

品種・遺伝資源

西南暖地における早期栽培用・極早生水稲品種とさびかの出穂特性 —温度に対する出穂反応—

坂田雅正^{*1,2)}・平川真由美³⁾・山本由徳³⁾・宮崎彰³⁾

(¹⁾高知県農業技術センター, ²⁾愛媛大学, ³⁾高知大学)

要旨: 1998年に高知県内の早期栽培圃場で異常(不時)出穂が確認された極早生水稲品種とさびかの出穂特性を明らかにするため、交配親、高知県育成品種ならびに北海道から九州地域で育成された品種など、計50品種・系統を供試し、早期栽培で一般的な育苗期間にあたる3月～4月の自然日長下において、温度に対する出穂反応を比較検討した。2000年3月10日に1粒播した株まきポットを出芽後、窒素成分で1.5, 3.0 g m⁻²施用した水田土壌入りコンテナに密着設置し、昼夜温をそれぞれ12時間、30°C/20°C, 25°C/25°Cおよび25°C/15°Cに設定した自然光型ファイトトロン内へ搬入して、播種からの日平均気温の積算値が1300°C日(以下、播種から1300°C日)に達するまで温度処理を行った。播種から1300°C日までに収穫した品種・系統割合は、温度区間では25°C/25°C区、窒素施肥量区間では1.5 g m⁻²区で高く、北海道育成品種においてはこれらの区で出穂が早まる傾向がみられた。これに対し、品種とさびかは温度、窒素施肥量区間で大きな出穂変動はみられず、播種から1000°C日以上に達すると出穂し、播種から1300°C日までに収穫した品種・系統の中でも、播種から止葉展開までの積算温度が低く、早く出穂した。これは最終主稈葉数が少なく、平均出葉積算温度(播種から止葉展開までの積算温度/最終主稈葉数, °C日 葉⁻¹)も低かったためで、品種とさびかはこれら2要素に対する温度や窒素施肥量の影響は比較的小さく、主稈の出穂時期は播種からの積算温度によって推定できることが示唆された。

キーワード: 温度、極早生水稲、出穂特性、積算温度、早期栽培、早晩性、窒素施肥量、品種とさびか。

西南暖地に位置する高知県の水稲早期栽培地帯では、温暖な気候を利用してコシヒカリなどの良質な早生品種の早期出荷を図ってきた。ところが、全国的な産地間競合や新食糧法の施行による米流通への市場原理の導入等から、販売面で有利であった早場米でさえ厳しい局面を迎えている。これらのことから、さらに早期出荷をめざして、7月25日に収穫可能で、沖縄を除くと日本一収穫時期が早い良食味・極早生品種とさびかを育成し、1997年に県の奨励品種として採用された(亀島ら 1998)。しかしながら、普及を開始した1998年は、本田生育初期にあたる4月～5月が異常高温で経過し、過去3年の平均値と比較して品種とさびかでは出穂期が19日も早まり、穂数が確保されず22%もの減収となる被害を受け(坂田・中村 1998)、さらに県内の栽培圃場でも異常(不時)出穂の発生が確認され出穂が不揃いとなり、玄米品質の品位等級の低下もみられた(注: 高知県農業技術センター試験研究実績報告書, 1999年)。

このことから、1998年に現地での実態調査を行い、気象、栽培条件との関連から品種とさびかの出穂変動と異常(不時)出穂発生の要因を解析したところ、品種とさびかの出穂性の発現は温度と関連性の高いことが示唆された(坂田ら 2002)。しかしながら、異常高温下でおきた出穂変動を十分に説明できず、異常(不時)出穂発生の要因解明には至っていない。出穂の変動や異常(不時)出穂の発生には、温度のほかに品種の早晩性や日長の関与が報告さ

れており(寺尾・片山 1929, 大谷・白木 1942, 朝隈 1958, 細井 1975)、品種とさびかの出穂特性を明らかにするには、基本栄養生長性、感光性および感温性程度が異なると考えられる多数の品種を用いて、制御された温度条件下で出穂性の比較が必要と考えられた。

そこで本報では、品種とさびかの交配親、高知県育成品種ならびに北海道から九州地域で育成された品種など、計50品種・系統を供試し、早期栽培で一般的な育苗期間にあたる3月～4月の自然日長下において、昼夜温の設定温度を違えた場合での温度に対する出穂反応を品種・系統間で比較検討した。

材料と方法

1. 供試品種

試験は第1表に示した50品種・系統を供試した。これらのうち、高育27号は品種とさびかの交配母本(ナツヒカリ×あきたこまち)、H3A₃70は交配父本(カツラワセ×コシヒカリ)であり、はつなりの(中村ら 1993)、早潮および南国早生は高知県で育成、また衣笠早生は純系選抜された極早生品種である。なお、早潮、衣笠早生および南国早生については、苗代日数感応度が高い品種である(池上 1986)。これらに北海道から九州地域において育成された早生に区分される品種および地域を代表する品種、また衣笠早生が栽培されていた明治から大正時代における代表的な5品種を加え、2000年に高知大学農学部内において試

第1表 供試品種・系統.

育成地域	品種・系統名	計
高知県 (西南暖地)	とさびか (高育27号×H3A ₃ 70), はつなのり, 早潮, 衣笠早生, 南国早生	7
北海道 (寒地)	イシカリ, キタヒカリ, キタアケ, ゆきひかり, きらら397, 彩, ゆきまる, きたいぶき, ほしのゆめ	9
東北 (寒冷地)	藤坂5号, フジミノリ, レイメイ, アキヒカリ, あきたこまち, まいひめ, ユメコガネ, ササニシキ, こころまち, ひとめぼれ, ササシグレ, はなの舞, 亀の尾	13
北陸 (寒冷地)	キヌヒカリ, 越路早生, コシヒカリ, 新潟早生, なごり雪, 農林1号, ハナエチゼン, 銀坊主	8
関東~中国 (温暖地)	初星, 日本晴, 黄金錦, 農林22号, フジヒカリ, 神力, 愛国, 旭	8
九州 (西南暖地)	カツラワセ, ナツヒカリ, きらり宮崎, ヒノヒカリ, なつのたより	5
計		50

アンダーラインは試験終了時 (播種からの積算温度で1300°C日) までに収穫した品種・系統. 高育27号はナツヒカリとあきたこまち, H3A₃70はカツラワセとコシヒカリの交配系統.

験を実施した.

2. 栽培・管理方法

各品種とも, 比重1.06の塩水によって選別した種粒を消毒し, 浸種後30°Cで催芽させた. これらの催芽粒を2000年3月10日に水稻育苗用株まきポット (17穴/列×34列, 縦1.5cm×横1.5cm×深さ2.5cm, 床土にN:P₂O₅:K₂O=1.0:1.0:2.0g/箱施用) へ1粒ずつ播種し, 育苗器を用いて30°Cで3日間加温し, 出芽させた. その後, 水田土壌へ肥料を混入したコンテナ (内寸, 長辺61.6cm×短辺40.8cm×深さ11.5cm) に株まきポットを密着設置した. なお, 出穂に対する窒素の影響をみるために, リン酸, カリの施肥はそれぞれ5.0, 4.0 g m⁻²としたが, 窒素は, 播種量を考慮して本県早期栽培における極早生水稲での基肥の慣行施用量である6.0 g m⁻²の半量となる3.0 g m⁻²区と4分の1の1.5 g m⁻²区を設けた. 株まきポットを密着設置したコンテナは昼間, 夜間をそれぞれ12時間ずつ30°C/20°C, 25°C/25°Cおよび25°C/15°Cに設定した自然光型ファイトトロン内へ搬入し, 出芽苗が緑化するまで2~3日間寒冷紗で被覆した. 試験は播種からの積算温度によって, 品種の早晩性を区分した Sakamoto and Toriyama (1967) に従い, 早生品種として区分される限界温度となる播種からの日平均気温の積算値が1300°C日に達した時点 (以下, 播種から1300°C日) で打ち切った. 試験終了時までのかん水は水道水と設定温度との差をなくすために, 各処理温度のファイトトロン内に設置した容器に貯水した水を用い, 毎日午前中に行った. 本実験では, 病虫害の発生はいずれの処理区においてもみ

られなかった. なお, 本試験期間中の自然日長は, 出芽苗をファイトトロンへ搬入した時は常用薄明30分を含む12時間23分で, 試験終了時は, 30°C/20°C区, 25°C/25°C区では同14時間6分 (5月4日), 25°C/15°C区は同14時間25分 (5月16日) であった.

3. 調査方法

播種から1300°C日までに収穫した品種・系統について, 1品種・系統当たり生育中庸な12~15個体の主稈の止葉展開日, 出穂日, 最終主稈葉数, 葉身長 (以下, 主稈の全ての葉の葉身長を積算したものを主稈総葉身長と呼ぶ) を調査した. なお, 本試験では主稈の止葉展開日および出穂日をそれぞれ播種から止葉展開および出穂までの日平均気温の積算値 (以下, それぞれ止葉展開までの積算温度, 出穂までの積算温度) で表示し, 播種から止葉展開までの積算温度を最終主稈葉数で除した1葉当たりの展開に要する積算温度 (以下, 平均出葉積算温度, °C日 葉⁻¹) を求めた.

結 果

1. 積算温度で比較した品種・系統の早晩性ならびに温度, 窒素施肥量と出穂割合

第1表には播種から1300°C日までに収穫した品種・系統を示した. 出穂した品種・系統は, とさびか, 高育27号, 早潮, 衣笠早生, 南国早生 (以上, 高知県育成品種・系統), イシカリ, キタヒカリ, キタアケ, ゆきひかり, きらら397, 彩, ゆきまる, きたいぶき, ほしのゆめ (以上, 北海道育成品種), ユメコガネ (東北育成品種), 日本晴, 愛国 (関東~中国育成品種) であり, 出穂品種・系統数は17であった.

第2表には育成地域別にみた温度, 窒素施肥量と出穂割合を示した. 25°C/15°C区において播種から1300°C日までに収穫した品種・系統はなかったため, 30°C/20°C区と25°C/25°C区の温度区間で収穫した品種・系統の割合を比較したところ, 30°C/20°C区に比べて25°C/25°C区で収穫割合が高かった. 育成地域別に収穫割合を比較すると, 北海道育成品種に比べ品種とさびかを含む高知県育成品種・系統は, 30°C/20°C区の3.0 g m⁻²区を除き, 収穫割合が低かった. 窒素施肥量区間で比較すると, 北海道, 関東~中国育成品種では1.5 g m⁻²区が3.0 g m⁻²区に比べ収穫割合は高かったのに対し, 高知県, 東北育成品種では窒素施肥量区間で収穫割合に差はみられなかった.

第3表には品種・系統別にみた温度, 窒素施肥量と播種から出穂までの積算温度を示した. 播種からの積算温度で品種・系統間の早晩性を比較すると, 出穂までの積算温度は品種とさびか, 衣笠早生がそれぞれ1057~1078°C日, 1004~1095°C日であり, これら両品種では, 他の品種に比較して播種から出穂までの積算温度が低かった.

第2表 育成地域別にみた温度、窒素施肥量と出穂割合。

項 目		高知県 (西南暖地)	北海道 (寒地)	東北 (寒冷地)	北陸 (寒冷地)	関東～中国 (温暖地)	九州 (西南暖地)	全品種
温度	窒素施肥量	品種数 (%)	品種数 (%)	品種数 (%)	品種数 (%)	品種数 (%)	品種数 (%)	品種数 (%)
30℃/20℃	3.0g ^m - ²	4/7 57	5/9 56	1/13 8	0/8 0	0/8 0	0/5 0	10/50 20
	1.5g ^m - ²	4/7 57	8/9 89	1/13 8	0/8 0	1/8 13	0/5 0	14/50 28
25℃/25℃	3.0g ^m - ²	5/7 71	8/9 89	1/13 8	0/8 0	1/8 13	0/5 0	15/50 30
	1.5g ^m - ²	5/7 71	9/9 100	1/13 8	0/8 0	2/8 25	0/5 0	17/50 34
25℃/15℃	3.0g ^m - ²	0/7 0	0/9 0	0/13 0	0/8 0	0/8 0	0/5 0	0/50 0
	1.5g ^m - ²	0/7 0	0/9 0	0/13 0	0/8 0	0/8 0	0/5 0	0/50 0

出穂割合は、播種からの日平均気温の積算値が1300℃日までに収穫した品種・系統の割合。品種数は収穫品種・系統数/供試品種・系統数で表示。

第3表 品種・系統別にみた温度、窒素施肥量と播種から収穫までの積算温度（早晩性）。

No.	育成地域	品種・ 系統名	育成年	30℃/20℃				25℃/25℃				品種内 でのLSD
				窒素3.0gm ⁻²		窒素1.5gm ⁻²		窒素3.0gm ⁻²		窒素1.5gm ⁻²		
1	高知県 (西南暖地)	とさびか	1997	1078	± 7.8	1070	± 7.8	1057	± 9.7	1078	± 4.8	28.8
2		高育27号	1990	1182	± 3.1	1153	± 5.4	1185	± 10.9	1140	± 8.5	27.9
3		早潮	1947	1194	± 3.6	1217	± 8.3	1180	± 9.4	1223	± 14.8	37.6
4		衣笠早生	1920	1040	± 11.4	1095	± 7.8	1004	± 13.5	1017	± 3.8	36.6
5		南国早生	1961	—	—	—	—	1195	± 9.8	1227	± 5.9	31.8
6	北海道 (寒地)	イシカリ	1971	1286	± 3.8	1251	± 7.3	1263	± 6.7	1213	± 8.3	25.4
7		キタヒカリ	1975	—	—	1269	± 6.9	1210	± 8.2	1115	± 4.5	25.8
8		キタアケ	1983	1279	± 7.8	1180	± 6.8	1240	± 9.1	1147	± 11.0	32.7
9		ゆきひかり	1984	—	—	1280	± 5.3	1227	± 7.7	1190	± 2.4	21.3
10		きらら397	1988	1290	± 6.5	1265	± 9.2	1253	± 5.9	1203	± 5.9	25.6
11		彩	1991	—	—	1296	± 3.3	—	—	1240	± 9.8	29.9
12		ゆきまる	1993	1279	± 8.6	1213	± 6.7	1175	± 6.8	1120	± 6.5	26.9
13		きたいぶき	1993	—	—	—	—	1278	± 6.8	1230	± 12.1	38.8
14		ほしのゆめ	1996	1294	± 2.8	1265	± 8.7	1253	± 7.7	1197	± 4.5	24.1
15	東北 (寒冷地)	ユメコガネ	1994	1286	± 7.3	1269	± 9.8	1162	± 3.3	1180	± 6.8	26.4
16	関東～中国 (温暖地)	日本晴	1963	—	—	1273	± 8.9	1258	± 7.1	1213	± 8.3	29.7
17		愛国	1882	—	—	—	—	—	—	1277	± 12.5	—
品種間でのLSD				25.2		28.8		31.6		30.5		—

値は平均値±標準誤差 (n=12~15) で表示。—は未出穂区。LSDは最小有意差 (1%水準)。

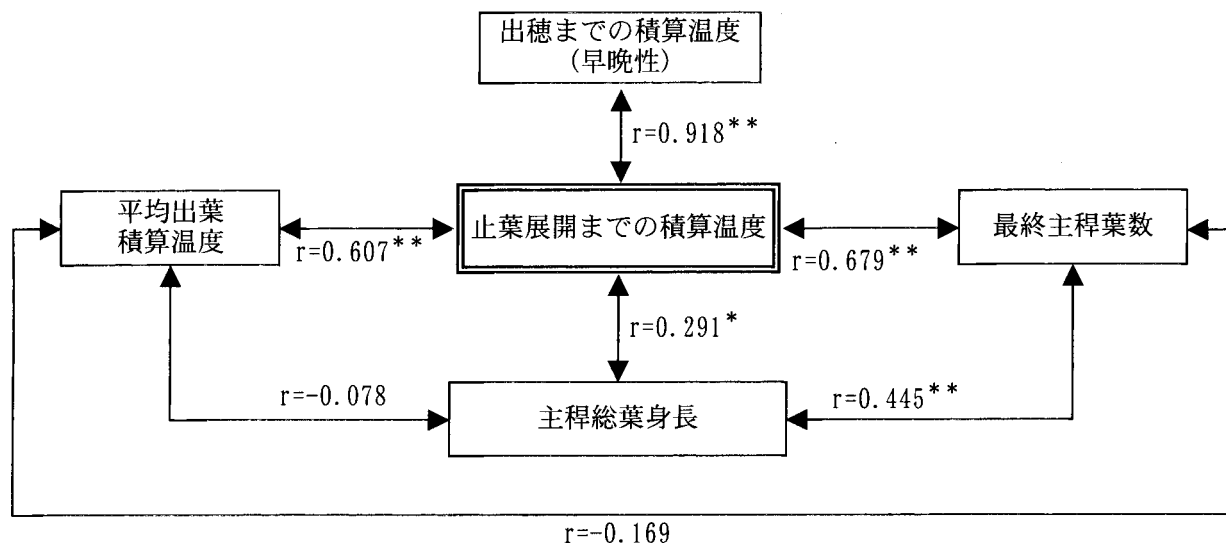
2. 出穂関連形質と早晩性

第1図には播種から1300℃日までに収穫した全品種・系統について、播種から収穫までの積算温度、止葉展開までの積算温度、最終主稈葉数、平均出葉積算温度および主稈総葉身長の相関関係を示した。早晩性を示す播種から収穫までの積算温度と止葉展開までの積算温度の間には、1%水準で有意な正の相関関係 ($r=0.918$) がみられ、播種から収穫までの積算温度が低い区ほど止葉展開までの積算温度が低かった。播種から止葉展開までの積算温度と最終主稈葉数、平均出葉積算温度との間にもそれぞれ1%水準で有意な正の相関関係 ($r=0.679$, 0.607) がみられ、播種から止葉展開までの積算温度が低い区ほど、最終主稈葉数が少なく、平均出葉積算温度が低かった。さらに最終主稈葉数と主稈総葉身長との間にも、1%水準で有意な正の相関関係 ($r=0.445$) がみられ、最終主稈葉数が少なかった区ほど、主稈総葉身長が短かった。

第2図には最終主稈葉数と平均出葉積算温度の関係を示した。これら2要因により、図中に破線で示した止葉展開までの積算温度が決定される。育成地域間で比較すると、平均出葉積算温度には高知県、北海道の育成地域間では大きな差はみられなかったが、最終主稈葉数については、北海道、東北 (ユメコガネ) 育成品種が7.3~8.9葉、関東～中国育成品種 (日本晴、愛国) では7.8~8.4葉であったのに対し、高知県育成品種 (とさびか、衣笠早生) は6.9~7.7葉で少ない傾向がみられた。これら高知県育成品種のとさびか、衣笠早生は、他の品種と比較して最終主稈葉数が少なく、播種から収穫までの積算温度が低かった。

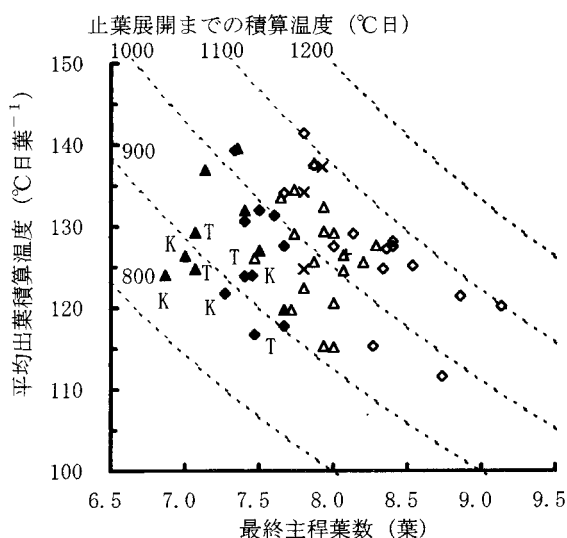
3. 温度、窒素施肥量と出穂関連形質

第3図には、播種から1300℃日までに収穫した品種・系統における30℃/20℃区と25℃/25℃区の温度区間、第4



第1図 出穂関連形質間の相関関係。

品種・系統間での相関関係 (n=56). *, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す。



第2図 最終主稈葉数と平均出葉積算温度との関係。

- ◆, ▲は高知県育成品種 (T: とさびか, K: 衣笠早生),
- ◇, △は北海道, 東北 (ユメコガネ) 育成品種, +, ×は関東~中国育成品種 (日本晴, 愛国).
- ◆, ◇, +は30°C/20°C区, ▲, △, ×は25°C/25°C区.

図には, 3.0 g m⁻²区と1.5 g m⁻²区の窒素施肥量区間で比較した播種から止葉展開までの積算温度, 最終主稈葉数および平均出葉積算温度を示した。

30°C/20°C区と25°C/25°C区の温度区間で, 播種から止葉展開までの積算温度 (第3図A) を比較すると, 両区間で有意な変動がみられた品種は早潮, 衣笠早生, イシカリ, キタヒカリ, キタアケ, ゆきひかり, 彩, ゆきまる, ほしのゆめ, ユメコガネ, 日本晴であった。最終主稈葉数 (第3図B) を比較すると, 両区間で有意な変動がみられた品種は衣笠早生, イシカリ, ゆきひかり, 彩, ゆきまる, ほしのゆめ, ユメコガネであった。平均出葉積算温度

(第3図C) においては, 両区間で有意な変動がみられた品種はキタヒカリ, ゆきひかり, ほしのゆめ, ユメコガネであった。

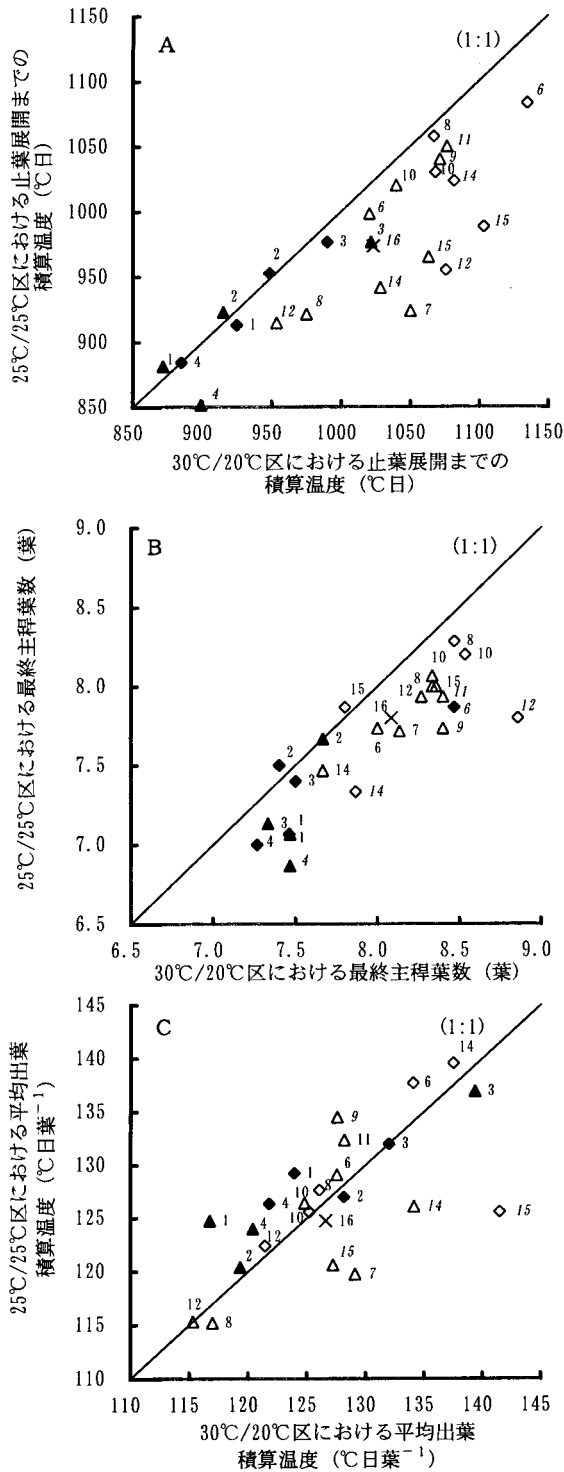
3.0 g m⁻²区と1.5 g m⁻²区の窒素施肥量区間で, 播種から止葉展開までの積算温度 (第4図A) を比較すると, 両区間で有意な変動がみられた品種・系統はとさびか, 高育27号, 衣笠早生, イシカリ, キタヒカリ, キタアケ, ゆきまる, ほしのゆめ, ユメコガネ, 日本晴であった。最終主稈葉数 (第4図B) を比較すると, 両区間で有意な変動がみられた品種・系統はゆきまる, ユメコガネであった。平均出葉積算温度 (第4図C) においては, 両区間で有意な変動がみられた品種・系統は, 高育27号, イシカリ, キタアケ, ゆきまる, ほしのゆめ, ユメコガネ, 日本晴であった。

第4表には品種・系統別にみた温度, 窒素施肥量と最終主稈葉数, 平均出葉積算温度を示した。ここでは温度, 窒素施肥に対する出穂反応に特徴がみられた5品種の最終主稈葉数と平均出葉積算温度を比較した。最終主稈葉数は衣笠早生, イシカリの25°C/25°C区において減少し, 平均出葉積算温度はイシカリ, キタアケ, ユメコガネの1.5 g m⁻²区で低くなる傾向が認められた。これらに対し, 品種とさびかは温度, 窒素施肥量区間でこれらの形質に有意差がみられなかった。

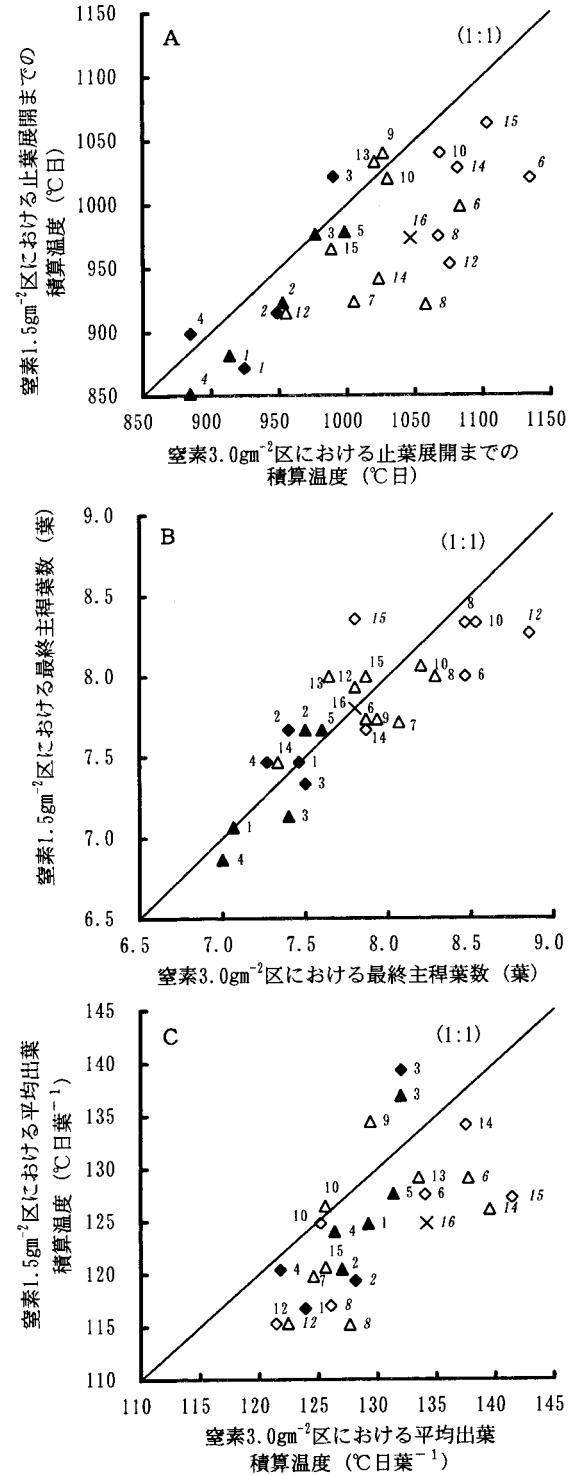
考 察

1. 積算温度で比較した供試品種・系統の早晩性と出穂に及ぼす温度, 窒素施肥量の影響

播種から1300°C日までに収穫した品種・系統数は, 品種とさびかを含む高知県育成品種・系統で5, 北海道育成品種で9と, ユメコガネ, 日本晴, 愛国の計17であった (第1表)。収穫した品種・系統の割合を平均気温が同じで



第3図 温度区間で比較した播種から止葉展開までの積算温度 (A), 最終主稈葉数 (B) および平均出葉積算温度 (C). ◆, ▲は高知県育成品種・系統 (1:とさびか, 2:高育27号, 3:早潮, 4:衣笠早生, 5:南国早生), ◇, △は北海道育成品種 (6:イシカリ, 7:キタヒカリ, 8:キタアケ, 9:ゆきひかり, 10:きらら397, 11:彩, 12:ゆきまる, 13:きたいぶき, 14:ほしのゆめ), 15:ユメコガネ, +, ×はその他 (16:日本晴, 17:愛国). ◆, ◇, +は30°C/20°C区, ▲, △, ×は25°C/25°C区. イタリック文字は処理区間で1%の有意差がみられた区.



第4図 窒素施肥量区間で比較した播種から止葉展開までの積算温度 (A), 最終主稈葉数 (B) および平均出葉積算温度 (C). 図中記号は第3図参照. なお, ◆, ◇, +は窒素3.0 g m⁻²区, ▲, △, ×は窒素1.5 g m⁻²区.

第4表 品種・系統別にみた温度、窒素施肥量と最終主稈葉数、平均出葉積算温度。

項 目		高知県（西南暖地）				北海道（寒地）				東北（寒冷地）		
		とさびか		衣笠早生		イシカリ		キタアケ		ユメコガネ		
	温度	窒素 施肥量	平均 値	処理区・ 効果	平均 値	処理区・ 効果	平均 値	処理区・ 効果	平均 値	処理区・ 効果	平均 値	処理区・ 効果
最終主 稈葉数	30℃/20℃	3.0gm ⁻²	7.5		7.3		8.5		8.4		7.8	
		1.5gm ⁻²	7.5	—	7.5	25℃/25℃区 で減少	8.0	3.0gm ⁻² 区の 25℃/25℃区 で減少	8.3	—	8.4	—
	25℃/25℃	3.0gm ⁻²	7.1		7.0		7.9		8.3		7.9	
		1.5gm ⁻²	7.1		6.9		7.7		8.0		8.0	
	LSD		0.5		0.5		0.5		0.4		0.4	
温度区間				ns	**	**		ns		ns		
窒素施肥量区間				ns	ns	ns		ns		ns		
平均出葉 積算温度 （℃日 葉 ⁻¹ ）	30℃/20℃	3.0gm ⁻²	124		123		135	25℃/25℃区	128		142	25℃/25℃区 と30℃/20℃ 区の1.5gm ⁻² 区 で低下
		1.5gm ⁻²	117	—	113	—	128	の1.5gm ⁻² 区で 低下	117	1.5gm ⁻² 区で 低下	128	
	25℃/25℃	3.0gm ⁻²	130		127		138		128		126	
		1.5gm ⁻²	125		124		129		115		121	
	LSD		8.5		17.9		8.7		7.9		8.9	
温度区間				ns	ns	ns		ns		ns	**	
窒素施肥量区間				ns	ns	**		**		**	**	

温度、窒素施肥量：温度、窒素施肥量区間において有意な処理効果のみられた区を表示。LSD は最小有意差 (1%水準)。

**は1%水準で有意差あり、nsは有意差なし、—は効果なし。

あった30°C/20°C区と25°C/25°C区の温度区間で比較した場合、30°C/20°C区に比べ、夜温を高く設定した25°C/25°C区で出穂割合が高かった (第2表)。夜温の出穂への影響に関して、高夜温によって出穂が早まることが報告されている (羽生ら 1983)。また水稻の出穂性に関しては地域的に異なる特徴がみられ、感温性が出穂性に作用する比率も地域に分布する品種によって差異がみられる (細井 1981, Sakamoto and Toriyama 1967)。そこで、夜温に対する影響を育成地域別に比較すると、25°C/25°C区の出穂割合は北海道育成品種で高く、高知県育成品種・系統で低かった。このように夜温に対する影響には育成地域間で差が認められ、品種とさびかについては出穂に及ぼす温度の影響は小さかった (第3表)。なお、25°C/15°C区においては、播種から1300°C日までに出現した品種・系統はなかった。幼穂分化の限界温度は15°C前後と考えられ (西山 1985)、八柳・竹内 (1959) は幼穂が生育しうる最低温度を約18°Cと推定し、幼穂分化以降の正常な発育には20°C以上の気温が必要であると述べている。本試験では幼穂について詳細な調査は行っていないが、25°C/15°C区において播種から1300°C日までに出現しなかったのは、幼穂の発育が冷温 (ここでは夜間の15°C) により抑制され、出穂が遅延したためであると推察された。なお、出穂に及ぼす夜温の影響については再度検討する必要がある。

水稻の出穂に変動を与える栽培環境要因としては、温度 (大谷・白木 1942, 朝隈 1958, 羽生ら 1983, 滝田 1984) や日長 (朝隈 1958, 細井 1975, 滝田 1982) のほか、窒素施肥量 (大谷・白木 1949, 石塚・田中 1969, 細井 1975) が考えられる。本試験では温度以外に窒素施肥量に対する出穂反応も比較検討した。3.0 g m⁻² 区に比べ1.5 g m⁻² 区では播種から1300°C日までに出現した品種・系統数

が多かった (第2表)。育成地域別で比較すると北海道育成品種では、ほとんどにおいて出穂が早くなることが認められたのに対し、高知県育成品種・系統では明確な差がみられず、品種とさびかにおいては出穂に及ぼす窒素施肥量の影響は小さいことが認められた (第3表)。

播種から出穂までの積算温度で品種・系統間の早晩性を比較すると、北海道、東北 (ユメコガネ)、関東～中国育成品種 (日本晴, 愛国) に比べ、品種とさびか、衣笠早生は積算温度が低く、それぞれ1057～1078°C日、1004～1095°C日で出穂した。このように品種とさびか、衣笠早生は、播種からの日平均気温の積算値が低い品種であり、播種からの日平均気温の積算値が1000°C日以上に達すれば出穂することが判明した (第3表)。

2. 品種・系統の早晩性と出穂関連形質

品種・系統間で認められた早晩性の差の要因を知るために出穂に関連すると考えられる形質 (以下、出穂関連形質) 間での相関関係をみた。その結果、播種から出穂までの積算温度と止葉展開までの積算温度との間には有意な正の相関関係がみられ、出穂の早晩は播種から止葉展開までの積算温度によって示すことができた (第1図)。さらに播種から止葉展開までの積算温度を最終主稈葉数と平均出葉積算温度の2要素にわけてみると、高知県育成品種・系統は、北海道、東北 (ユメコガネ)、関東～中国育成品種 (日本晴, 愛国) と平均出葉積算温度では大きな差はみられないが、最終主稈葉数が少ないことから播種から止葉展開までの積算温度が低いことが判明した (第2図)。

3. 出穂関連形質に及ぼす温度、窒素施肥量の影響

温度区間で比較すると、30°C/20°C区に比べ25°C/25°C

区は播種から 1300°C日までに収穫した品種・系統数が多く、また収穫が早くなる傾向が認められた (第 2, 3 表)。ここで収穫が早まった要因は、25°C/25°C区で最終主稈葉数が少なくなった、あるいは平均出葉積算温度が低くなったためであった (第 3 図, 第 4 表)。それらに対して、品種とさびかは温度区間における収穫の変動はみられず、最終主稈葉数および平均出葉積算温度に及ぼす温度の影響は小さいことが示された。温度に対する収穫反応は従来より感温性としてとらえられ、高緯度で栽培される北海道育成品種は高温で収穫が促進されることから、感温性が高いとされてきた。しかしながら、細井 (1975) は、温度に対する収穫反応を短日条件下で比較検討した結果から、北海道育成品種については真の感温性は小さいと述べている。感温性に関して、温度は花芽分化の開始に直接的に影響を与えるものではなく、その関与は栄養生長を通じての二次的な反応であり、花芽分化に対して特異的な作用をもつ日長効果とは異なっているとの見解がなされている (岡 1954, 鎌田・田村 1960, 菅 1976)。真の感温性については日長反応とともに判定すべきであり、今後検討する必要がある。

なお、本試験においては短期栽培用品種として育成されたフジヒカリを供試したが、播種から 1300°C日までには収穫しなかった。長峰ら (1982) によれば、フジヒカリは育苗期の日平均気温の積算値が 700°C日 (出芽期間を含めば 760°C日となる) 以上になれば幼穂を分化し、移植後、不時収穫が発生したことを報告している。本県の早期栽培では、移植時期が同じであれば、フジヒカリは極早生はつなのりとほぼ同時期となる 6 月終わりに収穫期をむかえる (中村ら 1993)。一方、品種とさびかは、はつなのりよりさらに 6 日程度、早熟である (亀島ら 1998)。播種方法や播種密度が長峰ら (1982) の報告と異なるので直接比較はできないが、本実験から、温度条件のみに限れば、品種とさびかはフジヒカリよりも積算温度が低い条件で幼穂が形成されると推察される。長峰ら (1982) は、フジヒカリの他 2 品種についても育苗中の日平均気温の積算値と苗齢による不時収穫の発生限界を示している。今後、品種とさびかに関しても播種量、窒素施肥など育苗条件を違えた場合での苗齢、温度と幼穂分化時期および生育段階について詳細に調査する必要がある。

窒素施肥量区間での比較において、3.0 g m⁻² 区に比べ 1.5 g m⁻² 区では播種から 1300°C日までに収穫した品種・系統数が多く、中でも北海道育成品種では、ほとんどにおいて収穫が早まることが認められた (第 3 表)。水稻の収穫に対する窒素の影響は、葉数や葉身長などの栄養生長を通じて関連する (大谷・白木 1949, 石塚・田中 1969)。ここで収穫が早まった要因は、1.5 g m⁻² 区で最終主稈葉数が少なくなった、あるいは平均出葉積算温度が低くなったためであった (第 4 図, 第 4 表)。それらに対して、品種とさびかでは有意な収穫の変動はみられなかった (第

3 表)。なお、品種とさびかにおいては、播種から止葉展開までの積算温度で有意な区間差がみられた (第 4 図)。これについて、最終主稈葉数や平均出葉積算温度の変動に関わると考えられた主稈総葉身長を窒素施肥量区間で比較したところ、品種とさびかの主稈総葉身長は 1.5 g m⁻² 区で 3 cm 程度短くなっていた。すなわち低窒素条件では葉身長が短くなることで平均出葉積算温度が低くなり、止葉の展開がやや早まったと考えられる。しかしながら、北海道、東北 (ユメコガネ)、関東～中国育成品種 (日本晴、愛国) と比較した場合、収穫に及ぼす影響は小さいと考えられた。

以上より、品種とさびかの収穫 (ここでは主稈収穫日) は、高知県内における 3 月～4 月に近い自然日長条件下では、昼夜温を違えた場合での温度、あるいは 1.5 から 3.0 g m⁻² 程度の範囲であれば窒素施肥量の影響を受けにくいことが判明した。また、主稈の収穫時期は播種からの積算温度によって推定できることも示唆された。本研究では、品種とさびかの収穫期を簡便に推定し、また他の報告との比較を行うため、日平均気温の単純な積算値を用いた。しかしながら、前報 (坂田ら 2002) において品種とさびかでは、播種からの有効積算温度 (基準温度: 10°C) が 469～543°C日で異常 (不時) 収穫が確認され、未発生区については、年次、苗の種類、移植時期を違えても播種後の有効積算温度が 800°C日以上に達すれば収穫することが示された。これらから、播種から幼穂分化、または異常 (不時) 収穫発生までのより正確な推定値を与えるためには無効温度を除いた有効積算温度について検討する必要がある。

今後は日長を考慮したうえでの収穫反応を品種間で比較検討し、感温性および基本栄養生長性を明らかにするとともに、異常 (不時) 収穫の発生要因を解明するため、幼穂の分化時期や生長に関する諸要因について、さらに研究を進める予定である。

謝辞: 本試験を実施するにあたり、高知県農業技術センター水田作物科内の方々からご指導、ご援助をいただいた。また本試験では高知大学農学部作物研究室各位に協力頂いた。ここに記して感謝を表する。

引用文献

- 朝隈純隆 1958. 水稻の収穫に関する生態的研究. (I 報) 2, 3 条件と収穫日数について. (II) 日本稲の基本栄養生長性, 感光性, 感温性に就いて. 日作紀 27: 61—66.
- 羽生幸夫・中條博良・吉田鎮雄 1983. 水稻における花成の短日感応に及ぼす気温の影響. 日作紀 52: 135—142.
- 細井徳夫 1975. 制御環境下におけるイネの収穫におよぼす日長・温度および窒素レベルの影響. 日作紀 44: 382—388.
- 細井徳夫 1981. 気象要因による水稻生育の変動性に関する研究. V. 日本の主要水稻品種の感温性, 感光性, 基本栄養生長性と収穫日数の制御要因の地域的特徴. 育雑 31: 239—250.
- 池上亘 1986. 高知県稲作技術史. 自費出版, 高知. 108—109, 246—249.

- 石塚善明・田中明 1969. 増訂改版 水稻の栄養生理. 養賢堂, 東京. 142.
- 鎌田悦男・田村親 1960. 野口弥吉編著, 開花の生理生態的研究. 養賢堂, 東京. 126.
- 亀島雅史・中村幸生・溝渕正晃・宇賀博之 1998. 水稻極早生系統「高育55号」の育成. 高知農技セ研報 7: 71-79.
- 長峰司・萩野幸治・和田学 1982. 水稻短期品種の箱育苗における不時出穂. 近畿中国農研 64: 12-17.
- 中村幸生・亀島雅史・宇賀博之・森田純行・野村庄二郎 1993. 水稻極早生新品種「はつなのり」の育成. 高知農技セ研報 2: 45-54.
- 西山岩男 1985. イネの冷害生理学. 北海道大学図書刊行会, 札幌. 206-207.
- 岡彦一 1954. 稲品種の感光性, 感温性及び生育日数の品種間変異, 栽培稲の系統発生的分化 (第3報). 育種 4: 92-100.
- 大谷義雄・白木実 1942. 水稻幼植物の異常環境に於ける品種特性の研究. 第1報 苗代期中の温度及び日長処理が水稻品種の不時出穂発現に及ぼす影響. 日作紀 14: 57-70.
- 大谷義雄・白木実 1949. 水稻の栄養生長より生殖生長への転換に関する環境条件. 育種研究 3: 19-23.
- Sakamoto, S. and K. Toriyama 1967. Studies on the breeding of . non-seasonal short duration rice varieties, with special reference to the heading characteristics of japanese varieties. Bull. Chugoku Agr. Exp. Stn., Series A. No. 14: 147-165.
- 坂田雅正・中村幸生 1998. 高知県における1998年の高温条件下での水稻生育反応. 日作四国支報 35: 22-23.
- 坂田雅正・亀島雅史・中村幸生・古味一洋・山本由徳 2002. 早期栽培用・極早生水稻品種とさびかに発生した異常(不時)出穂-発生状況とその形態および要因-. 日作紀 71: 446-454.
- 菅洋 1976. 北條良夫・星川清親編, 作物—その形態と機能—(上). 農業技術協会, 東京. 100-103.
- 滝田正 1982. 作期移動による日本水稻品種の出穂期変動の解明. 1. 自然日長の影響. 育種 32: 171-176.
- 滝田正 1984. 作期移動による日本水稻品種の出穂期変動の解明. 2. 自然温度と日長の影響. 育種 34: 57-61.
- 寺尾博・片山佃 1929. 水稻の不時出穂に関する研究. 農事試験報 1: 25-40.
- 八柳三郎・竹内徳猪 1959. 水稻品種の生態に関する研究 1959. III. 生殖生長における気温とその効率の関係. 日作紀 28: 164-168.

Heading Characteristics of the Extremely Early Rice Cultivar 'Tosapika' in Warm South-Western District in Japan—Effects of temperature on the heading—: Mototaka SAKATA^{1,2)}, Mayumi HIRAKAWA³⁾, Yoshinori YAMAMOTO³⁾ and Akira MIYAZAKI³⁾ (¹⁾Kochi Pref. Agr. Res. Cent., Nankoku 783-0023, Japan; ²⁾United Grad. Sch. of Agr. Coll., Ehime Univ., ³⁾Fac. Agr., Kochi Univ.)

Abstract: In 1998, the occurrence of premature heading was observed in the earlyseason culture field of cultivar 'Tosapika' in Kochi Prefecture. The effect of growing temperature after sowing on the heading of the extremely early rice cultivar 'Tosapika', bred in Kochi Prefecture was studied comparatively with 49 cultivars and lines bred in various regions from Hokkaido to Kyushu.

Pregerminated seeds were sown at a rate of one seed per pot in a stock-raising (kabumaki) pot which had a small hole at the bottom (2.5 cm depth) filled with nursery bed soil on March 10, 2000, which is the prevailing seedling time for the earlyseason culture in Kochi Prefecture. After seedlings emerged, kabumaki, pots were placed on containers, containing paddy soil with nitrogen at the rate of 1.5 g m⁻² or 3.0 g m⁻² and placed in the phytotron under natural light conditions with about 12 hours of day and night. Day (D) and night (N) temperatures were set at D/N of 30°C/20°C, 25°C/25°C or 25°C/15°C. Total accumulative temperature for the culture period was 1300°C days after sowing.

The percentage of headed cultivars by at the end of the culture period was highest in the plot exposed to 25°C/25°C with 1.5 g m⁻² nitrogen. Heading of the cultivars bred in Hokkaido were accelerated in the plot under 25°C/25°C and with 1.5 g m⁻²N. 'Tosapika' headed when the accumulated daily temperature was beyond 1000°C days. The heading was scarcely influenced by temperature and nitrogen level. Moreover, the accumulated temperature after sowing to flag leaf expansion was also lowest in 'Tosapika' among the headed cultivars, because of a fewer number of final leaves on the main stem in this cultivar. These two types accumulated temperature in 'Tosapika' were insensitive to temperature and nitrogen level, so it was suggested that the heading day of the main stem in this cultivar could be estimated by the accumulated daily temperature after sowing.

Key words: Cumulative temperature, Earliness of variety, Early season culture, Extremely early rice, Heading characteristics, Nitrogen application rate, Temperature, Tosapika.