

水稲玄米の外観品質と米飯の食味に及ぼす高温・遮光処理の影響

石突 裕樹^{a)}・齊藤 邦行^{a)}

(応用植物科学コース)

Effects of shading and high-temperature treatments on appearance quality of brown rice and palatability of cooked rice

Yuuki Ishizuki^{a)} and Kuniyuki Saitoh^{a)}

(Course of Applied Plant Science)

We examined the appearance quality and palatability of milled rice for each grain-thickness group. The rice cultivars, Nipponbare and Hinohikari, were cultivated at the paddy field of Field Science Center, Okayama University in 2009. For high-temperature treatment, both sides of the transparent chamber were opened when the temperature exceeded 36 degrees C, and closed when lower than 25 degrees C, and 50% shading treatment with black cloth was applied during the grain-filling period. After harvesting, the grains of brown rice were sorted according to thickness using a rice grader, and classified into eight grain thickness groups, less than 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, and over 2.2mm. The appearance quality of grains was measured, and milled grains were cooked, and the palatability and physical properties were measured. The brown rice yield in high-temperature plots was 10-21% less than control due to the decrease in the ripening percentage and 1000-grains weight. Yield in the shading plot dropped to 16-24% less than control mainly due to the decrease in the ripening percentage. The percentage occupation of grains with 1.8-1.9mm thickness was higher in Hinohikari than Nipponbare. In high-temperature plots, thickness of 1.8-2.0mm decreased and thickness of higher than 2.0mm increased in both cultivars. The shading treatment increased thickness of lower than 1.9mm markedly. It was cleared that the shading decreased grain thickening growth and grains was distributed more among thinner groups, and high-temperature promoted the grain thickening growth despite the decrease in 1000-grains weight. In both cultivars, the lower the grain thickness group, the lower the percentage of perfect grain due to the increase in the percentage of chalky grain. The palatability value of milled rice was greater in Hinohikari than Nipponbare. The lower the grain thickness group, the lower the palatability value and stickiness, and those tendencies were remarkable in Nipponbare than Hinohikari. The shading and high-temperature treatments decreased the palatability value and the stickiness, especially in Nipponbare. The palatability value decreased with lower the grain thickness group due to an increase in the percentage occupation of chalky grains.

Key words : Chalky rice grains, Grain thickness group, High-temperature, palatability, Shading

緒 言

近年、大気中の二酸化炭素や温室効果ガス濃度が急増して気温の上昇が問題化してきており²⁾、作物生産への影響も懸念されている。米生産に与える影響評価も世界の食料需給を考える上で極めて重要であり、これまでに気温上昇が水稲栽培に及ぼす影響については多くの報告がある^{4,9,10,12-15)}。水稲登熟期間の高温により、玄米一粒重・登熟歩合の低下が助長され、収量を減少させることが報告されている⁴⁾。また登熟期の高温は乳白米等の白未熟粒を発生させ玄米外観品質を低下させること^{9,10,12,14,16)}、登熟期の日照不足も玄米発育を抑制して白未熟粒の発生を助長し^{5-7,11,15)}、食味を大きく低下させる

ことになる^{7,15)}。今後、高温がイネの生産にどのような影響を及ぼすかを詳しく解明し、高温障害を軽減する技術的対策を検討していく必要がある。

一方、農家や米加工施設においては米の厚みによる選別(粒厚選別)が行われ、米を高付加価値化して出荷している。一般に流通する米は、粒厚選別機で1.80~1.90 mmの縦目ふるいを通過させて、未熟粒や死米を除去して整粒割合、すなわち米の品質を高めることが行われている

Received October 1, 2011

a) 岡山大学大学院自然科学研究科

(The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University)

る。また、米の外観品質は農産物検査規格により品位区分がなされている。近年では検査の補助機として、穀粒判別器を用いた検査が行われている。現在、粒厚選別機の篩目の設定は慣行や経験にたよっている場合が多く、篩目の設定値と米の品質との関係について不明な点が多い状況にある。

本研究では、西日本の主力品種である日本晴、ヒノヒカリの2品種を用い、高温と遮光処理を施した玄米を粒厚選別機で選別し、穀粒判別器、炊飯食味計、硬さ粘り計を使って、水稻玄米の粒厚と外観品質が米飯の食味に及ぼす影響を評価したので報告する。

材料と方法

1. 供試品種と栽培方法

2009年に岡山大学農学部附属山陽圏フィールド科学センターの水田と水田内に設置したビニールハウス（側面自動開閉装置）で水稻栽培を行った。試験には日本晴とヒノヒカリの2品種を用い、慣行に従いポット育苗した成苗を、6月11日に栽植密度17.2株/m²で機械移植（1株3本植）を行った。ビニールハウス内では栽植密度18.5株/m²（条間30 cm，株間18 cm）で手植え移植した。施肥は基肥のみとし、緩効性肥料LP複合140E-80（N-P₂O₅-K₂O，14-14-14）を各成分で10 a 当り8 kg施用した。水管理は9月20日まで常時湛水状態とし、雑草、病害虫防除は慣行に従った。

2. 試験区の設定

試験区は日本晴、ヒノヒカリの各品種につき、対照区（慣行栽培，3.8×17.3 m，65.7 m²），高温区（ビニールハウス 2.1×15.0 m，31.5 m²，側面自動開閉装置を移植から出穂まで開放，8月20日以降日中35℃で開放し，夜間25℃で閉鎖するよう制御），遮光区（出穂期以降黒色寒冷紗（遮光率50%）全面被覆，3.8×17.3 m，65.7 m²）の3試験区を設けた（Fig. 1）。高温区，対照区については，Thermo Recorder おんどとり（T AND D 社製 TR-71S）を用いて気温を測定した。

3. 収量調査

収穫時に各試験区につき60株（20株，3反復）を地際から刈り取り，2週間以上雨除け条件下で乾燥させた後，脱穀・籾摺りして収量と収量構成要素を調査した。調査項目は，全重・総籾数・総玄米重・精玄米重，収量構成要素として穂数・一穂籾数・総籾数・登熟歩合・精玄米千粒重を調査した。

調査手順は，全重→穂数→脱穀→総籾数→籾摺り→総玄米重→縦目篩選→精玄米重→精玄米千粒重の順で行った。登熟歩合は総籾から均分器を用いて約30 gを3反復抽出し，縦目篩選により1.8 mm以上の粒厚をもつ玄米を精玄米として粗籾数に占める精玄米数の割合として求めた。また，精玄米千粒重は水分計（ライスタJ，ケット科学研究所製）で求めた水分含有率を15%に換算して求めた。

4. 粒厚選別

供試玄米を約3 kgずつテスト粒厚選別機（TWS，サタケ製）にて，1.7~2.2 mm網を0.1 mm刻みにて使用し，各供試玄米別7条件の粒厚別供試玄米とした。また，約200 gを3反復抽出し，同条件で選別計量を行って粒厚別重量比率を調査した。

5. 玄米外観品質

供試玄米及び粒厚別供試玄米約20 gを3反復抽出し，玄米の外観品質調査に供試した。測定は，穀粒判別器（RGQI 20A，サタケ製）によって行い，整粒，青未熟粒，白未熟粒（乳白粒，基部未熟粒，腹背白未熟粒を合計したもの），その他未熟粒，死米，胴割粒，その他の7分類の各混入率重量換算比を求めた。

6. 炊飯米食味試験

供試玄米及び粒厚別供試玄米を水分含有率14.5%に調湿し，歩留り90%を目標に搗精し供試精米とした。ステンレス缶で供試精米30 gを洗米し，水量を重量比1.35倍になるように調整し，浸漬開始から30分後に電気蒸し器（クッキングスチーマー，エイコー製）で30分炊飯した。10分間蒸らした後ほぐしを行い，20分冷却し，蒸らし完了から2時間後に炊飯米食味評価に供試した。炊飯食味



Control plot



High-temperature plot



Shading plot

Fig. 1 Photograph of experimental plots.

計(STA 1A, サタケ製)でご飯を可視・近赤外光で測定し、外観、硬さ、粘り、バランス度、食味値を調査し、硬さ粘り計(RHS 1A, サタケ製)でご飯を物理的に圧縮させて測定を行い、硬さ、粘り、バランス、弾力性を調査した。炊飯食味計では8gを3反復抽出し、各裏表2回測定を行い、硬さ粘り計では8gを5反復抽出し測定を行った。

結 果

1. 気 温

対照区の日平均気温は、移植期(26℃)から8月中旬(30℃)まで次第に上昇した後、収穫期(21℃)に向けて徐々に低下がみられた。高温区ではビニールハウス側面の開閉を開始した8月下旬以降対照区に比べて日平均気温が高くなり、8月下旬2.8℃、9月上旬6.2℃、中旬5.9℃、下旬5.0℃の上昇がみられた(Fig. 2)。

2. 収量と収量構成要素

遮光区の精玄米収量は対照区に比べ日本晴で24%、ヒノヒカリで16%の減少がみられ、これには特に登熟歩合の低下が関係していた(Table 1)。高温区の収量は対照区に比べ日本晴で21%、ヒノヒカリで10%減少と遮光区よりも減少程度は小さくなり、これには登熟歩合と千粒

重の低下が影響していた。玄米の粒厚別重量割合をみると(Table 2, Fig. 3), 日本晴に比べヒノヒカリでは1.9mm以下の割合が高く、両品種ともに高温区では1.8-2.0mmの割合が減少し、>2.0mmの割合が増加する傾向がみられた。遮光区では<1.6, 1.6-1.7, 1.7-1.8, 1.8-1.9mmの割合が顕著に増加した。遮光区では対照区に比べ玄米の肥大が劣り、粒厚分布がより薄くなる傾向がみられたのに対して、高温区では粒厚が厚くなるにも関わらず、

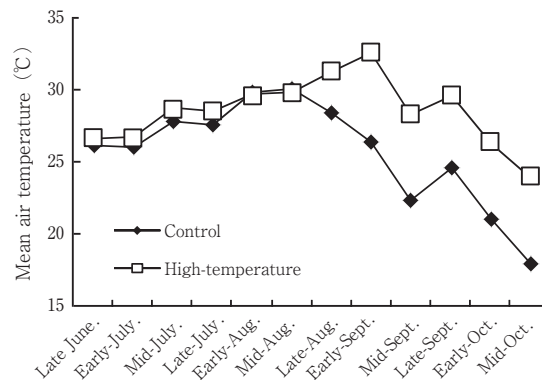


Fig. 2 Changes in mean air temperature of control and high-temperature plots.

Table 1 Yield and yield components

Cultivar	Plot	No. of panicles	No. of spikelets (panicle ⁻¹)	No. of spikelets (10 ³ m ⁻²)	Percentage of ripened spikelets	1000-grain weight (g)	Sink capacity (g m ⁻²)	Brown rice yield (g m ⁻²)
Nipponbare	Control	321	92.2	29.2	92.0	22.4	655	603
	High-temp.	343	77.2	26.5	85.1	21.1	560	477
	Shading	339	75.1	25.3	82.1	22.0	557	457
Hinohikari	Control	363	88.9	32.2	88.9	22.0	709	630
	High-temp.	351	93.3	32.7	83.9	20.8	681	567
	Shading	357	89.3	31.9	76.9	21.6	689	530
	LSD _{0.05}	ns	5.6	1.2	3.7	1.0	34	24

Means followed by the same letter are not significantly different at 5% Level according to Fisher's PLSD.

Table 2 Percentage distribution of grain weight at different thickness groups (%)

Cultivar	Plot	Grain thickness group (mm)							
		<1.6	1.6~1.7	1.7~1.8	1.8~1.9	1.9~2.0	2.0~2.1	2.1~2.2	≥2.2
Nipponbar	Control	0.7	0.7	1.8	8.8	39.1	45.3	3.3	0.1
	High-temp.	0.8	0.6	1.4	6.0	28.5	55.1	7.2	0.3
	Sading	2.9	2.0	3.1	9.6	36.5	42.0	3.7	0.2
Hinohikari	Control	0.8	0.9	2.8	11.1	33.6	43.2	7.0	0.5
	High-temp.	2.0	1.6	3.4	9.3	24.1	45.6	12.5	1.4
	Sading	3.1	2.3	5.6	17.5	38.3	30.2	2.8	0.1
	LSD _{0.05}	0.76	0.58	1.09	3.01	4.15	6.79	2.66	0.33

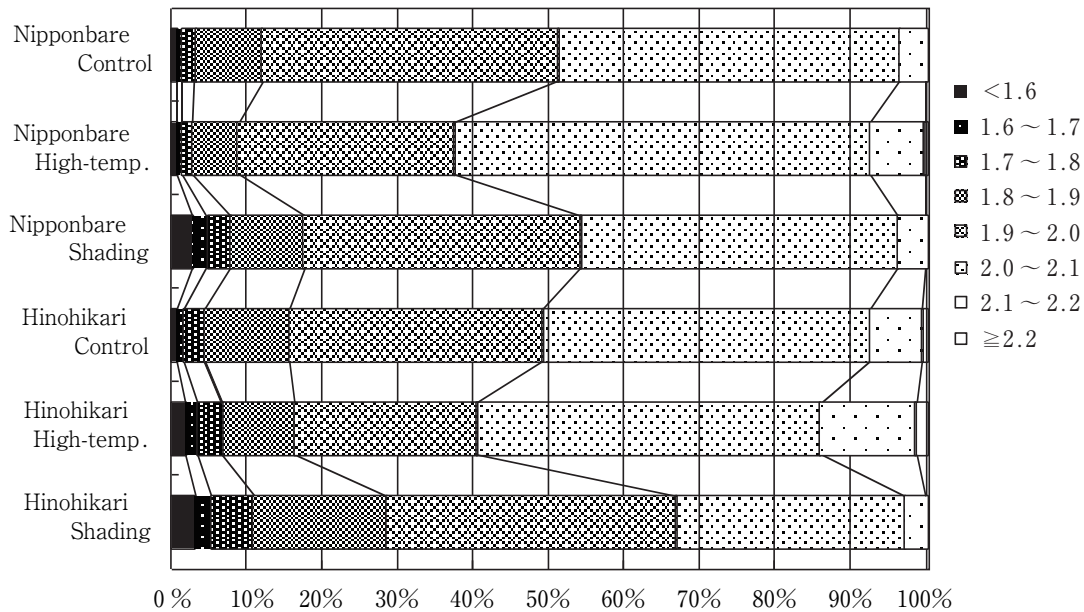


Fig. 3 Percentage distribution of grain weight at different thickness groups.

千粒重が小さくなる，すなわち玄米比重の低下することが推察された。

3. 玄米外観品質

粒厚別外観品質評価をみると (Fig. 4)，整粒割合は日本晴対照区78%，高温区58%，遮光区67%，ヒノヒカリ対照区69%，高温区46%，遮光区56%と日本晴に比べヒノヒカリで小さく，対照区 > 遮光区 > 高温区の順に小さくなった。両品種ともに粒厚が小さくなるほど整粒の割合が低下して，特に2.0 mm以上では胴割粒，それ以下では白未熟粒・その他未熟粒・死米の割合が大きくなった。日本晴では1.7~1.8 mm，~1.7 mmで死米・その他の割合が高く，ヒノヒカリでは1.7~1.8 mm，1.8~1.9 mmで白未熟粒・その他未熟粒の割合が高くなった。これらの傾向は遮光区で顕著となり日本晴では1.7~1.8 mm，~1.7 mmで死米の割合が大きくなり，ヒノヒカリでは1.7~1.8 mm，1.8~1.9 mmで白未熟粒・その他未熟粒の割合が高くなった。高温区では1.8 mm以上の粒厚で白未熟粒・その他未熟粒の割合が増加し，対照区に比べ高い粒厚でも未熟粒の割合の増加程度が大きく，その程度はヒノヒカリで著しかった。

4. 炊飯米食味評価

炊飯米の炊飯食味計での評価 (Fig. 5) では，食味値は日本晴に比べてヒノヒカリで高くなった。対照区に比べて高温区，遮光区では，外観に劣り，硬さが高く，粘りが低く，バランス度が低く，食味値が低くなり，その傾向はヒノヒカリに比べて日本晴で顕著であった。

炊飯米の炊飯食味計での粒厚別評価 (Fig. 6) では，両品種ともに粒厚が小さくなるほど整粒の割合が低下 (白未熟粒の割合が増加) して，外観に劣り，硬さが高く，

粘りが低く，バランス度が低く，食味値が低くなる傾向が認められた。その傾向はヒノヒカリに比べて日本晴で顕著で，対照区，遮光区に比べて高温区で著しくなった。

5. 炊飯米食味評価と玄米外観品質との関係

炊飯米の品質評価と玄米外観品質の単相関 (Table 3) については，両品種とも食味値に対し1%水準で正の相関となるのは，炊飯食味計では外観，粘り，バランス度，硬さ粘り計ではバランス，穀粒判別器では整粒混入率となった。負の相関となるのは，炊飯食味計では硬さ，硬さ粘り計では硬さ，穀粒判別器では白未熟，死米，その他混入率となった。両品種ともに整粒歩合と食味値の間には正の相関関係が認められ，これは白未熟及び死米混入率と食味値に負の直線関係があることに起因すると考えられた。

考 察

現在，地球規模の気温の上昇が避けられない事態となっている²⁾。気温上昇によって，乳白米等の被害粒が発生し，日照不足によっても白未熟粒が発生し，それにより玄米外観品質の低下や食味レベルの低下が発生する^{9,10,12,14,16)}。本報告では，粒厚選別における節目の設定と品質との関係を明確にすることを目的とした。

収量調査においては，最も多収であったのは両品種とも対照区で，それに次いで高温区，遮光区の順となり，遮光区では登熟歩合の低下，高温区では登熟歩合と千粒重の低下が影響した (Table 1)。粒厚別重量割合においては，遮光区では対照区に比べ玄米の肥大が劣り，粒厚がより薄くなる傾向がみられたのに対して，高温区では粒厚が厚くなるにも関わらず (Table 2)，千粒重が小さ

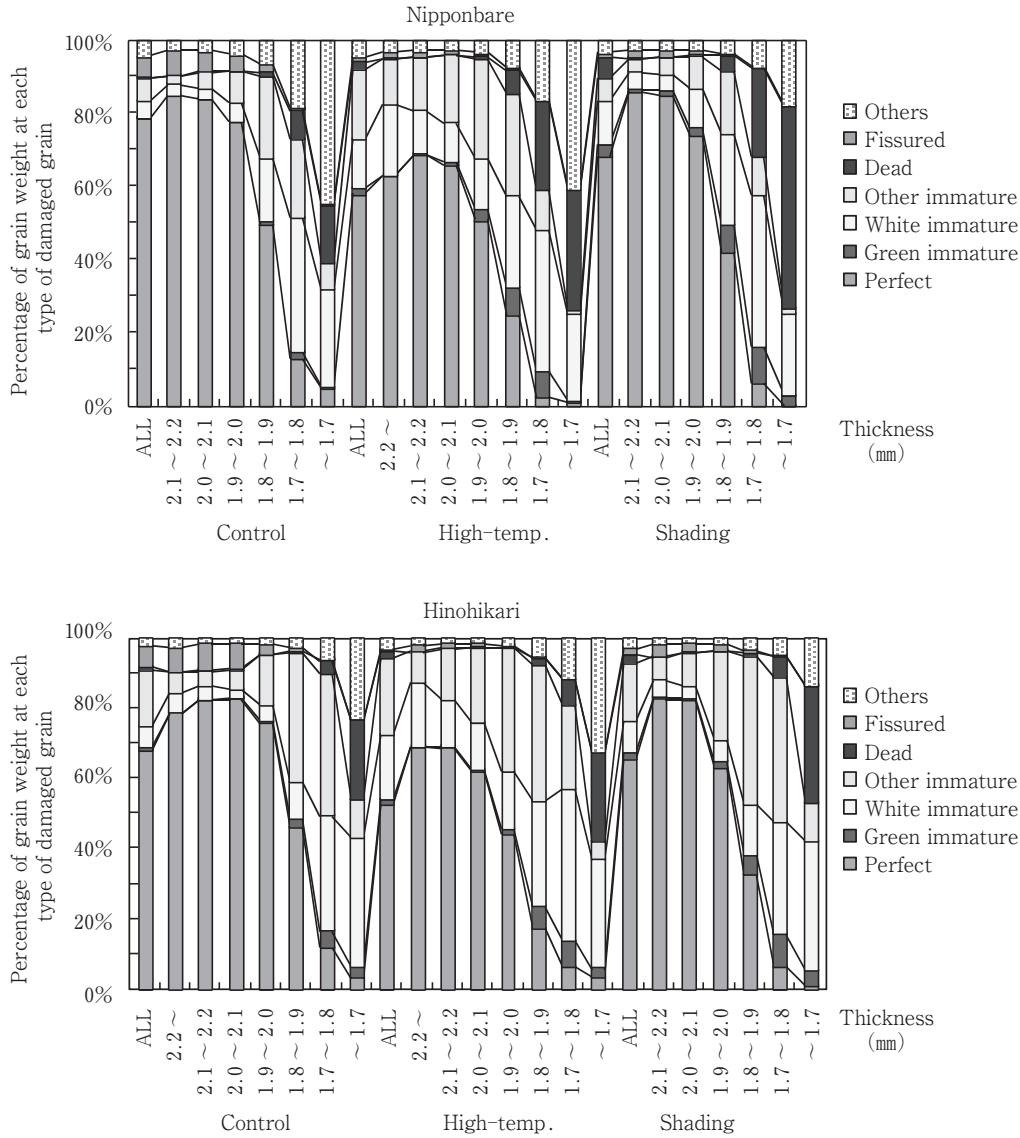


Fig. 4 Effect of thickness and appearance quality of brown rice growing under high-temperature and shading treatments.

くなる，すなわち未熟粒の増加による玄米比重の低下が推察された。ファイトトロンを用いて出穂後気温30℃で登熟させたヒノヒカリの玄米は粒厚2.0 mm, 2.1 mm以上の割合が多くなることが認められており¹⁾，高温は粒厚を大きくすることが確認された。今後は玄米比重に及ぼす影響を検討したい。

粒厚別の玄米外観品質は，2 mm以下粒厚の小さいほど乳白粒の割合が大きくなること¹⁶⁾，1.8 mm以下の玄米では乳白・充実不良により検査等級が著しく劣ること⁸⁾，低温寡照年には1.9-1.8 mmの玄米割合が高まり，死米・未熟粒割合が増加すること⁶⁾が認められている。本研究においても，日本晴・ヒノヒカリともに対照区では1.9 mm以下になると白未熟粒の割合が急速に増加して，玄米外観品質は著しく低下した (Fig. 4)。

対照区に比べ高温区の玄米は粒厚の厚い側により多く分布するようになり，いずれの粒厚においても白未熟，その他未熟粒が多くなり，外観品質の著しい低下がみられた (Fig. 4)。同様に，高温条件は登熟前半では乳白粒割合，登熟後半では基白粒割合が大きくなり，外観品質が著しく低下すること^{14,16)}が認められている。

また，遮光条件で登熟すると，高温年には乳白，基白，腹白粒の発生が著しくなり品質が低下すること³⁾，登熟中期以降の遮光処理により玄米外観品質・検査等級ともに劣り食味が低下すること⁷⁾，穂揃い期以降の遮光は心白粒，腹白粒の発生を増加させること^{5,11)}が報告されている。本研究における遮光処理を行った玄米は，対照区に比べ粒厚の薄い側により多く分布するようになり，1.9 mm以下では未熟粒や特に死米の割合が著しく増加して，

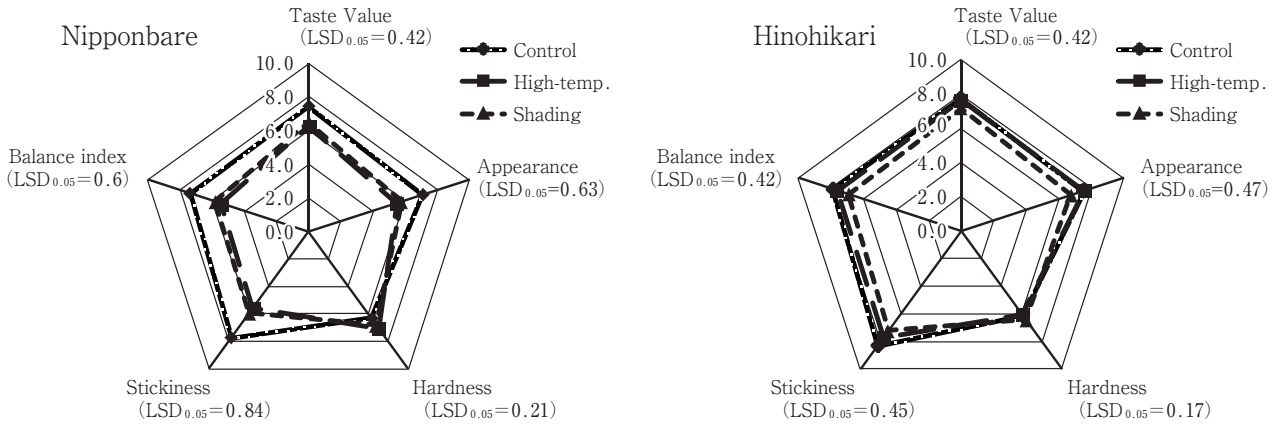


Fig. 5 Palatability value of cooked rice growing under high-temperature and shading treatments.
 Each value is the mean of six replication measured by Taste Analyzer.
 Palatability values are expressed by the relative value.

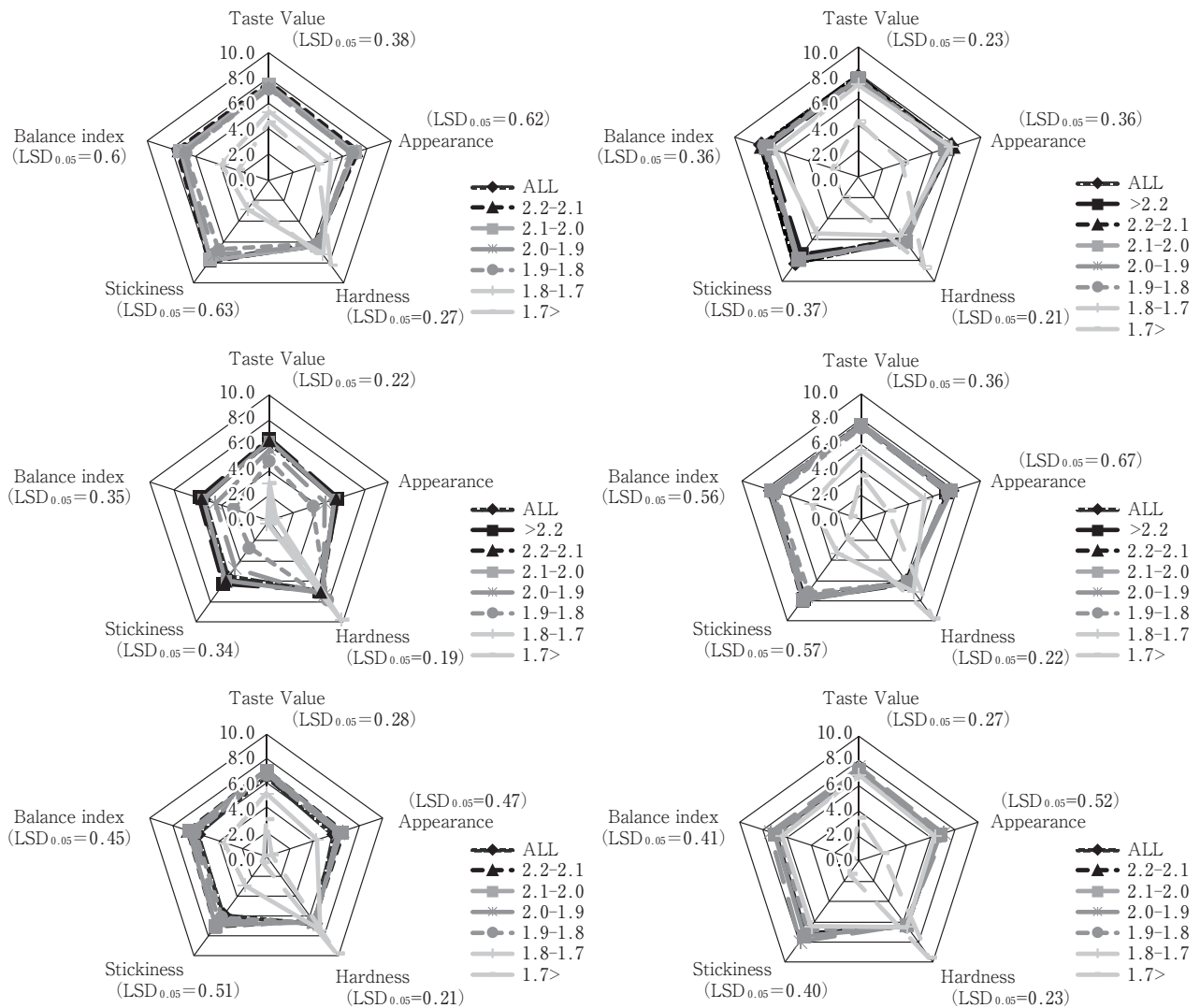


Fig. 6 Palatability value of cooked rice at each grain thickness group.
 Each value is the mean of six replication measured by Taste Analyzer. Palatability values are expressed by the relative value.

Table 3 Simple correlation coefficients between palatability values of cooked rice and appearance quality of brown rice in Nipponbare (upper) and Hinohikari (lower)

Nipponbare items	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)	m)	n)	o)	p)	
a) Taste value	—	0.99	-0.98	0.99	1.00	-0.78	0.33	0.76	0.47	0.91	-0.40	-0.73	0.02	-0.86	0.68	-0.72	
b) Appearance	**	—	-0.99	0.95	0.98	-0.83	0.28	0.75	0.49	0.84	-0.35	-0.64	0.08	-0.87	0.63	-0.67	
c) Hardness	-**	-**	—	-0.94	-0.98	0.84	-0.30	-0.77	-0.49	-0.83	0.30	0.61	-0.14	0.87	-0.60	0.70	
d) Stickiness	**	**	-**	—	0.99	-0.72	0.35	0.75	0.46	0.95	-0.44	-0.80	-0.04	-0.84	0.70	-0.74	
e) Balance index	**	**	-**	**	—	-0.78	0.33	0.76	0.47	0.91	-0.40	-0.73	0.02	-0.86	0.68	-0.72	
f) Hardness (Kgf)	-**	-**	**	-**	-**	—	-0.01	-0.61	-0.45	-0.55	0.13	0.40	-0.16	0.73	-0.40	0.36	
g) Stickiness(Kgf)							—	0.78	0.11	0.41	-0.24	-0.27	0.17	-0.47	0.11	-0.36	
h) Balance index	**	**	-**	**	**	-**	**	—	0.40	0.70	-0.26	-0.50	0.21	-0.80	0.36	-0.57	
i) Elasticity	*	*	-*	*	*	-*			—	0.31	0.11	-0.18	0.46	-0.48	0.16	-0.46	
j) Perfect	**	**	-**	**	**	-**		**		—	-0.52	-0.90	-0.14	-0.79	0.68	-0.74	
k) Green immature				-*							-*	—	0.69	0.33	0.31	-0.53	-0.05
l) White immature	-**	-**	**	-**	-**			-*		-**	**	—	0.29	0.57	-0.69	0.49	
m) Other immature									*				—	-0.33	-0.33	-0.23	
n) Dead	-**	-**	**	-**	-**	**	-*	-**	-*	-**		**		—	-0.47	0.61	
o) Fissured	**	**	-**	**	**					**	-*	-**		-*	—	-0.38	
p) Others	-**	-**	**	-**	-**			-**	-*	-**		*		**		—	

Hinohikari items	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)	m)	n)	o)	p)	
a) Taste value	—	0.99	-0.97	0.98	1.00	-0.65	0.10	0.72	0.54	0.72	-0.39	-0.70	0.22	-0.97	0.44	-0.91	
b) Appearance	**	—	-0.99	0.94	0.99	-0.64	0.14	0.74	0.53	0.66	-0.34	-0.63	0.27	-0.97	0.40	-0.88	
c) Hardness	-**	-**	—	-0.90	-0.97	0.65	-0.13	-0.74	-0.53	-0.61	0.25	0.57	-0.32	0.96	-0.38	0.88	
d) Stickiness	**	**	-**	—	0.98	-0.63	0.07	0.67	0.53	0.79	-0.48	-0.80	0.12	-0.94	0.48	-0.89	
e) Balance index	**	**	-**	**	—	-0.65	0.10	0.72	0.54	0.72	-0.38	-0.70	0.22	-0.97	0.44	-0.91	
f) Hardness (Kgf)	-**	-**	**	-**	-**	—	0.52	-0.51	-0.47	-0.45	0.23	0.59	-0.28	0.64	-0.36	0.54	
g) Stickiness(Kgf)							*	—	0.46	0.07	-0.06	0.11	0.26	0.07	-0.13	-0.30	-0.07
h) Balance index	**	**	-**	**	**	-*	*	—	0.55	0.38	-0.13	-0.33	0.33	-0.74	0.04	-0.60	
i) Elasticity	**	**	-**	**	**	-*		**	—	0.18	-0.05	-0.24	0.54	-0.53	-0.18	-0.51	
j) Perfect	**	**	-**	**	**	-*				—	-0.84	-0.94	-0.47	-0.71	0.75	-0.71	
k) Green immature				-*							-**	—	0.78	0.67	0.35	-0.62	0.34
l) White immature	-**	-**	**	-**	-**	**				-**	**	—	0.33	0.68	-0.73	0.67	
m) Other immature								**	-*	**			—	-0.21	-0.57	-0.18	
n) Dead	-**	-**	**	-**	-**	**		-**	-**	-**		**		—	-0.42	0.86	
o) Fissured	*			*	*					**	-**	-**	-**	-*	—	-0.43	
p) Others	-**	-**	**	-**	-**	**		-**	-*	-**		**		**	-*	—	

Upper triangle : correlation coefficients. Lower triangle : significance level (* : 5%, **: 1%).

外観品質は著しく低下した (Fig. 4).

炊飯食味計で調査した食味は日本晴に比べヒノヒカリで、食味値・外観・硬さ・粘り・バランスでやや優り、高温区、遮光区ともに対照区に比べ劣る傾向がみられたが、その程度はヒノヒカリに比べ日本晴で著しかった (Fig. 5)。すなわち、日照不足や高温条件では両品種ともに外観品質の低下が著しいものの、食味の低下程度はヒノヒカリで小さいことが判った。両品種ともに粒厚が1.8 mm以下に低下すると顕著に食味が低下したことから、1.8 mmまたは1.85 mm目での粒厚選別は検査等級、食味を高める上で有効な篩目であると推察された。対照区

に比べ遮光区、高温区になるほど1.8 mm以下の食味値の低下が著しく、その程度は日本晴に比べヒノヒカリで小さかったことから (Fig. 6)、ヒノヒカリの食味の安定性には粒厚の低下に伴う食味の低下程度が小さいことが関係すると推察された。

以上より、粒厚が小さくなるほど、穀粒判別器による整粒歩合の低下 (Fig. 4)、炊飯食味計による食味値低下が明らかになったが、この程度は対照区よりも遮光区、さらに高温区でより顕著となった (Fig. 6)。すなわち、遮光や高温により粒厚が小さくなるほど食味値が低下することは、白未熟粒及び死米の混入率がより大きくなる

ことに起因していた。さらに粒厚選別機を用いて、節目を調節することにより、玄米外観品質すなわち検査等級、ならびに食味を向上させ、積極的な品質管理を行うことの可能性が示唆された。今後は、遮光処理や高温処理による水稲玄米の食味低下を、粒厚別の食味官能試験から明らかにしたい。

引用文献

- 1) Funaba M., Y. Ishibashi, Y. Ishibashi, A.H. Molla, K. Iwanami and M. Iwaya-Inoue : Influence of low/high temperature on water status in developing and maturing rice grains. *Plant Prod. Sci.*, **9**, 347-354 (2006)
- 2) 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.kisyuu.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wgl.pdf (2011/10/3 閲覧)
- 3) 小谷俊之・松村洋一・黒田 晃 : 出穂前後の遮光処理が水稲品種「ゆめみづほ」の収量および品質に及ぼす影響. *石川農研報*, **27**, 1-9 (2006)
- 4) 金 漢龍・堀江武・中川博視・和田晋征 : 高CO₂濃度環境が水稲の生育・収量に及ぼす影響 第2報 収量および収量構成要素について. *日作紀*, **65**, 644-651 (1996)
- 5) 今野 周・今田孝弘・中山芳明・宮野 齊・三浦 浩・高取寛・早坂 剛 : 登熟期の環境要因及び生育条件が水稲の登熟、収量及び品質に及ぼす影響. *山形農試研報*, **25**, 7-22 (1991)
- 6) 黒田 晃・松本範裕 : 米の粒厚と外観品質が食味関連特性に及ぼす影響. *北陸作物学会報*, **31**, 11-12 (1996)
- 7) 松江勇次・古野久美・吉田智彦 : 北部九州産米の食味に関する研究 第3報 登熟中期以降の遮光処理が米の食味および理化学的特性におよぼす影響. *日作紀*, **61**, 218-222 (1992)
- 8) Matue Y., H. Sato and Y. Uchimura : The palatability and physicochemical properties of milled rice for each grain-thickness group. *Plant Prod. Sci.*, **4**, 71-76 (2001)
- 9) 大江和泉・松江勇次・齊藤邦行・黒田俊郎 : 気温上昇が水稲の玄米外観品質、食味と理化学的特性におよぼす影響. *岡山大農学報*, **96**, 13-18 (2007)
- 10) 大江和泉・小林恭子・齊藤邦行・黒田俊郎 : 気温上昇が水稲品種の玄米外観品質、食味におよぼす影響. *岡山大農学報*, **97**, 33-39 (2008)
- 11) 斎藤満保 : 登熟期の遮光程度が水稲の収量と玄米品質に及ぼす影響. *日作東北支報*, **30**, 48-49 (1987)
- 12) 平 俊雄 : 1993年の低温と1994年の高温が福島県の水稲品種の食味と理化学特性に与えた影響. *日作紀*, **67**, 26-29 (1998)
- 13) 森田 敏・白戸宏之・高梨純一・藤田耕之輔 : 高温が水稲の登熟におよぼす影響. *日作紀*, **73**, 77-83 (2004)
- 14) 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)
- 15) 若松謙一・田中明男・上蘭一郎・佐々木修 : 水稲の暖地早期栽培における登熟期間の遮光処理が収量、品質、食味に及ぼす影響. *日作九州支報*, **72**, 19-21 (2006)
- 16) 若松謙一・佐々木修・上蘭一郎・田中明男 : 暖地水稲の登熟期間の高温が玄米外観品質に及ぼす影響. *日作紀*, **76** : 71-78 (2007)