

品種が7.77%、早生品種が7.80%、中生品種が7.57%、千粒重は、それぞれ21.7 g、21.8 g、23.0%であった。

次に、出穂後20日間の平均気温と整粒割合との関係を検討する(図3)。平均気温が28℃を超えるサンプルは、早生品種と中生品種が多かった。また、品種の熟期に係わらず、出穂後20日間の平均気温が高いほど整粒歩合の低いサンプルが増加する傾向が認められた。一方、基部未熟粒、乳白粒は、出穂後20日間の平均気温が高いほど発生率の高いサンプルが増加した(図4)。

外観品質と、玄米蛋白質含量、千粒重との関係について検討した。すべての品種で、玄米蛋白質含量が上昇すると、整粒割合が増加し、障害粒の割合が減少した(表3)。なお、千粒重と外観品質との間には明確な関係は認められなかった。

白未熟粒の発生は出穂後20日間の平均気温が27℃を超えると多く発生するとの報告がある¹⁻⁴⁾。特に、若松ら²⁾は、27℃を境に白未熟粒の発生が著しく多くなることを報告している。今回の調査では、彼らの報告のように、27℃を境とした明確な発生量の増加は認められず、気温上昇に伴う漸増のみ認められた。これは、今回の調査で気温は県中心部である岡崎のアメダスのデータを用い検証したため、実際のサンプル地点にお

ける気温を反映していないためと考えられた。

また、早生及び中生品種で出穂後20日間の平均気温が28℃を超える事例が多かった。2010年は、従来では認められていなかった、早生及び中生品種で外観品質の低下が発生した。登熟期間の高温による外観品質低下程度には品種間で差異があるとの報告が多くある^{2, 5-8)}。このため、今回調査した品種、特に早生及び中生品種について、高温による外観品質低下に対する耐性が低いとの危惧が生産現場から示された。しかし、同一の登熟時平均気温で外観品質の低下程度について、熟期間に大きな差が認められないことから、今回調査した品種間では高温に対する耐性に大きな差異は無いと考えられた。

なお、同じ品種かつ出穂期でも、サンプル間で外観品質に差が認められた。一般に、生育後半での窒素施肥量が多いと玄米蛋白質含量が上昇する。また、井手らや山本らは、出穂後の窒素施肥(実肥)により外観品質が向上すると報告している^{25, 26)}。これらのことから、同一品種でかつ同一出穂期のサンプル間における外観品質の差の要因として、植物体への窒素供給量の違いが考えられたが、さらに詳細に検討するため2011年に綿密な実態調査を実施した。

表3 玄米窒素含量と玄米外観品質との関係(2010年)

品種	サンプル数	品質	偏回帰係数	標準偏回帰係数	判定
極早生	76	整粒	6.90	0.26	*
		基部未熟	-4.67	-0.27	*
		乳白	-1.97	-0.23	ns
早生	49	整粒	11.87	0.65	**
		基部未熟	-13.59	-0.58	**
		乳白	-0.46	-0.04	ns
中生	106	整粒	15.52	0.46	**
		基部未熟	-10.11	-0.51	**
		乳白	-3.56	-0.28	**

注)極早生は「コシヒカリ」、早生は「あさひの夢」と「ゆめまつり」、中生は「あいちのかおりSBL」。*と**は、それぞれ5%と1%水準で有意であることを示す。

3 2011年実態調査の結果

実態調査の結果を示す(表4)。

「コシヒカリ」と「あいちのかおりSBL」の平均値を比較する。整粒割合は「あいちのかおりSBL」が「コシヒカリ」より約30ポイント高かった。一方、基部未熟粒割合は「コシヒカリ」が「あいちのかおりSBL」より10ポイント以上高かった。出穂20日間の平均気温を比較すると、「コシヒカリ」の27.6℃に対し「あいちのかおりSBL」は26.3℃であった。

次に、それぞれの品種について、外観品質の上位と下位10サンプルずつの平均値を比較する。「コシヒカリ」では、下位と上位で整粒割合の差が30ポイントあった。個々の調査項目について検討すると、下位に比較して上位で土壌培養窒素量と収量が有意に多く、障害粒は乳白、基部未熟とも下位が有意に多かった。「あいちのかおりSBL」では、下位と上位で整粒割合の差は約20ポ

表4 2011年の現地実態調査結果

品種		窒素施肥量	土壌培養窒素量	栽植密度	稈長	穂長	穂数	精玄米重	倒伏程度	玄米蛋白質含量	玄米外観品質(%)			千粒重
											整粒	乳白	基部未熟	
コシヒカリ	平均値	5.2	3.09	17.0	93.9	19.2	421	503	1.5	7.63	56.4	7.6	12.6	21.5
	上位10ほ場	5.0	3.65	17.6	97.0	19.4	414	541	1.8	7.77	70.3	4.4	6.6	22.1
	下位10ほ場	5.3	2.58	16.2	94.8	19.0	385	435	2.1	7.82	40.0	11.1	17.3	21.0
	t検定		*						**		**	**	**	
	平均値	7.8	2.70	15.9	85.6	20.2	352	519	0.6	7.88	83.1	4.3	1.8	24.4
あいちのかおりSBL	上位10ほ場	7.5	2.81	16.4	86.9	19.9	349	545	0.5	7.90	90.1	1.7	0.8	24.7
	下位10ほ場	7.4	3.32	15.9	81.4	20.0	362	486	1.1	7.90	71.7	9.6	3.5	23.8
	t検定				*						**	*	*	

注)*と**はそれぞれ上位と下位間に5%と1%の水準で有意な差があることを示す(t-検定)。

倒伏程度は、0(無)～5(甚)の6段階で評価した。

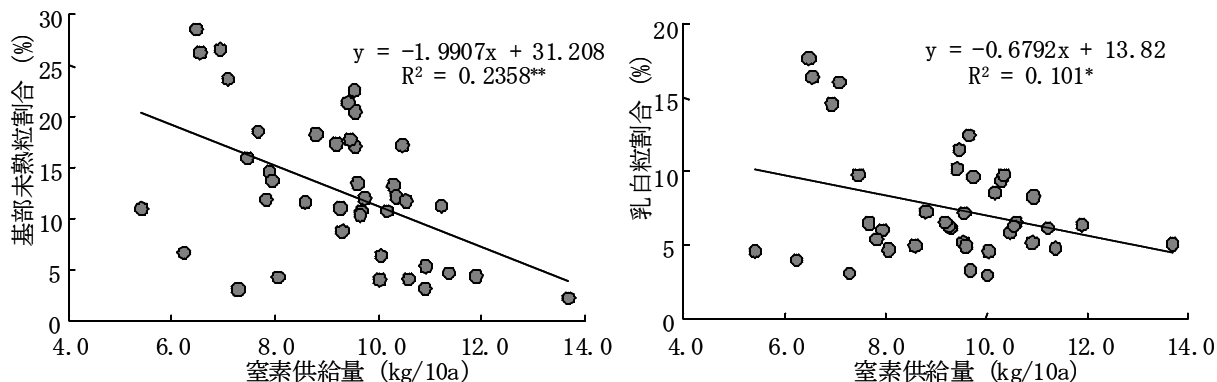


図5 窒素供給量と基部未熟粒数比及び乳白粒数比との関係 (2011年)

注) 供試品種は「コシヒカリ」。n=39。*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意であることを示す。

イントあった。個々の調査項目では稈長でのみ有意な差が認められ、上位が下位より高かった。なお、「コシヒカリ」では認められた土壤培養窒素量については、差は認められなかった。

出穂後20日間の平均気温について、外観品質低下が認められる27℃を超えたのは「コシヒカリ」のみであった。さらに、「あいちのかおりSBL」では整粒割合が平均値で一等米の基準である70%を超えていた。これらから、2011年は「コシヒカリ」で高温による外観品質低下が発生したものの、「あいちのかおりSBL」では発生しなかったかごく軽微だったと考えられた。上位と下位のサンプル比較では、高温による外観品質低下が認められた「コシヒカリ」で、土壤からの窒素供給と関連が深い土壤培養窒素と外観品質との関連性が示唆された。

4 窒素供給量と外観品質

全国的に発生が認められる夏季の高温条件による外観品質低下について、窒素施肥量の減少や地力の低下が助長しているとの報告がある²⁴⁾(杉浦ら、投稿中)。上記の窒素供給と外観品質との関係を確認するために、「コシヒカリ」について、土壤発現窒素量と施肥窒素量を加えた窒素供給量と、外観品質に関する形質との関係を検討した。

その結果、整粒割合では明確な傾向は認められなかったが、基部未熟粒割合と乳白粒割合では有意な負の相関が認められた(図5)。杉浦らは、本県で問題視される白未熟粒として基部未熟粒を挙げており、土壤発現窒素量と窒素施肥量を加えた窒素供給量との間に負の相関があることを報告している¹⁶⁾(杉浦ら、投稿中)。今回の研究からも、彼らの報告と同様の結果が得られた。さらに、今回の研究では乳白粒でも同様の傾向が認められたことから、本県で発生する障害粒の多くが、窒素供給量を増やすことで低減できると考えられた。

最後に、近年、本県で外観品質が低下した要因について論じたい。食味と玄米窒素濃度との間に負の相関があることが知られている。このため、生産現場では窒素施肥量を減少させることにより、食味を向上させ

ようとしてきた。近藤や森田は、この食味を重視する傾向が過度の施肥量減を招き、白未熟粒の発生を助長するとしている^{1, 24)}。また、本県の「コシヒカリ」生産でも、最適施肥量に比較して窒素成分で1.1 g/m²下回っていることが、杉浦ら(投稿中)により報告されている。さらに、土壤からの窒素供給量について、大豆作による減少や²⁷⁾、転作回数と負の相関を有するとの報告が行われている²⁸⁾。今回の調査では明確にならなかったが、本県の西三河地域のように転作歴が進んだ地域では土壤窒素供給量の低下が発生していることが危惧される。以上のように、施肥及び土壤からの窒素供給量低下が本県で「コシヒカリ」における外観品質の低下要因であると考えられた。

なお、「あいちのかおりSBL」については、2011年に外観品質低下が認められなかったため、詳細な検討は行わなかった。2011年の実態調査結果から、白未熟粒について「コシヒカリ」は基部未熟粒が多かったのに対し、「あいちのかおりSBL」では乳白粒が多かった(表4)。白未熟粒は、種類により発生要因が異なる²⁹⁾。このため、「あいちのかおりSBL」の外観品質を向上させる手法は、「コシヒカリ」と異なる可能性がある。今後、今回得られた結果を更に綿密に検討するとともに、年次を重ねた試験により、「あいちのかおりSBL」についても、外観品質を向上する手法の開発を行いたい。

謝辞：本研究を行うに当たり、各農業改良普及課、経済連、農協の関係各位には多大なるご協力を戴いた。また、試験実施に当たり、生産者の方々からは、快くほ場及びサンプルを借用及び提供して頂いた。ここに深謝の意を表す。

引用文献

1. 森田敏. 水稻の登熟期の高温によって発生する白未熟粒, 充実不足および粒重低下. 農業技術60, 442-446(2005)
2. 若松謙一, 佐々木修, 上菌一郎, 田中明男. 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(2007)
3. 寺島一男, 齋藤祐幸, 酒井長雄, 渡部富男, 尾形武文, 秋田重誠. 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(2001)
 4. 岩淵哲也, 田中浩平, 尾形武文, 浜地勇次. 近年の夏期高温が移植時期の異なる水稻「夢つくし」の外観品質に与える影響. 日作九支報69, 11-13(2003)
 5. 長戸一雄, 江幡守衛. 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, 59-66(1965).
 6. 西村実, 梶亮太, 小川紹文. 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(2000)
 7. 飯田幸彦, 横田国夫, 桐原俊明, 須賀立夫. 温室と高温年の圃場で栽培した水稻における玄米品質低下程度の比較. 日作紀71, 174-177(2002)
 8. 山川智大, 神田幸英. 水稻高温耐性検定方法の改良と基準品種選定. 日作紀72(別1), 100-101(2003)
 9. 田中浩平, 真鍋尚義. 福岡県における昭和63年水稻の移植時期, 気象要素と生育・収量・品質. 日作九支報56, 35-38(1989)
 10. 星豊一, 中村恭子, 東聡志, 小林和幸, 石崎和彦, 阿部聖一. 新潟県的水稻歴代主要奨励品種の高温登熟下における玄米品質及び食味. 北陸作物学会報31, 8-10(1996)
 11. 船場貢, 西村勝久, 泉省吾. 長崎県下の水稻作期策定に関する研究: 第4報 高温豊熟に伴う品質の低下. 日作九支報63, 15-17(1997)
 12. 和田卓也, 大里久美, 浜地勇次. 暖地における1999年の登熟期間中の高温寡照条件が米の食味と理化学的特性に及ぼした影響. 日作紀71, 349-354(2002)
 13. 表野元保, 小島洋一朗, 蛭谷武志, 山口琢也, 向野尚幸, 山本良孝. 2001年の気象経過に基づく基白粒および背白粒の発生要因の解析. 北陸作物学会報38, 15-17(2003)
 14. 高田聖, 坂田雅正, 亀島雅史, 山本由徳. 高知県における2006年産コシヒカリでの白未熟粒の多発要因. 日作紀76(別2), 154-155(2007)
 15. Okada, M., Iizumi, T., Hayashi, Y. and Yokozawa, M. Aclimatological analysis on the recent declining trend of rice quality in Japan. J. Agric. Meteorol. 65, 327-337(2009)
 16. 杉浦和彦, 本庄弘樹, 林元樹, 野々山利博, 山内章. 愛知県における登熟期の高温による「コシヒカリ」の外観品質低下は基部未熟粒の発生が要因である. 日作紀79(別1), 168-169(2010)
 17. 藪押睦幸, 角朋彦, 川口満, 和田博史, 森田敏. 宮城県における2007年産早期水稻「コシヒカリ」の品質低下の要因. 日作紀79(別2), 144-145(2010)
 18. 佐藤徹, 東聡志. 中干し程度が2010年産コシヒカリの品質に及ぼした影響. 日作紀80(別2), 8-9(2011)
 19. 坂田雅正, 高田聖, 溝渕正晃, 王恵子. 2009年および2010年における高知県産米の外観品質の特長と年次間差異の要因について. 日作紀80(別2), 14-15(2011)
 20. 近藤始彦, 岩澤紀生, 吉田ひろえ, 中川博視, 大野宏之, 中園江, 臼井靖浩, 常田岳志, 長谷川利拡, 桑形恒男, 森田敏, 長田健二. 2010年の夏季高温下での玄米外観品質の低下要因 Ko-on-net連絡試験の解析. 日作紀81(別1), 120-121(2011)
 21. 中川博視, 吉田ひろえ, 大野宏之, 中園江, 近藤始彦, 岩澤紀生, 臼井靖浩, 常田岳志, 長谷川利拡, 桑形恒男, 千葉雅大, 松村修, 神田英司, 三浦重典, 佐藤徹, 川口祐男, 高橋渉, 塚口直史, 永島秀樹, 中村真也. 2010年の夏季高温が北陸地域を中心にしたコシヒカリの品質に与えた影響1. 外観品質について. 日作紀81(別1), 126-127(2011)
 22. 林元樹, 杉浦直樹, 本庄弘樹. 2010年夏季の高温が愛知県的水稻玄米外観品質に与えた影響. 平成22年度「関東東海北陸」農業研究成果情報, (2010)
 23. 北村秀教, 今泉諒俊. 土壌窒素発現量簡易予測法を用いた水稻施肥窒素の診断. 土肥誌62, 439-444(1991)
 24. 近藤始彦. 米の品質とイネの栄養・環境生理. イネの生産性・品質と栄養生理. 博友社. 東京. p. 99-120(2006)
 25. 井手一浩, 徳安雅行, 下村忠夫. 後期追肥重点施肥法と収量および玄米の品質との関係について. 日本土壌肥料学会講演要旨集17, 150(1971)
 26. 山本良孝, 田守健夫, 羽根正憲. 水稻の栽培条件と腹白米発生との関係: 第1報穂肥, 実肥が腹白米発生に及ぼす影響. 北陸作物学会報20, 25-26(1985)
 27. 松村修. 高温登熟による米の品質被害—その背景と対策—. 農業技術60, 437-441(2005)
 28. 西田瑞彦. 田畑輪換水田の土壌窒素肥沃度の変化と土壌管理による制御. 田畑輪換土壌の肥沃度と管理. 博友社. 東京. p. 27-52(2010)
 29. 森田敏. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀77, 1-12(2008)