

研究・技術ノート

2010 年の夏期高温条件下における高温耐性水稻品種 「元気つくし」の玄米品質

浜地勇次^{1, 2)}・宮崎真行²⁾・坪根正雄²⁾・大野礼成¹⁾・小田原孝治¹⁾

(¹⁾ 福岡県農業総合試験場筑後分場, ²⁾ 福岡県農業総合試験場農産部)

要旨：2010 年の夏は全国的に猛暑で、水稻の登熟期間における気温が記録的な高温となり、多くの地域で玄米品質が著しく低下した。この登熟温度（出穂期後 20 日間の平均気温）が 28℃ を超える高温年においても、福岡県内の「元気つくし」は 1 等米比率が 90% 以上であり、しかも土壌の肥沃度や前年の作付けが異なる圃場においても白未熟粒の発生が少なく、玄米品質が優れていた。また、「元気つくし」は、高温耐性が弱の「つくしろまん」と比較して、登熟温度がほぼ同じで、1 穂内の着粒構造が似通っているにもかかわらず、いずれの着粒位置においても白未熟粒の発生が少ない傾向にあった。これらの結果は、「元気つくし」が有する高温耐性は安定して優れており、そのことには穂の着粒構造以外の生理的要因が関与していることを示唆している。

キーワード：育種、玄米品質、高温耐性、白未熟粒、水稻品種。

近年、地球温暖化の進行 (IPCC 2007) により水稻の登熟期間における気温が高まる傾向にある。このため、水稻の主要品種「ヒノヒカリ」を中心に、白未熟粒（乳白粒、背白粒および基部未熟粒）の発生や粒張りの低下等による玄米品質の低下が深刻な問題となっており、福岡県における「ヒノヒカリ」の 1 等米比率は 2002 年以降に 50% を大きく割り込む年が続く状況にあった（浜地 2010）。このような状況の中で、福岡県では水稻の高温による登熟障害を回避する対策の一つとして、高温耐性品種の育成が進められ、2008 年に食味が優れる高温耐性品種「元気つくし」（和田ら 2010）を育成し、一般栽培を開始した。その一方で、2010 年の夏は全国的に猛暑となり、8 月の平均気温は平年より 2.25℃ 高く、水稻の登熟期間における気温は記録的な高温となった（気象庁 2010）。したがって、今後も地球温暖化が進むことが予想される中で、2010 年の高温登熟条件下における「元気つくし」の玄米品質を詳しく調査することは、高温耐性品種の普及を図る上で極めて有用な情報になるものと考えられる。

また、乳白粒は下位枝梗、特に二次枝梗に着生する弱勢穎果に（木戸・梁取 1968, 高橋 2006）、基白粒は上位枝梗に着生した粒に（木戸・梁取 1968）、背白粒は高温登熟条件下における弱勢穎果（長戸・江幡 1965）に発生が多いことが報告されている。このように、それぞれの白未熟粒の発生のしやすさは穂の着粒位置によって異なるが、「元気つくし」のような高温耐性品種においても同様の傾向が認められるのかを明らかにすることは、高温耐性に関与する要因を探る上でも有意義であるものと考えられる。しかし、2010 年のような高温年に、高温耐性品種の玄米品質を詳しく調査した報告は見当たらない。

そこで、本研究では、2010 年の高温登熟条件下における「元気つくし」の玄米品質を詳しく調査した。また、「元気つくし」が有する高温耐性の要因を探るために、穂の着粒構造と着粒位置別白未熟粒の発生との関係についても検討した。

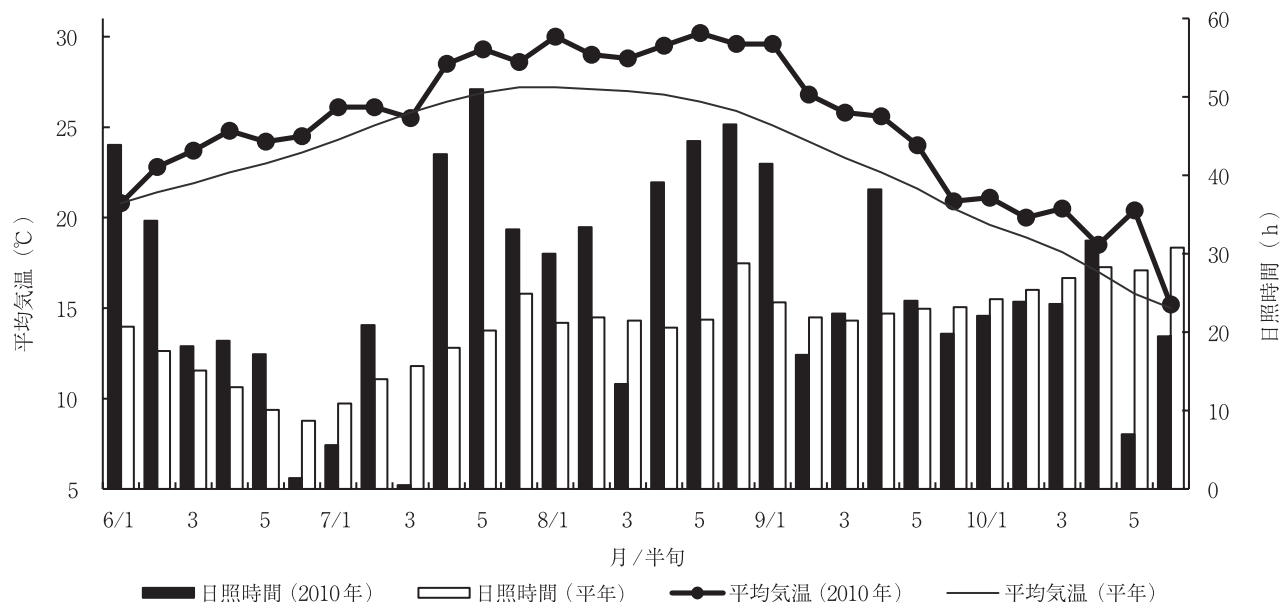
材料と方法

1. 試験実施場所と供試品種

試験は 2010 年に福岡県農業総合試験場農産部（福岡県筑紫野市、以下農産部）と福岡県農業総合試験場筑後分場（福岡県三潴郡大木町、以下筑後分場）の 2 カ所で実施した。農産部は土壌条件が中粗粒灰色低地土で、前年の作付けが水稻のみの水田を、筑後分場は細粒灰色低地土で、前年の作付けが水稻－麦（以下水稻後）および大豆－麦（以下大豆後）の 2 通りの水田を用いた。これらの土壌の肥沃度は地力窒素の推定発現量（山本 1995）から農産部が中～低、筑後分場が高と判断される。供試品種は福岡県の奨励品種である早生の「元気つくし」と「つくしろまん」および中生の「ヒノヒカリ」を用いた。それぞれの品種の高温耐性は「元気つくし」が強、「つくしろまん」と「ヒノヒカリ」が弱である（和田ら 2010）。

2. 栽培方法

農産部では「元気つくし」と「つくしろまん」を 5 月 13 日、「ヒノヒカリ」を 5 月 17 日に播種し、「元気つくし」と「つくしろまん」を 6 月 11 日、「ヒノヒカリ」を 6 月 17 日に葉齢約 3 葉の苗を m² 当たり 21.2 株の栽植密度で移植した。福岡県の施肥基準に基づき、基肥として代かき直前に尿素入り燐加安 48 号 (N-P₂O₅-K₂O : 16-16-16%) を窒素成分で



第1図 2010年の水稻生育期間における平均気温と日照時間。

気象庁福岡県太宰府市アメダスのデータ。平年は平均気温が1979年～2000年の22年間、日照時間が1986年～2000年の15年間の平均値。

10a当たり5kg、穂肥としてNK化成2号（同：16-0-16%）を幼穂形成期（出穂前約18日）およびその7～10日後にそれぞれ窒素成分で10a当たり2kgおよび1.5kgを施用した。試験区は1区5.7m²の2反復とした。

筑後分場では3品種ともに6月4日に播種し、6月25日に葉齢約2葉の苗をm²当たり21.8株の栽植密度で移植した。基肥として代かき直前に尿素入り燐加安48号を窒素成分で10a当たり3kg、穂肥としてNK化成7号（同：14-0-17%）を、農産部と同じ時期に窒素成分でそれぞれ等量施用した。試験区は1区10.5m²の2反復とした。

3. 調査方法

農産部では60株と5株、筑後分場では100株と10株を成熟期に別々に収穫した。このうち、60株と100株（以下全刈調査）は3品種について、それぞれ脱穀と籾摺りを行った後に、粗玄米を1.85mm目の縦目篩で選別し、玄米重と玄米千粒重を算出した。玄米の検査等級は、日本穀物検定協会九州支部に調査を依頼し、農産物検査規格に基づき1等上～3等下を1～9、規格外を10の10段階で評価した。さらに、整粒歩合および白未熟粒歩合は玄米約1,000粒について穀粒判別器（RGQI20A、㈱サタケ）を用いて測定した。このうち、白未熟粒歩合は乳白粒（心白粒を含む）、基部未熟粒（基白粒および米粒基部の充実不足粒）および腹背白粒に分類された未熟粒におけるそれぞれの発生割合の合計値とした（坪根ら2008）。また、田中ら（2010）の報告と同様に、腹背白粒に分類された玄米は目視で90%以上が背白粒と判定されたので、背白粒と表記した。

5株と10株は「ヒノヒカリ」を除いた2品種について、

それぞれ1穂ごとに一次枝梗をほぼ同数ずつ上位、中位および下位の3つに区分（それぞれ上位粒、中位粒および下位粒）し、さらに一次枝梗に着生した籾（一次枝梗粒）と二次枝梗に着生した籾（二次枝梗粒）に分別した。6つに分別した籾ごとに脱穀と籾摺りを行った後に、検査等級を除いた玄米品質の調査を全刈調査と同様に行った。

水稻の穂周辺の気温を温度記録計（TR-71U、㈱ティアンドデイ）で測定し、出穂期後20日間の平均気温を登熟温度とした。

結 果

1. 2010年の気象および水稻の作柄

試験を実施した2010年の水稻生育期間における平均気温と日照時間の推移を第1図に示した。気象データは農産部から約5km離れた福岡県太宰府市アメダスのデータを用いた。移植期～7月3半旬の平均気温は平年より約1℃高く、日照時間は約20%少なかった。また、梅雨明け（7月17日頃）以降は好天が続き、8月4半旬までの平均気温は平年より2～3℃高く、記録的な高温多照で経過した。その後の平均気温も1～3℃高く推移した。この結果、福岡県における2010年産水稻は、平年と比較して生育期前半の日照不足により穂数と全籾数がやや少なかった。また、生育期間の高温により登熟日数が短く、玄米千粒重がやや軽くなり、作況指数が97の「やや不良」であった。福岡県内における1等米比率（うるち玄米）は16.6%（2009年産36.0%）と著しく低かった（農林水産省2011）。

第1表 出穂期、成熟期および登熟温度。

試験場所	品種名	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	登熟温度 (℃)
農産部	元気つくし	8.15	9.16	28.6
	つくしろまん	8.16	9.17	28.6
	ヒノヒカリ	8.24	9.28	27.7
筑後分場 (水稻後)	元気つくし	8.22	9.29	28.3
	つくしろまん	8.23	9.30	28.2
	ヒノヒカリ	8.28	10.08	27.2
筑後分場 (大豆後)	元気つくし	8.22	9.29	28.3
	つくしろまん	8.23	9.30	28.2
	ヒノヒカリ	8.28	10.08	27.2

登熟温度：出穂期後20日間の平均気温。

2. 登熟温度と収量構成要素、収量および玄米品質

全刈調査した3品種の登熟温度と収量構成要素、収量および玄米品質を第1表および第2表に示した。「元気つくし」の出穂期は「つくしろまん」より1日早く、「ヒノヒカリ」より農産部で9日、筑後分場で6日早かった。また、農産部における「元気つくし」の出穂期は筑後分場より7日早かった。この結果、農産部と筑後分場における「元気つくし」の登熟温度はそれぞれ28.6℃、28.3℃であり、「つくしろまん」とほぼ同じ、「ヒノヒカリ」よりも約1℃高かった。

土壌の肥沃度が中～低の農産部は、高の筑後分場より m^2 当たり籾数は少なかったが、玄米千粒重が重く、屑米重歩合が低かった。また、筑後分場における大豆後は水稻後より m^2 当たり籾数が多かったが、屑米重歩合が高く、試験場所間における玄米重の差は認められなかった。その一方で、整粒歩合、白未熟粒歩合および検査等級には品種間差が認められたものの、乳白粒を除いた項目においては試験場所間の差が認められなかった。白未熟粒歩合の中では、背白粒が乳白粒や基部未熟粒より少ない傾向にあった。品種別に比較すると、「元気つくし」の乳白粒、基部未熟粒および背白粒は「つくしろまん」より少なく、基部未熟粒は「ヒノヒカリ」より少なかった。また、品種と試験場所間に交互作用が認められた乳白粒の発生を試験場所ごとに見ると、「元気つくし」は3試験場所ともに「つくしろまん」より少なく、農産部では「ヒノヒカリ」より少なかった。これらの未熟粒を合計した「元気つくし」の白未熟粒歩合は5.1%～9.6%で、検査等級1等の目安とされる10%以下(坪根ら2008)であり、「つくしろまん」や「ヒノヒカリ」より少なかった。筑後分場における「元気つくし」の乳白粒は農産部より多い傾向にあった。

「元気つくし」の検査等級は1等中～1等下であり、農産部や筑後分場における水稻後および大豆後のいずれの試験場所も1等に格付けされた。これに対して、「つくしろまん」と「ヒノヒカリ」の検査等級は、それぞれ2等中～3等上、2等上～2等下であり、いずれも2等以下であった。

3. 穂の着粒位置別白未熟粒の発生

枝梗別に調査した「元気つくし」と「つくしろまん」における穂の着粒位置別の1穂当たり粒数、玄米重、玄米千粒重および白未熟粒歩合を第2図に示した。農産部および筑後分場における穂の着粒位置別の1穂当たり粒数、玄米重および玄米千粒重の分布は2品種ともに同じ傾向にあり、この中で玄米千粒重は一次枝梗粒が二次枝梗粒より重く、農産部では上位粒が中位粒や下位粒より重い傾向にあり、筑後分場では上位粒、中位粒および下位粒ともに同程度であった。白未熟粒歩合を品種間で比較すると、「元気つくし」の乳白粒、基部未熟粒および背白粒は、筑後分場の水稻後の乳白粒を除くと一次枝梗粒、二次枝梗粒ともに「つくしろまん」より少なかった。筑後分場大豆後における乳白粒および3試験場所における背白粒は2品種ともに二次枝梗粒が一次枝梗粒より多いないし多い傾向にあった。また、筑後分場大豆後では「元気つくし」の二次枝梗粒における乳白粒の発生が農産部より多い傾向にあった。

2品種の一次枝梗における上位粒は中位粒や下位粒より基部未熟粒の発生が多い傾向にあった。一方、二次枝梗における上位粒、中位粒および下位粒の白未熟粒歩合間には一定の傾向は認められなかった。

考 察

近年、水稻の登熟期間の気温が高まる傾向にある中で、水稻の高温による登熟障害を回避する対策の一つとして、高温耐性品種の育成およびその普及が緊急の課題となっている。そこで、福岡県では、背白粒や基白粒が著しく発生し(若松ら2007)、1等米比率が低下する(寺島ら2001)とされる27～28℃に登熟温度を設定した水稻高温耐性評価施設を利用して、高温耐性が強と評価される「元気つくし」を育成した(和田ら2010)。今後、「元気つくし」の速やかな普及拡大を図るには、水稻の登熟期間がさらに高い温度条件下で、しかも土壌や栽培条件が異なる県内地域において玄米品質を評価しておくことが不可欠であると考えられる。

2010年における気象庁福岡県太宰府市アメダスのデータを例にとると、「元気つくし」の出穂期～同20日後におおむね相当する8月下旬および9月上旬のそれぞれ10日間の平均気温はそれぞれ29.9℃(平年26.2℃)、28.2℃(同24.7℃)と記録的な高温であった。この高温年に、「元気つくし」は福岡県内の平坦地を中心に1090haで作付けされ、1等米比率が91.8%(「つくしろまん」は12.2%、「ヒノヒカリ」は11.1%)と昨年(94.5%)と同様に極めて高かった(農林水産省2011)。

圃場の肥沃度が異なる場合には、水稻の窒素吸収パターン、特に幼穂形成期から穂揃期頃の稲体窒素栄養状態が変化し、このことが玄米品質に影響を及ぼす(田中ら2010)。また、前年夏作が大豆の場合には、水稻の場合より m^2 当たり籾数が過剰となり、登熟歩合が低下して屑米重歩合が

第2表 収量構成要素、収量および玄米品質。

試験場所	品種名	m ² 当たり 穂数	m ² 当たり 籾数	玄米千粒重 (g)	玄米量 (kg/a)	屑米重歩合 (%)	検査等級	整粒歩合 (%)	白未熟粒歩合			
									乳白粒 (%)	基部未熟 (%)	背白粒 (%)	合計 (%)
農産部	元気つくし	271	2.67	23.0	54.6	2.0	2.0 a	79.2	1.6 a	3.1	0.4	5.1
	つくしろまん	305	2.83	22.5	52.8	2.1	5.0 b	54.9	8.1 b	11.1	3.5	22.7
	ヒノヒカリ	332	2.93	23.2	56.2	4.5	5.5 b	64.2	9.2 b	10.0	1.6	20.8
筑後分場 (水稻後)	元気つくし	443	2.96	21.6	51.2	4.9	3.0 a	74.6	4.9 a	1.7	1.3	7.8
	つくしろまん	491	2.94	22.2	50.8	3.6	5.5 b	58.9	9.2 b	13.3	3.3	25.7
	ヒノヒカリ	416	3.08	22.1	54.2	5.4	6.0 b	67.5	6.4 ab	7.5	1.1	14.9
筑後分場 (大豆後)	元気つくし	437	3.02	22.0	50.5	7.0	3.0 a	74.7	5.8 a	2.3	1.5	9.6
	つくしろまん	469	3.03	22.1	49.0	7.2	7.0 b	52.8	11.6 b	11.1	3.1	25.8
	ヒノヒカリ	441	3.47	22.1	53.7	7.4	4.0 a	62.9	6.5 a	5.9	1.1	13.5
平均 ¹⁾	元気つくし	384	2.88 a	22.2	52.1 ab	4.6 a	2.7	76.2 c	4.1	2.4 a	1.1 a	7.5 a
	つくしろまん	422	2.93 a	22.3	50.9 a	4.3 a	5.8	55.5 a	9.6	11.8 c	3.3 b	24.7 c
	ヒノヒカリ	396	3.16 b	22.5	54.7 b	5.8 b	5.2	64.9 b	7.4	7.8 b	1.3 a	16.4 b
農産部		303 a	2.81 a	22.9 b	54.5	2.9 a	4.2	66.1	6.3 a	8.1	1.8	16.2
筑後分場 (水稻後) 平均 ²⁾		450 b	2.99 b	22.0 a	52.1	4.6 b	4.8	67.0	6.8 a	7.5	1.9	16.1
筑後分場 (大豆後)		449 b	3.17 c	22.1 a	51.1	7.2 c	4.7	63.5	8.0 b	6.4	1.9	16.3
	品種	ns	**	ns	*	*	***	***	***	***	***	***
有意差 ³⁾	試験場所	***	***	***	ns	***	ns	ns	*	ns	ns	ns
	品種×試験場所	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns

¹⁾ 3 試験場所の平均値、²⁾ 3 品種の平均値、³⁾ 分散分析の結果。玄米重と玄米千粒重：1.85 mm 以上、水分 15% で換算。屑米：1.85 mm 未満。検査等級：1 (1 等上)～9 (3 等下)、10 (規格外) の 10 段階で表示。整粒歩合および白未熟粒歩合：品質判定器 ((株) サタケ, RGQI20A) による測定値、基部未熟：基部未熟粒。

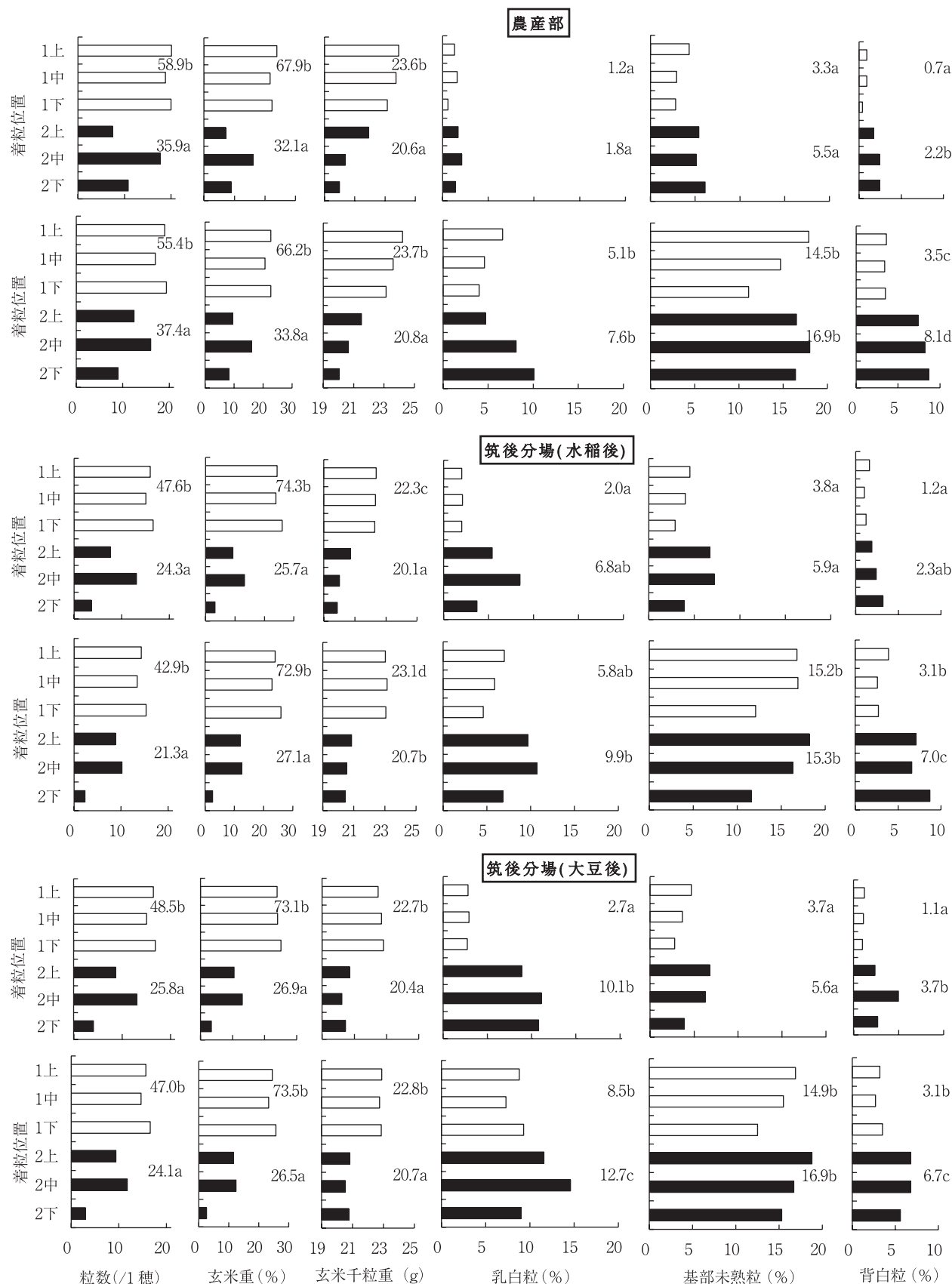
*, **, ***：それぞれ 5%, 1% および 0.1% 水準で有意差あり、ns は有意差なし。品種と試験場所間で交互作用が有意であった検査等級と乳白粒歩合は試験場所ごとに、その他の項目は 3 品種および 3 試験場所の平均値で多重比較検定 (Fisher's LSD) を実施。その結果、異なる英文字間には品種間および試験場所間においてそれぞれ 5% 水準で有意差あり。

増加するとともに、白未熟粒がやや多い傾向にあり、検査等級が劣ることが報告されている (吉野ら 2011)。そこで、本研究では、福岡県の北部に位置する筑紫野市 (農産部、土壤の肥沃度：中～低) と南部に位置する三潞郡大木町 (筑後分場、同：高) の 2 カ所で、しかも筑後分場では前年の作付けが異なる圃場 (水稻後、大豆後) で栽培した「元気つくし」、「つくしろまん」および「ヒノヒカリ」の 3 品種について、登熟温度、白未熟粒歩合および検査等級を比較した。その結果をまとめると、3 試験場所における「元気つくし」の登熟温度は 28.3～28.6℃であり、「つくしろまん」とほぼ同じ、「ヒノヒカリ」より約 1℃高く、福岡県農業総合試験場の水稻育種における高温耐性評価の設定温度である 27～28℃を超える高温条件であった。このような高温登熟条件下で、試験場所間には m² 当たり籾数に差が認められた。その一方で、「元気つくし」の乳白粒、基部未熟粒および背白粒の発生がともに少なく、これらの値を合計した白未熟粒歩合はいずれの試験場所とも 10% 以下であり、「つくしろまん」や登熟温度が約 1℃低い「ヒノヒカリ」よりも少なかった。また、「元気つくし」の検査等級は、「つくしろまん」や「ヒノヒカリ」が 2 等以下であったのに対してすべて 1 等に格付けされた。

以上のように、「元気つくし」は登熟温度が 27～28℃を超える高温条件下で、土壤の肥沃度や前年の作付け品目が違い、水稻の生育量が異なる試験圃場においても白未熟粒の発生が少なく、玄米品質が優れていた。このことから、「元気つくし」は 2010 年のような記録的な高温年においても高い 1 等米比率を確保でき、高温耐性が安定して優れた品種であることが示唆された。

また、基部未熟粒や背白粒の発生は m² 当たり籾数の影響が小さい (若松ら 2008) のに対して、乳白粒は高温登熟条件でも籾数が多い場合に発生が助長される (小葉田ら 2004, 高橋 2006, 若松 2010)。本研究においても、筑後分場は農産部より m² 当たり籾数が多く、大豆後の特に二次枝梗粒に乳白粒の発生が多い傾向にあったことから、「元気つくし」の速やかな普及拡大を図るに当たり、肥沃度が高い地域においては特に適正な籾数確保 (宮崎ら 2011) に努めることが必要であることも示唆された。

白未熟粒の発生のしやすさは 1 穂内における着粒位置によって異なることが報告 (長戸・江幡 1965, 木戸・梁取 1968, 田代・江幡 1974, 高橋 2006) されている。そこで、「元気つくし」の有する高温耐性が穂の着粒構造と関連性があるのかを探る目的で、同じ熟期で高温耐性が異なる「元気



第2図 穂の着粒位置別の1穂当たりの粒数, 玄米重, 千粒重および白未熟粒歩合。

上が「元気つくし」, 下が「つくしろまん」. 縦軸の1, 2: それぞれ一次枝梗, 二次枝梗. 上, 中および下: それぞれ穂の上位, 中位および下位. 玄米重は1穂内の割合. 図中の数値: 上段が一次枝梗, 下段が二次枝梗. 1穂粒数と玄米重は合計値, その他は平均値. 同じ試験場所内の異なる英文字間には5%水準で有意差あり (Fisher's LSD).

つくし」と「つくしろまん」の 1 穂内の着粒構造および着粒位置別の白未熟粒の発生程度を比較した。その結果、農産部および筑後分場の水稻後、大豆後ともに、穂の着粒位置別の 1 穂当たりの粒数、玄米重および玄米千粒重の分布は 2 品種ともに同じ傾向であるにもかかわらず、いずれの着粒位置においても、「元気つくし」の乳白粒、基部未熟粒および背白粒は「つくしろまん」より少ない傾向にあった。「にこまる」は「ヒノヒカリ」より高温条件下において優れた登熟性を示すが、これは 1 穂内の着粒構造によるものではなく、穂揃期の茎内非構造性炭水化物 (NSC) が多いことが貢献しており (Morita and Nakano 2011)、30℃ の高温処理によって「ヒノヒカリ」では開花後 14 日に糖の転流経路である珠心表皮の退化が観察されたのに対して、「ちくし 64 号」(後の「元気つくし」) や「にこまる」では認められなかった (Tanaka ら 2009)。これらのことから、「元気つくし」が有する優れた高温耐性には 1 穂内の着粒構造、すなわち穂の形態的要因ではなく、生理的要因が大きく関与していることが推察される。

玄米品質のストレス耐性は遺伝的制御を受けているとみられ、「コシヒカリ」の近縁品種で高いこと (西村ら 2000)、背白粒および基白粒の発生が少ない形質を遺伝的に固定できること (田畑ら 2005) が報告されており、白未熟粒の発生に関与する QTL の解析も進められている (Kobayashi ら 2007, Tabata ら 2007, 蛭谷ら 2008, 白澤ら 2008)。したがって、「元気つくし」の有する高温耐性の生理的要因および遺伝的要因の解析をさらに進めることは、今後、高温耐性品種の育種の加速化を図る上でも重要であるものと考えられる。

引用文献

- 蛭谷武志・山本良孝・矢野昌裕・舟根政治 2008. 染色体断片置換系統群を利用したイネの玄米外観品質に関与する QTL の検出. 育種学研究 10: 91–99.
- 浜地勇次 2010. 福岡県農業総合試験場におけるイネ育種の成果. 育種学研究 12: 102–110.
- IPCC 2007. IPCC 第4次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約 (翻訳気象庁). http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_spm_Jpn.pdf (2011/12/29 閲覧).
- 木戸三夫・梁取昭三 1968. 腹白, 基白, 心白状乳白, 乳白米の穂上における着粒位置と不透明部のかたちに関する研究. 日作紀 37: 534–538.
- 気象庁 2010. 平成22 (2010) 年夏の日本の平均気温について～今夏の日本の気温は統計開始以来, 第1位の高温～. 平成22年報道発表資料. <http://www.jma.go.jp/jma/press/1009/01a/temp10jsun.html> (2011/12/29 閲覧).
- 小葉田亨・植向直哉・稲村達也・加賀田恒 2004. 子実への同化産物供給不足による高温下の乳白粒発生. 日作紀 73: 315–322.
- Kobayashi, A., B. Genliang, Y. Shenghai and K. Tomita 2007. Detection of quantitative trait loci for white-back and basal-white kernels under high temperature stress in *japonica* rice varieties. *Breed. Sci.* 57: 107–116.
- 宮崎真行・吉野稔・内川修・岩淵哲也・荒木雅登・石塚明子・小田原孝治 2011. 水稻新品種「元気つくし」の移植時期および2回目穂肥の有無が収量, 品質および食味におよぼす影響. 福岡農総試研報 30: 18–24.
- Morita, S. and H. Nakano 2011. Nonstructural carbohydrate content in the stem at full heading contributes to high performance of ripening in heat-tolerant rice cultivar Nikomaru. *Crop Sci.* 51: 818–828.
- 長戸一雄・江幡守衛 1965. 登熟期の高温が穎果の発育ならびに米質に及ぼす影響. 日作紀 34: 59–65.
- 西村実・梶亮太・小川紹文 2000. 水稻の玄米品質に関する登熟期高温ストレス耐性の品種間差異. 育種学研究 2: 17–22.
- 農林水産省 2011. 平成 22 年産米の検査結果 (確定値). <http://www.maff.go.jp/j/soushoku/syoryu/kensa/kome/pdf/22km2310.pdf> (2011/11/21 閲覧).
- 白澤健太・山田哲平・永野邦明・岸谷幸枝・西尾剛 2008. 高温登熟条件下での背白米発生率を制御する QTL に関する準同質遺伝子系統群の育成と評価. 育種学研究 10 (別1): 131.
- 田畑美奈子・飯田幸彦・大澤良 2005. 水稻の登熟期の高温条件下における背白米および基白米発生率の遺伝解析. 育種学研究 7: 9–15.
- Tabata, M., H. Hirabayashi, Y. Takeuchi, I. Ando, Y. Iida and R. Ohsawa 2007. Mapping of quantitative trait loci for the occurrence of white-back kernels associated with high temperatures during the ripening period of rice (*Oryza sativa* L.). *Breed. Sci.* 57: 47–52.
- 高橋渉 2006. 気候温暖化条件下におけるコシヒカリの白未熟粒発生軽減技術. 農及園 81: 1012–1018.
- Tanaka, K., R. Onishi, M. Miyazaki, Y. Ishibashi, T. Yuasa and M. Iwaya-Inoue 2009. Changes in NMR relaxation of rice grains, kernel quality and physicochemical properties in response to a high temperature after flowering in heat-tolerant and heat-sensitive rice cultivars. *Plant Prod. Sci.* 12: 185–192.
- 田中浩平・宮崎真行・内川修・荒木雅登 2010. 水稻の外観品質に及ぼす稲体窒素栄養条件や施肥法の影響. 日作紀 79: 450–459.
- 田代亨・江幡守衛 1974. 腹白米に関する研究. 第 2 報 穂上位置と腹白米の発現. 日作紀 43: 105–110.
- 寺島一男・齋藤祐幸・酒井長雄・渡部富男・尾形武文・秋田重誠 2001. 1999 年の夏期高温が水稻の登熟と米品質に及ぼした影響. 日作紀 70: 449–458.
- 坪根正雄・尾形武文・和田卓也 2008. 登熟期間中の温水処理による高温登熟性に優れる水稻品種の選抜方法. 日作九支報 74: 21–23.
- 和田卓也・坪根正雄・井上敬・尾形武文・浜地勇次・松江勇次・大里久美・安長知子・川村富輝・石塚明子 2010. 高温登熟性に優れる水稻新品種「元気つくし」の育成およびその特性. 福岡農総試研報 29: 1–9.
- 若松謙一 2010. 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米外観品質に及ぼす影響. 鹿児島農総セ研報 (耕種) 4: 91–125.
- 若松謙一・佐々木修・上園一郎・田中明男 2007. 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀 76: 71–78.
- 若松謙一・佐々木修・上園一郎・田中明男 2008. 水稻登熟期の高温条件下における背白米の発生に及ぼす窒素施肥量の影響. 日作紀 77: 424–433.
- 山本富三 1995. 暖地水田における地力窒素と水稻の収量. 福岡農総試研報 8: 1–63.
- 吉野稔・石塚明子・小田原孝治・浜地勇次 2011. 前年夏作に大豆を栽培した圃場において基肥窒素量が水稻の生育に及ぼす影響. 日作九支報 77: 11–14.

Effects of High Air Temperature in the Summer of 2010 on the Kernel Quality of the Heat-tolerant Rice Cultivar ‘Genkitsukushi’
: Yuji HAMACHI, Masayuki MIYAZAKI, Masao TSUBONE, Yukinori OONO and Koji ODAHARA (*Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka, 818-8549, Japan*)

Abstract : High air temperatures during the summer of 2010 damaged the apparent quality of rice kernels in a large area of Japan. When the average temperature during the 20 days after heading was 28°C or higher, the percentage of first-grade rice kernels according to inspection grade in Fukuoka prefecture was higher than 90% in the heat-tolerant cultivar ‘Genkitsukushi’. Furthermore, in the fields with different soil fertility and with different crops cultivated in the previous summer, the incidence of white immature kernels was significantly lower and the rice kernel quality was superior in ‘Genkitsukushi’ than in cultivars with less heat-tolerance. In addition, the proportion of white immature kernels in ‘Genkitsukushi’ at any position within the panicle were lower than those in the heat-sensitive rice cultivar ‘Tsukushiroman’, which has a similar panicle architecture, at comparable average temperatures during the 20 days after heading. These results suggest that the tolerance of ‘Genkitsukushi’ to high air temperatures was stably excellent, and that it was not related to panicle architecture, but to some unidentified physiological factor.

Key words : Breeding, Heat-tolerance, High air temperature, Kernel quality, Rice cultivar, White immature kernel.
