

# 和歌山県における「キヌヒカリ」の品質低下要因の解析 (第1報) 移植時期が収量および品質に及ぼす影響

宮本芳城・川村和史<sup>1</sup>・梅本哲矢

和歌山県農林水産総合技術センター農業試験場

Analytical Studies of the Factors Affecting the Quality of Rice Cultivar 'Kinuhikari' in Wakayama.

(1) Effect of Transplanting Season on the Yield and Quality.

Yoshiki Miyamoto, Kazufumi Kawamura<sup>1</sup> and Tetsuya Umemoto

*Agricultural Experiment Station*

*Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries*

## 緒 言

和歌山県では、「キヌヒカリ」が1990年に奨励品種に採用され、県中部や北部の地域を中心に栽培されている。「キヌヒカリ」は、食味がよいことから栽培面積が増加し、2004年では作付面積が4,190haに達し、本県水稲作付面積の50%以上を占める主要品種となっている。しかし、この品種は心白粒、乳白粒など白未熟粒の発生が多く、1等米比率の低下が問題になっている。特に、1998年以降は、1等米比率が6年連続低く、その格付理由として心白粒、乳白粒など白未熟粒の混入が上位を占めている。

今野ら(1991)は、「ササニシキ」について良質安定生産のためには、登熟を高めることが重要であり、 $m^2$ 当たりの籾数を適正な範囲内に制御することが重要であると報告している。また、 $m^2$ 当たりの籾数が多い場合や登熟期の日射量が不足する条件では、高温条件で登熟低下を招きやすいことを報告している。水稲では、年次や地域により、登熟期が高温の場合、登熟不良となることが指摘されている(森田, 2000a, 2000b, 寺島ら, 2001)。また、乳白粒など白未熟粒の発生は、登熟初中期の高温や日射量が関係していることが知られている(長戸・江幡, 1965, 伊藤, 1979, 今野ら, 1991, 森田, 2000a, 2000b, 2002, 寺島ら, 2001)。和歌山県においても林ら(2000)は、水稲早期栽培では「キヌヒカリ」は、「ハナエチゼン」や「コシヒカリ」に比べて品質面で年次変動が大きく、登熟期が高温になると品質がやや劣ると指摘している。

そのため、「キヌヒカリ」における品質低下の主な原因となっている心白粒、乳白粒など白未熟粒の発生要因の究明および品質向上技術の確立が求められている。本研究では、和歌山県産米「キヌヒカリ」について心白粒、乳白粒など白未熟粒の発生要因を明らかにするため、移植時期と収量品質との関係を検討し、登熟初中期にあたる出穂後20日間の気温、日照時間、水温の影響について解析した。

## 材料および方法

### 試験1 移植時期が収量、品質に及ぼす影響

2001年~2004年の4年間、「キヌヒカリ」を供試し、農業試験場内の水田ほ場で第1表のとおり移

<sup>1</sup> 現在：那賀地域農業改良普及センター

植期を変えて試験した。4年間ともにペーパーポットに4～5粒は種し、市販の粒状培土を用いて20日間育苗した。栽植密度は、 $m^2$ 当たり16株(25cm×25cm)の手植えとした。施肥は、10a 当たり窒素成分で基肥5kg、穂肥5kg(2.5kg×2)とした。調査は2反復とし、それぞれの区において50株を坪刈りし、収量調査を行った。精玄米重は、1.8mmの米選機でくず米を除去した。精玄米重、穂数、千粒重、登熟歩合は実測し、 $m^2$ 当たりの籾数は精玄米重÷千粒重÷登熟歩合により算出した。なお、収量および収量構成要素における重量は水分15%に補正した。

白未熟粒は、収量調査を行った精玄米のなかから無作為に100粒ずつ取り出し、肉眼で3反復調査した。なお、白未熟粒は心白粒、乳白粒、腹白粒、背白粒および基部未熟粒の総称とし、青米やその他未熟粒は対象外とした。また、白色不透明部分の小さく、検査上整粒と判断されるものについても白未熟粒に含めた。検査等級および格付け理由の判定については、2001年は広島食糧事務所福山支所、2002～2004年は近畿農政局和歌山農政事務所(元大阪食糧事務所和歌山事務所)に依頼し、1(1等上)～9(3等下)および10(規格外)の10段階評価とした。

気象要因については、気温、日照時間が2001年～2004年の4年間とし、農業試験場の測定値、水温は2003年～2004年の2年間、ほ場に温度データロガー(TR-52)を設置し、測定したデータを用いた。

## 試験2 栽培条件が異なる現地における移植時期が収量、品質に及ぼす影響

2003年に、県中部に位置する日高地域を対象に「キヌヒカリ」を供試し、移植時期、栽培条件の異なる6カ所で現地試験を行った。現地試験における耕種概要は第2表のとおりとした。調査は2反復とし、それぞれの区において20株を坪刈りし、収量調査を行った。また、収量構成要素、白未熟粒の測定、検査等級および格付け理由の判定は試験1と同様の方法で行った。気温、水温は、ほ場に温度データロガー(TR-52)を設置し、測定した。なお、日高①、美浜①に温度データロガーを設置できなかったため、日高①は日高②、美浜①は美浜②の測定値を用いた。

第2表 現地ほ場における耕種概要

現地ほ場	移植日 月.日.	施肥量(N成分kg/10a)				備考
		基肥	追肥1	追肥2	合計	
日高①	4.18.	5.0	1.9(22)	1.9(15)	8.8	
日高②	4.15.	5.0	1.8(23)	2.5(16)	9.3	5月21日、少量の追肥
龍神	5.20.	5.0	0.9(19)	0.9(10)	6.8	
中津	6.2.	5.0	0.9(18)	0.9(8)	6.8	春に大量の堆肥投入
美浜①	6.10.	5.0	1.0(20)	1.0(7)	7.0	
美浜②	6.11.	5.0	0.9(20)	0.9(12)	6.8	

注) ( )内は出穂前日数を示す

施肥: 基肥 塩化燐安284 (12-18-14), N成分で5.0kg/10a

追肥 NK化成C-12 (16-0-20)

第1表 年次別移植時期

年次	移植時期(月.日.)		
2001	5.21.	6.11.	6.25.
2002	5.27.	6.11.	6.25.
2003	5.29.	6.9.	6.24.
2004	5.27.	6.11.	6.23.

## 結 果

## 試験1 移植時期が収量、品質に及ぼす影響

## 1 移植時期別にみた出穂期、成熟期の年次間差異関係

移植時期と出穂期の関係については、年次によって差が認められ、4年間のうち2001年、2002年は、5月下旬移植で7月下旬、6月10日前後の移植では8月8～9日、6月下旬の移植では8月15～16日であった。また、成熟期は、5月下旬移植が8月31日～9月4日、6月10日前後の移植が9月14～16日、6月下旬移植では9月26～27日であった。一方、2003年の出穂期は、5月29日移植が8月7日、6月9日移植が8月11日、6月24日移植では8月16日で、5月29日移植、6月9日移植において他の年次に比べて遅かった。2003年の成熟期は、5月29日移植が9月10日と他の年次に比べて遅れたが、6月9日移植では9月14日で他の年次と比べてほぼ同じ、6月24日移植では9月22日と他の年次に比べてやや早かった。2004年は、5月27日移植、6月11日移植では出穂期、成熟期ともに2001年、2002年と同時期であったが、6月23日定植では出穂期が8月20日、成熟期が9月29日とやや遅かった（第3表）。

第3表 移植時期が生育に及ぼす影響

年次	移植時期 (月.日.)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	出穂期 (月.日.)	成熟期 (月.日.)	登熟日数 (日)
2001	5.21.	80.1	18.5	7.26.	8.31.	36
	6.11.	87.8	19.2	8.8.	9.14.	37
	6.25.	85.9	19.1	8.16.	9.27.	42
2002	5.27.	81.4	18.2	7.31.	9.4.	35
	6.11.	89.7	18.1	8.9.	9.16.	38
	6.25.	85.3	18.2	8.16.	9.26.	41
2003	5.29.	89.8	19.0	8.7.	9.10.	34
	6.9.	86.8	18.5	8.11.	9.14.	34
	6.24.	88.7	19.2	8.16.	9.22.	37
2004	5.27.	76.8	18.0	7.29.	9.4.	37
	6.11.	79.8	17.2	8.8.	9.15.	38
	6.23.	81.6	18.2	8.20.	9.29.	40

注) 品種：キヌヒカリ，ペーパーポット育苗(20日苗)，4～5本/株，手植え  
 場所：農業試験場内水田ほ場，栽植密度：16.0株/㎡(25cm×25cm)  
 施肥：基肥 塩化燐安284 (12-18-14)，N成分で5.0kg/10a  
 追肥 NK化成C-12 (16-0-20)，N成分で2.5kg/10a×2回

## 2 移植時期が収量に及ぼす影響

年次別の移植時期と収量および収量構成要素との関係を第4表に示した。4年間を通して、移植時期の早い5月下旬移植が他の移植時期に比べて一穂粒数および㎡当たり粒数が少なかったが、千粒重が重く、登熟歩合が高くなる傾向がみられた。しかし、これらの収量構成要素について年次によって異なる傾向を示す年もあった。穂数、精玄米重については年次に

第4表 移植時期が収量および収量構成要素に及ぼす影響

年次	移植時期 (月.日.)	精玄米重 (kg/a)	穂数 (本/㎡)	一穂粒数 (粒)	総粒数 (千粒/㎡)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
2001	5.21.	65.1	367	84.4	30.9	23.2	90.8
	6.11.	66.5	365	89.8	32.8	24.1	84.2
	6.25.	56.5	365	93.0	33.9	22.1	75.4
2002	5.27.	66.0	400	74.5	29.8	24.2	91.5
	6.11.	66.2	390	82.9	32.3	23.5	86.9
	6.25.	63.5	364	83.0	30.1	23.7	89.0
2003	5.29.	60.0	306	111.1	34.0	23.9	73.8
	6.9.	58.0	365	98.4	35.9	22.7	71.2
	6.24.	58.2	347	103.2	35.8	21.9	74.2
2004	5.27.	61.4	361	79.5	28.7	23.2	92.1
	6.11.	65.4	376	85.1	32.0	22.7	89.9
	6.23.	59.4	330	95.2	31.4	21.9	86.4

(注) 重量は水分15%に補正，精玄米重は1.8mmでふるい選した値を示す

より傾向が大きく異なり、移植時期との関係は認められなかった。年次間でみると移植時期に関係なく、2003年が他の年次と比べて登熟歩合が低く、精玄米重が少なかった。

### 3 移植時期が品質に及ぼす影響

年次別、移植時期別の検査等級と格付け理由、白未熟粒発生率を第5表に示した。2001年、2002年および2004年の検査等級は、いずれの年も移植時期の早い5月下旬移植で最も評価が低かった。また、6月10日前後の移植、6月下旬の移植では、一定の傾向がみられなかった。この傾向は、2002年で大きく、5月27日区が7.8（3等米）に対して、6月11日区、6月25日区ではそれぞれ2.5、1.8（ともに1等米）であり、格付け理由は心白粒であった。一方、2003年では、検査等級は、5月29日区、6月9日区および6月24日区がそれぞれ4.0、5.0、4.0（ともに2等米）であった。格下げ理由は、5月29日区が心白粒、6月9日区がその他未熟粒、6月24日区が乳白粒であった（第5表）。

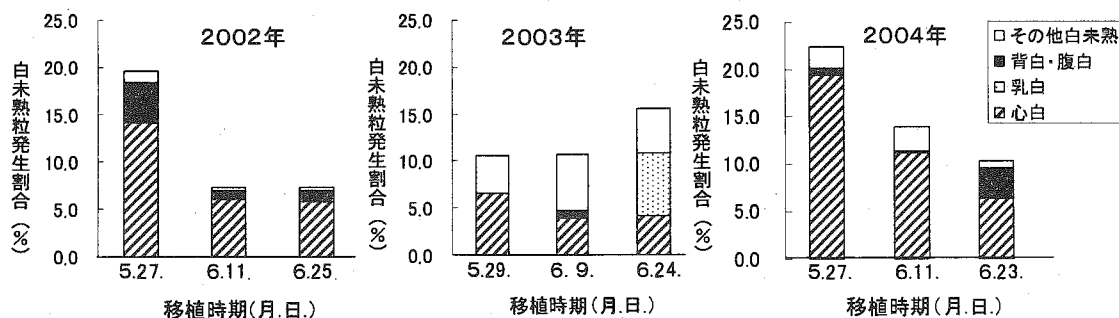
移植時期と白未熟粒発生割合の関係については、2001年、2002年および2004年では5月下旬移植で19.6～27.4%で最も高く、6月10日前後の移植では7.1～14.0%、6月下旬移植では7.1～17.0%であった。一方、2003年は、5月29日移植区で10.5%、6月9日区10.6%、6月24日区15.6%で他の年次とは異なる結果となった（第6表）。

白未熟粒の種類別発生割合についてみると、2002年はいずれの移植時期においても心白粒が最も多く、次いで腹白粒であった。また、2003年は、5月29日移植が心白粒、6月9日移植が心白粒と基部未熟粒などのその他白未熟粒、6月24日区では心白粒とその他未熟粒に加え、乳白粒の発生がみられた。2004年は、いずれの移植時期も心白粒が多く、5月27日移植、6月11日移植では基部未熟粒などのその他白未熟粒、6月23日移植では背白粒の発生がみられた（第1図）。

第5表 移植時期が玄米外観品質に及ぼす影響

年次	移植時期 (月.日.)	検査等級z (1~10)	格下げ理由z
2001	5.21.	8.7	心白, 基部未熟
	6.11.	4.7	心白, 充実度
	6.25.	6.0	充実度
2002	5.27.	7.8	心白
	6.11.	2.5	—
	6.25.	1.8	—
2003	5.29.	4.0	心白
	6.9.	5.0	その他白未熟
	6.24.	4.0	乳白
2004	5.27.	4.0	心白
	6.11.	3.5	心白
	6.23.	4.0	心白, 背白

注) z: 2001年は広島食糧事務所福山支所, 近畿農政局和歌山農政事務所(元大阪食糧事務所和歌山事務所)による検査: 1(1等上)~9(3等下)および10(規格外)の10段階で評価



第1図 移植時期と白未熟粒の種類別発生割合との関係

4 気象要因と白未熟粒発生割合との関係

出穂後20日間の気温は、2001年、2002年および2004年はいずれも移植時期の早い5月下旬移植で高くなった。なかでも、2001年5月21日移植と2002年5月27日移植では、この期間における温度が高く、日最高気温の平均はそれぞれ33.8℃と33.1℃、日最低気温の平均が23.5℃と24.2℃、日平均気温の平均で27.9℃、28.2℃に達した。一方、2001年6月25日移植では、この期間における温度が他の試験区と比べて著しく低かった。また、2003年は6月24日移植で最も高く、次いで6月9日移植、5月29日移植の順であり、他の年次とは全く逆であった（第6表）。

出穂後20日間の日照時間は、2001年、2002年および2004年はいずれも移植時期の早い5月下旬移植で高くなった。なかでも、2001年6月25日移植の日平均日照時間は4.2時間であり、他の試験区と比べて著しく短かった。

一方、2003年は6月24日移植で最も高く、次いで6月9日移植、5月29日移植の順であり、他の年次とは全く逆であった（第6表）。

出穂後20日間の気温と白未熟粒発生割合の関係をより明らかにするため、2001年6月25日移植のデータを除外して解析を行った。その結果、この時期の気温と白未熟粒発生との関係があり、日平均気温の平均、日最高気温の平均、日最低気温の平均と白未熟粒発生割合との相関係数は、それぞれ  $r = 0.72$ 、 $0.94$ （ともに1%水準で有意）、 $0.65$ （5%水準で有意）となった。特に、出穂後20日間の日最高気温の平均が高かった4試験区（2001年5月21日移植、2002年5月27日移植、2003年6月24日定植、2004年5月27日定植）の白未熟粒発生割合は、15.6～27.4%であり、非常に高かった（第6表、第2図）。また、2001

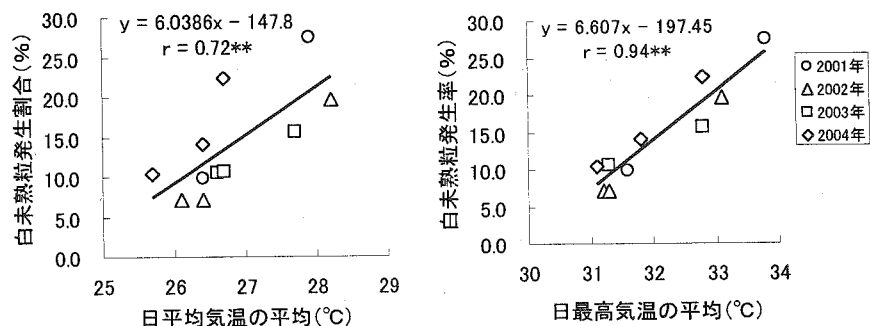
第6表 移植時期と出穂後20日間の気象要因、白未熟粒発生割合との関係

年次	移植時期 (月.日.)	出穂後20日間の平均				白未熟粒発生割合 (%)z
		日平均気温 (°C)	日最高気温 (°C)	日最低気温 (°C)	日照時間 (時間/日)	
2001	5.21.	27.9	33.8	23.5	6.8	27.4
	6.11.	26.4	31.6	22.3	4.9	9.8
	6.25.	24.5	29.4	20.5	4.2	17.0
2002	5.27.	28.2	33.1	24.2	7.3	19.6
	6.11.	26.4	31.2	22.2	5.6	7.1
	6.25.	26.1	31.3	21.6	5.8	7.1
2003	5.29.	26.6	31.3	22.9	5.2	10.5
	6.9.	27.7	31.3	22.9	5.3	10.6
	6.24.	25.3	32.8	23.4	6.7	15.6
2004	5.27.	26.7	32.8	22.5	7.2	22.4
	6.11.	26.4	31.8	22.3	7.0	14.0
	6.23.	25.7	31.1	21.9	5.4	10.3
白未熟粒発生割合との相関係数y		0.72**	0.94**	0.65*	0.76**	

注) z: 白未熟粒発生割合: 調査は、肉眼で100粒ずつ3反復行い、乳白、心白、腹白、背白、基部未熟粒等を対象とし、青未熟粒や被害粒は除いた。なお、乳心白等で白色不透明部分が小さく整粒と判断されるものも白未熟粒に含めた。

y: 2001年6月25日移植を除くデータで解析

\* 5%, \*\*1%水準で有意



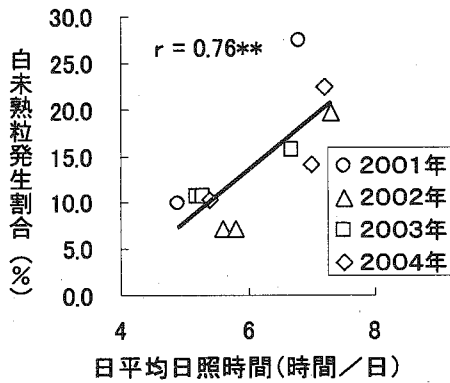
第2図 出穂後20日間の日平均気温の平均および日最高気温の平均が白未熟粒発生との関係

\*\*1%水準で有意

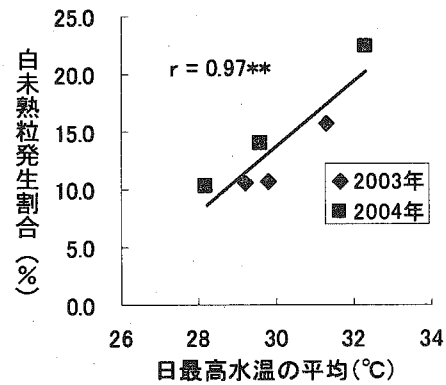
年6月25日移植では、この期間の温度が高くなかったが、白未熟粒発生割合が17.0%と高かった。

出穂後20日間の日平均日照時間と白未熟粒発生割合の相関係数は  $r = 0.76$  (1%水準で有意) であり、この期間の日照時間が長いほど白未熟粒発生割合が高くなる傾向があった。しかし、2001年6月25日移植ではこの期間の日照時間が非常に短く、白未熟粒発生割合が17.0%と高かった(第6表、第3図)。

2003年、2004年における出穂後20日間の水温と白未熟粒発生割合について第7表に示した。2年間を通して出穂後20日間の水温は、日平均水温の平均で25.7~28.5℃、日最高水温の平均で28.2~32.3℃、日最低水温の平均で23.9~25.8℃の範囲内であった。2003年では移植時期による差がほとんどなく、日平均水温の平均、日最高水温の平均が移植時期の最も遅い6月24日移植でやや高くなった。一方、2004年では5月27日移植が最も高く、次いで6月11日移植、6月23日移植の順に低くなり、異なる傾向を示した。2年間を通してこの時期の水温と白未熟粒発生との関係を見ると、日平均水温の平均、日最高水温の平均、日最低水温の平均と白未熟粒発生割合との相関係数はそれぞれ  $r = 0.99$ ,  $0.97$  (ともに1%水準で有意) と高く、日最低水温の平均と白未熟粒発生割合との相関係数は  $r = -0.51$  であった(第6表、第4図)。



第3図 出穂後20日間の日照時間と白未熟粒発生割合との関係  
\*\*1%水準で有意



第4図 出穂後20日間の日最高水温の平均と白未熟粒発生との関係  
\*\*1%水準で有意

第7表 移植時期と出穂後20日間の水温、白未熟粒発生割合との関係

年次	移植時期 (月.日.)	出穂後20日間の平均			白未熟粒 発生割合 (%) <sub>z</sub>
		日平均水温 (°C)	日最高水温 (°C)	日最低水温 (°C)	
2003	5.29.	26.3	29.2	24.1	10.5
	6.9.	26.3	29.8	23.9	10.6
	6.24.	26.9	31.3	23.9	15.6
2004	5.27.	28.5	32.3	25.8	22.4
	6.11.	26.5	29.6	24.4	14.0
	6.23.	25.7	28.2	24.0	10.3
未熟粒発生割合 の相関係数 <sub>y</sub>		0.99**	0.97**	-0.51	

注) z: 白未熟粒発生割合: 調査は、肉眼で100粒ずつ3反復行い、乳白、心白、腹白、背白、基部未熟粒等を対象とし、青未熟粒や被害粒は除いた。なお、乳心白等で白色不透明部分が小さく整粒と判断されるものも白未熟粒に含めた。

y: \* 5%, \*\* 1%水準で有意

### 試験2 栽培条件の異なる現地における移植時期が収量、品質に及ぼす影響

2003年の調査では、各現地ほ場の出穂期は、4月中旬に移植した日高①、②が7月13～14日、6月上旬移植の中津が8月7日、龍神8月8日、美浜①、②が8月10日であった。また、刈取期は日高①、②が8月19日、龍神9月11日、中津、美浜①、②が9月16日であった。

収量(精玄米重)は、龍神以外のほ場では476.1～580.4kg/10aであり、ほ場による差が大きかった。また、龍神では、いもち病による被害が大きく、229.9kg/10aと極めて低かった。移植時期と収量構成要素との関係については、4月中旬移植の日高①、②が他のほ場に比べて穂数が多く、一穂粒数が少なかった。また、登熟歩合が高く、千粒重には大きな差がみられなかった(第8表)。

第8表 現地ほ場の栽培条件が収量および収量構成要素に及ぼす影響(2003)

ほ場	出穂期 (月.日.)	刈取期 (月.日.)	精玄米重 (kg/10a)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂粒数 (粒)	総粒数 (千粒/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
日高①	7.13.	8.19.	516.2	456	71.6	32.6	22.1	71.6
日高②	7.14.	8.19.	580.4	421	78.1	32.9	22.5	78.4
龍神	8.8.	9.11.	229.9	233	97.2	22.6	22.4	45.4
中津	8.7.	9.16.	-	-	-	-	-	-
美浜①	8.10.	9.16.	476.1	375	95.2	35.7	21.2	62.9
美浜②	8.10.	9.16.	557.1	413	100.1	41.3	22.0	61.3

注) -:未調査, 重量:水分15%に補正, 精玄米重:1.8mmでふるい選した値を示す

検査等級は、4月中旬移植の日高①、②で評価が高く、移植時期が最も遅かった美浜①、②が最も低かった。また、格下げ理由は、龍神が基部未熟粒の混入、中津、美浜①、②が心白粒の混入であった(第9表、第10表)。白未熟粒の種類別発生割合についてみると、龍神を除くすべての地域で心白粒が最も多かったが、龍神では基部未熟粒などその他の白未熟粒の割合が心白粒よりも多かった(第5図)。

出穂後20日間の気温は、4月中旬移植の日高①、②が、日平均気温の平均で24.9℃、日最高気温の平均で31.2℃、日最低気温の平均で20.1℃と最も低く、白未熟粒の発生割合は6.0～6.7%で他のほ場に比べて低かった。次いで龍神、中津の順で、美浜①、②が出穂後20日間の気温は最も高く、白未熟粒の発生割合も15.0～16.7%と高かった。この時期の気温と白未熟粒発生との関係があり、日平均気温の平均、日最高気温の平均、日最低気温の平均と白未熟粒発生割合との相関係数は、それぞれ  $r = 0.94$ ,  $0.98$  (ともに1%水準で有意)。

$r = 0.86$  (ともに5%水準で有意)と高く、この期間の気温が低いほど白未熟粒発生割合が低くなる傾向がみられた(第10表、第6図)。出穂後20日間の水温についても気温と同様の傾向がみられ、日平均水温の平均、日最高水温の平均、日最低水温の平均と白未熟粒発生割合との相関係数は、それぞれ  $r = 0.94$ ,  $0.95$ ,  $0.94$  (いずれも1%水準で有意)と高かった(第10表、第7図)。

第9表 現地ほ場の栽培条件が玄米外観品質に及ぼす影響(2003)

現地ほ場	検査等級z (1～10)	格下げ理由z
日高①	2.5	-
日高②	3.0	-
龍神	4.0	基部未熟粒等
中津	4.0	心白粒
美浜①	5.0	心白粒
美浜②	5.0	心白粒

注) z:近畿農政局和歌山農政事務所による検査  
1(1等上)～9(3等下)および10(規格外)の10段階評価

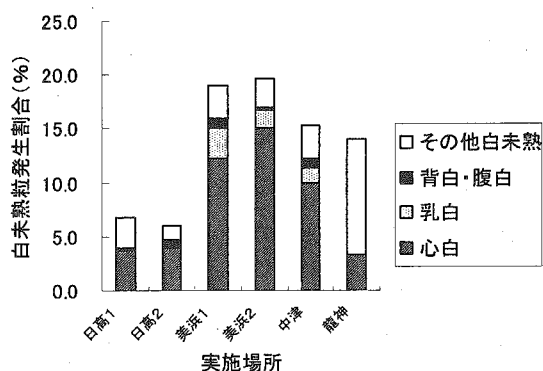
第10表 現地ほ場における移植時期と出穂後20日間の気温、水温および白未熟粒発生割合(2003)

ほ場	移植 時期 (月.日.)	出穂後20日間の平均			出穂後20日間の平均			白未熟粒 発生割合 (%) <sub>y</sub>
		日平均 気温(°C)	日最高 気温(°C)	日最低 気温(°C)	日平均 水温(°C)	日最高 水温(°C)	日最低 水温(°C)	
日高①z	4.18.	24.9	31.2	20.1	23.5	26.2	21.4	6.7
日高②	4.15.	24.9	31.2	20.1	23.5	26.2	21.4	6.0
龍神	5.20.	25.3	32.4	20.8	24.1	26.7	22.3	11.6
中津	6.2.	26.4	33.9	22.1	25.1	28.3	22.8	14.3
美浜①z	6.10.	27.2	34.0	23.1	26.2	28.8	24.2	15.0
美浜②	6.11.	27.2	34.0	23.1	26.2	28.8	24.2	16.7
未熟粒発生割合 の相関係数x		0.94**	0.98**	0.86*	0.94**	0.95**	0.94**	

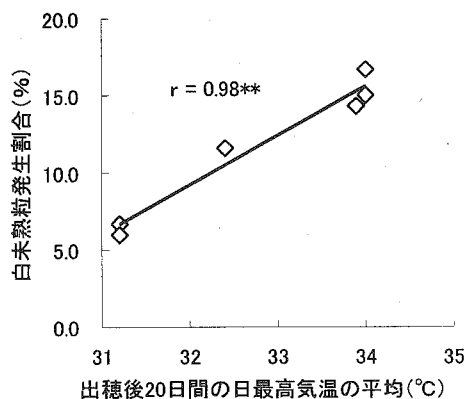
注) z: 日高①は日高②, 美浜①は美浜②の温度測定値を用いた.

y: 白未熟粒発生割合: 調査は, 肉眼で100粒ずつ3反復行い, 乳白, 心白, 腹白, 背白, 基部未熟粒等を対象とし, 青未熟粒や被害粒は除いた. なお, 乳心白等で白色不透明部分が小さく整粒と判断されるものも白未熟粒に含めた.

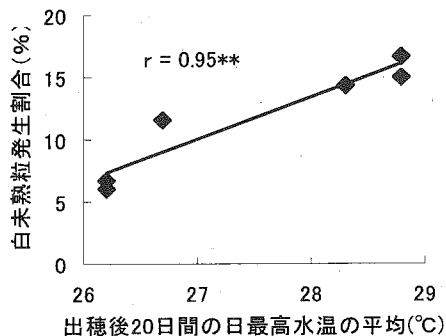
x: \* 5%, \*\* 1%水準で有意



第5図 栽培条件の異なる現地ほ場における移植時期と白未熟粒の種類別発生割合



第6図 栽培条件の異なる現地ほ場における出穂後20日間の日最高気温の平均と白未熟粒発生割合との関係(2003)  
\*\* 1%水準で有意



第7図 栽培条件の異なる現地ほ場における出穂後20日間の日最高水温の平均と白未熟粒発生割合との関係(2003)  
\*\* 1%水準で有意



## 考 察

「キヌヒカリ」について、育成地の成績では心白粒の発生が「コシヒカリ」や「大空」に比べて多いとされ（古賀ら，1989），本県において奨励品種に採用するときも，心白粒がやや発生しやすい特性を示していた（和歌山県農林水産部，1990）．しかし，心白の割合が，粒平面の2分の1以内であれば整粒として扱われることから，当時は「キヌヒカリ」の心白発生はこの範囲内におさまる品種特性であるとし，あまり問題視されることはなかったものと考えられる．しかし，近畿農政局農政事務所の検査結果によると，県内産「キヌヒカリ」の1等米比率が1998年以降，台風等の大きな被害がなかったにもかかわらず，2001年は39.5%，2002年は32.5%，2003年は26.3%，2004年は33.9%と低くなっている．また，2等以下に格付けされた理由として心白粒などの白未熟粒が1位になっており，「キヌヒカリ」における心白粒など白未熟粒発生は品質低下の要因として軽視できない状況となっている．

今野ら（1991）は，「ササニシキ」について良質安定生産のためには，登熟を高めることが重要であり， $m^2$ 当たりの籾数を適正な範囲内に制御することが重要であると報告している．また， $m^2$ 当たりの籾数が多い場合や登熟期の日射量が不足する条件では，高温条件で登熟低下を招きやすいことを報告している．

心白粒の発生について長戸・江幡（1956）は，心白粒は強勢穎花に多いこと，出穂前後の追肥で心白粒が増加することを示し，心白粒は一次成長の旺盛な粒に発生しやすく，出穂前後の好環境が心白粒発生を助長するとしている．1997年に九州北部の平坦地でみられた「ヒノヒカリ」の品質低下について，その原因は心白粒であり，強勢穎花に多く発生したこと，一穂籾数が少ない場合に心白粒の割合が多いことを指摘している（楠田・古畑，1999）．さらに，移植時期と心白粒発生との関係について，藪内・豊成（2000）は，徳島県において5月上旬から6月中旬の範囲では移植時期が遅いほど登熟期間の気温が粒の充実に適した温度に近くなり千粒重が重くなるのが一般的であることから，移植時期が遅いほど心白粒の発生が多くなるとの考えを示している．

本研究では，一穂籾数，千粒重と白未熟粒発生との関係は明らかではなかった．この理由として，心白粒，乳白粒，腹白粒，背白粒および基部未熟粒などすべての白未熟粒を対象としたこと，心白粒のなかに弱勢穎花に多くみられる心白状乳白粒を含めてしまったことが考えられる．また，本研究では2001年，2002年および2004年は，移植期が早い5月下旬移植で白未熟粒発生割合は高く，移植期が遅くなるほど低くなる傾向が認められた．これに対し，2003年では移植時期の最も遅い6月24日移植で白未熟粒発生割合は最も高くなり，移植時期と白未熟粒発生との関係は年次によって傾向が異なった．これは，この年は平年に比べて移植後8月中旬まで低温寡照で経過し，8月下旬以降高温多照の日が続いたためと思われる．このことから，平年並みの気象条件では移植時期と白未熟粒発生との関係が深く，移植時期を遅くすることが品質向上を進めるための一つの方法となることを示唆している．

気象要因と玄米品質との関係について，水稻の登熟適温は20～25℃の間にあり（伊藤，1979，森田，2000a），登熟初中期の温度や日照条件が白未熟粒の発生に大きく影響することが指摘されている（長戸・江幡，1965，伊藤，1979，今野ら，1991，森田，2000a，2000b，2002）．また，森田ら（2002）は，高夜温では乳白粒，背白粒および基白粒，高昼温では背白粒，基白粒に加えて心白粒，腹白粒の発生がみられたことを報告している．そして，寺島ら（2001）は，東北地方では1等米比率からみた被害拡大の限界温度として出穂後約20日間の平均で最高温度32℃，平均気温27～28℃以上の高温条件が提案されている．

本研究において，2001年6月25日移植の出穂後20日間は，他の試験区に比べて気温が低く，この期間の後半にあたる8月31日～9月上旬の日照時間が著しく短かった．この登熟期の気象条件が粒の充実不足を招き，白未熟粒発生割合が17.0%と高くなったものと考えられる．このことは，寺島ら（2001）は1999年の宮城や福岡の事例について，楠田・古畑（1999）は1997年の九州北部の事例について取りまとめ

この時期の日照不足が白未熟粒の発生に大きく関与していることを示しており、本研究結果と一致する。

そこで、本研究では、出穂後20日間の気象要因と白未熟粒発生割合との関係を明らかにするため、2001年6月25日移植のデータを除外して解析した。その結果、試験1では出穂後20日間の気温と白未熟粒発生割合との関係が深く、なかでも日最高気温の平均 ( $r=0.94$ )、日平均気温の平均 ( $r=0.72$ )、日平均日照時間 ( $r=0.76$ ) で高い相関が認められ、この期間の温度が高いほど、そして日照時間が長いほど白未熟粒の発生が増加する傾向にあった。この傾向は、試験2の栽培条件の異なる現地ほ場における温度でも認められ、日最高気温の影響が最も大きいと思われた。また、本研究では出穂後20日間の日平均気温の平均が27℃以上、日最高気温の平均が32℃以上、日最低気温の平均が23℃以上の温度条件では、白未熟粒発生割合が著しく増加し、大きな品質低下につながるということが明らかになった。一方、試験1で得られた近似式(日平均気温の平均は  $y=6.0386x-147.8$ ,  $y$ : 白未熟粒発生割合,  $x$ : 日平均気温の平均, 日最高気温の平均は  $y=6.607x-197.45$ ,  $y$ : 白未熟粒発生割合,  $x$ : 日最高気温の平均) から白未熟粒発生割合が10.0%以下になる温度条件を算出すると、この時期の日平均気温の平均が26.1℃以下、かつ日最高気温の平均が31.4℃以下となり、この条件を満たすことが品質向上を進めるための一つの条件になると考えられる。

さらに、本研究では試験1、試験2ともに出穂後20日間の日最高水温の平均、日平均水温の平均と白未熟粒発生割合との間で高い相関が認められた。これは、本研究が、この期間の日最低水温の平均が21.4℃以上、日平均水温の平均が23.5℃以上、日最高水温の平均が26.2℃以上でのものであり、高温時の品質向上のためには、この時期の水温をいかに抑えるかが重要であると思われた。

そこで、和歌山県農業試験場での観測データをもとに、気温が年並みに推移すると仮定し、「キヌヒカリ」の品質向上のための移植時期を推定した。「キヌヒカリ」の品質向上のためには、出穂後20日間の日平均気温の平均を26.1℃以下、かつ、日最高気温の平均を31.4℃以下にする必要がある。それには出穂期を8月15日以降に遅らす必要があり、このときの移植時期は6月21日以降であった。

本研究により、出穂後20日間の気温、水温と白未熟粒発生割合との関係について解析し、この時期の高温、高水温が県産米の品質低下の主たる要因の一つになっていることが明らかになった。将来、温暖化が予想されるなか、「キヌヒカリ」は、心白粒などの白未熟粒が発生しやすい特性を持っており、外観品質が重視される立場からみるとますます白未熟粒発生の問題が深刻になるものと思われる。施肥法、水管理などの栽培条件が白未熟粒発生割合に関係するとして報告もあり、こうした要因についても今後、検討することが必要であろう。また、地域によっては「キヌヒカリ」に代わる高温登熟性に優れた品種の導入を考えるべきであると思われる。

## 摘 要

県産米「キヌヒカリ」の品質低下の主な原因となっている心白粒など白未熟粒の発生要因を明らかにするため、移植時期と収量、品質との関係を検討し、登熟初中期にあたる出穂後20日間の気象要因の影響について解析した。

1. 移植時期と収量および収量構成要素との関係は明らかではなかった。
2. 移植時期と白未熟粒発生との関係は年次によって差がみられるが、移植時期は遅いほど白未熟粒の発生が減少する傾向が認められた。
3. 白未熟粒の発生と出穂後20日間の日最高気温の平均および日平均気温の平均との間に高い相関が認められ、この期間の温度が高いと白未熟粒の発生が増加した。また、この関係は栽培条件の異なる現地ほ場においても認められた。
4. 出穂後20日間の平均日照時間が長いほど白未熟粒発生割合が高くなる傾向がみられた。また、過度な日照不足は粒の充実不足を招き、白未熟粒の発生につながると考えられた。

5. 得られた近似式から「キヌヒカリ」の白未熟粒の発生を少なくするためには、出穂後20日間の日平均気温の平均を26.1℃以下、かつ日最高気温の平均を31.4℃以下にすることが有効であった。それには和歌山県北部の平坦地では出穂期を8月15日以降に遅らす必要があり、このときの移植時期は6月21日以降であった。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、日高地域農業改良普及センター並びに農家の方々に多大の御協力を賜り、深く感謝の意を表す。また、御指導をいただいた独立行政法人農業技術研究機構 近畿中国四国農業研究センターの栽培生理研究室の皆さんに厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 林恭弘・森下年起・山本浩之. 2000. 水稻早期栽培米の収穫時期に関する研究. 和歌山農林水技セ研報. 1: 139-145.
- 伊藤夫仁. 1979. 水稻登熟期の気温が収量並びに米質に及ぼす影響. 広島農試報告. 41: 1-8.
- 木戸三夫・梁取昭三. 1968. 腹白, 基白, 心白状乳白, 乳白米の穂上における着粒位置と不透明部のかたちに関する研究. 日作紀. 37: 534-538.
- 古賀義昭・内山田博士・佐本四郎・石坂昇助・藤田米一・奥野員敏・上原泰樹・中川原捷洋・堀内久満・三浦清之・丸山清明・山田利明・八木忠之・森宏一. 1989. 水稻新品種「キヌヒカリ」の育成. 北陸農試研報. 30: 1-24.
- 今野周・今田孝弘・中山芳明・宮野斉・三浦浩・高取寛・早坂剛. 1991. 登熟期の環境要因及び生育条件が水稻の登熟, 収量及び品質に及ぼす影響. 山形農試研報. 25: 7-22.
- 楠田幸・古畑昌巳. 1999. 北部九州の1997年産ヒノヒカリにおける心白粒の発生様相とその発生要因. 九州農業研究推進会議水田作推進部会編. 九州地域における1997年産水稻の品質低下の実態とその発生要因. 85-95.
- 森田敏. 2000a. 高温が水稻の登熟に及ぼす影響—人工気象室における温度処理実験による解析—. 日作紀. 69: 391-399.
- 森田敏. 2000b. 高温が水稻の登熟に及ぼす影響—作期移動実験と標高の異なる地点へのポット移動実験による解析—. 日作紀. 69: 400-405.
- 森田敏. 白土宏之・高梨純一・藤田耕之輔. 2002. 高温が水稻の登熟に及ぼす影響—高夜温と高昼温の影響の違いの解析—. 日作紀. 71(1): 102-109.
- 長戸一雄・江幡守衛. 1958. 心白米に関する研究, 第1報 心白米の発生. 日作紀. 27: 49-51.
- 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.
- 寺島一男・斎藤祐幸・酒井長雄・渡部富男・尾形武文・秋田重誠. 2001. 1999年の夏期高温が水稻の登熟と米品質に及ぼす影響. 日作紀. 70(3): 449-458.
- 和歌山県農林水産部. 1990. 主要農作物奨励品種決定査定資料. 水稻キヌヒカリ. 1-7.
- 藪内和男・豊成傑. 2000. キヌヒカリの心白粒発生に及ぼす移植時期および施肥法の影響. 徳島農試研報. 36: 1-6.

