

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

大江 和泉^{a)}・小林 恭子・齊藤 邦行^{a)}・黒田 俊郎^{a)}

(応用植物科学コース)

Effects of Rising Temperature on Grain Quality and Palatability of Rice Cultivars

Izumi Oh-e^{a)}, Yasuko Kobayashi, Kuniyuki Saitoh^{a)}
and Toshiro Kuroda^{a)}

(Course of Applied Plant Science)

The effects of high temperatures on grain quality and palatability of cooked rice of four rice cultivars were examined in a temperature gradient chamber (TGC). Experimental plots going from TG1 (near the air intake side) to TG3 (near the air exhaust side) along the temperature gradient in TGC, corresponding to low and high temperature, and an open field plot (outside of TGC) were arranged. The mean and maximum air-temperatures in TG3 were 3.6°C and 7.2°C higher, respectively, than those in TG1. Brown rice yield per m² in the outside was the highest, and those in the TGC plots were lower than outside in all cultivars. This yield decline was due to the decrease in the percentage of ripened spikelets. The increase in the percentage of sterile spikelets due to high temperatures in Nikomaru and Akimasari was larger than that in Hinohikari and Akebono. The yield difference among TGC plots was not significant. High temperature increased the white berry grains and white back grains in Hinohikari and Akebono, respectively. The overall eating quality (+3 to -3) in the outside was in the order of Nikomaru (0.56) > Akimasari (0.50) > Hinohikari (0.00) > Akebono (-0.06). The overall eating quality in TG3 was lower than outside, especially in the quality of appearance. However, the decreasing degrees of appearance quality in Nikomaru and Akimasari were smaller than those in Hinohikari and Akebono. The protein content of milled rice in TG3 (6.0-7.8%) was higher than that in the outside (8.6-10.4%) in all cultivars. The increase in protein content by higher temperature was in the order of Akebono (4.4%) > Hinohikari (1.9%) = Akimasari (1.9%) = Nikomaru (0.8%). In terms of grain quality, the cultivation of new cultivars, Nikomaru and Akimasari are recommended when air temperature exceeds normal years. However, yield reductions in Nikomaru and Akimasari caused by high temperatures were larger than those in the conventional cultivars, Hinohikari and Akebono.

Key words : Grain quality, High temperature, Palatability, Rice (*Oryza sativa* L.)

緒 言

岡山県平野部の主要水稲品種は，中生のヒノヒカリ，晩生のアケボノである¹⁾．近年，夏期の高温障害が原因とされる乳白米，腹白米などのいわゆる白未熟粒の発生による玄米外観品質の低下が顕著となっており^{1,2)}，その回避技術やより高品質，良食味品種の選択など，さまざまな対策が検討されている³⁻⁷⁾．

このような背景のもと，1996年に九州地方において多収，良食味の観点から「にこまる」，「あきまさり」が育成された．にこまるはヒノヒカリと同等の熟期で極良食味であることに加えて，玄米外観品質が優れ，高温下における白未熟粒の発生が少ない品種である⁸⁾．一方あきまさは，アケボノと同等の熟期で，ヒノヒカリ並みの食味を有する品種である⁹⁾．すなわち，これら2品種をヒノヒカリ，アケボノに替わる品種として導入すること

により，より良食味で高品質米の生産が可能であると考えられる．

著者らは，水田および畑圃場に温度勾配チャンバー（TGC）を設置し，温暖化による気温上昇を想定した作物（水稲，ダイズ，冬コムギ）の生産性を評価してきた¹⁰⁻¹²⁾．水稲（品種：日本晴）では，気温上昇によって不稔粒の増加することで減収となること，白未熟粒の発生によって玄米外観品質が低下することを報告した¹⁰⁾．また，気温上昇下での米飯の食味についても検討したが¹³⁾，その品種間差については検討を行っていない．

本研究では，水田内に設置した TGC を用いて，移植

Received October 1, 2007

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)

から収穫に至る生育期間全体の気温上昇が、水稻 4 品種の収量、玄米外観品質、米飯の食味におよぼす影響の品種間差異を検討した。

材料と方法

1. 温度勾配チャンバー (Temperature Gradient Chamber; TGC)

2006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に設置された TGC 内で栽培実験を行った。TGC は、本馬・荒川¹⁴⁾、Horie ら¹⁵⁾、三原¹⁶⁾を参考として、長さ30m、幅2.1m、高さ2.1mで東西方向に設置され、放射の透過性に優れたフィルム (スカイリーダー-80 E, 東レ製, 全光線透過率93%) で被覆した。また、チャンバーの間口は片側は開口し、反対側は閉口しており、開口部には直径 3 cm 孔を約200個開けた。通気は閉口部に設置した風力 4,320 m³ h⁻¹ の換気ファン (EF-40DTB₁, 三菱製) により行い、TGC の長軸方向に温度勾配を生じさせた。

2. 試験区の設定と栽培方法

試験区はチャンバー内に生じた温度勾配に沿って、開口部から TG 1, TG 2, TG 3 を配置し、TGC 外の同一水田内に野外区を設けた。試験には、岡山県の主要品種であるヒノヒカリ、アケボノに加えて、ヒノヒカリ、アケボノと同等の熟期であるにこまる、あきまさりの合計 4 品種を供試した。慣行に従ってポット育苗した成苗を、6月16日に 1 株 3 本で TGC 内は手植え、野外区は機械移植した。施肥は基肥のみとし、緩効性肥料 LP 複合 100 D-80 (N : P₂O₅ : K₂O = 14 : 14 : 14) を用いて、窒素成分で 10 a 当たり 8 kg を施用した。雑草、病虫害の防除は、慣行に従った。

3. 気 温

野外と TGC 内の気温は、Thermo Recorder おんどとり (TR-71 S, T AND D 製) を用いて測定した。温度センサーを開口部より約 4 m 間隔で地上より 1.7 m に設置し、移植後から収穫までの全期間にわたり、15 分毎に記録した。

4. 生育収量

移植後約 7 日毎に各区連続する 3 個体の草丈を測定した。収穫期に、各試験区 15 株 (5 株 3 反復) を地際から刈り取り、約 2 週間室内で乾燥させた後、収量と収量構成要素を調査した。なお、精玄米は粒厚 1.8 mm 以上のものとし、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 14.5% に換算して求めた。また、生育調査株を対象として、1 株につき穂長の上位 3 本 (9 本 3 反復) を対象として、触診により不稔粒・早期発育停止粒・稔実粒を計数し、不稔率を求めた。

5. 玄米外観品質

収量調査で供試した精玄米を、各試験区・反復ごとに均分器を用いて約 2 g を 3 反復抽出し、玄米の外観品質

調査に供試した。判定は目視によって行い、良質粒 (整粒)、乳白粒、心白粒、基部未熟粒 (基白)、腹部未熟粒 (腹白)、背部未熟粒 (背白)、青未熟粒 (青米)、その他 (死米等) の 8 段階に分類し、整粒、その他以外の判定を未熟粒とした。

6. 食味官能試験

各品種の野外区と TG 3 を対象として食味官能試験を行った。供試玄米は、収穫期に刈り取った玄米の水分を 14~15% に調整し、歩留まり 91% で搗精した (山本タテ型試験用精米機 VP-31 T, 山本製作所製)。炊飯は食味試験の炊飯方法に準拠した¹⁷⁾。試験は、パネル構成員 16 名で実施し、基準米 (ヒノヒカリ野外区) と比較して総合評価、外観、味、香りを -3 (かなり不良) ~ +3 (かなり良)、粘りを -3 (かなり弱い) ~ +3 (かなり強い)、硬さを -3 (かなり柔らかい) ~ +3 (かなり硬い) の 7 段階で評価した。また、CN コーダ (MT-700, ヤナコ分析工業製) を用いて精白米のタンパク質含有率を測定した。

結 果

1. 気 温

移植から収穫までの生育期間全体の気温は、野外区で平年よりも平均・最高気温でそれぞれ 1.3℃, 2.1℃ 高くなった (Table 1)。最低気温は、夜温を制御していないため同等の値となった。野外区と TG 1 の差は平均気温で 0.8℃, 最高気温で 1.7℃ となった。TGC 内の気温は、開口部の TG 1 から閉口部の TG 3 に向かって温度勾配が生じ、各区の平均・最高気温は TG 3 > TG 2 > TG 1 の順となった。高温区 TG 3 では、TG 1 に比べて平均・最高気温でそれぞれ 3.6℃, 7.2℃ 上昇した。

2. 生育収量

収穫期における各品種の野外区の草丈は、98.8~110.9 cm の範囲で変動し、あきまさりが最も高くなった (Table 2)。区間で比較すると、いずれの品種とも野外区に比べて TG 1 ~ TG 3 の TGC 内で高く、アケボノ、ヒノヒカリ、あきまさり、にこまるでそれぞれ最大 31.6, 26.5, 20.2, 21.5 cm の伸長が認められた。しかし、TGC 内における試験区間の相違は小さかった。

Table 1 The mean, maximum and minimum air temperatures during whole growth season

	Normal Year*	Outside	TG1	TG2	TG3	TG3-TG1
Mean	24.2	25.5	26.3	28.6	30.0	3.6
Maximum	28.4	30.5	32.2	36.6	39.4	7.2
Minimum	20.6	20.5	20.5	20.6	20.6	0.1

Whole growth season was from transplanting to maturity (134 days after transplanting).

* Average of last decade.

各品種の野外区の㎡当り穂数は、アケボノ (380.0本) > ヒノヒカリ (332.9本) > あきまさり (257.2本) > にこまる (169.0本) の順となり、アケボノが最も多くなった。区間で比較すると、アケボノでは野外区 (380.0本) に比べて TG 1 ~ TG 3 で少くなり、TGC 内の試験区間の相違は小さかった。ヒノヒカリにおいても、アケボノと同様の傾向がみられた。あきまさりでは、アケボノ、ヒノヒカリと同様に野外区 (257.2本) に比べて TGC 内で減少する傾向にあったが、TG 2 (105.1本) では個体間の変動が大きかったため、他の区に比べて著しい減少がみられた。にこまるでは、TG 2 (260.5本) > TG 3 (232.4本) > TG 1 (182.0本) > 野外区 (169.0本) の順となり、野外区に比べて TGC 内の試験区で増加する傾向にあった。野外区の1穂粒数は、にこまる (143.7粒) > あきまさり (127.0粒) > アケボノ (91.8粒) > ヒノヒカリ (87.0粒) の順となった。区間で比較すると、にこまるを除いては野外区に比べて TG 1 ~ TG 3 で多くなった。にこまるでは、野外区 (143.7粒) に比べて TG 1 ~ TG 3 で有意に少くなった。㎡当り総粒数は、野外区に比べて TGC 内では、アケボノとヒノヒカリで増加、あきまさりとにこまるでは減少する傾向にあった。各品種の野外区の登熟歩合は85.3~71.1%の範囲で変動し、あきまさりが最も低くなった。区間で比較すると、アケボノ

では野外区 (83.6%) > TG 3 (74.4%) > TG 2 (72.7%) > TG 1 (58.4%) の順となり、野外区に比べて TGC 内の試験区で低くなった。他の3品種でも野外区に比べて TGC 内で登熟歩合は低くなり、ヒノヒカリ TG 3、あきまさり TG 1、にこまる TG 2 で最小値をとり、品種によりその傾向は異なった。千粒重も登熟歩合と同様に、いずれの品種でも野外区に比べて TGC 内の試験区で低下した。TGC 内での千粒重の変動は、アケボノを除いては TG 1 に比べて TG 3 で低下する傾向にあった。㎡当り精玄米収量は、登熟歩合や千粒重と同様に野外区で最も高く、TGC 内の試験区で低下した。TGC 内における精玄米収量の最大値は、アケボノ、ヒノヒカリ、あきまさり、にこまるでそれぞれ TG 2 (558.3 g), TG 1 (510.2 g), TG 1 (379.5 g), TG 2 (432.8 g) で、これらよりも気温の高い試験区では低下がみられた。

野外区の不稔率は4.1~9.2%の範囲内で変動し、あきまさりで最も高くなった。TGC 内の試験区間で比較すると、ヒノヒカリでは TG 1 (9.6%) に比べて TG 3 (13.6%) で上昇がみられた。この傾向はいずれの品種でも認められ、特ににこまる TG 3 (20.0%) で著しく上昇した。また、あきまさりの不稔率は、野外区で9.2%、TGC 内の試験区では10.9% (TG 2) 以上と、他の品種に比べて高い傾向にあった。

Table 2 Plant length, yield, yield component and percentage of sterile spikelets at maturity

Cultivar	Plot	Plant length (cm)	No. of panicles (m ⁻²)	No. of spikelets/panicle	No. of spikelets (m ⁻²)	Percentage of ripened spikelets	1000-grain weight (g)	Brown rice yield (g m ⁻²)	Percentage of sterile spikelets
Hinohikari	Outside	98.8	332.9	87.0	29.3	81.3	25.5	601.1	5.5
	TG1	125.3	285.6	119.5	34.1	72.2	20.7	510.2	6.9
	TG2	124.1	254.6	119.4	30.4	70.0	20.8	442.8	8.2
	TG3	125.1	269.4	112.7	30.3	69.7	20.3	428.6	12.3
	LSD _{0.05}	6.7	40.3	4.8	2.1	4.6	0.4	51.8	3.4
Akebono	Outside	109.0	380.0	91.8	28.3	83.6	23.8	562.8	4.1
	TG1	137.6	281.2	116.3	32.6	58.4	21.2	403.3	9.6
	TG2	140.6	275.3	126.9	35.0	72.7	22.0	558.3	7.4
	TG3	139.9	278.2	114.3	31.8	74.4	21.8	515.6	13.6
	LSD _{0.05}	6.5	30.9	5.9	1.9	4.4	0.3	40.8	3.1
Nikomaru	Outside	106.3	169.0	143.7	27.3	85.3	26.5	549.7	4.4
	TG1	125.6	182.0	129.3	23.5	66.4	21.3	332.4	4.9
	TG2	127.8	260.5	115.3	30.0	66.2	20.9	432.8	15.3
	TG3	126.7	232.4	120.5	28.1	60.4	19.9	337.9	20.0
	LSD _{0.05}	12.2	43.6	10.4	2.6	5.1	0.5	60.4	7.5
Akimasari	Outside	110.9	257.2	127.0	37.1	71.1	25.8	599.6	9.2
	TG1	131.1	253.1	141.3	35.7	50.4	21.1	379.5	14.2
	TG2	128.9	105.1	156.0	15.8	61.6	21.2	207.5	10.9
	TG3	130.0	219.0	131.3	28.7	60.9	20.6	361.9	19.7
	LSD _{0.05}	11.3	62.6	9.6	3.6	6.2	0.4	60.6	5.7

3. 玄米外観品質

各品種の野外区の整粒歩合は、にこまる (79.8%) > あきまさり (66.8%) > ヒノヒカリ (64.3%) > アケボノ (56.6%) の順となり、あきまさり TG 1 (69.8%) を除いては、TGC 内に比べて野外区で高い値を示した (Table 3)。区間で比較すると、アケボノでは野外区 (56.6%) > TG 1 (50.2%) > TG 2 (31.0%) > TG 3 (23.6%) の順となり、TG 3 では野外区に比べてさらに 33.0% の低下がみられた。ヒノヒカリでは、野外区 (64.3%) に比べて TG 1 ~ TG 3 の整粒歩合は 14.1 ~ 15.5% と著しく低下し、TG 2 (14.1%) では野外区に比べて 50.2% 低下した。あきまさりは TG 1 (69.8%) > 野外区 (66.8%) > TG 2 (47.0%) > TG 3 (31.9%) の順となり、TG 1 で若干増加したが、TG 3 では野外区に比べて 34.9% の低下が認められた。にこまるでは、野外 (79.8%) > TG 1 (74.2%) > TG 2 (67.4%) > TG 3 (67.2%) の順となり、野外区に比べて TGC の各区で整粒歩合は低下したが、他の品種に比べて変動は小さく、TG 3 では野外区に比べて 12.6% の低下にとどまった。

未熟粒の発生程度をみると、ヒノヒカリでは腹白粒が 19.9 ~ 22.9% を占め、TG 2 では背白粒、TG 3 では乳白粒、心白粒、背白粒の増加が顕著であった。ヒノヒカリ

の背白粒は、野外区 (19.0%) に比べて TGC 内で 56.5 ~ 65.6% と著しく増加した。また、基白粒も野外区 (0.4%) に比べて有意に増加した。あきまさり野外区では、乳白粒や心白粒のような白未熟粒の発生は少なかったものの、青米が 25.3% みられ、TG 1 においても同様に青米の発生が認められた。TG 2, TG 3 では、心白粒、背白粒の発生が顕著であった。にこまるでは、野外区に比べて TGC の各区で、心白粒、背白粒の発生が多くなったものの、その発生程度は心白粒で 3.3 ~ 7.6%、背白粒で 8.6 ~ 18.4% と小さかった。

4. 食味官能評価

ヒノヒカリ野外区を基準 (0.00) とした野外区の食味総合評価は、にこまる (0.56) > あきまさり (0.50) > ヒノヒカリ (0.00) > アケボノ (-0.06) の順となり、ヒノヒカリに比べてにこまる、あきまさりで優る結果となった (Table 4)。野外区の外観は、いずれの品種とも TG 3 に比べて高くなった。香りはアケボノ (0.00)、あきまさり (0.06) では、ヒノヒカリと同等であったが、にこまる (-0.38) でやや劣った。味、硬さは基準米と同等かやや高い傾向にあった。粘りは基準米に比べて、アケボノでは劣り、あきまさりとにこまるでは優る結果となった。TG 3 の総合評価は、にこまる (-0.13) > ヒノヒ

Table 3 Appearance quality of brown rice

Cultivar	Plot	Normal grain	Percentage of damaged grain (%)							Other*
			Milky white	White core	White based	White belly	White back	White side	Green rice	
Hinohikari	Outside	64.3	3.6	6.9	0.4	0.8	19.0	0.0	2.2	2.9
	TG1	15.5	4.2	8.8	3.7	0.9	60.2	0.0	6.1	0.6
	TG2	14.1	3.3	7.1	6.9	1.6	65.6	0.0	0.2	1.3
	TG3	15.3	5.1	11.7	6.4	1.7	56.5	0.0	1.5	1.7
	LSD _{0.05}	5.8	ns	ns	2.3	ns	8.4	ns	3.7	1.5
Akebono	Outside	56.6	0.7	4.6	0.4	22.9	5.0	0.0	9.7	0.0
	TG1	50.2	3.0	6.6	1.3	21.1	1.2	0.0	16.3	0.3
	TG2	31.0	1.0	9.5	0.2	21.2	17.8	0.0	18.2	1.1
	TG3	23.6	10.8	24.2	5.1	19.9	10.1	0.0	5.3	1.0
	LSD _{0.05}	7.9	2.0	4.4	1.8	ns	3.7	ns	8.1	ns
Nikomaru	Outside	79.8	1.9	3.3	0.0	3.8	8.6	0.0	0.3	2.2
	TG1	74.2	0.7	4.3	1.3	4.7	10.8	0.0	0.8	3.1
	TG2	67.6	1.4	7.6	1.2	2.6	16.2	0.0	0.5	2.9
	TG3	67.2	2.0	7.2	2.1	1.9	18.4	0.0	0.0	1.2
	LSD _{0.05}	9.2	1.0	3.2	1.5	ns	6.0	ns	ns	1.6
Akimasari	Outside	66.8	0.0	0.7	0.4	0.7	4.7	0.0	25.3	1.5
	TG1	69.8	0.0	3.4	0.0	2.6	5.9	0.0	17.8	0.6
	TG2	47.0	1.7	12.8	1.0	1.6	24.6	0.0	9.0	2.3
	TG3	31.9	3.4	21.5	2.3	1.1	29.2	0.0	9.4	1.1
	LSD _{0.05}	6.1	ns	3.7	ns	ns	3.2	ns	3.9	ns

*'Other' means opaque grain, rusty grain etc.

カリ (−0.75) > あきまさり (−1.00) > アケボノ (−1.25) の順となり、野外区に比べて著しい低下が認められた。この傾向は香りにおいてもみられ、外観、味も同様に、野外区に比べて TG 3 で低下したものの、にこまるではその低下程度は小さかった。粘り、硬さでは、ヒノヒカリを除く 3 品種で、野外区に比べて TG 3 で負の値を示し、粘りが弱く、柔らかくなる傾向を示した。ヒノヒカリでは逆に正の値を示し、粘りが強く、硬くなる傾向にあった。

精白米のタンパク質含有率は、あきまさり (7.8%) = にこまる (7.8%) ≥ ヒノヒカリ (7.7%) > アケボノ (6.0%) の順となった。区間で比較すると、いずれの品種とも野外区に比べて TG 3 で増加し、その増加程度はアケボノが 4.4% と最も高く、ヒノヒカリ、あきまさりで 1.9% となった。にこまるのタンパク質含有率の増加程度は他の品種よりも小さく、0.9% にとどまった。

考 察

精玄米収量は、いずれの品種とも TGC 内に比べ野外区が高く、TG 1 ~ TG 3 の変動は小さかった (Table 2)。TG 1 ~ TG 3 の減収には、登熟歩合の低下が関係していた。あきまさり、にこまるでは、アケボノ、ヒノヒカリに比べて、気温上昇に伴う不稔率の上昇が顕著であり、これら 2 品種では登熟歩合の低下に加えて、不稔率の上昇も減収の要因となった。

著者らは、本研究と同様の TGC 内で水稻品種日本晴を供試した実験を行い、高温区で穂数が減少する傾向のあることを指摘した¹⁰⁾。あきまさり、にこまるは、アケボノ、ヒノヒカリに比べて穂重型の品種であり、穂数型の品種に比べ高温による穂数減少の影響は小さいと考えられる。本実験におけるあきまさりの穂数は、極端に少なかった TG 2 を除くと、野外区と TG 1、TG 3 の区間差は小さかった。また、にこまるでは高温区で穂数の増

加がみられたため、本実験の範囲では、気温上昇による穂数の制限があきまさりとにこまるの減収要因となる可能性は小さいものと考えられた。

玄米外観品質をみると、アケボノでは腹白粒、ヒノヒカリでは背白粒が多くなり、整粒歩合は低下した (Table 3)。アケボノ、ヒノヒカリは、比較的白未熟粒の発生が多いとするこれまでの報告とほぼ一致した^{1,2,18)}。あきまさりの野外区と TG 1 では、青米が多く発生したため整粒歩合が低下した。青米の発生は、早期刈り取りの際に多くなることから¹⁹⁾、野外区と TG 1 では、刈り取り時期が若干早かったことによるものと考えられた。また、TG 2、TG 3 では、背白粒の発生が多くなったことから、あきまさりの白未熟粒発生については、今後成熟期を適確に判断して収穫を行う必要があると考えられた。にこまるでは、背白粒が 8.6 ~ 18.4% の範囲で変動し、整粒歩合低下の主要因となった。しかし、TG 3 の整粒歩合は 67.2% と他の 3 品種に比べて、気温上昇による整粒歩合の低下が小さく、これまでの報告と同様に品質面での高温耐性品種であることが確認された⁸⁾。

野外区の食味総合評価は、アケボノ、ヒノヒカリに比べて、あきまさり、にこまるで優れる結果となった (Table 4)。これは外観、粘りが優ったことに起因していた。気温上昇による影響をみると、いずれの品種とも、野外区に比べて TG 3 で総合評価が低くなり、これには特に外観の著しい低下が関係すると考えられた。しかし、その低下程度はアケボノ、ヒノヒカリに比べて、あきまさり、にこまるでやや小さい傾向にあった。米飯の外観は、玄米外観品質と密接な関係が認められているため^{13,20)}、気温上昇による外観品質の低下程度が大きかったアケボノ、ヒノヒカリでは、米飯の外観に起因する総合評価が著しく低下したものと考えられた。

各品種の精白米のタンパク質含有率は、野外区、TG 3 でそれぞれ 6.0 ~ 7.8%、8.6 ~ 10.4% の範囲で変動し、気

Table 4 Palatability values and protein content of rice

Cultivar	Plot	Overall eating quality	Appearance	Flavor	Taste	Stickiness	Hardness	Protein content (%)
Hinohikari	Outside	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	7.7
	TG3	−0.75b	−1.50b	−0.38a	−0.44b	0.56ab	0.19a	9.6
Akebono	Outside	−0.06a	1.38a	0.00a	0.06ab	−0.13b	0.19a	6.0
	TG3	−1.25bc	−1.88b	−0.69a	−0.56b	−0.94b	−0.25a	10.4
Nikomaru	Outside	0.56a	1.63a	−0.38a	0.63a	1.06a	0.06a	7.8
	TG3	−0.13ab	1.13a	−0.81b	−0.06ab	−0.50b	−1.00b	8.6
Akimasari	Outside	0.50a	1.69a	0.06a	0.13ab	0.56ab	0.38a	7.8
	TG3	−1.00b	−1.50b	−0.44a	−0.44ab	−0.88b	−0.50a	9.7

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

Cultivar, Hinohikari outside was used as the standard for palatability.

温上昇によって高くなる傾向にあった。タンパク質含有率の増加は、食味を低下させることから²¹⁻²³⁾、食味総合評価とタンパク質含有率の関係を検討すると、両者の間には負の相関関係 ($r = 0.770^*$) が認められた。前重 (1981) は²²⁾、気温上昇によってタンパク質含有率が増加することを報告しており、本研究においてもタンパク質含有率の上昇が米飯の食味を低下させた要因であると考えられた。品種別に気温上昇によるタンパク質含有率の上昇程度をみると、アケボノ (4.4%) > ヒノヒカリ (1.9%) = あきまさり (1.9%) > にこまる (0.8%) の順となり、にこまるで上昇程度が最も小さくなった。精米 (玄米) 中のタンパク質含有率の増加には、気温だけではなく、稲体の窒素状態や、1 穂当りの窒素分配の多少も関係している^{24,25)}。本実験の結果では、野外区と TGC 内での穂数の変動がみられたため、タンパク質含有率の上昇が、気温上昇のみによるものであるか、穂数の減少によるものかは明らかではなかった。今後、同等な穂数の条件の下で気温上昇による玄米タンパク質含有率の変動について検討を行う必要があると考えられた。

つぎに、岡山県平野部へのあきまさり、にこまるの導入について考えてみる。現在の基幹品種は中生のヒノヒカリ、晩生のアケボノであり、中生品種をヒノヒカリからにこまるに替えた場合、収量面ではヒノヒカリに比べて低下することが予想される。しかしながら、にこまるの品質、食味評価はヒノヒカリに比べて優り、気温上昇下における品質、食味の低下程度も小さかったため、今後、採算性を考慮したうえでの導入が必要であると考えられる。また、にこまるの穂数確保、登熟歩合の向上を目的とした多収栽培法についても検討を行う必要があると考えられる。晩生品種をアケボノからあきまさりに替える場合は、あきまさりではアケボノに比べてやや収量が高かったため、現段階においてはアケボノ並みの収量を確保できるものと考えられる。しかし、気温上昇による不稔粒の増加に起因する減収程度はアケボノよりも大きかったため、将来的な気温上昇下では、アケボノに比べて減収の程度が大きくなることが懸念される。著者らは同様の TGC を用いて、多数の水稻品種について高温不稔発生の検定を行っており¹⁸⁾、アケボノについては不稔粒の発生が多い高温感受性品種であると判定している。あきまさりについては未だ検定を行っていないため、今後、両品種の高温不稔発生の感受性を詳細に検討したいと考えている。品質、食味面からあきまさりの導入を考えると、あきまさりの整粒歩合は、ヒノヒカリに比べて高く、気温上昇下においても低下程度が小さく、食味も優れていたため、現段階においては、にこまるに比べて早期に生産現場へ導入することが可能であると考えられる。

以上より、にこまる、あきまさりは、アケボノ、ヒノヒカリに比べて品質および食味面では優れており、気温

上昇による品質、食味の低下程度も小さかったものの、収量面からみると、気温上昇下では登熟歩合の低下、不稔粒の発生の多少によっては減収となることが明らかとなった。

謝 辞

食味試験の実施にあたり、本学農学部附属山陽圏フィールド科学センター技術職員、同学部作物発育調節学研究分野専攻生、同学部園芸生産技術学研究分野専攻生諸氏に御協力を賜った。ここに特記して謝意を表する。

引用文献

- 1) 岡山県農林水産部：岡山の米一生産・流通・消費一。pp. 16-20, 岡山 (2006)
- 2) 大久保和男・杉本真一：水稻品種「アケボノ」における腹白未熟粒の発生要因。岡山県農試研報, **20**, 1-5 (2002)
- 3) 平 俊雄：1993年の低温と1994年の高温が福島県的水稻品種の食味と理化学的特性に与えた影響。日作紀, **67**, 26-29 (1998)
- 4) 寺島一男・斉藤祐幸・酒井長雄・渡部富男・尾形武文・秋田重誠：1999年の夏季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)
- 5) 前重道雅：米の食味関与要因の変動に関する研究 第5報 糊化特性並びに炊飯特性に及ぼす登熟気温の影響。広島農試報告, **48**, 17-22 (1984)
- 6) 徐 錫元・茶村修吾：玄米の蛋白質・燐・カリウム含有率の品種間差異、およびそれらに及ぼす登熟期間の気温と光の影響。日作紀, **49**, 199-204 (1980)
- 7) 重山博信・伊藤喜美子・阿部聖一・小林和幸・平尾賢一・松井崇晃・星 豊一：新潟県における水稻品種の品質・食味の向上 第16報 水稻の高温水かんがいによる高温登熟性の検定。北陸作物学会報, **34**, 21-23 (1999)
- 8) 坂井 真・岡本正弘・田村克徳・梶 亮太・溝淵律子・平林秀介・深浦壮一・西村 実・八木忠之：玄米品質に優れる暖地向き良食味水稻品種「にこまる」の育成について。育種学研究, **9**, 67-73 (2007)
- 9) 坂井 真・岡本正弘・田村克徳・梶 亮太・溝淵律子・平林秀介・深浦壮一・西村 実・八木忠之：水稻品種「あきまさり」の育成。九州農試報, **47**, 43-62 (2006)
- 10) Oh-e I., K. Saitoh and T. Kuroda: Effect of high temperature on growth, yield and dry-matter production of rice grown in the paddy field. Plant Prod. Sci., **10**, 412-422 (2007)
- 11) 大江和泉・上郷玲子・城さやか・倉橋崇之・齊藤邦行・黒田俊郎：気温上昇がダイズの開花結莢、乾物生産と子実収量におよぼす影響。日作紀, **76**, 433-444 (2007)
- 12) Oh-e I., K. Saitoh and T. Kuroda: Effects of rising temperature on growth, yield and dry-matter production of winter wheat. Sci. Rep. Fac. of Agr. Okayama Univ., **95**, 57-62 (2006)
- 13) 大江和泉・松江勇次・齊藤邦行・黒田俊郎：気温上昇が水稻の玄米外観品質、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)
- 14) 本馬昌直・荒川市郎：水稻の温度反応研究のための TGC の利用。福島農試研報, **33**, 7-13 (1996)
- 15) Horie T., H. Nakagawa, J. Nakano, K. Hamotani and H. Y. Kim: Temperature gradient chambers for research on global environment change. III. A system designed for rice in Kyoto, Japan. Plant Cell and Environment, **18**, 1064-1069 (1995)

- 16) 三原義秋：圃場試験への温度応答曲線方式導入の提唱，農及園，**46**，721-726（1971）
- 17) 竹生新治郎：米の科学，pp. 125-132，朝倉書店，東京（1995）
- 18) 大江和泉・齊藤邦行・黒田俊郎：気温上昇がイネ品種の不稔発生，玄米外観品質におよぼす影響．日作中支集録，**46**，32-33（2005）
- 19) 松島 正・村上利男：水稻の登熟積算温度と青米歩合との関係．東北農業研究，**14**，43-45（1973）
- 20) 松江勇次：米の食味と理化学的特性に及ぼす栽培環境条件の影響．農及園，**82**，300-311（2007）
- 21) 松江勇次・吉野久美・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及ぼす影響．日作紀，**61**，218-222（1992）
- 22) 前重道雅：米の食味関与要因の変動に関する研究 第3報 玄米タンパク質含量におよぼす登熟気温の影響．広島農試報，**44**，39-44（1981）
- 23) 大友考憲・吉田茂敏・白石真貴夫・斉藤清男：水稻の登熟気温が米の窒素濃度，アミロース含有率および食味に与える影響．日作九支報，**59**，38-40（1992）
- 24) 大平陽一・木村秀也・白土宏之・高梨純一：栽植密度，施肥法の違いが水稻の生育及び窒素の動態に与える影響．日作紀，**69**（別1），96-97（2000）
- 25) 大平陽一・白土宏之・竹田博之・高梨純一：白米窒素濃度に及ぼす栽植密度，施肥法の影響の解析．日作紀，**71**（別1），136-137（2002）