

TGC による登熟期間の高温処理が水稻酒米品種「山田錦」の粒質に及ぼす影響

石井健太郎・大場 和彦¹⁾・丸山 篤志¹⁾・片野 學*
(九州東海大学大学院農学研究科・¹⁾九州沖縄農業研究センター)

Effect of high temperature at grain filling period in TGC on grain texture of brewers' rice "Yamada-nishiki".

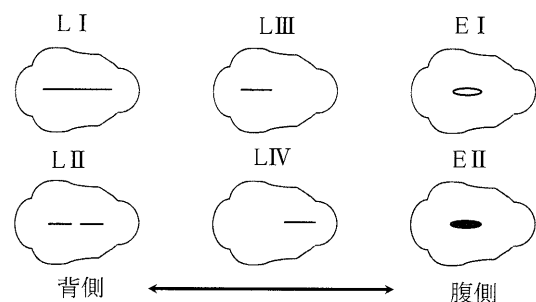
Kentarō ISHII and Kazuhiko OBA¹⁾ Atushi MARUYAMA¹⁾ Manabu KATANO(Graduate School of Agriculture, Kyusyu Tokai Univ., ¹⁾Natl. Agric. Res. Cent. for Kyusyu Okinawa Region.)

近年、高温登熟条件によって心白、乳白、背白、基白および腹白米（以下、白未熟粒とする）の発生による米の品質低下が問題となっており、水稻の品質向上技術の開発が渴望されているが、酒米を用いた研究は少ない。酒米品種に多く見られる心白米は米粒中央部のデンプン細胞内の複粒デンプンと単粒デンプンが丸みを帯び、これらのデンプン粒間に空隙が存在することから生じる。酒米は心白発現率が高いことが有利形質とされており、浸漬時の吸水が早く、麴造りのはぜ込みを良くするため、酒造行程において重要な麴米として用いられる。そこで水稻酒米品種「山田錦」を用いて登熟期間の高温と白未熟粒発生割合との関係および心白米の類別発現割合について調査した。

材料と方法

本試験は2006年に行った。供試品種は酒米品種のなかで栽培面積、栽培地域ともに最も広く栽培されており、高精白を可能とする線状心白をもち、品質評価も高い主要品種である「山田錦」を用いた。アクト化成社製水稻育苗培土（商品名：肥後培土）を、60×30×3cmの水稻機械移植用プラスチック製育苗箱に1.5×1.5×3cmのペーパーポット R-5、684穴に土を充填し、比重1.13塩水で沈降した水稻品種「山田錦」の鳩胸状態に達した種籾を各穴3粒ずつ播種後、覆土を5mmとし、風通しの良いガラス室内に設置し、育苗を行った。1/5000aワグナーポットに九州沖縄農業研究センター内水田表層土を充填し、施肥は48化成（N-P-K：16-16-16%）を用い、窒素とリン酸およびカリウムを全量8g/m²とし、基肥5g、穂肥3gとした。ポットに第4葉抽出苗（不完全葉を1とする）を1株3本植えて移植し、育苗を行ったガラス室にプールを作成し、出穂期まで生育させた。プールの管理はポット設置以降、常時湛水とした。1/5000aワグナーポットに1株3本植えて移植した。九州沖縄農業研究センター内水田表層土を充填し、施肥は48化成（N-P-K：16-16-16%）を用い、窒素とリン酸およびカリウムを全量8g/m²とし、基肥5g、穂肥3gとした。温度処理は九州沖縄農業研究センター内の温度勾配型チャンバー（TGC）で行った。TGCは水稻生育の温

度反応を見る上で有効であり（本間ら 1996）、単年度の検定であっても登熟温度と品質低下程度の検定が可能である（永畠ら 2005）。TGCは長さ28m、高さ2.5m、幅3.5mであり、換気側には排気ファンを3基持つ。排気ファンは常時作動1基、出入り口温度差が5℃以下になると作動するのが2基ある。入り口より0m、1m、3m、6m、9m、12m、24mに気温計を、0m、3m、12m、24mに2ポットを設置した。気温計の高さは地上より90cmの地点とした。山田錦の出穂期（8月31日）から15日間、温度処理を行い、平均気温と最高気温および最低気温は15日間の平均値とした。処理後から成熟期（10月5日）までは対照区と同じ温度となるハウスに移し、生育させた。収穫後に1.06塩水で登熟歩合を調査し、沈下した籾のみ農産物検査ハンドブックにのっとり、全粒肉眼による米粒粒質の調査を行い、調査粒数に対する比率で示した。その後、心白米は心白中央部を割断し、水稻品種：「八反十号」と「山田錦」を調査した江幡（1961）の分類に準じて類型調査（第1図）を行った。



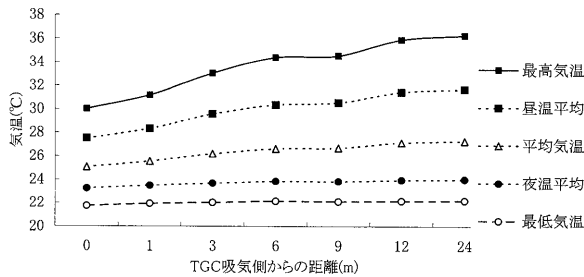
第1図 山田錦の心白粒の中央部横断面の類型(江幡1961)。

結果と考察

第2図にTGC内部の温度勾配を示した。平均気温および最高気温は温度勾配が見られるが、最低気温では温度勾配は見られなかった。これはTGCの構造によるものと考えられ、吸気側よりも排気側で最高気温が高いため、排気側の日較差が大きくなった。第1表に各区の平均気温と登熟歩合と千粒重との関係を示した。登熟歩合は、0m地点（平均気温25.3℃）を対照区とし、他の地点と比較すると、

キーワード：TGC、高温処理、酒米、品質

*連絡責任者：mkatano@ktmail.ktokai-u.ac.jp



第2図 TGC 内部の温度勾配状況。

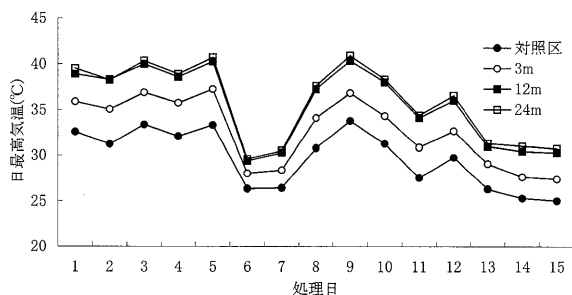
注) 図中の最高気温、平均気温、最低気温はそれぞれ、15日間の日最高気温、日平均気温、日最低気温の平均値を示す。

第1表 TGC 処理区の気温と登熟歩合および千粒重との関係。

	気温(°C)			稈数	不稔率	屑米率	登熟歩合	千粒重(g)
	平均	最低	最高					
0m	25.3	21.7	30.0	1386	4%a	8%a	88%a	31.1a
3m	26.3	22.0	33.1	1264	4%a	10%a	86%a	31.8a
12m	26.8	22.2	35.9	1340	13%b	10%a	77%b	28.6b
24m	27.0	22.2	36.3	1456	14%b	17%b	69%b	26.0c

注: 異英小文字間には5%レベルの有意差がある (Tukey's HSD).

3 m 地点 (平均気温26.3°C) では差が見られなかったが、12 m 地点 (平均気温26.8°C) および24 m 地点 (平均気温27.0°C) では有意に低くなり、温度上昇に伴い低下することが認められた。不稔率について対照区 (最高気温30.0°C) と他の地点とを比較し、登熟歩合の低下要因を検討した。3 m 地点 (最高気温33.1°C) では差が見られなかったが、12 m 地点 (最高気温35.9°C) および24 m 地点 (最高気温36.3°C) では有意に高くなった。これは出穂期後の最高気温が40°C 前後と極めて高い日が多かったこと (第3図) から、登熟歩合の低下要因として不稔の影響が考えられる (佐竹 1990)。「山田錦」の千粒重は一般に28g~29g (兵庫県 1996) と重く、対照区と3 m 地点では約31gと高い値を示した。しかし、平均気温が高くなる12 m 地点で28.6g、24 m 地点で26.0gと有意に低い値を示し、温度上昇に伴い低下することが認められた。これは高温により転流が阻害され、千粒重が低下したためと考えられた。



第3図 処理期間中の日最高気温の推移。

つぎに、粒質別割合をみると (第2表)、「山田錦」の心白発現率は対照区 (平均気温25.3°C) で69%であったが、24 m 地点 (平均気温27.0°C) で57%となり、温度の上昇にともない低下した。基白米と背白米および腹白米は全試験区で10%以下だったが、温度上昇によりその発現率はいずれも若干の増加傾向が認められた。以上のように、高温になるに伴い、完全米と心白米が減少する一方で、乳白米が増加した。これらの要因として「山田錦」の心白米の形成

第2表 TGC 処理区の気温と粒質発現割合。

	気温(°C)			粒質発現割合					
	平均	最低	最高	完全米	心白米	乳白米	基白米	背白米	腹白米
0m	25.3	21.7	30.0	14%a	69%a	8%a	3%a	3.0%a	4%a
3m	26.3	22.0	33.1	9%b	65%b	10%ab	4%ab	5.3%ab	7%b
12m	26.8	22.2	35.9	5%c	61%b	15%bc	6%bc	5.5%ab	8%b
24m	27.0	22.2	36.3	2%d	57%c	21%c	7%c	6.0%b	8%b

注: 異英小文字間には5%レベルの有意差がある (Tukey's HSD).

時期に高温による転流障害が重なり、埋まるべきデンプン粒間が埋まらずに乳白米が形成されたと考えられる。乳白米は眼状心白米と同義であり、線状心白米との差異は発現部の厚さの違いであることが知られている (江幡 1961)。さらに、眼状心白米は、その発現部位が大きいことから高度精白ができず、精米特性に劣ることが知られている (兵庫県 1996)。このことより、「山田錦」は高温登熟により心白米が減少し、精米特性が低くなることが推察された。

さらに、心白粒の類別発現割合を第3表に示した。L型は線状心白米、E型は眼状心白米に分類した。さらにL型では心白部が背と腹にまたがるものをLⅡ型、2分されて背および腹にそれぞれ心白部を持つLⅢ型、背側のみに心白部を持つ背白様心白米であるLⅣ型、腹側のみに心白部を持つ腹白様心白米であるLⅤ型にわけ、E型を中心線の透明化しているEⅠ型と中心線が透明化していないEⅡ型に分けた。全試験区においてLⅠ型が約半数を占め、EⅠ型およびEⅡ型はすべての試験区において10%を下回った。

第3表 心白粒の類別発現割合。

	気温(°C)			L型(線状)				E型(眼状)	
	平均	最低	最高	I	II	III	IV	I	II
0m	25.3	21.7	30.0	49%a	19%a	19%a	3%a	6%a	4%a
3m	26.3	22.0	33.1	55%ab	13%b	16%b	11%b	3%b	2%a
12m	26.8	22.2	35.9	56%b	12%b	13%b	10%b	2%b	8%b
24m	27.0	22.2	36.3	58%b	12%b	10%b	9%b	3%b	8%b

注: 異英小文字間には5%レベルの有意差がある (Tukey's HSD).

対照区ではLⅠ型とLⅡ型およびLⅢ型で全体の約90%を占めた。また、他の地点と比較すると、LⅠ型は、高夜温で多くなることが知られている (江幡 1961) が、3 m 地点 (平均気温26.3°C) では差が見られず、12 m 地点 (平均気温26.8°C) および24 m 地点 (平均気温27.0°C) では有意に高くなり、温度上昇に伴い増加することが認められた。本試験ではTGCの構造により、夜温には差が見られないことから、LⅠ型は、昼の気温によっても影響を受け、発現すると考えられた。対照区と他の地点を比較すると、LⅡ型は対照区に比べ、全地点で有意に低くなった。LⅢ型は温度上昇により漸減した。これはLⅢ型が背側に発現する心白米であるために、温度上昇によって背白米様となり、減少したと考えられる。搗精中における米粒割断、いわゆる碎米の発生が高くなるとされるLⅣ型 (江幡 1961) は対照区では3%であったが、平均気温が約1°C高温となる3 m 地点 (平均気温26.3°C) 以降で発現は高くなった。これらより、温度の上昇により碎米の発生が高くなり、搗減りが増加することが推察された。

以上より、「山田錦」では、登熟期間中の高温により心白発現率が低下し、発現する心白自体にも、高度精白耐性の低下といった質の低下がおこることが明らかとなった。

摘 要

「山田錦」を用いて登熟期間の気温と白未熟粒発生割合との関係、心白の類別発現割合について調査した結果、登熟歩合と千粒重と心白米および完全米割合は平均気温の上昇にともない低下し、乳白米の増加が認められた。心白粒の類別発現割合では温度上昇に伴い碎米の発生が高くなる腹白様心白米の増加も認められた。

以上より、「山田錦」では、高温登熟により心白発現率の低下が認められ、発現する心白自体の質の低下がおこることが明らかとなった。

引用文献

- 江幡守衛 1961. 心白米に関する研究 第4報 心白の発現に及ぼす夜温の影響. 日作紀 29(4):409-411.
- 本間昌直・荒川市郎 1996. 水稻の温度反応研究のためのTGCの利用. 福島県農業試験場研究報告 33:7-13.
- 兵庫県・兵庫県酒米振興会 1996. 兵庫の酒米. 山田錦生誕60周年記念誌 10-15.
- 永畠秀樹・山元皓二 2005. 温度勾配ビニルハウスを用いた水稻の高温登熟性の評価. 育種学研究 7(2):95-101.
- 佐竹徹夫 1990. 高温障害. 松尾孝嶺ら監修 稲学大成生理編 農文教:633-639.