

水稻登熟期間の時期別高温処理が玄米外観品質に及ぼす影響

若松 謙一^{1)*}・田中 明男¹⁾・佐々木 修²⁾

(¹⁾鹿児島県農業開発総合センター・²⁾鹿児島大学)

Effects of the high air temperature treatments during the ripening period on the grain quality of brown rice.

Ken-ichi WAKAMATSU¹⁾, Akio TANAKA¹⁾ and Osamu SASAKI²⁾

(¹⁾Kagoshima Pref. Inst. Agr. Dev., ²⁾Kagoshima Univ.)

近年南九州において、水稻登熟期間中の高温に起因する背白粒が発生しており、充実不足と併せて品質低下の大きい要因となっている。背白粒の発生について、船場ら(1997)は出穂後20日間の平均気温26℃以上で基白粒、背白粒が発生することを報告し、著者らは、前報で出穂後20日間の平均気温が27～28℃以上において背白粒、基白粒の発生が多くみられること、その発生程度に品種間差異がみられ、高温登熟性の強弱を背白粒、基白粒の発生割合で判定した結果、ヒノヒカリは「弱」に相当することを報告した(若松ら 2004, 2005)。これまで背白粒発生に影響を及ぼす高温時期については、登熟初期の高温の影響が大きいことが、長戸・江幡(1965)によって報告されており、著者らも背白粒は登熟期間前・中期、特に前期の高温の影響が大きいことを明らかにした(若松ら 2008)。

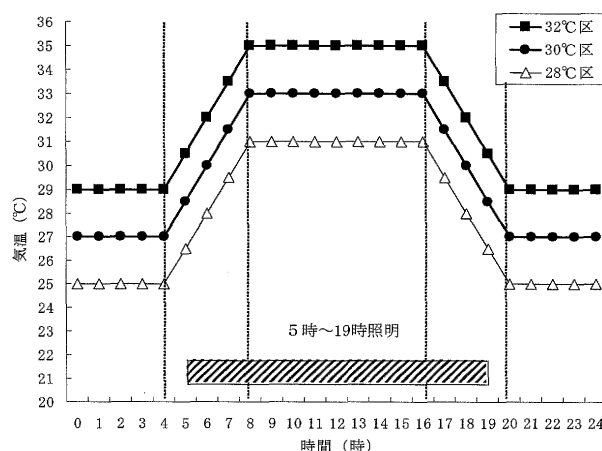
一方で、乳白粒や心白粒の発生については低日射条件(長戸・江幡 1959)や初数が過剰になった場合(高橋 2006)など炭水化物供給能の不足の影響が大きいことが報告されている。さらに、ハウス栽培した水稻で背白粒の発生する温度よりさらに高い温度でも乳白粒が発生することが確認されている(未発表)。しかし、乳白粒発生に及ぼす登熟期間中の高温処理の影響についての報告は少ない。

そこで、高温障害による玄米外観品質低下の原因を明らかにするため、登熟期間中の温度および高温処理時期が背白粒や乳白粒の発生に及ぼす影響について人工気象室で高温条件を変えて検討した。

材料と方法

試験は鹿児島県農業開発総合センター内(南さつま市)で2008年に人工気象室(小糸工業製)を用いて実施した。供試品種はヒノヒカリを用い、1/5000a ワグネルポットにポット当たり2株(3本/株)を7月1日に移植し、出穂まで湛水条件とした。その後、出穂走期(8月25日)に人工気象室に入れ、出穂走期～穂揃期、穂揃後1～7日、8～14日、15～21日および22～28日の5時期に温度処理を行った。また、穂揃後1～28日まで全期間温度処理を実施する

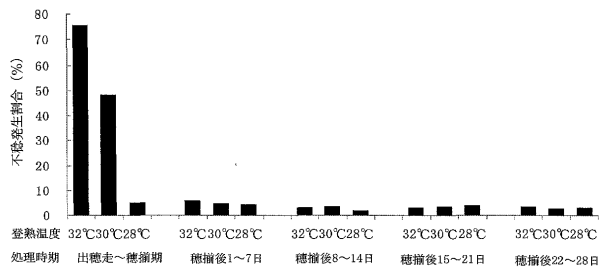
区を設けた。温度条件は、第1図に示すとおり、昼間(8時～16時)、夜間(20時～翌朝4時)で気温を変えて行い、3室を用いて登熟温度32℃区(昼温35℃/夜温29℃)、同30℃区(昼温33℃/夜温27℃)、同28℃区(昼31℃/夜25℃)に設定し、各処理3ポットずつを供試した。また、4時から8時と16時から20時の各4時間は、直線的に温度変化するように設定した。光条件は5時から19時までの昼間に照射し、穂の位置の照度計の値が6万ルクス(11.4MJ/m²/日)になるように設定した。相対湿度は70%とした。玄米の外観品質は、玄米粒厚1.6mm以上の玄米を用い、約200粒を用いて完全粒、背白粒、基白粒、乳白粒、心白粒、腹白粒および死米等のその他に分類し、2反復で発生割合を求めた。肥料は、基肥としてN:12%、P₂O₅:18%、K₂O:14%の化成肥料を、ポット当たり移植直後に2g、移植後14日目に2g、穂肥として出穂前20日頃に2g施用した。なお、上記の試験に加えて、高温条件で発生する乳白粒(以下、高温型乳白粒)と低日射条件で発生する乳白粒(以下、低日射型乳白粒)の白濁位置の違いを検討するため、登熟温度を25℃区(昼温28℃/夜温22℃)に設定し、穂揃後に約1万Lx(2.8MJ/m²/日)照射する低日射処理区を設けた。



第1図 人工気象室の気温設定。

* 連絡責任者: wakamatu@kiad.pref.kagoshima.jp

キーワード: 玄米品質, 高温, 水稻, 背白粒, 乳白粒



第2図 登熟温度および高温処理時期の違いが不稔発生に及ぼす影響。

登熟温度は32℃（昼温35℃/夜温29℃），30℃（昼温33℃/夜温27℃），28℃（昼温31℃/夜温25℃）に設定した。

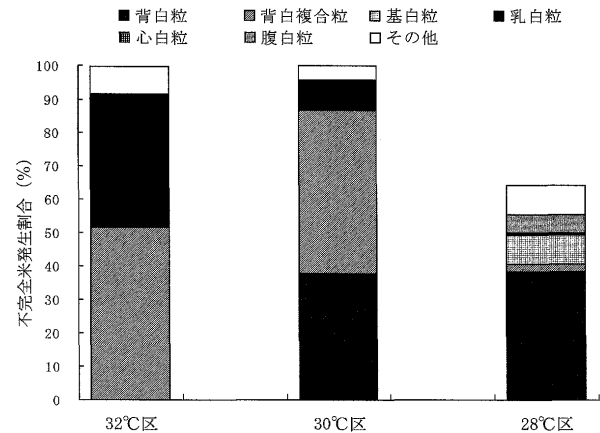
結果と考察

1. 登熟温度および高温処理時期の違いが不稔の発生に及ぼす影響

登熟温度および高温処理時期の違いが不稔発生に及ぼす影響を第2図に示した。出穂走期から穂揃期までの高温処理で不稔が発生し、穂揃後の処理では不稔割合は2～6％程度と低く、通常の圃場での不稔割合と同程度となった。不稔割合は気温で異なり、32℃区（昼温35℃/夜温29℃）で最も多く75.7％発生し、次いで30℃区（昼温33℃/夜温27℃）では48.5％，28℃区（昼31℃/夜25℃）では5.1％と少なかった。高温下での不稔は開花時の気温の影響が大きく、柱頭上につく正常な花粉数が激減すること（Satake and Yoshida 1978, Matsuiら 1997）が報告されており、本試験でも同様に開花期の最高気温の影響が大きく、ヒノヒカリでは33℃以上の高温で受粉・受精が不良になることが不稔の要因と考えられた。

2. 登熟温度および高温処理時期の違いが不完全米の発生に及ぼす影響

登熟温度の違いが不完全米に及ぼす影響を検討するため、不稔が発生しやすい出穂開花期を避けた穂揃後1日から28日間温度処理した結果を第3図に示した。28℃区では背白粒の発生が多いが、30℃区では背側に加え腹側および中心部が白濁する背白粒（以下、背白複合粒）が最も多く発生し、背白粒、乳白粒の発生も認められた。さらに高い登熟温度となる32℃区では、背白複合粒が約50％以上を占め、



第3図 登熟温度の違いが不完全米の発生に及ぼす影響。

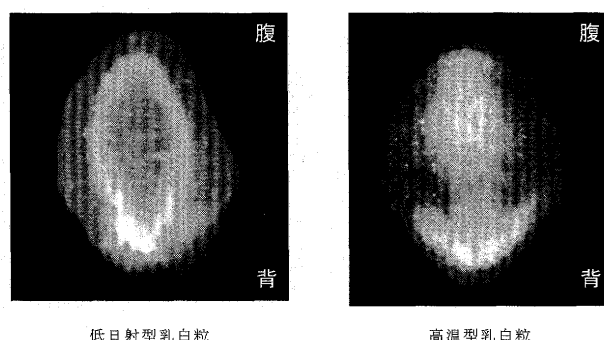
乳白粒も多くなり、背白粒はほとんど認められなかった。

登熟温度および高温処理時期の違いが不完全米に及ぼす影響について試験を行った結果を第1表に示した。高温処理時期別にみると、穂揃後1～7日および穂揃後8～14日の高温処理で背白粒、背白複合粒、乳白粒などの不完全米が多く発生し、穂揃後15日以降の処理では不完全米は少なかった。中でも登熟初期にあたる穂揃後～7日の登熟温度32℃区で乳白粒、背白複合粒が多く発生した。これまで背白粒の発生については、初期高温の影響で登熟後期の発育並びに養分集積が抑えられた場合に発生し（長戸・江幡 1965），高温登熟下では珣の炭水化物受け入れ能力（シンク機能）が早期減退すること（佐藤・稲葉 1976），糖の輸送経路である珠心表皮が高温で早く退化すること（岩澤ら 2003, 松田 2004）などが報告されている。本試験の結果からも、登熟初期の高温の影響が大きかったことから、背白粒発生要因としてシンク機能の早期低下が最も大きいことが推察される。一方で、Tashiro and Wardlaw (1991)は背白粒の発生を招く高温（36/31℃）の時期は出穂後16～24日（登熟期間44日間）の登熟中期であることを報告しており、本試験と異なる結果が得られている。このことについては、Tashiro and Wardlaw の試験設定温度が非常に高い（36/31℃）ことから、登熟初期で不稔、発育停止粒のほか、死米、乳白粒が多く発生し、背白複合粒についても乳白粒に分類されたのではないかと推察される。

第1表 登熟温度および高温処理時期の違いが不完全米発生割合に及ぼす影響。

(%)

処理時期 (穂揃後日数)	試験区	完全粒	背白粒	背白複合粒	基白粒	乳白粒	心白粒	腹白粒	その他
1～7日	32℃区	8.0	26.3	21.4	5.4	21.9	6.0	1.1	9.9
	30℃区	11.5	48.2	13.9	8.4	4.0	2.0	2.3	9.6
	28℃区	69.6	7.0	0.0	5.8	2.0	4.6	1.1	9.8
8～14日	32℃区	31.7	17.5	17.9	9.7	4.2	2.3	10.9	5.8
	30℃区	44.6	19.2	0.8	6.4	9.7	6.1	4.9	8.3
	28℃区	47.7	17.5	1.5	9.6	8.4	5.7	0.8	8.8
15～21日	32℃区	72.5	6.9	2.1	7.7	1.1	2.6	0.7	6.5
	30℃区	76.7	7.0	0.0	8.4	0.0	0.5	0.3	7.0
	28℃区	72.4	2.1	0.0	10.0	0.4	7.1	0.0	8.0
22～28日	32℃区	82.5	1.2	0.0	3.6	0.0	6.1	0.0	6.5
	30℃区	80.2	0.0	0.0	7.7	1.4	1.9	0.0	8.8
	28℃区	86.3	0.0	0.0	2.8	0.9	2.8	0.0	7.1



第4図 発生要因の異なる乳白粒の横断面。

3. 発生要因の異なる乳白粒の横断面

高温条件で発生する高温型乳白粒と低日射条件で発生する低日射型乳白粒の横断面を第4図に示した。従来の低日射型乳白粒の横断面は、玄米中心部から周辺部の間がリング状に白濁しているが、高温条件で発生する高温型乳白粒では中心部が白濁し、さらに腹側から背側に繋がって白濁している場合が多くみられる。本試験における高温型乳白粒と低日射型乳白粒の横断面の異なる要因として、低日射型乳白粒は登熟中期以降の同化産物競合の影響が大きいものに対して、高温型乳白粒は穂摘後1～7日目の登熟初期の高温条件で発生しており、発生時期の違いが白濁部位の違いに現れたものと推察された。

本試験の結果から、乳白粒や背白複合粒、背白粒はいずれも登熟初期の高温の影響が大きく、30℃区、32℃区といった高温区で乳白粒や背白複合粒の発生が多く認められ、比較的气温が低い28℃区では乳白粒や背白複合粒の発生はなく背白粒が多く発生し、これらの発生する温度が異なることが考えられた。星川（1968a, b）は、登熟初期に玄米の中心部に同化産物が流入し、その後周辺部に向かって順次デンプンが蓄積し、胚乳周辺部では背側より腹側で先にデンプン粒が発達することを報告している。高温型乳白粒や背白複合粒で発生する中心部および腹側の白濁は、登熟初期からデンプン蓄積が急激に抑制されたことが要因と考えられ、登熟初期の高温の影響で初めの炭水化物受け入れ能力が早期減退し粒の背側の充実期に同化産物の蓄積が不十分である背白粒とは発生要因が異なることが推察された。

摘 要

人工気象室において高温条件および処理時期を変えた結果、登熟温度の違いで不完全米の発生様相が異なり、30℃区、32℃区といった高温区で乳白粒や背白複合粒の発生が多く認められ、比較的气温が低い28℃区では乳白粒や背白複合粒の発生はなく背白粒が多く発生し、これらの至適温度が異なることが考えられた。

高温処理時期別にみると、穂摘後1～7日および穂摘後8～14日の高温処理で背白粒、背白複合粒、乳白粒の発生が多く、中でも登熟初期にあたる穂摘後～7日の登熟温度32℃区で乳白粒、背白複合粒が多く発生した。さらに、乳

白粒の横断面は、低日射型乳白粒と高温型乳白粒では異なり、低日射型乳白粒ではリング状に白濁しているが、高温型乳白粒では中心部が白濁し、さらに腹側から背側に直線状に白濁している場合が多くみられ、背側および腹側と結びついたものが多く認められた。これらは乳白粒の発生時期の違いが白濁部位の違いに現れたものと推察された。

引用文献

- 船場貢・西村勝久・泉省吾 1997. 長崎県下の水稻作期策定に関する研究. 第4報 高温登熟に伴う品質の低下. 日作九支報 63: 15-17.
- 星川清親 1968a. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第10報 胚乳澱粉粒の発達について. 日作紀 37: 97-105.
- 星川清親 1968b. 米の胚乳発達に関する組織形態学的研究. 第11報 胚乳組織における澱粉粒の蓄積と発達について. 日作紀 37: 207-216.
- 岩澤紀生・松田智明・荻原義邦・新田洋司 2003. 水稻登熟期の高温ストレスに伴う粒厚減少の構造的要因Ⅱ. 高温ストレスによる胚乳組織形成の異常. 日作紀 72(別1): 92-93.
- 松田智明 2004. イネの登熟期の子房における転送系の構造と貯蔵物質の蓄積. 日作紀 73(別1): 300-301.
- Matsui, T., K. Omasa and T. Horie 1997. High temperatures induced spikelet sterility of Japonica rice at flowering in relation to air temperature, humidity and wind velocity condition. Jpn. J. Crop Sci. 66: 449-445.
- 長戸一男・江幡守衛 1959. 心白米に関する研究. 第1報 心白米の発生. 日作紀 27: 49-51.
- 長戸一男・江幡守衛 1965. 登熟期の高温が穎花の發育ならびに米質に及ぼす影響. 日作紀 34: 59-66.
- Satake, T. and S. Yoshida 1998. High temperature-induced sterility in indica rice at flowering. Jpn. J. Crop Sci. 47: 6-17.
- 佐藤庚・稲葉健五 1976. 水稻の高温稔実障害に関する研究. 第5報 稔実期の高温による初めの炭水化物受け入れ能力の早期減退について. 日作紀 45: 156-161.
- 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.
- Tashiro, T. and I.F. Wardlaw 1991. The effect of high temperature on kernel dimensions and the type and occurrence of kernel damage in rice. Aust. J. Agri. Res. 42: 485-496.
- 若松謙一・田之頭拓・竹牟禮稜・森清文 2004. 鹿児島県における水稻登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作九支報 70: 10-12.
- 若松謙一・田之頭拓・小牧有三・東孝行 2005. 暖地における水稻登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響と品種間差異. 日作九支報 71: 6-9.
- 若松謙一・田中明男・佐々木修・上蘭一郎 2008. 水稻登熟期間中の高温処理時期および玄米タンパク質含有率が背白米の発生に及ぼす影響. 日作九支報 74: 17-20.