

# 水稲の高温登熟条件下での食味変動の品種間差と 評価指標形質

佐藤大和\*・陣内暢明<sup>1)</sup>・尾形武文・内川 修・田中浩平

高温登熟でも品質が安定して優れる品種を育成するための基礎的知見を得る目的で、極早生品種から中晩生品種の20品種を用いて、食味変動の品種間差を明らかにするとともに、高温登熟条件下における食味評価指標形質を検討した。食味変動には品種間差が認められ、極早生品種では‘キヌヒカリ’が最も変動が小さかったのに対し、‘トヨニシキ’は最も大きく、早生品種では最小が‘日本晴’で、最大が‘南海137号’であった。また、‘夢つくし’、‘ちくし43号’および‘ちくし52号’は、‘コシヒカリ’に比べて食味変動が小さく、食味は同程度かそれ以上の値を示したことから、これらの品種を選定することによって高温登熟条件下においても食味の高位安定化が図れると考えられた。一方、食味（総合評価）の向上に寄与する登熟期間中の最適温度（出穂後35日間の日平均気温）は25~26℃付近にあると推定された。さらに、本研究において登熟温度の基準値とした25.5℃以上の高温登熟条件下ではテクスチャー特性値（H/-H）が食味を客観的に評価できる指標形質として認められ、アミロース含有率は利用できないことが判明した。

[キーワード：アミロース含有率，高温登熟，食味，水稲，テクスチャー特性]

Varietal Differences and Indicator Characters of the Palatability of Rice under High Air Temperature Conditions during the Ripening Period.

SATO Hirokazu, Nobuaki JINNOUCHI, Takefumi OGATA, Osamu UCHIKAWA and Kouhei TANAKA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 24:39-42(2005)

In this study, the varietal differences and the indicator characters of the palatability of rice were examined to obtain fundamental knowledge for establishing a breeding method useful under high air temperature conditions during the ripening period. The varietal differences in the variance of the palatability of rice were analyzed. Among the extremely early varieties, 'KINUHIKARI' showed the smallest variance, and 'TOYONISHIKI' the largest variance in the palatability of rice. Among the early varieties, 'NIPPONBARE' showed the smallest variance in the palatability of rice, and 'NANKAI 137' showed the largest. 'YUMETSUKUSHI', 'CHIKUSHI 43' and 'CHIKUSHI 52' showed significantly smaller variance in the palatability of rice and overall eating-quality of cooked rice similar or higher than those of 'KOSHIHIKARI'. The present results suggested that it was possible to select varieties for the stable palatability of high-quality rice under the high air temperature conditions during the ripening period. The optimum air temperature conditions during the ripening period (mean air temperature for 35 days after the heading time) of overall eating-quality of cooked rice was estimated at approximately 25-26°C. Under the crucial conditions in which air temperature during the ripening period was over 25.5°C, the textural characteristic Hardness/Adhesion (H/-H) ratio was useful as an index of the overall eating-quality of cooked rice, but the amylose content was not.

[Key words : amylose content, high air temperature conditions during the ripening period, paddy rice, palatability, textural characteristic]

## 緒 言

水稲の登熟期における粒の充実や外観品質から考えられる適温は20℃から25℃の間にあるとされる（注：日作紀講演会要旨・資料集 第25巻）。しかし、近年、登熟期が25℃以上の高温となる事例が度々みられ、玄米の外観品質の低下が問題となっていることから、その技術的対応策の確立および高温ストレス耐性品種の開発が望まれている。

登熟期の高温による玄米の外観品質の低下については多くの知見が得られており、高温登熟によって背白米、

基白米および乳白米が多発すること、およびそれらの発生程度には品種間差があること<sup>2, 4, 6, 10)</sup>が報告されている。また、西村ら<sup>7)</sup>は外観品質における高温ストレス耐性は、遺伝的制御を受けていることを指摘し、‘コシヒカリ’の近縁品種で高いことを報告している。しかし、これらの報告では高温登熟における玄米の外観品質の低下とその品種間差を検討したものが中心であり、米の食味について検討した報告はない。一方、松江・尾形<sup>3)</sup>は食味評価指標形質である理化学的特性値は、玄米の外観品質の違いによって大きく異なることを指摘している。水稲の高温登熟は外観品質の低下を伴うケースが多いことから、米の食味に対しても強く影響していると考えられる。

そこで、本研究は米の食味における高温ストレス耐性

\*連絡責任者（農産部 現筑後分場）

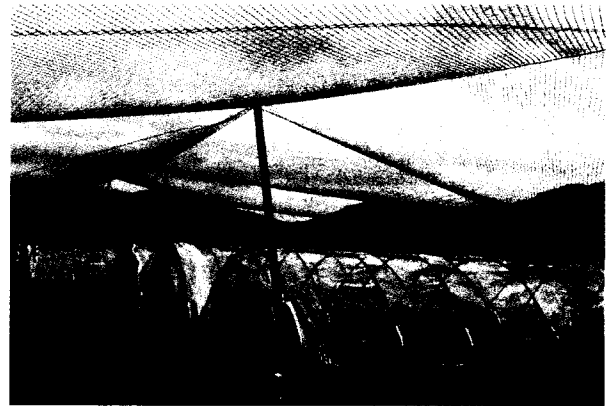
1) 現朝倉地域農業改良普及センター

品種育成のための基礎的知見を得る目的で、登熟温度の異なる条件下における食味変動の品種間差を明らかにするとともに、高温登熟条件下における食味評価指標形質を検討した。

### 試験方法

試験は、2002～2003年の2か年、福岡県農業総合試験場農産部（福岡県筑紫野市）の砂壤土水田で行った。供試品種は、第1表に示す極早生級9品種、早生級8品種、中生～中晩生級3品種の計20品種で行った。施肥量（基肥+第1回穂肥+第2回穂肥）は窒素成分量（kg/10a）で5.0+2.0+1.5とした。移植期は、登熟期間の温度条件を変えるため、早植え（5月17～21日）と普通期移植（6月20～23日）の2水準を設置した。さらに、異なる温度条件を増設するため、早植えに登熟期間中、地際から50cm以上の部位をミニカルハウス（積水樹脂㈱）で覆う処理区を設置した（第1図）。なお、登熟期間中の温度条件（出穂後35日間の日平均気温）は、2002年では極早生級25.3～28.5℃、早生級24.3～28.3℃および中生～中晩生級23.5～27.9℃、2003年では極早生級25.7～27.3℃、早生級24.9～27.6℃および中生～中晩生級23.2～27.6℃であった（第2表）。栽植密度は条間33cm、株間15cm、試験規模は1区1.4㎡の2反復で行った。

食味官能試験は、福岡県農業総合試験場農産部で標準栽培した‘コシヒカリ’を基準米とし、1回の供試点数が10、パネル構成員14～20名で実施し、食味総合評価（以下、食味と略す）を求めた。精米中のタンパク質含有率はオートアナライザーⅡ型（ブラン・ルーベ社製）で乾物中の全窒素を測定し、タンパク質換算係数5.95を乗じて求めた。また、精米中のアミロース含有率はオートアナライザーⅡ型で測定し、乾物当たりの含有率で示した。アミログラム特性は豊島ら<sup>1)</sup>の方法に準じて、ラピッド



第1図 ミニカルハウスによる登熟期の高温処理

ビスコアナライザー（Newport Scientific社製、RVA-3M型）で測定し、最高粘度とブレークダウンを求めた。テクスチャー特性はテクスチュロメーター（全研社製）を用い、H（硬さ）、-H（粘り）を測定し、テクスチャー特性値（H/-H）を求めた。

### 結果および考察

#### 1 登熟温度の違いが食味に及ぼす影響

登熟温度に対する食味変動の品種間差を明らかにするため、異なる登熟温度条件下における食味の平均値と分散を算出した（第2図）。食味の分散は、極早生品種群ならびに早生品種群の品種間で大きく異なり、極早生品種では‘キヌヒカリ’が最も変動が小さかったのに対し、‘トヨニシキ’は最も大きく、早生品種では最小が‘日本晴’で、最大が‘南海137号’であった。このことから、食味の変動は登熟温度の変化に大きく影響されることが示唆され、その変動の大きさに品種間差が認められることが判明した。また、‘夢つくし’、‘ちくし43号’および

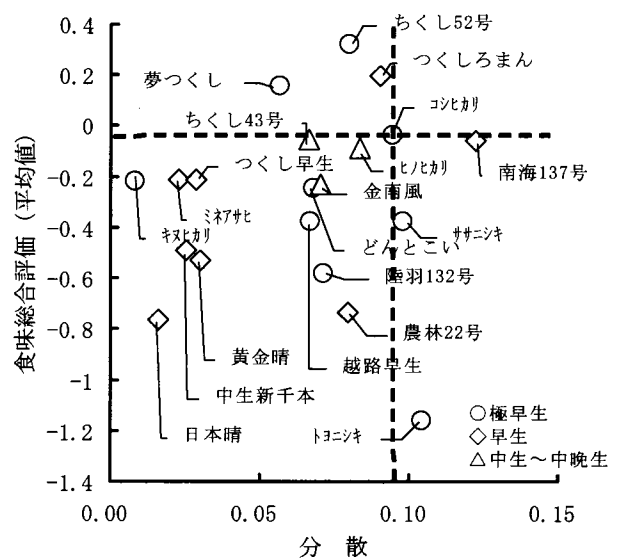
第1表 供試品種

| 熟期     | 品 種 名   | 品種数 |
|--------|---|-----|
| 極早生    | 越路早生、陸羽132号、コシヒカリ、ササニシキ、どんとこい、キヌヒカリ、トヨニシキ、夢つくし、ちくし52号 | 9   |
| 早 生    | 南海137号、ミネアサヒ、黄金晴、つくしろまん、日本晴、中生新千本、つくし早生、農林22号         | 8   |
| 中生～中晩生 | 金南風、ヒノヒカリ、ちくし43号                                      | 3   |

第2表 熟期別の出穂後35日間の日平均気温

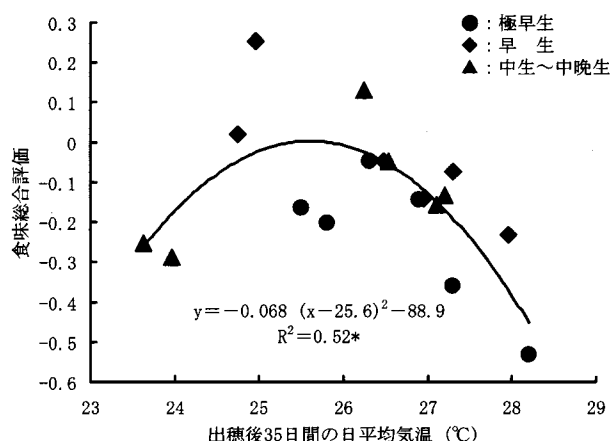
|        | 2002年               |                     |                     | 2003年               |                     |                     |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|        | 早植え<br>ハウス          | 早植え<br>ハウス          | 普通期<br>移植           | 早植え<br>ハウス          | 早植え<br>ハウス          | 普通期<br>移植           |
| 極早生    | 28.2<br>(27.9~28.5) | 27.3<br>(27.2~27.5) | 25.5<br>(25.3~25.9) | 26.8<br>(26.3~27.3) | 26.3<br>(25.9~26.6) | 25.9<br>(25.7~26.5) |
| 早 生    | 28.0<br>(27.7~28.3) | 27.0<br>(26.9~27.2) | 24.7<br>(24.3~25.1) | 27.2<br>(26.4~27.6) | 26.5<br>(26.1~26.6) | 25.0<br>(24.9~25.3) |
| 中生～中晩生 | 27.2<br>(26.4~27.9) | 26.4<br>(25.8~27.0) | 23.7<br>(23.5~23.9) | 27.1<br>(26.4~27.6) | 26.4<br>(26.1~26.5) | 23.9<br>(23.2~24.3) |

1) 上段は日平均気温の平均値を示し、下段は最低～最高の日平均気温の数値を示す。



第2図 食味総合評価の分散と平均値

1) 破線はコシヒカリの分散と食味総合評価を示す。



第3図 出穂後35日間の日平均気温と食味総合評価

- 1) \*は5%水準で有意であることを示す。
- 2) 食味は熟期間の食味差を小さくするため、日平均気温26.3～26.5℃の食味で補正している。

‘ちくし52号’は、‘コシヒカリ’に比べて食味変動が小さく、食味は同程度かそれ以上の値を示すことから、これらの品種を選定することによって高温登熟条件下においても食味の高位安定化が図れると考えられる。

登熟温度の違いが食味に及ぼす影響を明らかにするため、熟期別の食味（平均値）と登熟温度との関係を第3図に示した。本研究では、出穂後35日間の日平均気温が24.3～28.5℃の極早生品種および早生品種では、気温が高くなるほど食味が低下する傾向が認められた。一方、出穂後35日間の日平均気温が23.2～27.9℃の中生～中晩生品種では、一定の傾向は認められなかった。松江ら（注：日作紀講演会要旨・資料集 第72巻）は、約10年間における出穂後35日間の登熟温度と食味との関係を解析し、食味が最も優れる日平均気温は25～26℃付近にあると推定した。また、岡本<sup>3)</sup>は、食味への寄与が最も大きい粘り<sup>9)</sup>は25.4℃付近が最も強いことを報告している。そこで、水稻の登熟温度と食味との関係を本研究においても確認するとともに、食味評価する上での登熟温度の基準値を設定するため、極早生品種、早生品種および中生～中晩生品種を含めた回帰分析を行った。その結果、出穂後35日間の日平均気温25.6℃を頂点とした有意な二次回帰曲線が認められ（ $Y = -0.068(x - 25.6)^2 - 88.9$ ,  $R^2 = 0.52*$ ）、既報<sup>3)</sup>とほぼ同じ登熟温度を示した。このことから、食味からみた登熟適温は25～26℃の範囲にあると推定され、本研究では既報<sup>3)</sup>も考慮して25.5℃を食味評価する上での基準値として設定した。

第3表 登熟期間中の温度条件別での食味に対する理化学的的特性の標準偏回帰係数

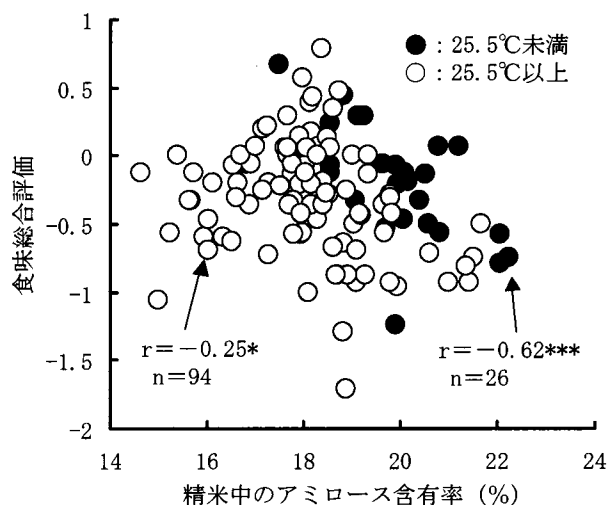
| 出穂後35日間の平均気温 | テクスチャー特性値 | タンパク質含有率 | アミロース含有率 | 最高粘度    | ブレイクダウン |
|--------------|-----------|----------|----------|---------|---------|
| 25.5℃未満      | -0.58**   | -0.04ns  | -0.50*   | -0.33ns | 0.26ns  |
| 25.5℃以上      | -0.51**   | -0.01ns  | -0.17ns  | 0.08ns  | -0.30ns |

- 1) \*\*, \*は, 1, 5%水準で有意性を示し, nsは有意性が認められないことを示す (25.5℃未満 n=26, 25.5℃以上 n=94)。

## 2 高温登熟条件下における食味評価指標形質

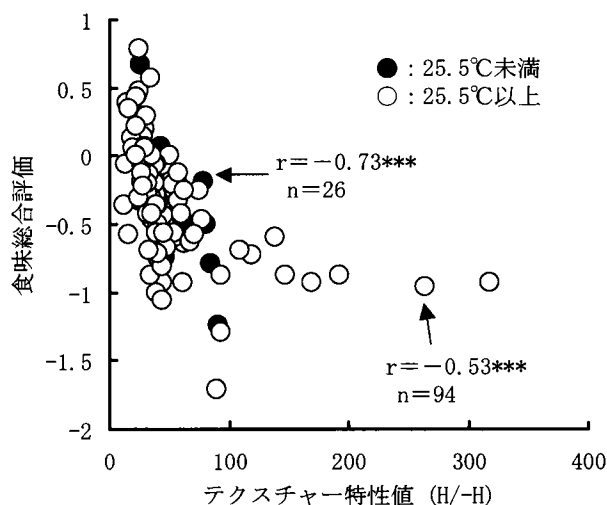
現在、食味を客観的に評価するための指標形質として、タンパク質含有率、アミロース含有率、最高粘度、ブレイクダウンおよびテクスチャー特性値が利用されている<sup>1)</sup>。しかし、高温登熟条件下における食味評価指標形質については検討されていない。そこで、出穂後35日間の日平均気温が25.5℃以上の高温登熟条件下における食味評価指標形質を明らかにするため、登熟温度別の食味と理化学的特性との関係を第3表に示した。出穂後35日間の日平均気温が25.5℃未満の標準偏回帰係数では、テクスチャー特性値<sup>1)</sup>およびアミロース含有率<sup>3)</sup>は食味との間に有意性が認められ、食味に大きく関与していることが示唆された。このことから、25.5℃未満の登熟温度条件下ではテクスチャー特性値およびアミロース含有率は食味評価指標形質として利用できることが確認された。

一方、25.5℃以上の高温登熟条件下における標準偏回帰係数では、テクスチャー特性値は食味との間に有意性



第4図 登熟温度別における精米中のアミロース含有率と食味総合評価との関係

- 1) \*\*\*, \*は0.1%, 5%水準で有意であることを示す。



第5図 登熟温度別におけるテクスチャー特性値と食味総合評価との関係

- 1) \*\*\*は0.1%水準で有意であることを示す。

が認められるものの、アミロース含有率は認められなかった。そこで、登熟温度の違いによる食味に対するアミロース含有率とテクスチャー特性値の分布を検討するため、登熟温度別における食味とアミロース含有率およびテクスチャー特性値との関係を第4図および第5図に示した。25.5℃未満の登熟温度条件下では、アミロース含有率は食味との間に有意な高い負の相関関係が認められたが、25.5℃以上の高温登熟条件下ではアミロース含有率に対する食味値のバラツキが大きく、相関係数は低下した。松江ら（注：日作紀講演会要旨・資料集 第72巻）も本研究と同様に、アミロース含有率は26℃以上の高温登熟条件下では食味との間の相関係数が低いことを指摘している。これらの高温登熟時の相関係数の低下は、アミロース含有率は登熟温度が高くなるほど低くなる直線的な反応を示すのに対し<sup>3)</sup>、食味は登熟温度25.5℃を頂点とする2次曲線的な反応を示すことから、食味とアミロース含有率の登熟温度に対する反応の違いによるものであると考えられる。このことから、25.5℃以上の高温登熟条件下では、アミロース含有率は食味評価指標形質として利用できないと考えられる。一方、テクスチャー特性値では、25.5℃以上の高温登熟条件下においても25.5℃未満と同様、食味評価指標形質として十分利用できることを示した。本研究で使用したテクスチュロメーターは人間の口腔内のそしゃく動作をモデル化した装置であり<sup>1)</sup>、米飯の硬さ、粘り等の物理性を評価できる特性がある。米の食味は、「外観」、「味」、「香り」、「粘り」および「硬さ」によって評価されるが、「粘り」、「硬さ」といった物理面の寄与が高いと言われている<sup>2)</sup>。このことから、テクスチャー特性値は米飯の物理性を直接測定し、数値化することから、登熟温度の変化に伴う食味変動を的確に捉えることができ、食味評価の指標形質として利用できたと考えられる。

本研究で示した高温登熟条件下における食味評価指標形質であるテクスチャー特性値は、米の食味における高温ストレス耐性品種を選抜・育成するための指標形質として適用できる。また、食味向上に寄与する最適登熟温

度が25～26℃と推定されたことで、登熟期間中の高温を回避するための作期移動など、栽培技術面での応用も期待される。

## 引用文献

- 1) 竹生新治郎・石谷孝佑・大坪研一 (1995). 米の科学. 東京：朝倉書店. 132-137.
- 2) 飯田幸彦・横田国夫・桐原俊明・須賀立夫 (2002). 温室と高温年の圃場で栽培した水稲における玄米品質低下程度の比較. 日作紀71：174-177.
- 3) 稲津脩 (1988). 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道立農試報66：1-89.
- 4) 岩淵哲也・田中浩平・尾形武文・浜地勇次 (2003). 近年の高温化に対応した水稲「夢つくし」の品質向上のための最適移植時期. 福岡農総試研報22：34-37.
- 5) 松江勇次・尾形武文 (1997). 玄米の形状と理化学的特性との関係. 日作九支報63：12-14.
- 6) 長戸一雄・江幡守衛 (1965). 登熟期の高温が穎果の発育ならびに米質に及ぼす影響. 日作紀34：59-66.
- 7) 西村実・梶亮太・小川紹文 (2000). 水稲の玄米品質に関する登熟期高温ストレス耐性の品種間差異. 育種学研究2：17-22.
- 8) 岡本正弘 (1994). 炊飯米の粘りに関連する化学成分の育種学的研究. 中国農研報14：1-68.
- 9) 大坪研一 (1999). 米の品質評価について. 食品工業42. 55-61.
- 10) 佐藤大和・福島裕助・内村要介・内川修・松江勇次 (2002). 福岡県の2000年産米における乳白粒発生の実態とその要因. 日作九支報68：9-11.
- 11) 豊島英親・岡留博司・大坪研一・須藤充・堀末登・稲津脩・成塚彰久・相崎万裕美・大川俊彦・井ノ内直良・不破英次 (1997). ラピッド・ビスコ・アナライザーによる米粉粘度特性の微量迅速測定方法に関する共同研究. 食科工44：579-584.