本晴」並かやや難である。

このような「どんとこい」の特性から、栽培にあたっては以下の点に留意する必要がある。障害型耐冷性が弱いので、山間の冷害常襲地帯での作付は避ける。高温登熟性がやや低く、登熟期間がやや長いので早期落水は避け、登熟および品質の向上に努める。穂発芽性は中程度なので、刈り遅れに注意する。短稈で耐倒伏性も強いが、過剰な施肥はいもち病や

紋枯病の発生原因となるばかりでなく、登熟歩合、玄米品質や食味の低下を招くので注意が必要である。栽培適地は冷害常襲地帯を除く北陸地方、東北地方南部、関東地方以西にわたる。

b) 「どんとこい」の普及状況

表IV-165に「どんとこい」の府県における作付面積の推移を示した。「どんとこい」は直播栽培に向き、通常品種と同様の栽培条件によって、「コシヒカリ」並の食味を持つところから、北陸地方では倒伏などの理由で「コシヒカリ」の作付けが困難な地帯への作付けや「コシヒカリ」の収穫作業の分散を図るために導入が図られているが、北陸以西でも同様に兵庫、京都、静岡、広島などの東海・中国地方も含め6,000ha以上に普及する広域適応性品種となった。

「どんとこい」の育成当初から奨励品種採用を決めていた兵庫県では、県南部に1,000haの普及を見込んでいたが、1996年には1,000haを越え、2000年には3,685haに達した。京都府北部の丹後地域に900haの普及を見込んでいたが、1998年に1,387haに達した。しかし、県下全域で5,000haの普及を見込んでいた三重県では、481haに止まった。育成当初は兵庫県、京都府、三重県が奨励品種としての採用の意向があったが、1997年には静岡県および長崎県でも奨励品種に「どんとこい」を採用した。

静岡県では1987年に奨励品種に採用された「月の光」が高冷地地帯では晩生で、倒伏に強く、玄米品質が良好な品種であるが、食味が優れないため作付けが減少した。そのため、北駿地域では中生の「コシヒカリ」に作付けが集中し、収穫、乾燥時の施設・機械の競合や、特産野菜のミズカケナ栽培跡地での倒伏が問題となっていた。そこで、多収で良食味の「どんとこい」を「月の光」に代えて奨励品種に採用し、標高300～500mの地帯に普及させ、静岡県の高冷地地帯における熟期構成の適正化を図ることとした。2000年には523haに達した。

長崎県では、奨励品種のうち普通期早生種として「日本晴」と「黄金晴」があったが、「日本晴」は広域に栽培されているが、食味の点でやや不十分であり、「黄金晴」は栽培特性が良いが、食味が不十分であった。そこで、これらの品種より食味が優れた早生種の選定が生産者や実需者から強く要望されていた。奨励品種決定調査の結果、「どんとこい」は

普通期栽培では早生の早になり、草姿が良く、短程で耐倒伏性が強く、乳白米の発生がやや多いが、穂発芽性は中程度で、極良食味であった。そこで、長崎県で奨励品種に採用し、県下の中山間部を中心に普及を図ることとした。1998年には324haに達した。

広島県では「どんとこい」を1998年に準奨励品種に採用した。庄原市および比婆郡の水稲の作付品種は「コシヒカリ」と「中生新千本」に偏っており、収穫時期の作業競合が課題となっていた。収穫期の作業分散のために、「コシヒカリ」と「中生新千本」の中間の成熟期で、良食味の品種が求められていた。奨励品種決定調査の結果、「どんとこい」は「コシヒカリ」よりも短程で耐倒伏性に優れ多収であった。そこで、成熟期は「コシヒカリ」より遅い熟期で庄原市および比婆郡の作期分散に資する早生品種として準奨励品種に採用した。そして庄原市・比婆郡の標高300m以下の地域に限定して普及を図っていくこととし、普及見込み面積は500haとしたが、2002年には654haに達した。

c) 「どんとこい」の産地品種銘柄の指定に伴う普及拡大

国内で販売される米穀は「農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律」(略称：JAS法)によって販売業者は名称および原産地を表示するよう定められている。国内産米穀は、農産物検査を受けることにより、農産物規格規程(2001年2月28日農林水産省告示第244号)で設定された「産地品種銘柄」に基づき、産地・品種の証明が得られるが、産地・品種銘柄以外の品種は「その他品種」として流通することになる。

2007年産には農林水産省告示第244号により、農産物規格規程の一部が改正され施行された。「どんとこい」は、奨励品種採用県(準奨励品種も含む)である三重、京都、兵庫、広島の府県に加え、非奨励の新潟、富山、石川の北陸各県でも産地品種銘柄に指定されている。これらの県では「〇〇」産「どんとこい」として、良食味の特性を示しつつ販売することが可能である。また、種子生産が盛んな富山県でもJAS法に基づいた種子販売のために産地品種銘柄の指定がなされている。この制度では、地域の実情を踏まえ、多様なニーズに対応しながら、県、生産者団体、実需者団体等の関係者により協議が行われ、必要性が認められたものについては、農産物

規格規程を一部改正することにより銘柄などの設定、変更または廃止を行えることになっている。そこで、新潟県などの農家では、産地品種銘柄の指定された「どんとこい」を直播栽培などに取り入れ、農家経営の安定を図っている。

(2) 湛水直播適性品種の拡大方策

a) 直播適性強化

星野ら(1985)、荻原(1993)、Yamauchi *et al.*(1993)、Ogiwara and Terashima(2001)によって出芽・苗立ち性に優れているとされた日本の地方品種や、中国、ハンガリー、イタリア、ポルトガル、旧ユーゴスラビア、アメリカなどの品種について、土中出芽率、低温発芽日数および苗立率を1996年に調査した結果を表IV-170に示した。土中出芽率に関しては、圃場試験であるため日本品種はほとんど出芽がしない条件であったが、中国品種「Ta Hung Ku」とハンガリー「Dunghan Shali」が良好に出芽し、低温発芽性にすぐれることから出芽・苗立ち性のよい育種素材として有望視できた。苗立率に関しては、表面播種のためおおむね苗立ちは良好であり、供試材料の湛水表面散播における苗立率は、「どんとこい」などの日本品種よりやや高い程度であった。これらの品種の土中出芽率および低温発芽を「どんとこい」などの直播適性品種に導入することにより、直播栽培の播種時における播種深度や低温による出芽・苗立ち障害の改善が図られることが期待される。

その後、表IV-171に示す通り「どんとこい」と「Ta Hung Ku」との交配により「北陸PL3」および「関東PL13」が育成されたが、実用品種としては特性が不十分であり、さらに改良が必要と考えられる。

b) 食味向上

「どんとこい」は高温登熟性がやや低く登熟期間がやや長い特性があるため、早期落水を避け、登熟および品質の向上に努める必要がある。小牧ら(2002)は草型や粒着密度の異なる「イナバワセ」(中間型・やや密)、「ひとめぼれ」(偏穂数型・やや疎)、「あきたこまち」(偏穂数型・中)、「ハナエチゼン」(偏穂数型・やや密)の早生4品種と、中生の「どんとこい」(中間型・密)をビニルハウスによる高温条件で登熟させ、生育、収量、品質、食味等を比較検討した。その結果、生育特性や収量に関しては高温処理区と無処理区との間に差異は認められなかった

表IV-170 国内外遺伝資源の土中出芽率, 低温発芽日数および苗立率 (1996年)

品種名	原産国	土中出芽率(%)	低温発芽日数(日)	苗立率(%)
Ta Hung Ku	中国	33	5.0	83
Dunghan Shali	ハンガリー	32	4.0	85
Italica Livorno	イタリア	23	3.5	79
Arroz da Terra	ポルトガル	17	5.5	88
Kibi	日本在来	15	5.5	81
Hei Chiao Chui Li	中国	11	6.0	80
Hsiang Keng	中国	11	6.0	80
Maratteli	旧ユーゴスラビア	9	7.0	86
赤米	日本在来	6	4.0	88
攀農1号	中国	5	4.5	73
麗江新団黒谷	中国	3	5.5	78
Arborio	イタリア	2	3.5	82
M401	アメリカ	0	5.5	70
どんとこい	日本	1	7.0	73
コシヒカリ	日本	2	7.0	80
キヌヒカリ	日本	2	7.0	67
ハバタキ	日本(インド型)	0	6.0	18

注) 1) 土中出芽率: 土中直播(深度2cm)での土壌表面から伸張している個体の割合.

2) 低温発芽日数: 15℃での50%発芽日数.

3) 苗立率: 湛水表面散播での緑色個体の割合.

が、いずれの品種においても高温条件下で1g程度の玄米千粒重の低下が認められた。品質に関しては、高温により腹白、乳白、心白および青米の増加が認められ、長穂でやや密の「イナバワセ」が最も品質の低下が大きく、次いでやや短密穂の「ハナエチゼン」の品質の低下が著しかった。やや疎粒の「ひとめぼれ」や粒着密度が中程度の「あきたこまち」は、粒着密度の高い「どんとこい」よりも品質の低下が少ない傾向が認められた。食味については「どんとこい」は良食味で、他の品種に比べて高温による食味低下が少なく、次いで「ひとめぼれ」や「ハナエチゼン」の食味低下が少なかった。

このように「どんとこい」は玄米品質に関しては、高温による品質低下の少ない品種とはいえ、高温登熟性の高い品種の育成が望まれる。高温登熟性の高い品種としては「てんたかく」、「ふさおとめ」、「こしいぶき」などがあげられ、これらの品種を母本とした品種育成が望まれる。石崎(2005)は高温登熟性の基準品種として、高温登熟性“強”に「ふさおとめ」、「やや強」に「てんたかく」、「はなひかり」および「越路早生」、「中」に「ひとめぼれ」、「はえぬき」、「ハウネンワセ」などを選定した。

Suzuki *et al.* (1993) はタイ品種「Daw Dam」が米の脂質の劣化に関与する3種類の酸化酵素リポキシゲナーゼ(LOX)のうち、全活性の80%以上を占めるLOX3が欠失していること明らかにした。中央農研・北陸研究センターでは、2000年に「Daw

Dam」を母本にし、「どんとこい」との交配育種によりLOX3欠失の中間母本系統「北陸PL2」を育成した。「北陸PL2」は「コシヒカリ」とほぼ同じ熟期で、倒伏抵抗性が強く、食味も良いが、穂発芽がしやすい欠点があることから、さらなる改良が必要である。この中間母本系統を用いて、古米臭の少ない品種の育成が期待される。現在までのところ、リポキシゲナーゼ欠失の品種は普及に至っていないが、今後育成されるリポキシゲナーゼ欠失米の品種は長期貯蔵においても古米臭がしにくいことから備蓄米などにも活用されると考えられる。

c) 「どんとこい」を母本とした耐病性極良食味品種の育成

「どんとこい」を母本にすると、いもち病抵抗性で極良食味の優良系統が高頻度で現れることを明らかにした。いもち病抵抗性、極良食味、倒伏抵抗性を結合する育種において、「コシヒカリ」などの良食味品種を母本する場合、「コシヒカリ」が倒伏し易く、いもち病に弱いことから交配相手には、いもち病にも倒伏性にも抵抗性の品種を選定する必要がある。ところが、いもち病抵抗性や耐倒伏性の品種は食味が劣る傾向があり、育成の大きな障害となっていた。そこで「どんとこい」は倒伏に強く、極良食味であり、直播適性もあることなどから多くの育成地で交配母本に用いられた。

「どんとこい」を母本として育成された品種とその普及状況を表IV-172に示した。中央農業総合研

表IV-171 「どんとこい」を母本とした中間母本系統

系統番号	両親名	育成場所	配付開始年
北陸 PL2	北陸148号 / Daw Dam // 北陸148号	中央農研・北陸センター	2000
北陸 PL3	どんとこい / Ta Hung Ku	中央農研・北陸センター	2004
関東 PL13	どんとこい // どんとこい / Ta Hung Ku	作物研究所	2005

注) 両親名欄の「北陸148号」は「どんとこい」の地方系統番号名である。

表IV-172 「どんとこい」を母本として育成された品種

農林番号	農林登録年	品種登録年	品種名	旧系統名	両親名	育成場所
農林365号	2000	2003	い だ だ き	北陸179号	収4885 / 収4695	中央農研・北陸
農林385号	2002	2005	あ き さ や か	西海230号	西海195号 / 北陸148号	九州沖縄農研
農林400号	2004	-	ふ く い ず み	西海238号	西海199号 / 北陸148号	九州沖縄農研
農林402号	2004	-	イ ク ヒ カ リ	越南176号	越南148号 / 北陸148号	福井農試
-	-	2005	た べ ご こ ち	-	どんとこい / コシヒカリ	日本モンサント(株)
-	-	2005	と ね の め ぐ み	-	どんとこい / コシヒカリ	日本モンサント(株)

注) 両親名欄の「収4885」、「北陸148号」はそれぞれ「どんとこい」の系統番号、地方系統番号名である。

究センター・北陸研究センターでは、「どんとこい」を母本として10の地方系統番号と2つの中間母本の12系統を選抜し、熊本県で奨励品種に採用された「いただき」を育成した(上原ら, 2000)。「いただき」は「キヌヒカリ」の欠点である穂発芽性を改良した強稈、多収の良食味品種であり、「どんとこい」より熟期が遅く、「コシヒカリ」と「日本晴」の中間の“晩生の早”であることから、作期分散を図るための有望な品種と考えられる。

九州沖縄農業研究センターでは、「どんとこい」を母本として3系統の地方番号系統を育成し、2002年には「あきさやか」、2004年には「ふくいずみ」(梶ら, 2006)の2品種を育成した。「ふくいずみ」は稈が強くて倒れにくく、苗立ちも良好な直播栽培に向く品種で、佐賀県や福岡県の直播栽培農家が試作を行っており、2007年から佐賀県で「産地品種銘柄」に指定された。

福井県農業試験場では、「どんとこい」を母本として5系統の地方番号系統を選抜し、2004年に「イクヒカリ」を育成した。「イクヒカリ」の米飯は粘りがあり、「コシヒカリ」と同等の極良食味であり、直播栽培にも向く品種であり、福井県、鹿児島県、長崎県で奨励品種に採用された。

2005年には、日本モンサント(株)が「どんとこい」/「コシヒカリ」の組合せから「たべごち」と「とねのめぐみ」の2品種を育成し品種登録した。このほか、新品種育成には至らなかったが、作物研究所では4つの地方番号系統と1つの中間母本系統を育成したのをはじめ、近畿中国四国農業研究センター、富山、石川、岡山、鹿児島各県の育成地において合わせて11系統が育成された。

今後、「どんとこい」を母本として育成された品種がポスト「コシヒカリ」の主導品種となり、直播栽培の普及拡大に貢献することが期待される。

V 総合考察

わが国はアジアモンスーン帯に位置し日照と降雨に恵まれ、多くの河川の流域に開かれた肥沃な水田で栽培される水稻は、古来より日本文化を育み、現在なお、わが国の人口を支える最も重要な食用作物である。第二次世界大戦の食糧難を克服した後の国民経済の急速な発展に伴い、国民の食生活が大きく変化した。すなわち、食の西欧化、高度化、多様化が進み、豊富な農産物が海外から輸入されるようになり、米食を基調とする日本型食生活が崩壊した。

これに伴い、国民一人当たりの米の消費量は急減した。戦前は140kg程度とされていたが、1965年の111.7kgから2005年には61.4kgまで減少した。さらに、食料自給率はカロリーベースで1965年の73%から2005年には40%まで減少し、世界の最低水準に低迷している(農林水産省総合食料局, 2006)。

ところで、わが国の水田は、長年にわたる基盤整備や土壌改良とともに、灌漑・排水事業が進められ、稲作農業の基盤が整えられてきた。また、水稻の品

種改良や栽培技術の進展により、水田稲作の土地生産力はきわめて高い水準に達している。わが国の水田は、世界に誇る高い生産力を持っているのみならず、水資源の涵養、耕土流亡の防止、生物多様性の保全、暑熱の緩和などの多面的機能を発揮している。しかるに、国産米の消費減退に伴う生産過剰により余剰となった水田が100万haにも達しようとしている。

そこで、わが国の水田のもつ高い生産力と多面的機能を活かすべく、国産米の一層の消費拡大とともに、従来にない新規形質を備えた品種を開発し、その特性を活かした付加価値の高い米加工製品を開発したり、発酵粗飼料用水稲品種を開発して家畜飼料としたりして、余剰水田に水稻を栽培できるようにすることがきわめて重要と考えられる。

1. 新規形質水稻品種の開発による国内産米の新需要喚起

世界的な貿易ルールの構築に向け加盟国が共通の枠組みを決めるWTOや特定の国や地域で関税撤廃などを行う自由貿易協定(FTA)などの交渉が進められている。また、わが国経済の国際化が進展している中で、農業の競争力を高めることがとくに重要である。

そのためには、水稻の多様な遺伝資源を活用して、従来にない新規形質を持つ水稻品種を育成し、それらの特性を活かし付加価値の高い米加工品を開発して、新たな需要を喚起することが重要になると考えられる。

わが国の稲作農業の国際競争力を高めるには、生産コストの大幅な低減が必要になる。このためには、品種や栽培技術の改良による生産力の向上とともに、大規模化や直播栽培の導入などによる低コスト化、省力化、軽労化が必要である。また、消費者の間では食品の安全性や健全性に対する関心の高まりに伴い、「コシヒカリ」などを減農薬や有機農法で栽培した特別栽培米などへの需要が高まっている。このため、「コシヒカリ」と同等あるいはそれ以上の品質・食味を備え、倒伏に耐え、主要病害虫に抵抗性を持ち、直播栽培に向く品種の育成が望まれる。

本研究では、需要拡大のための新規形質として、人為突然変異により誘発された巨大胚性、低グルテリン性、低アミロース性、また、インディカ品種由

来の高アミロース性などをとりあげ、これらの新規形質を備えた水稻品種を育成し、それらの特性を活かした加工・調理技術の開発を試みた。その結果、いくつかの加工製品や調理品の開発に成功した。しかし、新規食品の普及にあたっては、安全性や健全性の点検・評価とともに、消費者の理解を求め関心を高めることが前提となる。さらに、食品に対する嗜好性には、個人差や生活習慣が反映されることもあり、急速な普及拡大は容易ではない。

わが国で最も人気の高い「コシヒカリ」は、多様な世界のイネのなかでは特異的な品種群であるジャポニカに属し、うるち種の中ではとくにアミロース含有率が低く、飯米の粘りが強い。こうした点から、人為突然変異による低アミロース性を食味改善に活用する発想が生まれた。一方、外国品種由来の高アミロース性は、日本人の嗜好や食生活には合い難く炊飯米としての評価は低いが、民族料理としてのクスクスやチャーハンなどに調理すると評価が一転する。

人為突然変異に由来する低グルテリン性は、白米の総タンパク質含有率には変化はなく、易消化性のグルテリンが減少し、難消化性のプロラミンが増加している。腎障害患者に対する低グルテリン米の効能の判断には、さらなる臨床実験の積み重ねが必要と考えられる。巨大胚米の活用に関しては、油脂原料としての評価や胚に含まれる微量要素や機能性物質の分析・評価が必要と考えられる。

これらの新規形質米の効能や機能の解明は、新規形質を備えた品種の育成が完了して、成分分析や機能解明に必要な原材料が供給できるようになってから、長い時間をかけて粘り強く行われなければならない。

2. 新規形質米品種普及上の問題

(1) 制度問題

水稻をはじめ、麦類や大豆などの主要農作物については、優良な品種の普及を促すために、都道府県ごとに育成地から新育成系統の原種と情報を収集して、奨励品種決定調査を実施している。奨励品種に採用されると、主要農作物種子法に基づいて育成地から育種家種子の配布を受け、優良種子の生産を行うために原種および採種圃種子の生産を行うために必要な原々種の生産を行っている。原種および原々

種の生産は公立試験研究機関で行われることが多く、原種をさらに増殖して農家に販売するための種子を生産する採種圃は、市町村にある採種組合によって経営されている。採種圃で生産された種子が農協などを通じて農家に流れる仕組みになっている。

ところで、1991年に改正されたUPOV条約を踏まえ、1998年12月には、新種苗法が施行された。この法律により農林水産省に出願・登録された新品種の育成者権は保護されており、登録品種を生産・販売する目的で採種するには、育種者権者の許諾を得る必要がある、これを怠ると罰則の適用を受けることになっている。

新たに育成される主食用の水稻品種・系統については、上述の通り、いずれかの都道府県において奨励品種に採用され種子の供給も円滑に行われるが、新規形質品種については解決すべき課題が多い。食用の低アミロース性品種を除けば、新規形質品種は利用場面が限定されるため、通常、奨励品種としての採用は行われず、組織的な種子生産も行われない。そのため、育成地では種苗法に基づく品種登録を行った品種を農業改良普及センター、市町村、農協、新規形質品種の普及に取り組む団体などに種子を配布し、普及に向けた栽培試験や新規用途開発に向けた評価や試験を実施している。新規形質品種の種子は、それらを必要とする法人や団体などと種苗法に基づく利用許諾契約を結び、種子生産を行うこととなり、希望農家が自由に栽培できる状況にはないのが現状である。

さらに、JAS法に基づき農産物検査を受けることにより、都道府県ごとに「産地品種銘柄」の指定を受けて流通は可能となるが、多くの新規形質米品種については農産物検査基準が整備されておらず、2007年産については「産地品種銘柄」の指定は低グルテリン品種「春陽」では14県、「LGCソフト」では6県、低アミロース品種「ミルククイーン」では32県、高アミロース品種「夢十色」では1県などに限定されている。「産地品種銘柄」の指定は、普及の状況に応じて協議し、改正が行われることになっているが、希望があっても直ちには指定を受けられないのが現状である。

(2) 品種問題

米の生産過剰が続く、水稻の作付面積が減少する

中、寒冷地から温暖地にかけての「コシヒカリ」栽培地域では、「コシヒカリ」を中心とする良食味品種の作付率が極度に高まったことから、混米に必要な品種がなくなり、加工用途にまで「コシヒカリ」などの良食味品種が使われることになった。そのため、混米により「コシヒカリ」を超えるような食味を持つようになるか、あるいは、超多収性を備え低コスト生産が可能な品種と混米するのでなければ、低アミロース品種を活用できない状況である。

「ソフト158」については、育成当初、関東地方のある県が特産米菓への利用を取り組み製品開発まで行われたが、コスト的な面から普及には至らなかった。多収性の「夢十色」については、育成後10年以上を経過した最近になって、新たな活用の取り組みが実現した。低アミロース品種「朝つゆ」は限られた栽培に止まり、現在のところ新たな需要を喚起できる製品開発の取り組みもない。

2005年には、中央農業総合研究センター・北陸研究センターが糖質性新品種「あゆのひかり」を育成した(三浦ら, 2007)。当初、水溶性多糖であるファイトグリコーゲンを大量に蓄積する糖質性品種の育成をめざしていたが、糖質米の用途開発に目途が立たず、いったん育成を中断した。しかし、その後の研究により糖質米が発芽時に大量のγ-アミノ酪酸(GABA)を蓄積することが見いだされた。このことがきっかけとなり、民間企業との共同研究が始まり、糖質性を活かした製品開発が見込めるようになり、新品種として発表された。

2006年には、北陸研究センターにおいて、インディカでアミロース含有率のやや高い「華麗舞」を育成した。この品種の新規用途に関しては、民間の食品会社との共同研究により、カレーライス専用米としての評価と製品開発が試みられ、かなり良好な結果がえられた。以上のような事例で見られるとおり、今後、新規形質を持つ品種の育成とその特性を活かした新製品開発にあたっては、食品産業などの実需者との密接な連携・協力が不可欠になると考えられる。

3. 直播栽培による低コスト・高品質・良食味米の生産と消費拡大

(1) 「どんとこい」の普及の意義

1956年に水稻農林100号として登録された「コシ

ヒカリ」は、同年に新潟県と千葉両県で奨励品種に採用されて以来、約半世紀を経過し、2005年度の全国の水稲うるち品種の作付面積1,465千haのうち、556千ha (38.0%) に作付された (農林水産省総合食料局計画課, 2006)。

上原 (1996) は「コシヒカリ」に偏重した作付けによる機械・施設の利用効率の低下の問題を指摘した。北陸地方などの兼業農家においては、「コシヒカリ」の刈り取りは9月の日曜・祭日を利用して行われることが多い。このため、収穫作業の集中に伴いカントリーエレベーターの処理能力を越えるため荷受けができないような状況がしばしば発生する。水稲品種ごとに収穫適期が決まっており、早く刈り取ると米粒の充実が不十分で未熟粒や死米などが多く発生し、逆に刈り遅れると玄米光沢が低下したり、胴割米が発生しやすくなったり、あるいは、穂発芽も発生しやすくなり、玄米品質が低下する。

個人の農家で乾燥する場合にも、乾燥機の容量により刈り取り面積に制約がある。このため、品種の刈り取り適期幅との関係で、同一品種の作付面積には自ずと限界がある。したがって、「コシヒカリ」に偏重した作付けでは、刈遅れを招く恐れがあり、大型の共同乾燥施設の利用も必要になる。最近では、「コシヒカリ」の集中的作付けにより、ライスセンターやカントリーエレベーターの稼働が特定の時期に集中して、稼働効率が著しく低下して赤字経営を惹起している。この対策として、地域や農家個人での品種の熟期分散により、収穫・調整作業の分散と機械・施設の稼働日数の拡大を図り、生産費の節減を図ることがとくに重要になっている。同時に、直播栽培などの導入による栽培改善や規模拡大により、一層の低コスト生産が求められている。

「どんとこい」は「コシヒカリ」と「日本晴」の中間の熟期をもち、収穫時期の分散が図る上で重要な品種とみられる。さらに、極良食味・耐倒伏性・いもち耐病性も備えており、直播栽培にも向くことから「コシヒカリ」栽培地帯への「どんとこい」の導入により北陸地方や東北地方南部から関東地方以西にかけての稲作農業の改善に大きく寄与できると考えられる。

(2) 「どんとこい」の普及上の問題点

「どんとこい」が育成された1994年度における全国の水稲うるち品種の作付面積は、1,924,000ha余

であったが、2005年度までには、その約4分の1の459,000haが減少した。しかし、1994年度における「コシヒカリ」の作付面積は、538,000ha余であったが、その後も横ばいを続け、2005年度における「コシヒカリ」の作付面積は、さらに17,700ha程増加した。

この原因としては、良食味志向が強まる中で白米のタンパク質含有量を低く抑えるために施肥量を削減し、多収穫を目指す栽培から品質・食味の向上を重視した栽培が定着した。このため多肥条件では倒伏しやすい「コシヒカリ」が栽培しやすくなるとともに、コンバインの性能が改善されて倒伏した圃場の収穫も可能になった。さらに、米の価格が低迷するなかで、販売価格の高い「コシヒカリ」の作付を減らすことは、農家収入の減少に直結することから、「コシヒカリ」以外の品種の導入が困難になったためと考えられる。

表IV-165に示した通り、「どんとこい」は6府県で奨励品種に採用され、非奨励の県を含めると11県で作付された。最大作付面積は1999年の6,620haで、府県別では兵庫県における2000年の3,685haが最大作付面積であった。「どんとこい」は育成後、一定の役割は果たしたが、その後は作付面積は減少し、2005年には1,578haにまで減少した。「コシヒカリ」の価格も低下する中、「コシヒカリ」の価格との差が縮まれば「どんとこい」の活用場面もあると考えられる。

4. 飼料イネ専用品種の開発と活用による有畜水田稲作農業の展開と飼料自給率の向上

米の単収増加による生産向上と消費の減退に伴う生産過剰基調の下で行われきた生産調整により、全国の水稲の作付面積は2005年には152万haにまで縮小した。米の消費減退は、主に国民の食生活の変化に起因しており、畜産物などの需要の高まりに伴い、食料自給率の急激な低下を招いた。低迷する食料自給率の最大要因の一つは、家畜飼料の自給率の低さにある。そこで、濃厚飼料もさることながら、酪農家や肉牛生産農家が必要とする多量の粗飼料を国内調達できるようになれば、飼料の自給率、ひいては食料自給率の向上資するところが大きいと考えられる。

ところで、水稲の場合、穀実は濃厚飼料、ホール

クロップは発酵粗飼料として高い評価を受けている。したがって、輸入飼料との競争で問題となるのは生産コストである。そこで、品種改良により超多収で病害虫などに強い品種を開発し、直播栽培などによる省力・省資源の低コスト生産技術により、飛躍的な生産コストの低減を図ることが重要な戦略となると考えられる。

飼料用水稲の栽培は、かつて24,000haを越えた時期もあり、飼料用イネに関する農林水産省の研究開発プロジェクトも実施されたが、当時は出穂前後の青刈りイネ中心の品種改良や栽培技術の開発であり、サイレージの品質にも問題があり、家畜の粗飼料としての栄養価の評価に留まり、実際の給餌にまで至る一連の技術開発は十分には行われなかった。一方、穀実を濃厚飼料として活用する、いわゆる“えさ米”に関しては、家畜飼料としての評価は十分に高かったが、生産コストや食用米との識別性などの問題解決のめどが立たず、立ち消えとなった。その後、米余りの一層の進展に伴い、余剰水田が100万haにも達する事態となり、また、食料自給率向上の一環として、極端な飼料の海外依存を緩和するために、余剰水田を活用する稲発酵粗飼料が行政的にも大きく取り上げられるようになり、2000年10月に農林水産省は「稲発酵粗飼料推進協議会」を設置して、本格的な飼料イネの生産・利用技術の開発に着手した。

当初、発酵粗飼料向き水稲品種として、埼玉県農林総合研究センター（旧埼玉県農業試験場）が育成した「はまさり」や「くさなみ」（庭山ら，1988），ならびに、1981年から開始された農林水産省の大型研究開発プロジェクト「超多収作物の開発と栽培技術の確立」（農林水産技術会議事務局，1991）の中で、近畿中国四国農業研究センター（旧中国農業試験場）が発酵粗飼料向き水稲品種として育成した「ホシユタカ」が育成されていたに過ぎなかった。このため、南九州地方では、外国からの導入品種「Te-tep」を利用する農家もあり、地域ごとの栽培環境に適応し、安定的に収穫量を確保できる品種改良は十分に進んでいなかった。また、これらの飼料用水稲品種は、東北地方や北陸地方および関東地方以西の中山間地帯には適さないことから、寒冷地帯に向く発酵粗飼料水稲品種の育成が求められていた。

本研究で育成した「クサユタカ」の出穂期は、「コシヒカリ」に比べ1～2日早く、寒冷地南部に属する北陸地方では、“中生の早”に区分されるが、極大粒で登熟日数が長びくことから成熟期では“中生の中”となる。北陸地方では、主食用品種の出穂期や成熟期が“中生の早”の「コシヒカリ」に集中しているため、「クサユタカ」の収穫適期の黄熟期が「コシヒカリ」の収穫と重なるため、農作業の競合が起こる。したがって、「クサユタカ」より早生の発酵粗飼料用水稲品種が必要となる。

表IV-139に最近育成された稲発酵粗飼料向き品種を示したが、その後も引き続き新品种が育成されている。中央農研・北陸研究センターでは「クサユタカ」より早生の「夢あおば」（三浦ら，2006）を育成した。「夢あおば」の出穂期は「クサユタカ」に比べ4～5日早い“早生の晩”で、「夢あおば」の黄熟期は「コシヒカリ」の成熟期より20日程も早く、「コシヒカリ」との収穫作業の競合は起こらない。また、新たに「べこあおば」などの東北地方を対象とした発酵粗飼料用水稲品種も育成されている。

農林水産省生産局の資料によると、発酵粗飼料用水稲の作付面積は、1995～1998年頃まで20～50haで低迷していたが、2000年からの水田農業経営確立対策などの実施により急速に拡大し、2006年には、飼料増産行動計画に基づく取組の強化などにより、対前年度比で588ha（13%）増加し、5,182haにまで達した。これには地域に適応した発酵粗飼料用水稲品種育成の寄与が大きいとみられるが、さらに発酵粗飼料用水稲の作付拡大を図るため、稲作農家の経営状況に合わせた各種の熟期の発酵粗飼料用品種を育成していく必要がある。

稲発酵粗飼料専用品種の種子の増殖・配布は、現在、(社)日本草地畜産種子協会が行い、要望に応じて配布を行っている。一部の県においては、補助事業などを活用して、独自に増殖を進めており、専用品種のほかに一般食用品種の活用も行われている。しかし、大幅な作付拡大を図るためには、食用品種と同様な種子供給体制を築いていく必要がある。さらに、稲発酵粗飼料の生産・利用の拡大を図るための「稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル」が用意されており、農林水産省のホームページにも掲載されている。また、稲発酵粗飼料に使用できる農薬も

提示されているので、これらの情報を活用して有畜水田稲作農業の展開と飼料自給率の向上が図られることを期待する。

5. 有畜水田稲作農業発展に向けた課題

わが国では、2000年に92年ぶりとなる牛の口蹄疫が宮崎県で発見され、2001年には千葉県で初の牛海綿状脳症 (BSE) の牛が発見された。このため、食の安全に対する国民の関心とともに安全な国内産飼料供給の要望が高まっている。

農林水産省生産局畜産部畜産振興課・消費・安全局畜産安全管理課の資料 (飼料をめぐる情勢, 2007) によると、自給飼料の生産コストは、燃料費の高騰による生産資材費の増加があるものの、生産組織 (コントラクター) の育成および活用による省力かつ効率的な飼料生産が行われていることにより、近年は横ばいないしは低下傾向で推移している。2005年における自給飼料の価格は、北海道では44円/TDNkg、都府県では54円/TDNkgとなっており、為替レートを113円/ドルとした場合の輸入のヘイキューブ90円/TDNkg、乾牧草73円/TDNkg、稲わら111円/TDNkg、配合飼料66円/TDNkgと比べても輸入粗飼料よりコスト面で優位にあるものの、畜産経営においては、利便性や労力負担などの面から、輸入粗飼料に依存する傾向があることを示している。

「クサユタカ」のTDN収量は約100kg/aであることから、仮に「クサユタカ」の稲発酵粗飼料の価格を輸入稲わら111円/TDNkgと同額とすると、10a当たりの生産額は111,000円となり、低迷する米の価格からみると、補助金なしでも採算がとれる状況となっている。

また、配合飼料の主原料は、主にアメリカからの輸入に依存しているが、アメリカにおけるバイオエタノールの増産により価格が高騰しており、わが国への安定供給とさらなる価格高騰への不安が高まっていることから、稲発酵粗飼料も活用して飼料自給率の向上を目指す必要がある。

そのためには、現在の発酵粗飼料用水稲品種よりさらにTDN収量が高く、低コスト生産につながる直播適性、倒伏抵抗性、病害虫抵抗性を備えた品種の育成と栽培技術を確立していく必要がある。また、稲作農家が畜産農家の近隣に水田を集積して、飼料

イネの生産を行い、収穫・調製は市販の専用収穫機を用いてコントラクターなどが行うことにより、農作業の効率化を図るとともに、稲発酵粗飼料を生産する態勢を整えて、それを利用する畜産農家の負担を軽減する必要があると考えられる。

6. 水田の生産・多面的機能維持・保全のための飼料イネ生産と飼料自給率向上ならびに緊急時の食料安全保障

農林水産省統計部の資料 (耕地及び作付面積統計) によると、2006年におけるわが国の耕地面積は467万ha余であり、うち水田は254万ha余であった。耕作可能な総農地面積は、ピーク時には609万ha (1961年) あったが、過去45年間におよそ142万haもの耕地が減少した。水田の総面積はピーク時には344万ha (1969年) あり、37年間に約90万haが減少したことになる。また、農林水産省統計部の別の資料 (農林水産統計) によると、2006年産水稻の作付面積 (子実用) は1,684,000haであった。2006年の水田面積から同年産水稻の作付面積を単純に差し引くと、およそ859,000haが他作物への転換に使われたことになる。さらに、農林業センサス (農林水産省統計部) によると、わが国の2005年における耕作放棄地は39万haに達し、1995年の24万haから10年間で15万ha増加した。このように、耕地面積中でも水田の面積が年々減少を続け、耕作放棄地が年々増加している。

この要因として、北陸地方では水田地帯に広く分布する重粘土地帯の転換畑において、耕耘時の碎土効率が悪く排水不良もあり、大豆や麦類などの転作作物の播種後の出芽・苗立ちや生育が阻害され、収量や品質が低下し転作作物の導入が進んでいないことが一因と考えられる。さらに、農業者の高齢化に伴い、転作作物の導入に積極的な担い手が減少していることも要因の一つと考えられる。このような畑地化が困難な地帯では、生育が不安定な転作作物の導入よりも、飼料用水稲の生産を行うことにより、水田の生産機能と多面的機能を維持・保全しておくことが重要と考えられる。また、中山間地に分布する棚田水田についても、近隣の畜産農家と連携して発酵粗飼料用水稲を栽培して、水田機能を維持しておくことが、飼料自給率の向上や国土保全などの観点から望ましいと考えられる。さらに、飼料用水稲

の品質・食味は平常時の食料としては十分とは言えないが、緊急時の食料としては、十分に利用可能で

あり、緊急時の食料安全保障対策として考慮する価値はあると考えられる。

謝 辞

本論文を作成するに当たり、ご指導とご鞭撻を賜りました東京農業大学農学部教授若狭暁博士、福山正隆博士、同国際食料情報学部教授藤巻宏博士、客員教授菊池文雄博士に厚くお礼を申し上げます。

本研究の遂行に当たって、旧北陸農業試験場作物部作物第1研究室員として在籍した際には佐本四郎室長（前佐賀大学教授）、内山田博士室長（前九州農業試験場部長）、古賀義昭室長（前四国農業試験場部長）のご指導を賜り、同研究室の石坂昇助主任研究官（元熱帯農業研究センター室長）、藤田米一主任研究官、中川原捷洋博士（現農林水産先端技術研究所所長）、山田利昭博士（現京都大学教授）、森宏一博士（現秋田県立大学教授）、丸山清明博士（現農業・食品産業技術総合研究機構理事）、奥野員敏博士（現筑波大学教授）にご助言を賜りました。また、旧北陸農業試験場および改組後の中央農業総合研究センター北陸研究センターの稲育種研究室長として研究に従事した際には、前任の小林陽元室長（前中国農業試験場部長）、堀内久満元主任研究官（前福井県農業試験場長）、三浦清之博士（現中央農業

総合研究センター北陸研究センター・サブチーム長）、そして同時に在籍した福井清美主任研究官（現鹿児島県農業開発総合センター・熊毛支場長）、小牧有三主任研究官（現鹿児島県農業開発総合センター・水稲育種指定試験地主任）、清水博之研究員（現北海道農業研究センター上席研究員）、太田久稔博士（現作物研究所主任研究員）、大槻寛研究員、笹原英樹研究員、後藤明俊博士には研究遂行にあたり多大な協力を頂きました。そして、旧北陸農業試験場および中央農業総合研究センター北陸研究センターの業務科職員および非常勤職員の方々には品種育成および実験・調査に多大の協力を頂きました。各位に対して深く感謝致します。

さらに、本研究を遂行するために農林水産技術会議事務局の多くのプロジェクト研究を活用させて頂きましたが、この企画・推進に労をとられた関係諸官ならびに特性検定試験、米の理化学的特性調査試験、加工適性試験等を実施して頂いた試験研究機関、指定試験地の各位、大学関係者および関係会社の各位に対して謝意を表します。

摘 要

I はじめに

北陸地方の気象や土壌などの自然環境は稲作に適しており、多年にわたる品種開発、水田基盤の整備、土壌改良、栽培技術の改良などにより、北陸地方は国内随一の良質米の生産基地として発展してきた。しかし、わが国の稲作農業を巡る国内外の急速な情勢変化は、水田稲作農業に大きく依存する北陸地方の農業・農村に大きな影響を及ぼしている。そのような状況下で北陸農業・農村の活性化を図るためには、水稲の新規形質品種を育成して競争力のある稲作農業を展開することが重要と考えられる。そのため、本研究では、新たな特性を備えた水稲品種を育成するとともに、あわせて、育成のための基盤技術を開発した。

II 北陸地方における水田稲作農業の情勢分析と研究課題設定の背景

北陸地方の稲作では、夏季に発生するフェーン、梅雨寒や秋冷によるいもち病の発生、登熟期の高温による米質低下、早春や初秋の冷害などが問題となるが、それ以外の自然災害は比較的少なく、夏季の気温と日照が水稲の生育には好適な環境となっている。したがって、北陸地方に適応する水稲品種の育成には、この地方特有のフェーン害、いもち病害、生育期間の高・低温害などに対する耐性のほか、直播栽培適性を付与し、これらを評価するための基盤技術の開発が必要である。

一方、北陸地方には、水稲栽培に適した肥沃な重粘質の沖積水田土壌が広がっているため、畑地化が難しいうえに、畑作物の生育を阻害する酸性土壌が

多く、水田の高度利用には困難が多い。したがって、水田稲作農業への依存度が高い北陸農業を安定的に発展させるには、北陸地方の環境に適した高品質米品種とともに、新規形質を備えた水稲品種を育成し、これらを活かした加工利用技術により付加価値の高い新製品を開発すること、さらに、北陸地方に適する飼料用水稲品種を育成し有畜水田農業を発展させることが重要になると考えられる。

Ⅲ 北陸地方に適する水稲品種育成のための基盤技術の開発

1. フェーン耐性の評価技術の開発

北陸地方では、夏季のフェーンによる登熟障害が減収や品質低下を招く。そのため、水稲の登熟期におけるフェーン害の発生条件を明らかにするとともに、人為的にフェーン害を発生させ、屋外型人工気象室を用いて水稲のフェーン耐性を評価する技術を開発した。

フェーン害としては白穂発生による不稔が最も大きい。登熟歩合の低下による減収と品質劣化も直接的な被害となる。そこで、登熟歩合を指標としたフェーン害耐性の評価技術の開発を行った。すなわち、シャワーによる噴水処理を5時間行い、その後、人工気象室内において、温度30℃、湿度40%、風速4m/sのフェーン処理を2時間行うことにより耐性を評価できた。この評価法により、短強稈品種がフェーン害耐性を持つことが明らかになった。

2. いもち病圃場抵抗性検定技術の改良

水稲品種のもついもち病真性抵抗性は、いもち病菌の病原性分化により崩壊する。このため、いもち病の進展を遅らせる圃場抵抗性の活用が重要と考えられる。複数の遺伝子が関与する圃場抵抗性を付与した品種を効率的に作出するため、集団選抜の適用と室内評価の方法を検討した。

いもち病圃場抵抗性の遺伝率は比較的高い。そこで、いもち病圃場抵抗性に関して分離している雑種初期(F_3)世代の集団を検定圃場で栽培し、自然感染による淘汰を活かして集団選抜を行った。その結果、初期世代の集団選抜により、後期(F_5 以降)世代の抵抗性個体の出現頻度を高めることができた。

真性抵抗性遺伝子をもつ品種や系統について圃場抵抗性を評価するためには、その抵抗性遺伝子を侵害するいもち病菌系を用いた室内検定が必要であ

る。そこで、隔離ガラス室内で特定菌系を人工接種して圃場抵抗性を検定する技術を開発した。すなわち、20~22℃で育苗した4.5葉期の植物に、特定のいもち病菌系を噴霧接種し、20~24℃程度の温度で発病させることにより、ガラス室内で効率的に圃場抵抗性を評価できた。現在、この技術は、真性抵抗性遺伝子をもつ品種や系統の圃場抵抗性の評価法として広く用いられている。

3. 世代促進を活かした効率的集団選抜技術の開発

わが国の水稲育種では、温室を利用した世代促進栽培により、雑種初期(F_1 ~ F_4)世代を無選抜で集団栽培して遺伝的固定をはかる集団育種法が広く普及している。しかし、遺伝率の高い形質に関しては、世代促進期間における集団選抜が有効と考えられる。そこで、出穂期について雑種初期世代における集団選抜を行って、その効果を検討した。

その結果、初期世代における出穂期の集団選抜により、早晩性の遺伝的固定が早まり、他の形質の固定も促進された。したがって、初期世代の集団選抜法は出穂期以外にも遺伝率の高い形質の選抜に適していると考えられる。これとは反対に、出穂期の分離している系統を選抜して遺伝的固定を遅らせる遅延選抜法を行うと、出穂期と他の形質との間の不利な連鎖が破れやすくなる場合が見られた。

4. 倒伏と食味に対する施肥条件の影響

倒伏と食味には施肥条件が影響する。北陸地方で最も広く普及している「コシヒカリ」は、倒伏に弱い。ため直播栽培に適さない良食味米である。直播栽培用に育成した良食味の短稈品種「どんとこい」と「コシヒカリ」を用いて、両品種の施肥水準の変化に伴う倒伏と食味との関係を明らかにした。

「コシヒカリ」は多肥栽培や直播栽培では、倒伏が大きな障害となるばかりでなく、増肥に伴う食味劣化も著しかった。これに対して、「どんとこい」は多肥栽培による倒伏が少なく、直播栽培にも向くとともに増肥に伴う食味の劣化が少ないことが明らかとなった。「どんとこい」は緑の革命で用いられた半矮性遺伝子*sd1*を活用したものであり、本遺伝子の利用は良食味で倒伏に強い品種を育成できることを実証した。

5. 耐冷性育種素材の探索と開発

北陸地方における極早生や早生品種の育成では、耐冷性は重要な育種目標となる。そこで、耐冷性品

種育成のための育種素材の探索を行い、新たにネパール品種のなかに、耐冷性のすぐれた遺伝資源を見出した。さらに、耐冷性品種育成材料の中から高度耐冷性中間母本として「中母59」を選抜し、耐冷性育種素材としての有用性を検討した。その結果、これらが、従来の耐冷性品種が70~80%程度の不稔となる穂ばらみ期の温度が19.0℃程度という厳しい低温条件でも20~30%程度の不稔に留まるものであり、高度耐冷性品種・系統の育成に有用な育種素材であることを明らかにした。

IV 北陸地方に適する水稲の新規形質品種の育成

1. 巨大胚品種「めばえもち」の育成

玄米の胚には、健全性の高い良質の油脂をはじめ、ビタミン類や各種機能性成分が豊富に含まれ、その増大は米の新規用途開発に有用である。そのため、人為突然変異により誘発された巨大な胚をもつ系統を交配親として、北陸地方に適した巨大胚大粒もち品種「めばえもち」を育成した。「めばえもち」は巨大胚のもち品種で、胚芽重は「こがねもち」の約3倍、 γ -アミノ酪酸（GABA）の含有率は約2倍である。

「めばえもち」は、餅のほか、健康食品として発芽玄米餅、胚芽入り餅・団子生地、甘酒、おこし様菓子などの原材料として有望である。さらに、米胚には油脂やビタミン類などが多く含まれ、これらの有効成分の抽出による利用にも適している。

2. 新規食品開発用の高・低アミロース品種の育成

米でんぷんを構成するアミロースは、でんぷんの物理・化学的特性や食味に深く関わっている。米の新規食品開発のためには用途によってアミロース含有率の異なる品種が必要である。そこで、米でんぷんのアミロース含有率を遺伝的に変化させ、アミロース含有率の異なる新品種を育成した。

「夢十色」は「IR2061-214-3」と「密陽21号」のインディカ同士の交配により育成されたうるち品種である。玄米はやや細長く、アミロース含有率は27.7~34.7%（通常品種の1.5倍程度）と高く、飯米は付着性と粘りがほとんどない。用途としてはクスクスやチャーハンなどの民族料理に適する。

「ソフト158」は「北陸127号」と低アミロース系統「研系2078」を交配して育成されたうるち品種である。「ソフト158」のアミロース含有率は、9.25

~14.5%（通常品種の約半分）の範囲であるが、玄米に低アミロース特有の白濁は見られない。米粉は膨化性が高く、米菓としての加工適性が高い。食味は良好で、硬化しにくいので加工米飯、おにぎり用などに適する。

「朝つゆ」は「北陸127号」と低アミロース系統「道北43号」を交配して育成されたうるち品種である。「朝つゆ」の玄米は白濁し、白米中のアミロース含有率は「ソフト158」より3%程度低く、「日本晴」の半分以下である。炊飯米は粘りが強く、柔らかく、付着性が長く、これらの特性は冷却後も持続し老化し難い。米の用途としては、粘りの少ない品種との混米、無菌包装米飯、団子、米菓およびアルファ化米などに適する。

3. 低グルテリン品種「春陽」の育成と利活用

白米には6~8%程度のタンパク質が含まれているが、タンパク質について新規形質を有する米を開発するため、米の貯蔵タンパク質の生産を遺伝的に制御する方法で新品種「春陽」を育成した。「春陽」は低グルテリン系統「NM67×NM(1-3)」とごく大粒系統「北陸153号」を交配して育成されたうるち品種である。米穀実中の総タンパク質含有率は変わらないが、易消化性タンパク質グルテリンの含有率が低く（通常の1/3程度）、難消化性タンパク質プロラミンが多く（通常の3倍以上）なっている。このため、酒造用掛米あるいは早炊き米などへの加工利用が期待され、とくに特徴のある清酒の原料として有用と考えられる。また、難消化性タンパク質の人体における吸収量の定量的解明が必要であるが、慢性腎不全患者の病態食としての利用も期待されている。

4. 飼料用水稲品種「クサユタカ」の育成

水稲はホールクロップサイレージ（WCS）の原材料としてすぐれている。そこで、余剰水田に飼料用水稲を栽培しWCSとして活用することにより、飼料自給率の向上をはかるために飼料用品種を育成した。

飼料用水稲品種「クサユタカ」は、バイオマス生産量の大きい「中国105号」と極大粒の「北陸130号」を交配して育成されたうるち品種である。「クサユタカ」の黄熟期における可消化養分総量（TDN）は59.8%であり、これは良質牧草チモシーなどの開花期の栄養価に匹敵する。全乾物収量およびTDN

収量も多く、家畜の飼料として適している。生産コストなどの問題はありますが、耕畜連携による稲発酵粗飼料を活用する有畜水田農業の発展が期待できる。

5. 直播栽培向き安定多収・良質良食味品種

「どんとこい」の育成と普及

北陸地方で集中的に栽培されている「コシヒカリ」は、倒伏しやすく、いもち病に弱い。また、規模拡大と低コスト生産を可能にする直播栽培には適さない。そこで、直播栽培に向き良質・良食味・安定多収「どんとこい」を育成した。「どんとこい」は「北陸122号」(後のキヌヒカリ)と「北陸120号」の交配により育成されたうるち品種である。半矮性遺伝子*sd1*をもち短程で、耐倒伏性は強く直播栽培に向く。食味は粘りが強く、柔らかで、食味および飯米外観も良好である。

「どんとこい」は直播栽培に向き、通常品種と同様の栽培条件によって、「コシヒカリ」並の食味を持つところから、北陸地方では倒伏などの理由で「コシヒカリ」の作付けが困難な地帯への作付けや「コシヒカリ」の収穫作業の分散を図るために導入が図られているが、北陸以西でも同様に兵庫、京都、静岡、広島などの東海・中国地方も含め6,000 ha以上に普及する広域適応性品種となった。

V 総合考察

北陸地方の水田の高い生産力を活かし競争力のある革新的な稲作農業を達成するには、低コストでの安定多収栽培および新需要開発を可能とする新規形

質をもつ水稻品種の育成が重要と考えられる。そのため、本研究では新特性を持つ品種育成に取り組み、あわせて育成に当たって必要な基盤技術を開発した。

北陸地方の品種が備えるべき特性であるフェーン害耐性、いもち病圃場抵抗性、出穂期、耐冷性などの評価法と選抜法について検討し、効率的な技術を開発した。また、半矮性遺伝子の利用により良食味で倒伏に強い品種を育成できることを明らかにした。さらに、巨大胚性、高・低アミロース性、低グルテリン性という新規特性を備えた水稻新品種を育成し、それらの特性を活かした加工・利用の可能性を検討した。さらに、発酵粗飼料用水稻品種および安定多収品種「どんとこい」を育成した。今後、新規形質米の流通・利用のためには、食品産業との連携協力、製品化のための原料供給や販路拡大など解決すべき問題がある。また、病態食品の開発には、食品産業のほか、厚生医療分野との連携・協力が必要である。さらに、発酵粗飼料用水稻品種の普及には、稲作農家と畜産農家の間の耕畜連携が不可欠であり、有畜水田農業の本格的発展には、生産コストの低減、病害虫抵抗性の付与、発酵粗飼料の流通体系の確立などの問題が残されている。

本研究で育成した新規形質品種、発酵粗飼料用品種ならびに直播適性のある安定多収品種は北陸農業・農村の活性化に大きく寄与するものと期待される。

引用文献

1. 赤間芳洋・森元 武・田辺 潔(1988)水稻新品種「ココノエモチ」の育成. 愛知県農業総合試験場研究報告, 20, 24-36
2. 安東郁男・荒木 均・清水博之・黒木 慎・三浦清之・永野邦明・今野一男(2007)極良食味の低アミロース米水稻品種「おぼろづき」. 北海道農研研報, 186, 31-46
3. Aquino, R. C. and P. R. Jennings (1966) Inheritance and significance of dwarfism in an Indica rice variety. *Crop Sci.*, 6, 551-554
4. 荒木 均・今野一男・三浦清之・永野邦明・斎藤 滋・小林正男・西村 実・刈屋國男(2002) 低アミロース米の水稻新品種「はなぶさ」. 北海道農研研報, 174, 69-81
5. 荒木 均・今野一男・永野邦明・三浦清之・高岩文雄(1996)培養変異から育成された水稻の低アミロース系統. 育種・作物学会北海道談話会報, 37, 32-33
6. 荒木 創(2007)新潟県上越市における飼料イネ広域利用. グラス&シード, (社)日本草地畜産種子協会, 19, 31-35
7. 浅賀宏一(1977)イネ品種のいもち病に対する圃場抵抗性の検定法に関する研究. 農事試研報, 35, 51-138

8. 朝隈純隆・金井大吉・石坂昇助・加藤一郎・小林 陽・金田忠吉・浜村邦夫・川上潤一郎(1970) 水稻新品種「トドロキワセ」について. 北陸農試報, 11, 1-8
9. Asano, K., T. Takashi, K. Miura, Q. Qian, H. Kitano, M. Matsuoka and M. Ashikari (2007) Genetic and molecular analysis of utility of *sd1* alleles in rice breeding. *Breeding Science*, 57, 53-58
10. 浅生秀孝(1999) 富山県における転換畑大豆の現状と問題点(北陸地域における田畑輪換の現状と問題点). 北陸作物学会報, 34, 161-162
11. 東 佐興子(1975) クスクス. 世界人は如何食べつつあるか-各国比較調理術-, 柏書房(東京), 162-163
12. 茶村修吾・金子平一・齋藤祐幸(1979) 登熟期の気温と米の食味との関係-登熟期間を一定温度とした場合-. 日作紀, 48(4), 475-482
13. 出浦照國(1999) 腎疾患の生活指導・食事療法ガイドライン. 日本腎臓学会(編), 東京医学社(東京), 73-75
14. Foster, K. W. and J. N. Rutger(1978) Inheritance of semidwarfism in rice, *Oryza sativa* L.. *Genetics*, 88, 559-574
15. 藤巻 宏(1978) イネの戻し交雑法の改善に関する遺伝育種学的研究. 農事試研報, 27, 187-246
16. 藤巻 宏(1980) 品質, 食味その他の形質との組合せの可能性. イネのいもち病と抵抗性育種, 博友社(東京), 513-523
17. 福家 豊(1931) 水稻の出穂調節に対する短日法並びに照明法操作の開始期及び期間に就いて. 農試彙, 1
18. 福見良平・熊井清雄・丹比邦保(1979) 登熟ステージ別水稻サイレージの品質並びに飼料価値. 畜産の研究, 33, 997-999
19. 福見良平・熊井清雄・丹比邦保(1982) 登熟ステージ, 予乾処理及び糖蜜飼料添加別水稻ホークロップサイレージの品質並びに飼料価値及びぼす影響. 畜産の研究, 36, 290-292
20. 福見良平・熊井清雄・丹比邦保(1984) 飼料用稲の粗飼料生産と栄養価. II. 青刈稲の収量, ならびに飼料価値における施肥効果と品種間差異. 日草誌, 30, 157-164
21. 古田 力・関口義兼(1967) いもち病菌の孢子形成法. 植物防疫, 21, 160-162
22. Futsuhara Y. (1968) Breeding of a new rice variety Reimei by gamma - ray irradiation. *Gamma Field Symposia*, 7, 87-109
23. Hargrove, T. R. (1979) Diffusion and adoption of semi - dwarf rice cultivars as parents in Asian rice breeding programs. *Crop Sci.*, 19, 571-574
24. 橋本良一(1999) 石川県の大麦・大豆栽培における現状と課題(北陸地域における田畑輪換の現状と問題点). 北陸作物学会報, 34, 163-165
25. 東 正昭・櫛淵欽也(1978) イネ葉いもち病圃場抵抗性の遺伝分析. 育雑, 28, 277-286
26. 東 正昭・小綿寿志(1995) 葉いもち圃場抵抗性-畑晩播検定. 農業研究センター研究資料, 30, 6-9
27. 東 正昭・斉藤 滋・滝田 正・山口誠之・春原嘉弘・横上晴郁・池田良一・田村泰章・小山田善三・小綿寿志・井上正勝・松岡知守 (1999) 低アミロース米良食味品種「スノーパール」の育成. 東北農試研報, 95, 1-12
28. 樋口賢治(1999) 新潟県における大麦・大豆・そばを中心とした田畑輪換の現状と問題点(北陸地域における田畑輪換の現状と問題点). 北陸作物学会報, 34, 158-160
29. 本間 忠・佐藤菊雄(1984) 新潟県に襲来した台風10号による水稻の被害様相について. 北陸作物学会報, 19, 15-16
30. 星野孝文・岡本正弘・篠田治躬(1985) 湛水深播条件における稲糶出芽性の品種間差異. 育雑, 35(別2), 312-313
31. 今堀和友・山川民夫(編)(1990) γ -アミノ酪酸. 生化学辞典(第2版), 東京化学同人(東京), 70
32. 稲津 脩(1988) 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道立農試報告, 66, 1-89
33. 井辺時雄・赤間芳洋・中根 晃・羽田丈夫・伊勢一男・安東郁男・内山田博士・中川宣興・古館 宏・堀末 登・能登正司・木村健治・森 宏一・高柳健治・藤田米一・上原泰樹・石坂昇助・中川原捷洋・山田利昭・古賀義昭(2004)

- 多用途向き多収水稻品種「タカナリ」. 作物研報, 5, 35-51
34. 伊勢一男・赤間芳洋・掘末 登・中根晃・横尾政雄・安東郁男・羽田丈夫・須藤 充・沼口賢治・根本 博・古舘 宏・井辺時雄(2001) 低アミロース良食味水稻品種「ミルククイーン」の育成. 作物研報, 2, 39-61
35. 石坂昇助・佐本四郎(1975) 水稻育種における世代促進栽培法に関する研究. 北陸農試報, 18, 45-94
36. 石坂昇助(1985) 北陸地域における良質安定水稻品種育成上の問題点. 北陸作物学会報, 20, 55-58
37. 石崎和彦(2005) 水稻の高温登熟性に関する検定方法の評価と基準品種の選定(品種・遺伝資源). 日作紀, 75(4), 502-506
38. 伊藤隆二・櫛淵欽也・池橋 宏・中根 晃・東正昭・谷口 晋(1974) 水稻新品種「ニホンマサリ」について. 農事研報, 21, 79-91
39. 岩野君夫・中沢伸重・伊藤俊彦・高橋 仁・上原泰樹・松永隆司(2001) 清酒麴の酵素活性に及ぼす原料米タンパク質組成の影響. 日本醸造協会誌(醸協), 96(12), 857-862
40. 岩野君夫・中沢伸重・伊藤俊彦・高橋 仁・上原泰樹・松永隆司(2002) 並行複発酵及び製成酒成分に及ぼす原料米のタンパク質組成の影響. 日本醸造協会誌(醸協), 97(7), 22-528
41. 梶 亮太・岡本正弘・八木忠之・平林秀介・溝淵律子・深浦壮一・田村克徳・西村 実・山下浩・富松高治(2006) 直播向き水稻新品種「ふくいずみ」の育成. 九州沖縄農研報告, 47, 63-81
42. 金田忠吉・横尾政雄・池橋 宏・小林 陽・池田良一・根本 博(1985) ツマグロヨコバイ・萎縮病に抵抗性水稻中間母本農2号の育成. 農研センター研報, 5, 81-91
43. Kaup, S.M. and Walker, C.E.(1986) Couscous in North Africa. Cereal food world, 31(2), 179-182
44. 菊地治己(1988) イネの胚乳成分に関する育種学的研究. 北海道立農業試験場報告, 68, 1-68
45. 菊地治己・国広泰史(1991) 水稻新品種「彩」. 農業技術, 46(10), 472
46. 木邨 勇(1950) 水稻の乾風害(白穂)について. 農業気象, 5, 133-136
47. 木邨 勇(1951) 水稻の乾風害(白穂)について(続報). 農業気象, 6, 111-114
48. 木村劫二(1937) 変色粉と菌類との関係に就きて. 植物病害研究, 3, 209-233
49. 小林 陽・古賀義昭・内山田博士・堀内久満・三浦清之・奥野員敏・藤田米一・上原泰樹・石坂昇助・中川原捷洋・山田利昭(1990a) 水稻新品種「ハバタキ」の育成. 北陸農試報, 32, 65-84
50. 小林 陽・古賀義昭・内山田博士・佐本四郎・堀内久満・三浦清之・奥野員敏・藤田米一・上原泰樹・石坂昇助・中川原捷洋・山田利昭・丸山清明(1990b) 水稻新品種「オオチカラ」の育成. 北陸農試報, 32, 85-104
51. 小林明晴・上原泰樹・清水 恒・小牧有三・太田久稔 2001 糯系巨大胚米からの胚芽の分離と利用. 北陸作物学会報 37(別):26.
52. 小林明晴・上原泰樹・清水 恒・小牧有三・太田久稔(2002) 巨大胚米からの胚芽の分離と胚芽入り餅生地製造. 北陸作物学会報, 37, 23-25
53. 古賀義昭・内山田博士・佐本四郎・石坂昇助・上原泰樹・藤田米一・奥野員敏・中川原捷洋・山田利昭・丸山清明・八木忠之・森 宏一・三浦清之(1987) 水稻新品種「アキチカラ」の育成. 北陸農試報, 29, 23-46
54. 古賀義昭・内山田博士・佐本四郎・石坂昇助・藤田米一・奥野員敏・上原泰樹・中川原捷洋・堀内久満・三浦清之・丸山清明・山田利昭・八木忠之・森 宏一(1989) 水稻新品種「キヌヒカリ」の育成. 北陸農試報, 30, 1-24
55. 小牧有三・太田久稔・笹原英樹・上原泰樹(2001) 低アミロース水稻品種「ソフト158」および有望系統「北陸180号」の施肥反応. 北陸作物学会報, 36, 13-17
56. 小牧有三・笹原英樹・上原泰樹(2002) ビニルハウスによる高温条件下での登熟に関する早生水稻の品種間差. 北陸作物学会報, 37, 12-16
57. 香村敏郎(1983) イネ「日本晴」—世代促進利用による集団育種—. 作物育種の理論と方法, 養

- 賢堂(東京), 363-367
58. 香村敏郎(1984)金南風. 新編農作物品種解説, 農業技術協会(東京), 79-80
59. 栗田義郎・河合一郎(1949)アイオン台風による水稲の白穂発生機構について. 農業気象, 5, 95-98
60. 松尾 功・佐藤 光・尹 景民・大村 武(1987)イネ巨大胚突然変異系統の含油量と脂肪酸組成. 育種, 37, 185-191
61. 松尾孝嶺・坪井八十二・角田重三郎(1951)台風による稲白穂の発生とその品種間差(第1報). 農業気象, 6, 107-110
62. 三浦清之・上原泰樹・小林 陽・太田久稔・清水博之・笹原英樹・福井清美・小牧有三・大槻寛・後藤明俊・重宗明子(2006)水稲新品種「夢あおば」の育成. 中央農業総合研究センター報告, 7, 1-23
63. 三浦清之・上原泰樹・小林 陽・太田久稔・清水博之・笹原英樹・福井清美・小牧有三・後藤明俊・重宗明子・大槻寛(2007)水稲新品種「あゆのひかり」の育成. 中央農業総合研究センター報告, 9, 1-16
64. 村松謙生 1976 北陸地域におけるフェーンの発生とその水稲被害. 北陸農試報, 19, 25-43
65. 長戸一雄・小林喜男・窪田拓男(1956)14号台風による水稲の乾風障害について. 日作紀, 24, 167-168
66. 根本 博・飯田修一・前田英郎・石井卓朗・中川宣興・星野孝文・坂井 真・岡本正弘・篠田治躬・吉田泰二(2001)巨大胚新水稲品種「はいみのり」の育成. 中国農研報, 22, 25-40
67. 日本腎臓学会(編)(1998)腎疾患の生活指導・食事療法ガイドライン. 東京医学社(東京), 102pp
68. 西尾 剛(1995)SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法. イネ育種マニュアル, 農業研究センター研究資料 30:50-53
69. 庭山 孝・鈴木計司・戸倉一泰・矢ヶ崎健治・森田久也・塩原比佐雄・長谷川英世・田村真実・峰岸直子(1988)水稲新品種「くさなみ」「はまさり」の育成. 埼玉県農業試験場研究報告 43:1-18
70. 野田昌治・藤田米一・木村健治(1975)飼料用稲の品種と栽培に関する研究. 北陸農試報 17:112-128
71. 野田昌治(1976)北陸の土壌. 北陸地域における作物面からみた水田高度利用, 北陸農業研究資料6:16-22
72. 農林水産技術会議事務局(編)(1980)稲種苗特性分類調査報告書. 農林水産技術会議事務局, 44pp
73. 農林水産技術会議事務局(編)(1991)超多収作物の開発と栽培技術の確立. 農林水産技術会議事務局, 研究成果250, 210pp
74. 農林水産技術会議事務局(編)(1995)日本標準飼料成分表(1995年版). 中央畜産会(東京), 293pp
75. 農林水産技術会議事務局(編)(1999)需要拡大のための新形質作物の開発, 研究成果, 340, 174pp
76. 農林水産省北陸農政局(2006)担い手の育成確保の課題と対策. 平成18年度北陸の食料・農業・農村, 186-209
77. 農林水産省北陸農政局(2006)食品産業・流通業の現状. 平成18年度北陸の食料・農業・農村, 295-310
78. 農林水産省農林水産技術会議事務局(2005)農林水産研究基本計画 一農林水産研究の重点と施策一, 63pp
79. 農林水産省生産局農産振興課(2004)水稲直播栽培の現状について(未定稿), 13pp
80. 農林水産省総合食料局計画課(2006)平成17年産米穀の品種別作付状況(米麦の出荷等に関する基本調査結果). 農林水産省総合食料局計画課, 115pp
81. 小川増弘・箭原信男・増淵敏彦・押部明德・加茂幹男・中川西弘之 (1987)アンモニア処理乾草の飼料価値の推定. 日草誌, 32(4), 408-413
82. 荻原素之(1993)水稲の湛水土壤中直播における出芽・苗立ちに関する研究. 石川農短大特報, 20, 1-103
83. Ogiwara, H. and K. Terashima (2001) A varietal difference in coleoptile growth is correlated with seedling establishment of direct seeded

- rice in submerged field under low-temperature conditions. *Plant Prod. Sci.*, 4, 166-172
84. 太田久稔・上原泰樹(1997) 水稲直播栽培における土中出芽性の遺伝資源評価と選抜について. *北陸作物学会報*, 33(別), 40-41
85. 笈田豊彦(1999) 福井県におけるソバ栽培と技術開発(北陸地域における田畑輪換の現状と問題点). *北陸作物学会報*, 34, 166-169
86. 大坪研一(1996a) 糊化特性. “米の美味しさを測る”, 米の美味しさの科学, 農林水産技術情報協会(東京), 96-101
87. 大坪研一(1996b) 炊飯特性. “米の美味しさを測る”, 米の美味しさの科学, 農林水産技術情報協会(東京), 93-95
88. 大坪研一(1996c) 米飯の物理特性. “米の美味しさを測る”, 米の美味しさの科学, 農林水産技術情報協会(東京), 101-107
89. 岡田忠司・杉下朋子・村上太郎・村井弘道・三枝貴代・堀野俊郎・小野田明彦・梶本修身・高橋励・高橋丈夫(2000) γ -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽の経口投与における更年期障害及び初老期精神障害に対する効果. *日本食品科学工学会誌*, 47(8), 596-603
90. Okuno, K., Fuwa, H. and Yano, M. (1983) A new mutant gene lowering amylose content in endosperm starch of rice, *Oryza sativa L.*. *Japan J. Breed.*, 33, 387-394
91. 大村 武・佐藤 光(1981) 米の成分育種の可能性. *育種学最近の進歩*, 22, 10-19
92. 大沼匡之・松浦 映(1970) 北陸地域の気象概要. *北陸農業の気象環境*, 北陸農業研究資料, 1, 5-6
93. Resurreccin, A. P., T. Hara, B. O. Juliano and S. Yoshida (1977) Effect of Temperature during ripening on grain quality of rice. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 13(1), 109-112
94. Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori (1994a) Distribution of Free Amino Acids in the Rice Kernel and Kernel Fractions and the Effect of Water Soaking on the Distribution. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 1122-1125
95. Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori (1994b) Accumulation of γ -Aminobutyric Acid (Gaba) in the Rice Germ during Water Soaking. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 58(12), 2291-2292
96. 坂井堅太郎・水羽陽子・瀬山一正・増田泰伸・久能昌朗・長谷川峯夫・岡留博司・大坪研一(2004) 新形質米における糖尿病治療好適品種の検索. 第58回日本栄養・食糧学会大会, 53
97. 佐本四郎・朝隈純隆・金井大吉・石坂昇助・小林 陽・浜村邦夫・八木忠之(1973) 水稲新品種「イナバワセ」について. *北陸農試報*, 15, 1-25
98. 佐本四郎・金井大吉・石坂昇助・小林 陽・浜村邦夫・八木忠之(1975) 水稲新品種「アキニシキ」について. *北陸農試報*, 18, 1-44
99. 佐本四郎・金井大吉(1975) イネの突然変異育種に関する研究. I. コシヒカリの強稈突然変異系統について. *育種*, 25, 1-7
100. 笹原英樹・太田久稔・小牧有三・上原泰樹(2000) 玄米粒厚計測システム作成の試み. *北陸作物学会報*, 36(別), 30
101. Satoh, H. and T. Omura (1981) New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice, *Oryza sativa L.*. *Japan J. Breed.*, 31, 316-326
102. 佐藤 光・小川雅広(1991) 米貯蔵タンパク質改良への新しいアプローチ. *生物と化学*, 29(7), 463-471
103. 椎貝達夫(1999) 腎疾患の生活指導・食事療法ガイドライン. 東京医学社(東京), 87-89
104. 清水博之・太田久稔・三浦清之・福井清美・小林 陽(1994) 熟期の違いが水稲品種の食味, タンパク質含有率およびアミノ酸含有率に及ぼす影響. *北陸作物学会報*, 29, 37-39
105. 篠田治躬・岡本正弘・星野孝文・坂井 真・柴田和博・藤井啓史・鳥山國士・山田利昭・小川紹文・関沢邦雄・山本隆一(1990) 多収性水稲新品種「ホシユタカ」の育成. *中国農研報*, 6, 135-148
106. 食糧庁長官官房調査課(1995) 平成6年産米穀の品種別作付状況, 186pp
107. 食糧制度研究会(編)(1995) 新食糧法Q & A. 地球社(東京), 166pp
108. Suzuki Y., T. Nagamine, A. Kobayashi and K. Ohtsubo (1993) Detection of a new rice variety lacking lipoxygenase - 3 by monoclonal

- antibodies. Japan. J. Breed., 43,405-409
109. Tabuchi H., N. Hashimoto, A. Takeuchi, T. Terao and Y. Fukuta (2000) Genetic analysis of semidwarfism of the Japonica rice cultivar Kinuhikari. *Breeding Science*, 50,1-7
110. 田口亮平(1972) 植物生理学大要, 第12版, 養覽堂(東京), 115-118
111. 田村泰章・山口誠之・東 正昭(1995) 葉いもち真性抵抗性. 農業研究センター研究資料, 30, 3-6
112. 谷坂隆俊・富田因則・山縣宏忠(1990) 水稻品種コシヒカリの半矮性突然変異系統北陸100号および関東79号の半矮性に関する遺伝子分析-人為突然変異の利用に関する育種学的研究XV Ⅲ. 育雜, 40, 103-117
113. 戸蒔義次(1938) 暴風による水稻初被害の機構に関する一考察(要旨). 日作紀, 10, 390-393
114. 鳥山国土・和田純二・蓬原有三(1961) 水稻新品種「フジミノリ」について. 青森農試研報, 5, 102-106
115. 角田重三郎・橘高昭雄(1952) 台風による稲白穂の発生とその品種間差異-第2報 抵抗性を異にする稲品種の諸特性について. 日作紀, 21, 185-186
116. 内山田博士・藤田米一・木村健治・山田利昭(1977) 内外稲の特性解析. 北陸農業研究資料, 3, 137pp
117. 内山田博士・藤田米一・木村健治・高柳謙治・山田利昭(1978) 内外稲の特性解析 第2報. 北陸農業研究資料, 4, 167pp
118. 内山田博士・藤田米一・木村健治・高柳謙治・森 宏一(1980) 内外稲の特性解析 第3報. 北陸農業研究資料, 7, 153pp
119. 内山田博士・東 正昭・小山田善三・轟 篤・国広泰史・茂木静夫・八木忠之・岩野正敬・上原泰樹・堀末 登・中川原捷洋・森谷国男・王永華・蔣 志農・王 懷義・何 雲昆・熊 建華・孔 平・張 思竹・李 智勇・李 秀英・潘 煥平・劉 積・李 家瑞・黄 映梅・胡 汝開・金 京徳・範 広融(1980) 遺伝資源の利用による水稻の耐冷・耐病・多収性品種の育成に関する研究(I) Ⅲ 遺伝資源の耐冷性検定と育種利用. 熱帯農研集報, 55, 41-71
120. 上原泰樹・佐本四郎(1979) 水稻品種のフェーン害抵抗性の検定法について. 北陸農試報, 22, 89-100
121. 上原泰樹・佐本四郎(1981) 畑晩播法によるイネ雑種集団のいもち病圃場抵抗性選抜が後代に及ぼす育種効果について. 育雜, 31(別2), 10-11
122. 上原泰樹(1982) いもち病検定圃におけるいもち病圃場抵抗性の集団選抜方法について. 育雜, 32(別1), 20-21
123. 上原泰樹・内山田博士(1984) イネの初期世代における葉および穂いもち耐病性の選抜効果および主要特性に及ぼす影響. 育雜, 34(別1), 322-323
124. 上原泰樹・諏訪 充・横山裕正・川村陽一・舘山元春(1993) 耐冷性中間母本「中母59」の特性. 東北農業研究, 46, 3-4
125. 上原泰樹・小林 陽・古賀義昭・内山田博士・三浦清之・福井清美・清水博之・太田久稔・藤田米一・奥野員敏・石坂昇助・堀内久満・中川原捷洋(1995) 水稻新品種「どんとこい」の育成. 北陸農業試験場報告, 37, 107-131
126. 上原泰樹(1995) 障害型耐冷性の検定法. 農業研究センター研究資料, 30, 134-139
127. 上原泰樹(1996) コシヒカリ作付異常拡大の問題点. 美味しい米, 第3巻, 21世紀に向けた美味しい米の開発, 農林水産技術情報協会(東京), 1-25
128. 上原泰樹・堀末 登・春原嘉弘・小林 陽・川村陽一・舘山元春・藤村泰樹・諏訪 充・三上泰正・横山裕正・立田久善・須藤 充・工藤哲夫・小山田善三(1997) 水稻新品種「ユメコガネ」の育成. 青森県農業試験場研究報告, 36, 19-37
129. 上原泰樹・堀末 登・春原嘉弘・川村陽一・舘山元春・諏訪 充・藤村泰樹・横山裕正・三上泰正・立田久善・須藤 充・工藤哲夫・小山田善三(1997) 水稻新品種「ユメコガネ」の育成. 青森県農業試験場研究報告, 36, 39-55
130. 上原泰樹・小林 陽・清水博之・太田久稔・三浦清之・福井清美・大槻 寛・小牧有三・笹原英樹(2000) 水稻新品種「いただき」の育成. 北陸農業試験場報告, 43, 1-23

131. 上原泰樹(2000) 調理加工向けの高アミロース米と大粒米. 調理食品と技術, 6(1), 28-34
132. 上原泰樹(2001) 水稻の極良食味・高品質・安定多収品種「キヌヒカリ」および「どんとこい」の育成, 普及および母本利用. 育種学研究, 3(3), 157-167
133. 上原泰樹(2004) 主要うるち品種の特性と栽培法, 良質・登熟良「アキニシキ」. 稲作大百科 第2版, 農文協(東京), 382-383
134. 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
135. 海野 亘・新本英二・鈴木昭二・田原 誠・月山光男・林 正博・福田豊治・細田敏昭・宮田 悟・吉村正機(1984) 米の管理制度と流通の現状. 日本の稲作, 地球社(東京), 58-76
136. 若井芳則(2000) 製麴適性・掛米適性の評価. 最新日本の酒米と酒造り, 養賢堂(東京), 178-189
137. 渡辺進二(1980) 外国イネの抵抗性を導入した育成品種の罹病化とその後の導入育種. イネのいもち病と抵抗性育種, 博友社(東京), 43-46
138. 箭原信男・高井慎二・沼川武雄(1981) 水稻ホールクロップサイレージの調製利用に関する研究. 東北農試研報, 63, 151-159
139. 山田昌男(1973) 真性抵抗性に関する研究遺伝子型(噴霧接種による). 農林水産技術会議事務局, 研究成果, 340, 23-25
140. 山口富夫(1980) 畑苗代における圃場抵抗性検定. イネのいもち病と抵抗性育種, 博友社(東京), 164-170
141. Yamauchi, M., A. R. Aguilar, D. A. Vaughan and D. V. Seshu (1993) Rice (*Oryza sativa* L.) germplasm suitable for direct sowing under flooded soil surface. Euphytica, 67, 177-184
142. 矢野昌裕・佐藤 光・大村 武(1980) MNU 処理によって誘発されたイネ胚乳突然変異の遺伝子分析. 育種, 30(別1), 26-261
143. 吉田宣夫・富田道則・武政安一・高橋哲二(1987) 飼料用稲のホールクロップサイレージ利用技術に関する研究. 日草誌, 33, 109-115

Breeding of Rice Cultivars with Novel Traits for the Hokuriku Region

Yasuki Uehara *

Summary

On overcoming the food shortage after the World War II, Japanese economy rapidly progressed and brought about diversification and westernization of diet lives of Japanese people. Abundant food resources have been imported from overseas and domestic rice consumption gradually declined. Land productivity of paddy rice steadily increased and the balance between supply and demand of domestic rice was overturned. Eventually the overproduction of domestic rice became serious social and financial burdens. The other problems such as liberalization of world trade, aging and shortage of farmers, abandonment of farm lands and desolation in rural communities came into the reality.

However, not only the natural environments like climate and soil in the Hokuriku region are suited to rice cultivation but also the region has advanced as a great domestic base of high quality rice production realized by the improved infrastructure of paddy fields, soil improvement, cultivar development, and advancement of rice growing technologies. To the contrary, introduction of the other crops into paddy fields, conversion of paddy to upland fields, rotation of paddy and upland fields went with various difficulties.

In the present thesis, the author reported the results of breeding of rice cultivars with novel traits and development of several fundamental technologies related with rice breeding for the Hokuriku region.

1. Present situation of rice growing agriculture in the Hokuriku region and setting up of research programs

Summer in the Hokuriku region is characterized by hot and humid weather and its winter by cool and snowy one often encountering heavy snow. In paddy rice farming of the region, natural disasters were relatively rare. High temperature and abundant sunshine during the rice growing season are favorable to paddy rice farming. Fertile clay soil and paddy fields suitable to rice cultivation are extensively distributed throughout the region. To the contrary, the conversion of paddy fields into upland ones is difficult and acid soil obstructing upland crop cultivation is widely spread and prevented paddy fields from multiple uses.

In order to stabilize the Hokuriku agriculture largely relying on paddy rice farming, not only the reduction of production cost by expanding a scale of farming but also various countermeasures are considered to be needed. The establishment of direct-sowing technology becomes essential to expand a scale of paddy field operated by a farmer and to reduce production cost. The other countermeasures are breeding new rice cultivars with novel traits, development of cooking and processing technologies to rouse new rice demands, and breeding and cultivation of fodder rice cultivars for elevating self-sufficiency rate of domestic animal feed, and

so forth.

Serious natural disasters to paddy rice farming in the Hokuriku region are rice quality degradation caused by the foehn phenomenon, lodging caused by a long spell of autumn rain and typhoons and cold damage in the early rice growing season. The most serious disease in the region is rice blast. Blast epidemics are serious in the Hokuriku region where the highest quality rice cultivar Koshihikari is the most susceptible to the disease and widely grown in more than 70 % of the total paddy field.

The introduction of upland crops into paddy field or the conversion of paddy to upland fields have not been successfully progressed due to long snow cover and moisture damage in paddy fields.

By the way, food industries of rice cracker, rice cake and sake have developed in the Hokuriku region. In order to cope with new demands for processing, restaurant and instant food industries, it becomes important to breed rice cultivars with novel traits and to develop products with high added value. It gets more significant to grow rice in the Hokuriku region in order to feed farm animals making full use of the surplus paddy fields.

2. Developing basic technologies required to breed paddy rice cultivars adaptable to the Hokuriku region

Early to medium maturing cultivars are welcomed in the Hokuriku region, where a rice growing period is restricted by the delay of melting snow cover and the early coming of autumn cool. Rice cultivars adaptable to the region have to have tolerance to lodging and resistance to blast disease. The following basic technologies for improving rice breeding are needed to be developed.

1) Developing an indoor technology to evaluate tolerance to foehn

The foehn phenomena occur often in summer in Hokuriku and cause deterioration of grain quality as well as yield reduction. Some indoor technique is necessary for testing foehn tolerance of rice cultivars or lines. When rice plants are stormed by a strong foehn, panicles are bleached and damaged to reduce ripening rate of rice grains.

This study attempted to identify conditions in which the foehn phenomenon was artificially induced by using phytotrons in order to select foehn-tolerant rice cultivars and breeding lines. The experimental results revealed that the most effective conditions to artificially induce the foehn phenomenon were the air temperature of 30 °C, the air moisture of 40 %, and the wind velocity of 4m/s accompanied with pre-treatment of showering water for 5 hours before the foehn treatment. This method is extensively employed in the ordinary routine of rice breeding.

2) Improving the testing technique of field tolerance to blast

The heritability of field tolerance to blast was relatively higher and selection for the tolerance seemed to be effective in the earlier generation of a rice hybrid population. In the present study, rice hybrid populations in an early generation were infected with naturally occurring blast in the blast testing nursery and the effectiveness of mass selection for field tolerance to blast was investigated.

The results disclosed that mass selection in an early generation for field tolerance was very effective to increase frequencies of tolerant segregants in later generations and that the mass selection in an early generation was shown to be effective to increase the frequencies of desirable segregants with high palatability and tolerance to blast in later generations.

The present study has succeeded in identifying green house conditions suited to test field tolerance to blast of rice materials having true resistance to a certain blast race (or races). The most suitable temperature for greenhouse tests of field tolerance was shown to be 20~22 °C for growing rice seedling and 20~24 °C for incubation after inoculation. Rice seedlings at 4.5 leaf stage were shown to be most susceptible to blast.

3) Efficient mass-selection making use of rapid generation advance

Rapid generation advance in a green house is popular among rice breeders in Japan. They ordinarily grow breeding materials in a green house twice a year or more to promote genetic fixation without applying any artificial selection.

The present study revealed that the mass selection for heading time in the early generation was very effective to increase frequencies of desirable types in later generations. Days-to-heading is highly heritable but sometimes continues to segregate for several generations. Breeding lines segregating in days-to-heading were found to simultaneously segregate a number of desirable types in later generations. The delayed selection for lines segregating in days-to-heading is considered to be effective to promote genetic recombination to produce desirable combinations of agronomic traits

4) Relation between lodging tolerance and palatability under different levels of fertilizer application

The high quality rice cultivar Koshihikari is most widely cultivated in the Hokuriku region but has such faults as weakness to lodging and susceptibility to blast, which are expected to deteriorate grain quality and palatability. Especially the tolerance to lodging is thought to be more important in the direct seeding cultivation to save labor and to reduce cost of rice production.

Recently developed high quality cultivar Dontokoi with a semi-dwarfing gene *sd1* was investigated on the relation of palatability with tolerance to lodging under heavy application of nitrogen fertilizer compared with the high quality cultivar Koshihikari.

The result revealed that the semi-dwarf Dontokoi was highly tolerant to lodging and high-yielding under heavy dressing without deteriorating grain quality and palatability.

5) Exploring and selecting breeding materials with high cold tolerance

Serious cold damages often occur not only in the Hokaido and the Tokoku regions but also in the cool-temperate zone including the Hokuriku region where extremely early and early rice cultivars tended to suffer from cold damage in the early and the late rice growing seasons. Therefore various cold tolerant cultivars have been selected and released in the Hokuriku region but higher cold tolerant cultivars are required to further stabilize rice production.

The technique developed in this study succeeded in identifying a higher cold-tolerant genetic resource originating from Nepal. On top of that, promising cold-tolerant breeding materials like “Chubo 59” were selected. By using them, new cultivars tolerating temperature lower than 19.0 °C are expected to be bred in near future.

3. Breeding of rice cultivars with novel traits adaptable to the Hokuriku region.

1) Breeding of a giant embryo cultivar Mebaemochi

A rice embryo contains healthy high-quality oil and various sorts of functional substances like vitamins and minerals. In this breeding program, a waxy giant embryo cultivar Mebaemochi was selected from a cross with an artificially induced mutant of a giant embryo. Mebaemochi is a waxy cultivar with a giant embryo.

Embryo weight of this cultivar is about three times of an ordinary waxy cultivar Koganemochi and contains two times of γ -amino-lactic acid (GABA) of Koganemochi.

Mebaemochi is expected to be useful for making ordinary rice cake, special rice cakes made from sprouting or giant embryo brown rice, stuff of dumpling, sweet drink made from fermented rice (*amazake*), and millet-and-rice cake. Furthermore, giant embryo rice will be promising ingredients for extracting healthy rice oil and various functional substances like vitamins.

2) Breeding two low and a high amylose cultivars and their uses to process new rice products

Non-waxy starch of rice consists of amylose and amylopectin. The content of amylose affects physico-chemical attributes and palatability. Two low amylose and a high amylose cultivars were developed by genetically modifying the content of amylose of rice grains.

Soft 158 was selected from the cross between Hokuriku 127 and a low amylose line Kenkei 2078. The amylose content ranges from 9.25 % to 14.5 % (about half of ordinary cultivar) and hulled grains are not as chalky as the other low amylose cultivars. Rice flour is easy to be swollen and processed for rice crackers, the palatability is high, cooked rice is hard to be aged and suited to make rice balls.

Asatsuyu was derived from the cross of Hokuriku 127 with a low amylose line Dohoku 43. It is a non-waxy cultivar. Its grains are chalky and milled rice contains amylose 3 % lower than Soft 158. The characteristics of gelatinization, the cooking quality and the physical traits resemble ordinary highly palatable japonica rice cultivars. Cooked rice is sticky, soft, adhesive and hard to be aged. These traits last long after being cooled.

Asatsuyu is considered to be suitable to be mixed with less sticky rice and to produce such processed rice as aseptically lapped cooked rice, rice dumpling, desiccated cooked rice etc.

A high amylose cultivar Yumetoiro was selected from a hybrid between an indica line IR2061-214-3 and another indica cultivar Milyang 21. Its amylose content is high ranging from 25 to 35 %. Cooked rice is less sticky and adhesive and good for such ethnic dishes as couscous or Chinese fried rice. .

3) Breeding a low glutelin rice cultivar Shunyou and its usages

Milled rice contains several per cent of protein which happens to harm patients suffering from kidney failure. A new rice cultivar Shunyou with low content of an easily digestible protein glutelin was bred by the genetical control of protein synthesis. Shunyou was selected from a cross between a low glutelin line, NM67 × NM(1-3), and a very large grain cultivar Hokuriku 153.

The total amount of storage protein is unchanged but the content of easily digestible protein glutelin reduces while hardly digestible protein prolamin increases. Consequently this rice cultivar is considered to be useful for dairy food for patients suffering from kidney failure, sake brewing, and processing quick cooking rice.

4) Breeding forage paddy rice cultivar Kusayutaka and production of whole crop silage (WCS)

Whole crop silage made from paddy rice (rice WCS) has been shown to be high quality roughage for raising cattle. Then it is highly significant for feeding cattle to cultivate rice in surplus paddy fields. This may contribute to elevate the self-sufficiency rate of animal foods.

Kusayutaka was selected from a cross between Chugoku 105 with very large grains and large biomass and Hokuriku 130 with extremely large grains. Kusayutaka is leafy and a large biomass producer suited to make whole crop silage. The total digestible nutrient (TDN) of the whole crop of Kusayutaka is shown to be equivalent to the high quality forage grass timothy.

5) Breeding and diffusion of a high-yielding and high-quality rice cultivar Dontokoi adaptable to the direct-seeding cultivation

The concentrated and exclusive cultivation of Koshihikari have become a serious problem in the Hokuriku region. This high-quality rice cultivar has such faults as less tolerance to lodging and susceptibility to blast.

It has been urgently needed to improve these faults of Koshihikari and to breed a high-yielding new cultivar adaptable to the direct-sowing cultivation with high quality, high palatability, tolerance to lodging and resistance to blast.

Dontokoi was selected from a hybrid between a semi-dwarf and high-quality line Hokuriku 122 and a disease resistant and high-yielding line Hokuriku 120. It has short culms with a semi-dwarfing gene *sd1*. This cultivar is high-yielding and tolerant to lodging. Cooked rice is sticky, soft, and good in appearance. It is

adapted to the direct sowing cultivation.

4. General discussion

Diversification and westernization of dietary lives have been rapidly progressed and people's concern has been concentrated on safety and healthiness of everyday foods. Rapid increase of import of various agricultural products from overseas has invited drastic reduction of rice consumption. Eventually overproduction of domestic rice became a serious social and financial burden.

These changes of surroundings of domestic agriculture had seriously affected the local agriculture and farmer's communities in the Hokuriku region which largely relied on paddy rice farming. In order to strengthen the rice cultivating agriculture in this region, it is essential not only to drastically reduce the cost of rice production but also to greatly increase rice consumption by creating new demands.

The reduction of rice production cost will be realized by expanding farming scales and by employing high-yielding cultivars as well as direct seeding cultivation. Rice consumption is expected to be increased by creating new processed rice products with high-added value.

This thesis reported the results of fundamental technologies required to efficiently advance rice breeding for tolerance to foehn, blast resistance and cold tolerance and also rapid generation advance with mass selection. These technologies were effectively employed in the routine of rice breeding.

It is also reported that a giant embryo waxy cultivar Mebaemochi, three cultivars, Soft 158, Asatsuyu and Yumetoiro with different contents of amylose, a low glutelin cultivar Shunyou, were bred to utilize them to make various kinds of processed products in order to rouse new demands of domestically produced rice. The close cooperation with food processing industries is considered to be essential to develop new technologies making use of newly bred cultivars with various novel attributes.

A new rice cultivar Kusayutaka useful for whole crop silage was developed to grow on surplus paddy fields. A high-yielding and lodging tolerant cultivar Dontokoi with high quality and palatability was also bred and widely diffused. It was adaptable to the direct sowing cultivation for cost reduction. High-yielding paddy rice cultivars for fodder use are supposed to have another significance of being used as human food in emergency.

An effective way to increase the domestic rice consumption is considered to grow rice in the surplus paddy fields and to produce feed grains and/or whole crop silage to feed farm animals like cattle. The cultivating acreage of forage paddy rice has been gradually increased but the close teamwork between rice growers and animal raisers is required to increase more forage rice production and consumption.

By the way, two disadvantages arose from the exclusive cultivation of Koshihikari in the Hokuriku region. The first disadvantage is vulnerability to natural disasters like blast epidemics. In order to overcome this disadvantage, new cultivars having palatability as high as or higher and more tolerant to lodging than Koshihikari are needed to be bred to replace it.

The second disadvantage is that the peak of labor appears in the transplanting and the harvesting times of rice growing seasons. Referring to these two disadvantages, Dontokoi is expected to be one of candidates to replace Koshihikari.

Cultivating rice in paddy fields is considered to be very significant to maintain not only productivity of paddy fields but also multi-functions of paddy fields to preserve water resources, fertile soil, and bio-diversity in paddy field ecosystem or to alleviate severe summer heat etc.

The author strongly hopes that rice cultivars selected in the present investigation will be used to increase domestic rice consumption and to activate paddy rice farming as well as farmer's communities in the Hokuriku region.