

# 和歌山県における「キヌヒカリ」の品質低下要因の解析 (第2報) 中干し, 栽植密度, 施肥体系が収量および品質に及ぼす影響

垣内 仁・川西孝秀・森本哲矢<sup>1</sup>

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.  
(2) Effect of Midseason Drainage, Planting Density, and Method of Fertilizer Application on the Yield and Quality.

Jin Kakiuchi, Takahide Kawanishi, and Tetsuya Morimoto

*Agricultural Experimental Station  
Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries*

## 緒 言

和歌山県では 1990 年に奨励品種に採用された「キヌヒカリ」が、水稻作付面積の 50% 以上を占めている。「キヌヒカリ」は良食味である一方、心白粒などの白未熟粒の発生が多く、1 等米比率の低下が問題となっている。白未熟粒は子実の生長速度と子実へのデンプンの供給のバランスが崩れた場合に発生するとされ (小葉田ら 2004.)、登熟期初中期の高温で発生しやすい (長戸・江幡 1960, 小葉田ら 2005, 若松ら 2007)。前報では、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白未熟粒発生割合との間に高い相関が認められ、この期間の気温が高いと白未熟粒の発生が増加することを示した (宮本ら 2005)。この結果から、「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り、それには和歌山県北部平坦地では移植時期を 6 月 21 日以降として出穂期を 8 月 15 日以降に遅らせる必要があると結論した。

白未熟粒の発生は過剰な生育によっても助長され (長戸 1952)、単位面積当たり穎花数と白未熟粒発生割合との間に正の相関が認められている (井上ら 1997, 月森 2005)。また、心白粒は日照不足で発生するが (齊藤 1987, 福島ら 2000)、高温下でも登熟期の間引きにより子実の充実が回復することが示されている (Kobata *et al.* 2004)。登熟期における窒素不足も品質低下の一因とされ (坂田・高田 2006, 吉永・福田 2007)、生育中後期に葉色低下の顕著な水田で品質被害が大きい傾向が認められている (寺島ら 2001)。また、穂揃期の窒素含有量を高く維持した場合に白未熟粒の発生が軽減されたことも報告されている (寺島ら 2001)。しかし、登熟期の過剰な窒素施用は食味を低下させることが懸念される (近藤 2007)。

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、乳白粒などの白未熟粒の発生を抑え、高品質かつ良食味米の生産技術の確立が求められている。本研究では過剰生育抑制技術として中干しの時期や方法もしくは栽植密度が、「キヌヒカリ」の白未熟粒発生と食味に与える影響について検討した。また、高品質、良食味を両立する施肥体系について検討した。

<sup>1</sup>現在：エコ農業推進室

第1表 各処理区における中干し時期と溝切りの有無

処 理 区	中干し時期		溝 切 り
	2005年	2006年	
7月上中旬開始 (溝有)	7/ 8~7/27	7/13~7/31	有り
7月上中旬開始 (溝無)	7/ 8~7/27	7/13~7/31	無し
7月下旬開始 (溝有)	7/25~8/ 5	7/25~8/ 4	有り
7月下旬開始 (溝無)	7/25~8/ 5	7/25~8/ 4	無し

第2表 試験区の施肥体系 (試験3 ; 2006, 2007年)

年次	試験地	施肥体系	基肥	追肥Ⅰ		追肥Ⅱ	
			(月/日)	(月/日)	対出穂期日数(日)	(月/日)	対出穂期日数(日)
2006	農業試験場	施肥①	6/ 9	7/13	-29	8/ 3	-8
		施肥②	6/ 9	8/ 2	-9	8/14	+3
	天野	施肥①	5/16	7/ 7	-30	7/18	-19
		施肥②	5/16	7/18	-19	8/ 3	-3
2007	農業試験場	施肥①	6/ 8	7/20	-24	7/30	-14
		施肥②	6/ 8	7/27	-17	8/ 6	-7
		施肥③	6/ 8	7/20	-24	8/ 6	-7
	天野	施肥①	5/ 1	—	—	7/24	-15
		施肥②	5/ 1	—	—	8/ 3	-5
		施肥③	5/ 1	—	—	8/ 3	-5

注) 対出穂期日数は-が出穂前日数, +が出穂後日数を示す。

## 材料および方法

### 1 中干しの時期および溝切りの有無が収量、品質に及ぼす影響 (試験1)

2005年と2006年に「キヌヒカリ」を供試し、農業試験場内の水田圃場で行った。2005年は5月23日に播種、6月13日に移植、2006年は5月22日に播種、6月12日に移植した。栽植密度は30×18cm (18.5株/m<sup>2</sup>)とし、稚苗を機械移植した。2005年の施肥は基肥N 0.4kg/a (速効性化成肥料 (12-18-14)による)、追肥N 0.2kg/a (速効性化成肥料 (16-0-20)による)×2回とした。2006年は基肥N 0.5kg/a、追肥N 0.25kg/a×2回とした。

各年次の処理区における中干し時期は第1表のとおりである。溝切りは自走式水田用溝切り機を使用して、中干し開始時に処理区の周縁部および処理区内に約5m間隔で南北および東西方向に深さ約5cmの溝を切った。2005年の7月上中旬中干し期間中には185.0mm、2006年の7月上中旬中干し期間中には41.5mmの降雨があり、中干し期間が長くなった。しかし、いずれの処理区も田面にひび割れが認められる程度の中干しを行えた。

生育、収量調査は各処理区3カ所でそれぞれ連続する20株を用いて行った、品質調査もそのサンプルを用いた。玄米収量、千粒重は水分15%に換算して算出した。外観品質の調査は、穀粒判別機(RGQI10A, (株)サタケ)により行った。また、食味は白米を近赤外線分析装置ニレコ6500により分析した。

### 2 栽植密度が収量および品質に及ぼす影響 (試験2)

2005年と2006年に「キヌヒカリ」を供試し、農業試験場内の水田圃場で行った。2005年は5月23日に播種、6月13日に移植、2006年は5月22日に播種、6月12日に移植した。2005年の施肥は基肥N 0.4kg/a、追肥N 0.2kg/a×2回とした。2006年は基肥N 0.5kg/a、追肥N 0.25kg/a×2回とした。

栽植密度は30×16cm (20.8株/m<sup>2</sup>)、30×18cm (18.5株/m<sup>2</sup>)、30×22cm (15.2株/m<sup>2</sup>)の3段階とし、機械移植した。各処理2反復とした。生育、収量、品質、および食味の調査は試験1と同様に行った。

第3表 中干しの時期と溝切りの有無が生育に及ぼす影響

年次	処 理 区	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)
2005	7月上中旬開始(溝有)	8/8	9/12	77.0	18.5
	7月上中旬開始(溝無)	8/8	9/12	77.6	18.3
	7月下旬開始(溝有)	8/8	9/12	80.6	18.4
	7月下旬開始(溝無)	8/8	9/12	81.8	18.8
2006	7月上中旬開始(溝有)	8/11	9/13	71.1	18.0
	7月上中旬開始(溝無)	8/11	9/13	71.2	18.3
	7月下旬開始(溝有)	8/11	9/13	71.4	17.3
	7月下旬開始(溝無)	8/11	9/13	73.8	17.3

注) 品種：キヌヒカリ

2005年：5/23播種，6/13移植、2006年：5/22播種，6/12移植

施肥(2005年)：(基肥)塩加燐安284(12-18-14)－N成分0.4kg/a  
(追肥)NK化成C-12(16-0-20)－N成分0.2kg/a×2回

施肥(2006年)：(基肥)塩加燐安284(12-18-14)－N成分0.5kg/a  
(追肥)NK化成C-12(16-0-20)－N成分0.25kg/a×2回

### 3 施肥体系が収量および品質に及ぼす影響(試験3)

「キヌヒカリ」を供試し、農業試験場内およびかつらぎ町天野の水田圃場で行った。

2005年は緩効性肥料(一発肥)を利用した際の肥料の種類および追肥の効果について検討するため、基肥として2種類の緩行性肥料L(成分量14-14-14)およびC(成分量15-15-15)を用いた。基肥は両試験地ともN0.8kg/aとした。農業試験場は5月23日播種，6月13日移植，天野は5月3日播種，5月23日移植とした。栽植密度は農業試験場で30×18cm(18.5株/m<sup>2</sup>)，天野で30×15cm(22.2株/m<sup>2</sup>)とした。追肥区は速効性の化成肥料N(成分量16-0-20)を用い，農業試験場で7月22日と7月29日にそれぞれN0.2kg/a，天野で7月15日にN0.2kg/a施用した。農業試験場では各処理2反復，天野では反復無しとした。生育，収量，品質，および食味の調査は試験1と同様に行った。

2006年および2007年は施肥の玄米品質や食味に対するより直接的な影響を明らかにするため，速効性肥料を用いて施肥体系を検討した。

2006年は農業試験場で5月22日播種，6月12日移植，天野で4月29日播種，5月20日移植，2007年は農業試験場で5月23日播種，6月12日移植，天野で5月6日播種，5月26日移植とした。栽植密度は農業試験場で30×18cm(18.5株/m<sup>2</sup>)，天野で30×19cm(17.5株/m<sup>2</sup>)とした。2006年は両試験地とも基肥N0.5kg/a，追肥N0.25kg/a×2回，2007年は農業試験場で基肥N0.5kg/a，追肥N0.25kg/a×2回，天野で基肥N0.7kg/a，追肥N0.25kg/a×1回とした。2007年天野の基肥には速効性肥料K(12-14-12)を用い，他は基肥に速効性の化成肥料E(成分量12-18-14)，追肥に2005年と同じ化成肥料Nを用いた。第2表に試験区の施肥体系を示した。施肥①を標準とし，穂肥を2回とも遅らせた体系を施肥②，2回目の穂肥のみを遅らせた体系を施肥③とした(第2表)。農業試験場内は各処理2反復，天野は反復無しとした。生育，収量，品質，および食味の調査は試験1と同様に行った。

## 結 果

### 1 中干しの時期および溝切りの有無が収量，品質に及ぼす影響(試験1)

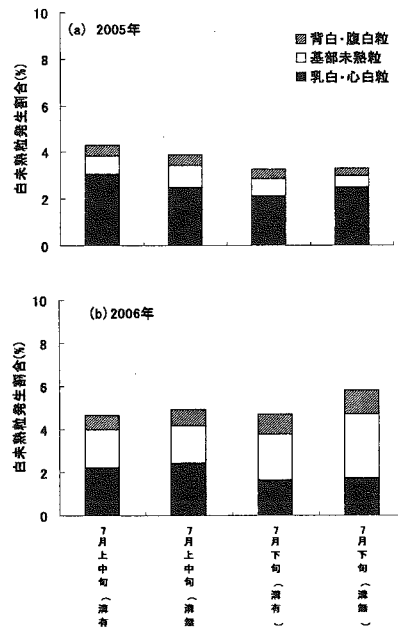
2005年の7月上中旬中干し開始区では中干し直後から降雨が続き，中干し期間が長くなった(第1表)。いずれの年次，中干し時期においても溝有り区の方が田面が速やかに乾いた。中干し時期および溝切りの有無は出穂期，成熟期に影響を及ぼさず，いずれの処理区も2005年は出穂期8月8日，成熟期9月12日，2006年は出穂期8月11日，成熟期9月13日となった(第3表)。2005年は7月下旬中干し開始区の方が7月上中旬中干し開始区よりも稈長が長くなり，2006年は7月上中旬中干し開始区の方が7月

下旬中干し開始区よりも穂長が長くなる傾向があったが、中干し時期および方法と生育との間に明確な関係は認められなかった。また、中干し時期および方法は、収量および収量構成要素に対して大きな影響を与えなかった（第4表）。白未熟粒発生割合は2005年よりも2006年の方が高くなった（第1図）。また、2005年は乳白・心白粒の割合が、2006年は乳白・心白粒および基部未熟粒の発生割合が高かった。しかし、両年とも中干し時期および溝切りの有無と白未熟粒発生割合との間に関係は認められなかった。

第4表 中干し時期と溝切りの有無が収量及び収量構成要素に及ぼす影響

年次	処理区	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	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 (%)
2005	7月上中旬開始（溝有）	111	56.3	274	99.1	27.1	23.7	83.6
	7月上中旬開始（溝無）	113	56.4	272	98.3	26.7	23.7	81.8
	7月下旬開始（溝有）	120	61.9	270	104.8	28.3	23.9	85.7
	7月下旬開始（溝無）	117	58.2	258	97.3	25.1	24.1	85.1
2006	7月上中旬開始（溝有）	122	45.1	294	94.8	27.9	22.5	90.7
	7月上中旬開始（溝無）	120	45.5	307	83.4	25.6	22.9	91.3
	7月下旬開始（溝有）	120	47.4	295	85.6	25.3	22.2	92.3
	7月下旬開始（溝無）	121	44.1	321	82.1	26.4	22.4	91.5

注) 玄米重、千粒重は1.8mmふるい選、水分15%換算値。



第1図 中干し時期および溝切りの有無と白未熟粒発生割合との関係  
注) 穀粒判別機(RGQ10A(株)サタケ)により判別

第5表 中干し時期および溝切りの有無が食味関連形質に及ぼす影響

年次	中干し時期・ 溝切りの有無	タンパク質含有率 (%)	食味値 (S-HON値)
2005	7月上中旬開始（溝有）	6.6	83.4
	7月上中旬開始（溝無）	6.8	82.4
	7月下旬開始（溝有）	7.0	82.0
	7月下旬開始（溝無）	7.2	81.8
2006	7月上中旬開始（溝有）	6.9	75.5
	7月上中旬開始（溝無）	7.1	77.9
	7月下旬開始（溝有）	7.0	77.8
	7月下旬開始（溝無）	6.9	80.9

注) 白米（搗精率91.5%）を近赤外線分析装置ニレコ6500で測定

食味値 (S-HON 値) は 2005 年よりも 2006 年の方がやや高い傾向にあった (第 5 表)。2005 年は 7 月上中旬中干し開始区よりも 7 月下旬中干し開始区の方がややタンパク質含有率は高かったが, 食味値に処理間差は認められなかった。2006 年はタンパク質含有率および食味値は処理間で大きな差は認められなかった。

## 2 栽植密度が収量および品質に及ぼす影響 (試験 2)

栽植密度は出穂期および成熟期に影響を及ぼさず, いずれの処理区も 2005 年は出穂期 8 月 8 日, 成熟期 9 月 12 日, 2006 年は出穂期 8 月 11 日, 成熟期 9 月 13 日となった (第 6 表)。稈長, 穂長とも 2005 年よりも 2006 年の方がやや短くなったが, 各年次の処理間に大きな差は認められなかった。兩年とも栽植密度が高いほど  $m^2$  当たりの穂数が多くなったが一穂粒数は少なくなり,  $m^2$  当たりの粒数は栽植密度によって大きく変化しなかった (第 7 表)。また, 千粒重および登熟歩合に処理間で差は認められなかった。玄米収量は兩年とも 18.5 株/ $m^2$  で最も多かったが, 次いで 2005 年は 20.8 株/ $m^2$ , 2006 年は 15.2 株/ $m^2$  が多かった。白未熟粒発生割合は 2005 年よりも 2006 年の方が高くなった (第 2 図)。また, 2005 年は乳白・心白粒の割合が, 2006 年は乳白・心白粒および基部未熟粒の発生割合が高かった。2005 年は 20.8 株/ $m^2$  区で最も白未熟粒発生割合が高く, 18.5 株/ $m^2$  区で最も低かった。2006 年は白未熟粒発生割合の処理間差は顕著でなかった。食味値 (S-HON 値) は 2006 年よりも 2005 年の方が高かったが, それぞれの年次で処理間に大きな差は認められなかった (第 8 表)。タンパク質含有率は年次, 処理に関わりなく, 7%程度であった。

第 6 表 栽植密度が生育に及ぼす影響

年次	栽植密度	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)
2005	15.2株/ $m^2$	8/8	9/12	81.1	18.5
	18.5株/ $m^2$	8/8	9/12	82.1	18.3
	20.8株/ $m^2$	8/8	9/12	81.8	18.6
2006	15.2株/ $m^2$	8/11	9/13	71.3	17.5
	18.5株/ $m^2$	8/11	9/13	70.7	17.3
	20.8株/ $m^2$	8/11	9/13	71.2	16.9

注) 品種: キヌヒカリ

2005年: 5/23播種, 6/13移植, 2006年: 5/22播種, 6/12移植

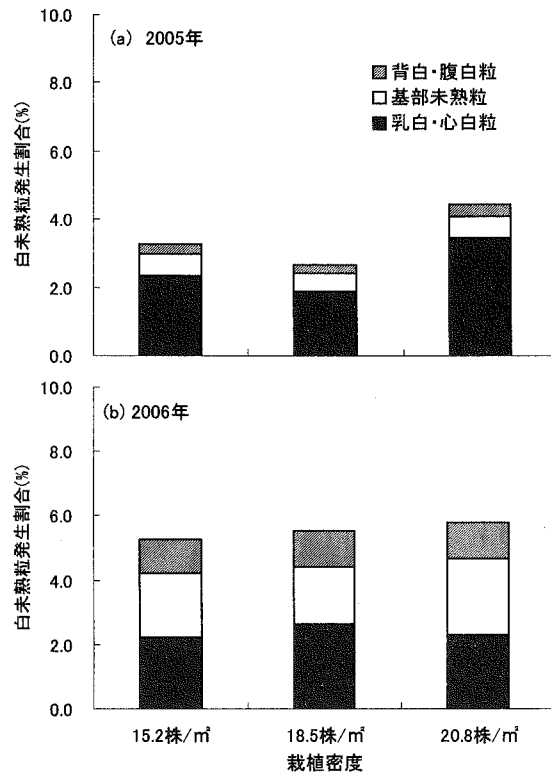
施肥 (2005年): (基肥) 塩加磷安284(12-18-14) - N成分0.4kg/a  
(追肥) NK化成C-12(16-0-20) - N成分0.2kg/a × 2回

施肥 (2006年): (基肥) 塩加磷安284(12-18-14) - N成分0.5kg/a  
(追肥) NK化成C-12(16-0-20) - N成分0.25kg/a × 2回

第 7 表 栽植密度が収量及び収量構成要素に及ぼす影響

年次	栽植密度	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	穂数 (本/ $m^2$ )	一穂粒数 (粒)	総粒数 (千粒/ $m^2$ )	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
2005	15.2株/ $m^2$	114	46.7	241	109.9	26.5	23.5	84.9
	18.5株/ $m^2$	128	52.1	280	102.9	28.7	23.7	85.5
	20.8株/ $m^2$	124	50.6	283	100.5	28.5	23.8	84.9
2006	15.2株/ $m^2$	113	40.2	288	86.2	24.8	22.3	90.4
	18.5株/ $m^2$	119	41.1	299	81.5	24.4	22.3	90.4
	20.8株/ $m^2$	115	38.5	322	77.3	24.9	22.3	91.0

注) 玄米重, 千粒重は1.8mmふるい選, 水分15%換算値。

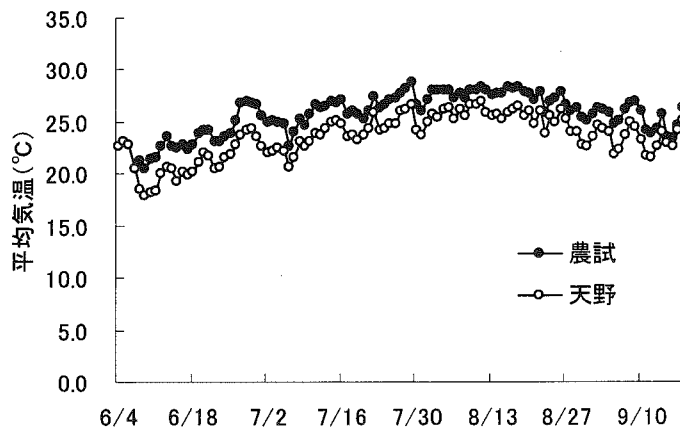


第2図 栽植密度と白未熟粒発生割合との関係  
注) 穀粒判別機(RGQ10A, (株)サタケ)により判別

第8表 栽植密度が食味関連形質に及ぼす影響

年次	栽植密度	タンパク質含有率 (%)	食味値 (S-HON値)
2005	15.2株/m <sup>2</sup>	7.0	83.1
	18.5株/m <sup>2</sup>	7.1	82.5
	20.8株/m <sup>2</sup>	7.1	82.4
2006	15.2株/m <sup>2</sup>	6.7	77.5
	18.5株/m <sup>2</sup>	7.0	76.4
	20.8株/m <sup>2</sup>	7.0	77.4

注) 白米(搗精率91.5%)を近赤外線分析装置ニレコ6500で測定



第3図 農業試験場および天野における日平均気温の推移  
2005年から2007年の平均値

### 3 施肥体系が収量および品質に及ぼす影響(試験3)

いずれの年次も天野よりも農業試験場の方が気温は高く推移し、水稻本田期間中の平均気温は2005年は1.5℃、2006年は3.3℃、2007年は3.1℃農業試験場の方が高かった(第3図)。

2005年から2007年における出穂期はそれぞれ農業試験場で8月8日、11日、13日、天野で8月1日、6日、8日、成熟期はそれぞれ農業試験場で9月12日、13日、13日、天野で9月13日、16日、15日だった(第9表)。いずれの試験地、年次においても施肥体系は出穂期および成熟期に影響しなかった。

第9表 施肥体系が生育に及ぼす影響

年次	試験地	施肥体系	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	
2005	農業試験場	L	8/8	9/12	78.7	17.8	
		L+追肥	8/8	9/12	81.7	19.4	
		C	8/8	9/12	77.7	17.8	
		C+追肥	8/8	9/12	77.4	18.6	
	天野	L	8/1	9/13	70.8	16.6	
		L+追肥	8/1	9/13	73.6	16.6	
		C	8/1	9/13	71.4	13.4	
		C+追肥	8/1	9/13	71.6	16.6	
2006	農業試験場	施肥①	8/11	9/13	71.2	17.9	
		施肥②	8/11	9/13	68.5	17.4	
	天野	施肥①	8/6	9/16	82.2	17.8	
		施肥②	8/6	9/16	68.8	17.2	
	2007	農業試験場	施肥①	8/13	9/13	73.9	18.0
			施肥②	8/13	9/13	72.8	17.0
施肥③			8/13	9/13	72.3	17.0	
天野		施肥①	8/8	9/15	73.7	16.1	
		施肥②	8/8	9/15	73.7	16.1	
		施肥③	8/8	9/15	69.6	15.0	

注) 品種：キヌヒカリ

耕種概要2005年：試験場-5/23播種，6/13移植 天野-5/3播種，5/23移植

基肥：L；LP100D-80(14-14-14)，C；セコートR77(15-15-15)をそれぞれ0.8kgN/a施用

追肥：NK化成C-12(16-0-20)による。試験場は窒素量で0.2kg/a×2回、天野は1回施用。

耕種概要2006年：試験場-5/22播種，6/12移植 天野-4/29播種，5/20移植

基肥：塩加燐安284(12-18-14)で0.5kgN/a

追肥：NK化成C-12(16-0-20)による。施肥時期は第2表のとおり

耕種概要2007年：試験場-5/23播種，6/12移植。天野-5/6播種，5/26移植

基肥：試験場-塩加燐安284(12-18-14)0.5kgN/a。天野-米一番(12-14-12)0.7kgN/a

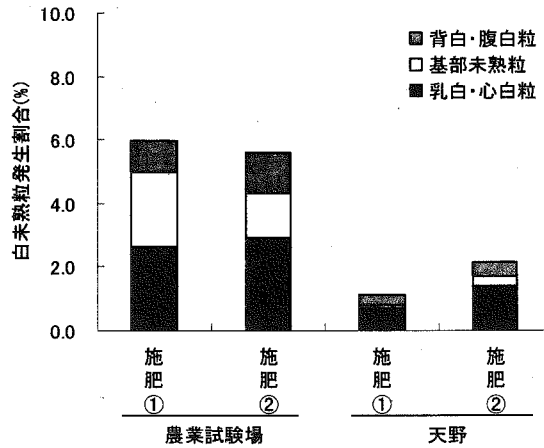
追肥：NK化成C-12(16-0-20)による。施肥時期は第2表のとおり

2005年の稈長はL+追肥区で長い傾向があった(第9表)。穂長は天野のL区を除いて、追肥を行った方が長くなった。精玄米重は緩行性肥料Lを施用した区では追肥を施用した方が、緩行性肥料Cを施用した区では無追肥の方が重かった。(第10表)穂数も同様の傾向であった。一穂粒数は農業試験場ではCよりもL区、無追肥よりも追肥区の方が多かったが、天野ではC区の方が多く、追肥の影響はL区でしか認められなかった。総粒数も同様の傾向であった。千粒重は試験場では施肥体系に影響されず、天野では追肥区の方がやや重かった。登熟歩合は試験場および天野のC区で追肥区の方が低くなった。

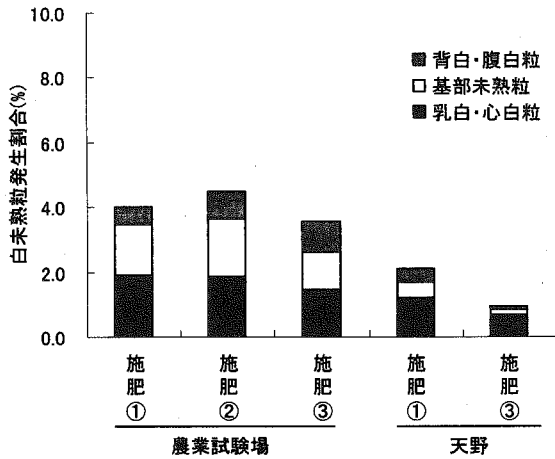
第10表 施肥体系が収量及び収量構成要素に及ぼす影響

年次	試験地	施肥体系	全重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	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 (%)	
2005	農業試験場	L	118	47.6	291	96.8	28.2	22.7	82.4	
		L+追肥	136	53.3	322	108.4	34.9	22.4	76.3	
		C	115	47.0	267	83.8	22.3	22.8	87.9	
		C+追肥	111	43.3	263	97.9	25.8	22.9	80.7	
	天野	L	120	48.5	344	73.4	25.3	21.6	82.3	
		L+追肥	142	61.2	378	79.9	30.2	22.1	90.6	
		C	130	57.7	402	89.8	36.1	21.6	93.8	
		C+追肥	130	54.9	369	89.3	32.9	22.2	89.3	
2006	農業試験場	施肥①	116	40.9	296	89.5	26.5	22.5	89.9	
		施肥②	109	37.1	285	77.1	21.9	22.6	90.8	
	天野	施肥①	116	50.2	301	91.7	27.6	22.6	93.9	
		施肥②	110	46.6	294	78.7	23.1	23.0	94.3	
	2007	農業試験場	施肥①	137	50.8	340	86.0	29.2	23.0	87.0
			施肥②	135	53.1	340	80.9	27.5	23.0	90.0
施肥③			135	49.5	340	77.8	26.5	22.6	86.2	
天野		施肥①	114	47.7	313	86.0	26.9	22.3	79.2	
		施肥②	114	47.7	313	86.0	26.9	22.3	79.2	
		施肥③	120	47.2	351	77.8	27.3	22.4	93.5	

注) 玄米重、千粒重は1.8mmふるい選、水分15%換算値。



第5図 施肥体系と白身樹粒発生割合との関係 (2006年)  
注) 穀粒判別機(RGQ110A,(株)サタケ)により判別



第6図 施肥体系と白身樹粒発生割合との関係 (2007年)  
注) 穀粒判別機(RGQ110A,(株)サタケ)により判別

第11表 施肥体系が食味関連形質に及ぼす影響

年次	試験地	施肥体系	タンパク質含有率 (%)	食味値 (S-HON値)
2005	農業試験場	L	6.6	85.5
		L + 追肥	7.2	79.2
		C	6.6	85.8
		C + 追肥	6.8	83.3
	天野	L	7.3	79.3
		L + 追肥	6.9	82.8
		C	6.6	85.7
		C + 追肥	7.7	79.6
2006	農業試験場	施肥①	7.0	78.0
		施肥②	7.3	73.5
	天野	施肥①	6.8	80.3
		施肥②	7.1	79.5
2007	農業試験場	施肥①	6.7	81.9
		施肥②	6.7	80.7
		施肥③	6.8	80.8
	天野	施肥①	6.5	84.1
		施肥②	6.7	83.0
		施肥③	6.7	83.0

注) 白米 (搗精率91.5%) を近赤外線分析装置ニレコ6500で測定

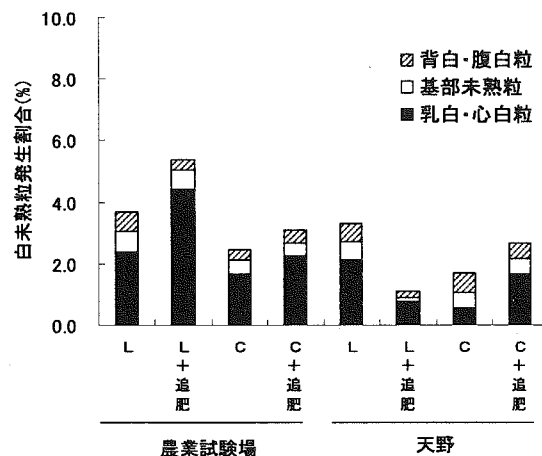


追肥のより直接的な影響を検討するため、速効性肥料を用いて試験を行った。出穂前25日と15日の穂肥を標準と考え、施肥①区を標準、施肥②は追肥を2回とも遅らせる区、施肥③は2回目の追肥のみを遅らせる区に設定した。しかし、2006年の農業試験場の施肥①区は出穂期29日前と8日前、施肥②区は9日前と3日後、天野の追肥①区は30日前と19日前、追肥②区は19日前と3日前となった(第2表)。2007年は概ね予定通りの施肥時期であった。

2006年の稈長は両試験地とも追肥を遅らせた施肥②区で短くなった(第9表)。穂長は処理間で大きな差は認められなかった。精玄米重は天野の方が多く、いずれの試験地でも施肥①の方が多かった。(第10表)。これは施肥①の方が一穂粒数が多く、 $m^2$ 当たりの総粒数が多くなったことによる。穂数、千粒重、登熟歩合の処理間差は小さかった。

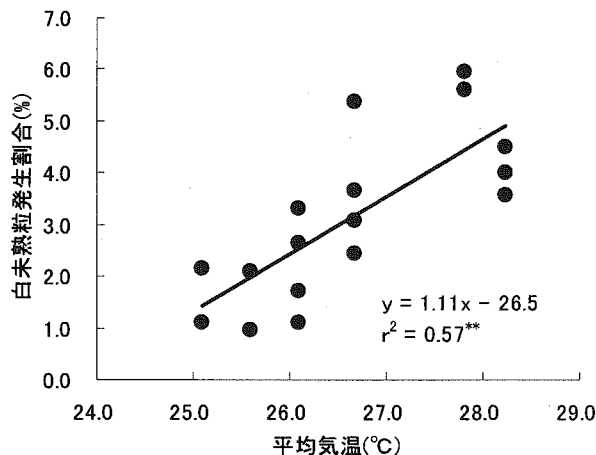
2007年は2回目の追肥を遅らせた施肥②、施肥③区で稈長および穂長が短くなる傾向があったが、農業試験場における処理間差は小さかった(第9表)。精玄米収量は農業試験場では施肥②がやや多い傾向があったものの、両試験地とも処理間差は大きくなかった(第10表)。一穂粒数は追肥を遅らせた区で少ない傾向があった。総粒数は農業試験場で施肥①区、天野で施肥③区が最も多かった。登熟歩合は天野では施肥③区が高かったが、農業試験場では処理間で大きな差は認められなかった。千粒重の処理間差は両試験地とも小さかった。

白未熟粒の発生は3カ年とも農業試験場よりも天野で低く(第4、5、6図)、出穂後20日間の平均気温と負の相関が認められた(第7図)。緩効性肥料(一発肥)施用した場合、白未熟粒発生に対する追肥の効果は天野のL区を除いて認められなかった(第4図)。速効性肥料で追肥の効果を検討した結果、1回目と2回目両方の追肥を遅らせた施肥②区では白未熟粒発生に対する追肥の効果は認められなかったが、1回目の追肥を標準と同時期とし、2回目の追肥を遅らせた追肥③区では白未熟粒発生割合が施肥①区(標準区)よりもやや低くなる傾向があった(第5、6図)。食味値は白米中のタンパク質含有と負の相関があった(第8図)。緩効性肥料を施用した場合に追肥を施用すると、天野のL区を除いて白米中のタンパク質含有率が高くなって食味値(S-HON値)がやや低下する傾向があった(第11表)。速効性肥料を基肥として用いた場合は2006年の試験場追肥②区食味値がやや低下したが、それ以外の区では食味値に大きな差は認められなかった。



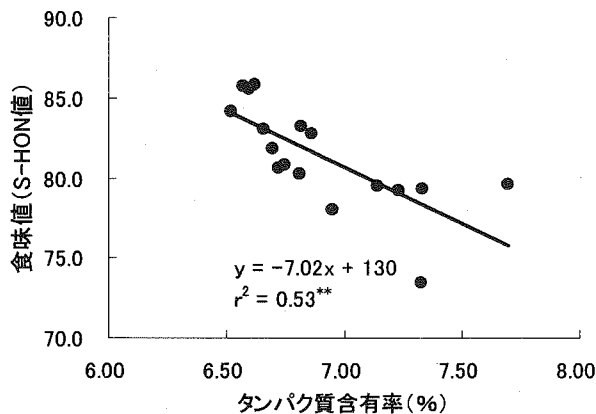
第4図 施肥体系と白未熟粒発生割合との関係(2005年)

注) 穀粒判別機(RGQ110A, (株)サタケ)により判別



第7図 出穂後20日間の平均気温と白未熟粒発生割合との関係

\*\*1%水準で有意



第8図 白米タンパク質含有率と食味値との関係

食味値は赤外分析装置(ニレコ6500)で91.5%搗精の白米を分析  
\*\*1%水準で有意

## 考 察

中干しは根の活力や分けつ、養分吸収の調整を行う技術として広く行われている(久保田, 1982)。しかし、当県では中山間地の山田で中干しが困難な水田や、低湿田で十分に中干しを行えていない水田がある。そこで、生育調整技術として、中干しの時期と溝切りの効果について検討を行った。溝切りにより田面はより速やかに乾いた。しかし、生育や収量、玄米の外観品質、食味に中干し時期や溝切りの有無は大きな影響を与えなかった。これは、いずれの処理区も最終的には十分な中干しを行ったため、穂数や  $\text{m}^2$  当たり籾数の処理間差が顕著に出なかったことが一因と考えられる。しかし、白未熟粒の発生は過剰な生育によって助長され、特にその影響は高温条件下で大きいことが示されており(長戸 1952, 井上ら 1997, 月森 2005)、できるだけ無効分けつを抑える水管理の励行が必要であると考えられる。

単位面積当たりの籾数が増えると白未熟粒の発生が増加する(今野ら 1991)。過剰な籾数を抑制し、受光態勢の改善を図るための技術として栽植密度について検討した。栽植密度が高いほど穂数は多くなったが一穂籾数が少なくなり、 $\text{m}^2$  当たり籾数は処理間で大きな差は認められなかった。本研究で行った  $15.2 \sim 20.8$  株/ $\text{m}^2$  の範囲内では栽植密度を低くしても籾数の抑制効果は低く、品質向上の効果は小さいと考えられた。ただし、いずれの年次も最も栽植密度の高い  $20.8$  株/ $\text{m}^2$  区で最も白未熟粒発生率が高かった。大橋ら(2006, 2007)は  $20.8$  株/ $\text{m}^2$  と  $10.4$  株/ $\text{m}^2$  を比較した結果、疎植により高温による玄米外観

品質の低下程度を小さくできる可能性を示唆したが、その効果は小さく、年次によっては認められなかった。以上のことから、過剰な密植栽培は無効分げつの増加や受光態勢の悪化を招いて品質低下の要因となる可能性はあるが、疎植栽培による白未熟粒発生抑制効果は小さいと考えられた。

近年、使用の増加している緩効性肥料は地温によって溶出パターンが影響を受け、高温年や地域では養分の溶出が早まって幼穂形成期以降の養分が不足する可能性がある。また、低温条件下では溶出不足が懸念される。登熟期の養分不足は白未熟粒の発生を助長すると考えられ(坂田・高田 2006, 吉永・福田 2007)、一発肥を用いた栽培であってもこの時期に追肥することによって白未熟粒の発生を抑制できる可能性がある。しかし、本研究では追肥によって籾数の増加、登熟歩合の低下が認められ、必ずしも収量増加、玄米外観品質向上にはつながらなかった。一方で白米中のタンパク質含有率を高め、食味を低下させる傾向が認められた。過剰な穂肥窒素量の増加は弱勢穎花の増加や乳白粒率の増加を招く場合もあり(月森 2005)、生育に見合った適正な穂肥の施用が白未熟粒発生の抑制に重要であることが指摘されている(坂田・高田 2006)。緩効性肥料はその溶出パターンが地温に影響されるため、肥料の種類や気象、水稻の生育パターンから適正な追肥を見極めることが必要であると考えられる。

1回目の穂肥を遅らせると収量が低下する傾向があった。出穂前30日から25日にかけては穂の大きさが決まる時期であり(星川 1975)、この時期の養分不足は収量低下につながる危険がある。2回目の追肥のみを遅らせた場合は収量に対する影響は小さく、白未熟粒の発生率は標準区に比べてやや低くなった。2006年の農業試験場施肥①区では2回目の追肥が遅れたことから、登熟期後半の窒素不足が起らず、施肥②区と白未熟粒に差が出なかったものと考えられた。また、天野では登熟期の気温が前報(宮本ら 2005)で定めた水準よりも低く白未熟粒の発生がもともと少なかったため、追肥による品質向上効果が小さかったと考えられる。白未熟粒発生割合と出穂後20日間の平均気温との間には正の相関が認められ、気温が高くなるほど白未熟粒発生割合が増加したが、施肥体系によっては白未熟粒発生割合の増加を抑えられる可能性があると考えられた。登熟期における窒素不足も品質低下の一因であり、白未熟粒の発生を抑制するために、穂肥をやや多めに施用して、穂揃期以降の葉色を高く維持する必要があることが示されている(坂田・高田 2006)。本研究では穂肥の量の検討は行わなかったが、穂肥をやや遅らせることによって穂揃期以降の養分不足を抑えられると考えられた。一方で、遅い穂肥は白米中のタンパク質含有率を増加させる傾向があり、食味低下の要因となる可能性もあった。本研究では白米中のタンパク質含有率7.1%以下ならば、食味値(S-HON)80以上となる関係がみられた。コシヒカリでは玄米タンパク含有率が7%以上で食味低下が認められるが、5.5~6%以下でも食味の評価が低下することが示されている(近藤 2007, 吉永・福田 2007)。食味のみを重視した施肥の削減や前進化は品質低下を招くばかりでなく、食味の低下も招く危険があるといえる。本研究の結果から、1回目の穂肥は慣行通りの出穂前25日とし、2回目の穂肥を出穂前7~5日まで遅らせることが高温条件下での品質向上に有効であると考えられた。また、出穂前7~5日程度の穂肥では食味を大きく低下させなかったため、食味と品質の両立も可能であることが示された。

栽培や気象条件によって発生する白未熟粒の種類が異なり(近藤 2007)、さらに品種間差があることが示されている(石崎 2005)。また、分げつ期の気象条件も白未熟粒発生に影響している可能性も示唆されている(坂田ら 2006, 高田ら 2006)。玄米外観品質を低下させる胴割れ粒の発生にも登熟期の高温が関わっていることも報告されている(長田 2006)。今後、さらなる県産米品質向上のためには、これら多くの要因と気象や土壌条件、品種等を含めた総合的な検討が必要である。

## 摘 要

「キヌヒカリ」において過剰生育を抑える技術として中干し方法と栽植密度について、また高品質と良食味を両立できる施肥体系について検討した。中干しについては6月上旬移植で、7月上中旬開始と

7月下旬開始および溝切りの有無を組み合わせで検討した。栽植密度については20.8, 18.5, 15.2 株/m<sup>2</sup>の3段階を検討した。施肥体系については2005年に緩効性肥料を用いた場合の追肥の効果について、2006年と2007年は速効性肥料を用いて追肥時期について検討した。

1. 中干しは溝切りを行った方が速やかに田面が乾いたが、最終的にはいずれの区も十分な中干しを行うことができ、生育、収量、品質、食味に大きな影響を及ぼさなかった。
2. 栽植密度については、過度の密植は品質低下を招く可能性があったが、15.2 株/m<sup>2</sup>程度の密度では白未熟粒の発生を抑制する効果はほとんど認められなかった。
3. 緩効性肥料を用いた場合に追肥を行っても必ずしも品質向上にはつながらず、白米中タンパク質含有率の増加、食味の低下を招く可能性があった。
4. 速効性肥料を用いた場合の追肥時期は収量、品質、食味面から1回目の穂肥を出穂前25日とし、2回目を出穂前7～5日とするのが良いと考えられた。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、多大なご協力を頂いた伊都振興局農業振興課並びに農家の方々に、深く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 福島裕助・許斐健治・石丸知道. 2000. 出穂後の遮光が「ヒノヒカリ」の心白粒発生に及ぼす影響. 日作九支報 66: 4-6.
- 星川清親. 1975. 穂の分化発達と茎葉の形状との関係. イネの生長, 農山漁村文化協会, 東京, 232-234.
- 石崎和彦. 2005. 水稻の高温登熟性の評価と品種間差異. 農業技術 60: 22-25.
- 井上健一・林恒夫・湯浅佳織・笈田豊彦. 1997. 良質良食味品種の収量・品質からみた物質生産の解析  
1. コシヒカリの登熟期間の物質生産が品質食味要因に及ぼす影響. 日作紀 66 (別2): 109-110.
- Kobata, T., and Uemuki, N. 2004. High temperatures during the grain-filling period do not reduce the potential grain dry matter increase of rice. *Agron. J.* 96: 406-414.
- 小葉田亨・植向直哉・稲村達也・加賀田恒. 2004. 子実への同化産物供給不足による高温下の乳白米発生. 日作紀 73: 315-322.
- 小葉田亨・月森弘・井上健一・寺島一男・飯田幸彦. 2005. 温暖化する気象条件下での早期栽培イネにおける品質・収量低下に対する技術的対応. 日作紀 74: 80-93.
- 近藤始彦. 2007. コメの品質, 食味向上のための窒素管理技術〔1〕水稻の高温登熟障害軽減のための栽培技術開発の現状と課題. 農及園 82: 31-34.
- 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.
- 久保田勝. 1982. 生育調整と水管理. 農業技術体系 作物編 2: 技 214 の 34-38.
- 宮本芳城・川村和史・梅本哲矢. 2005. 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. 和歌山県農林水技セ研報 6: 13-23.
- 長田健二. 2006. 高温登熟と胴割れ. 農及園 81: 797-801.
- 長戸一雄. 1952. 心白・乳白米および腹白の発生に関する研究. 日作紀 21: 26-27.
- 長戸一雄・江幡守衛. 1960. 登熟期の気温が水稻の稔実に及ぼす影響. 日作紀 28: 275-278.
- 大橋善之・大嶋優・吉岡善晴. 2006. 水稻「コシヒカリ」における疎植栽培, 穂肥施用時期および登熟期の高温が収量および玄米外観品質に及ぼす影響. 日作紀 75 別 1: 230-231.

- 大橋善之・大嶋優・吉岡善晴. 2007. 水稻「コシヒカリ」における疎植栽培, 穂肥施用量および登熟期の高温が収量および玄米外観品質に及ぼす影響. 日作紀 76 別 1 : 10-11.
- 斉藤満保. 1987. 登熟期の遮光程度が水稻の収量と玄米品質に及ぼす影響. 日作東北支部報 30 : 48-49.
- 坂田雅正・高田聖. 2006. 高知県における高温登熟による品質低下に対応する品種と技術開発. 農及園 81 : 102-109.
- 坂田雅正・高田聖・亀島雅史・山本由徳. 2006. 分けつ期の遮光または高温処理が水稻品種コシヒカリの玄米品質に及ぼす影響－圃場試験－. 日作紀 75 別 2 : 104-105.
- 高田聖・坂田雅正・亀島雅史・山本由徳. 2006. 分けつ期の遮光または高温処理が水稻品種コシヒカリの玄米品質に及ぼす影響－ポット試験－. 日作紀 75 別 2 : 106-107.
- 寺島一男・齋藤祐幸・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した影響. 日作紀 70 : 449-458.
- 月森弘. 2005. 温暖化する気象条件下での早期栽培イネにおける品質・収量低下に対する技術的対応. 1. 鳥根県における高温のイネ生産への影響と技術的対策. 日作紀 74 : 80-82.
- 若松謙一・佐々木修・上蘭一郎・田中明男. 2007. 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀 76 : 71-78.
- 吉永悟志・福田あかり. 2007. コメの品質, 食味向上のための窒素管理技術〔4〕東北地域における少肥による玄米低タンパク化の品質・食味への影響. 農及園 82 : 49-54.

