

学 位 論 文 要 旨

氏 名 若松 謙一

題 目 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
(Effects of High Air Temperature during the Ripening Period on the Grain Quality of Rice in Warm Regions of Japan)

本研究では暖地水稻における外観品質の低下の軽減化を目的に、登熟期間における高温が玄米外観品質に及ぼす影響について、主に背白米の発生要因に着目して検討を行った。

1. 水稻の登熟期間の高温条件が不完全米発生に及ぼす影響について検討した結果、出穂後20日間の平均気温27℃以上の高温条件で背白米、基白米が多発し、それ以下の温度ではほとんど発生が認められなかった。但し、背白米の粒厚は乳白米に比べて厚く、タンパク質含有率も乳白米に比べて低いため、食味低下への影響は乳白米に比べて小さいものと考えられた。また、不完全米発生割合で品種間差異がみられ、その発生様相、程度が異なることが認められた。中でも背白・基白米発生割合について品種間の違いが顕著であった。ヒノヒカリ、黄金晴、初星、ミネアサヒといった高温登熟性が「弱」の品種は、いずれも高温登熟性が劣る喜峰に由来しており、高温登熟性の優劣は遺伝的影響を受けていることが考えられた。
2. 窒素施肥量が背白米の発生に及ぼす影響について検討した結果、登熟温度28℃以下においては、窒素施肥量の増加により、背白米の減少傾向がみられ、玄米タンパク質含有率と背白米発生割合との間に負の相関関係が認められた。玄米タンパク質含有率6.0%を下回ると背白米の発生割合が増加し、7.0%を超えると食味が低下したことから、食味を考慮した玄米タンパク質含有率は6.0~7.0%の間が望ましいと考えられた。登熟温度28℃を超える条件下においては、初星、ヒノヒカリといった高温登熟性「弱」品種では背白米が多発し、玄米窒素量の増大による背白米発生軽減効果が小さかった。したがって、28℃を超える条件下では窒素施肥量の増加のみによる背白米の発生軽減は困難と考えられ、高温登熟性の強い品種の導入とともに、その品種に応じた適正施肥量の検討が必要である。
3. 水田において高温条件下で遮光処理を行った結果、その結果、背白米は高温条件下で多発したが、遮光処理によって減少し、逆に乳白米の増加傾向が認められた。また、人工気象室において高温条件下で日射量および湿度を変えて検討した結果、日射量が多いほど、また、湿度が高いほど背白米が多く発生した。高温条件下における穂の表面温度は、湿度が高いほど、また、日射量が多いほど高い値を示し、背白米の発生割合とほぼ同様の傾向を示した。以上のことから、同じ高温条件下でも日射量や湿度条件の違いで背白米の発生割合が異なり、穂の表面温度の影響が大きく、気温以外に日射量と湿度が密接に関係していることが示唆された。

これらの成果は、高温登熟による品質低下の軽減および高温登熟性の優れる品種の選抜手法の開発に大きく寄与するものと考えている。

学 位 論 文 要 旨

氏 名

Ken-ichi Wakamatsu

題 目

Effects of High Air Temperature during the Ripening Period on the Grain Quality of Rice in Warm Regions of Japan
(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)

In this study, aiming at resisting deterioration of external appearance and quality of paddy rice cultivated in warm areas, we performed investigations of the influences of high temperatures during the ripening period upon external appearance and quality of husked rice, with particular attention to causes of the incidence of white-backed kernels.

1. The incidences of white-back kernel and white-based kernel were high when average temperatures during the 20-day period after heading was 27°C or higher. Almost no such incidence was apparent below that temperature. Because the husked rice was thicker and the protein content was lower in white-back kernel than in milky white kernel, it is presumed that the effect of white-back kernel on taste deterioration would be less than that of milky white kernel. Differences among cultivars were found in the ratio of imperfect rice incidence, showing the cultivar difference in the pattern and severity of the incidence. Especially, cultivar differences were marked in the incidence of white-back and white-based kernel. Cultivars with "weak" ripening capability at high temperatures include Hinohikari, Koganebare, Hatsuboshi, and Mineasahi. They are all derived from Kiho, which has inferior ripening capability at high temperatures, suggesting that the ripening capability at high temperature was genetically controlled.
 2. At 28°C or lower temperature, white-back kernels tended to decrease with the increase in amount of nitrogen application. A negative correlation was found between the protein content of brown rice and the occurrence of white-back kernels. The preferred protein content of brown rice was estimated to be 6.0-7.0% considering the palatability because the occurrence rate of white-back kernels increased when protein content of brown rice was less than 6.0%, whereas palatability dropped when it was greater than 7.0%. At temperatures higher than 28°C, white-back kernels occurred frequently in cultivars such as Hatsuboshi and Hinohikari, whose ripening are "sensitive" to high temperatures, showing little suppressive effect of the increase in the nitrogen contents of brown rice, on the occurrence of white-back kernels.
 3. An investigation using the climatron under high-temperature conditions while varying the humidity and the amount of insolation demonstrated that more white-back kernels were present when the humidity was higher or the amount of insolation was higher. The panicle surface temperature under the same high-temperature condition was higher when humidity was higher or the amount of insolation was higher, revealing a similar tendency to that of the incidence rate of white-back kernels. These results indicate that the incidence rate of white-back kernels differed by the amount of insolation and humidity, even under the same high-temperature condition.
- The results thus obtained will contribute greatly to cultivation techniques designed to resist quality degradation caused by high-temperature ripening. Results will also aid development of selection techniques for varieties with excellent high-temperature ripening characteristics.

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者 氏名	若松 謙一
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 佐々木 修
	副査 鹿児島大学 教授 富永 茂人
	副査 鹿児島大学 准教授 角 明夫
	副査 佐賀大学 教授 有馬 進
	副査 佐賀大学 准教授 鈴木 章弘
審査協力者	
題目	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 (Effects of high air temperature during the ripening period on the grain quality of rice in warm regions of Japan)
<p>気候温暖化の進行が世界の農業生産に影響を及ぼしているなかで、九州地域においては、水稻の登熟期間の高温に起因する玄米の外観品質、収量および食味の低下が深刻な問題になっている。そこで本研究では暖地水稻における外観品質低下の軽減を目的に、登熟期間における高温が玄米の外観品質に及ぼす影響について、主に背白米の発生要因に着目して検討を行った。得られた結果の要約は以下のとおりである。</p> <p>1. 水稻の登熟期間の高温が不完全米発生に及ぼす影響について検討した結果、出穂後20日間の平均気温27℃以上の高温条件で背白米、基白米が多発し、それ以下の温度ではほとんど発生が認められないことを明らかにした。しかし、背白米は乳白米より粒厚は厚く、タンパク質含有率も低いことから、乳白米に比べて食味低下への影響は小さいことを指摘した。また、不完全米発生には品種間差異がみられ、その発生様相、程度が異なることを認め、中でも背白・基白米発生割合について品種間の違いが顕著であることを明らかにした。ヒノヒカリ、黄金晴、初星、ミネアサヒのような高温登熟性が「弱」の品種は、いずれも高温登熟性が劣る喜峰に由来しており、高温登熟性の優劣は遺伝</p>	

的影響を受けていることを示した。

2. 窒素施肥量が背白米の発生に及ぼす影響について検討した結果、出穂後 20 日間の平均気温が 28℃以下では、窒素施肥量の増加により、背白米の発生は減少し、玄米タンパク質含有率と背白米発生割合との間に負の相関が認められた。玄米タンパク質含有率 6.0%を下回ると背白米の発生割合が増加し、7.0%を超えると食味が低下したことから、食味を考慮した玄米タンパク質含有率の適正值は 6.0~7.0%の間にあることを示した。登熟温度 28℃を超える条件下においては、初星、ヒノヒカリといった高温登熟性「弱」品種では背白米が多発し、玄米窒素量の増大による背白米発生軽減効果が小さかった。したがって、28℃を超える条件下では窒素施肥量の増加のみによる背白米の発生軽減は困難であり、高温登熟性の強い品種の導入とともに、その品種に応じた適正施肥量の検討が必要であることを指摘した。

3. 上記のように高温条件下では背白米は多発するが、高温条件に加えて遮光処理を行った場合、背白米の発生はむしろ抑えられ、逆に乳白米の発生の促進が認められた。また、人工気象室において高温条件下で光量および湿度を変えて検討した結果、光量が多く、湿度が高い場合には穂の表面温度が上昇し、背白米の発生割合が高くなった。以上のことから、背白米の発生には、気温以外に日射量と湿度が密接に関係していることを明らかにした。

以上、本研究は、暖地水稻における登熟期の高温が玄米の外観品質の低下に及ぼす影響を実証的に解析したものであり、これらの成果は、高温登熟による品質低下の軽減のための栽培技術の改善および高温登熟性の優れる品種の選抜手法の開発に大きく寄与するものと考えられる。したがって、本論文は、博士（農学）の学位論文として十分に価値あるものと判定した。

学力確認結果の要旨	
学位申請者 氏名	若松 謙一
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 佐々木 修
	副査 鹿児島大学 教授 富永 茂人
	副査 鹿児島大学 准教授 角 明夫
	副査 佐賀大学 教授 有馬 進
	副査 佐賀大学 准教授 鈴木 章弘
審査協力者	
実施年月日	平成 21年 8月 3日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) (口答)・(筆答)	
<p>主査および副査の5名は、平成21年8月3日(月曜日)の公開審査会において、学位申請者に対し学位申請論文について説明を求め、その内容および関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることが出来た。</p> <p>また、筆記により、外国語(英語)の学力を確認した。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が大学院博士課程修了者と同等以上の学力ならびに見識を有し、博士(農学)の学位を与えるに足る十分な資格を持つものと認めた。</p>	

学位申請者 氏名	若松 謙一
<p>主な質疑応答</p> <p>[質問1] 地域的に見た場合、白未熟粒が出やすいのはどういう地域であるか？また、ヒノヒカりに白未熟粒が出やすい原因は何か？</p> <p>[回答1] 地域性というより、従来の晩生品種からヒノヒカりに転換し、登熟期に高温に遭遇される機会が多い地域に背白米の発生がみられるということである。ヒノヒカりは穂数型の品種で籾数過多になり、登熟競合を起こしやすいことから、背白米以外に乳白・心白米が多発する傾向がある。</p> <p>[質問2] 鹿児島県では白未熟粒発生による減収益はどの程度になるのか？</p> <p>[回答2] 等級が一つ下がる毎に 30kg 当たり約 500 円の減収になる。</p> <p>[質問3] 高温が白未熟粒を発生させるメカニズムについてもっと考察してほしい。</p> <p>[回答3] 背白米の被害は鹿児島以外ではあまり問題にならず、メカニズムの分析の多くは乳白・心白に関するもので、これについては炭水化物の移行阻害や光合成阻害が指摘されている。背白米への高温の影響については籾自身によるデンプン合成機能が早期に減退するという指摘がある。登熟期の窒素施肥は高温による背白米発生を軽減するが、シンクとソースのいずれに作用しているかは必ずしも明らかでない。論文中ではこのような考察を加えたい。</p> <p>[質問4] 背白米発生の組織形態的な検討はされていないか？</p> <p>[回答4] 高温によって玄米における転流に係わる維管束の構造が閉塞されるという報告があるが、組織学的解析は多くない。</p> <p>[質問5] 育成者によると、ヒノヒカりは高温にそれほど弱い品種ではないということであるが、どう考えるか？</p> <p>[回答5] 当初、ヒノヒカリの品種特性を遵守した地域に普及している間は、デメリットは小さかったが、良食味のため普及奨励地域を超えて栽培され、移植適期も遵守されないこともあり、白未熟粒の問題が広がったのではないかと考えられる。</p> <p>[質問6] 昼温か夜温のどちらが登熟障害を起こしやすいか？申請者は昼温を重視しているように見えるが見解はどうか？</p> <p>[回答6] 養分競合で発生しやすい乳白、心白米については夜高温の影響が大きいということが最近指摘されている。シンク障害が主な原因と考えられる背白・基白米については昼高温の影響が強いということが本研究結果から推察される。</p> <p>[質問7] 気温の他に日射量あるいは湿度を変えて白未熟粒への影響を見ているが、これらは</p>	

相互に複雑に影響しており、気象環境の玄米外観品質への影響についてはさらに検討の余地があるのではないか？

[回答7] ご指摘の通りである。品種選抜や栽培試験をする場合、同じ気温であっても背白米の発生量が異なり、気温だけで背白米発生の問題を論じることは危険である。本研究において気温は同じであっても湿度と日射の違いによって籾の温度に差違が生じ、結果として背白米発生も異なることが示された。

[質問8] 登熟期の高温を避けるための作期の移動を農家が実施する場合、具体的にはどのような点に留意して指導をするのか？

[回答8] 従来よりも遅植えすることを奨励しているが、栄養生長期間の短縮により茎数、籾数不足を伴うので栽植密度を上げることをセットで行うこと、また、収穫作業のための水切りをできるだけ遅らせるよう指導している。

[質問9] イネの高温障害について海外の引用文献がほとんど挙がっていないが、白未熟粒についての海外での研究状況はどうなっているか？

[回答9] 海外ではコメの品質評価は籾段階までであり、玄米に注目した研究事例はほとんどない。高温によるイネの植物体の生育障害についてはある程度研究されている。

[質問10] 玄米品質におけるQTL解析と育種への利用状況はどうなっているか？

[回答10] つくばの研究機関を中心としたプロジェクト事業で、QTL解析とNIL（遺伝解析系統）の作出が行われており、鹿児島県でNILを供試して背白米発生に関する遺伝子効果の評価をほ場で行っている段階である。