

## 登熟期の高温に適応する 水稻コシヒカリの品質向上を目指した穂肥施用技術

堀田悟・武久邦彦・北川照美・鳥塚智・下田星児\*

### Panicle Fertilizer Application to Improve Quality of Paddy Rice Variety *Koshihikari* Adapting to High Temperature during Ripening Period

Satoru HOTTA, Kunihiko TAKEHISA, Terumi KITAGAWA, Satoshi TORITSUKA and Seiji SHIMODA

キーワード: 高温, コシヒカリ, 玄米外観品質, 窒素動態, 穂肥

滋賀県の水稲主要品種である「コシヒカリ」において、登熟期が高温となる気象条件下においても生育後期の窒素栄養状態を適切に保ち、安定した収量、食味および玄米外観品質を得るための穂肥施用法について検討した。

- 1) 出穂期に近い穂肥施用は、光合成能の高い上位3葉身への穂肥窒素移行量が少ない上、初への移行量が多くなり、収量および食味を低下させる懸念があることから、穂肥は幼穂形成期14日後までに施用することが望ましい。
- 2) 穂肥の総窒素施用量  $3\text{gN/m}^2$  は、気象(2008年:登熟期が高温, 2009年:登熟期が低温)や作土土性(砂壤土および埴壤土)が異なる条件でも、精玄米重は1回目(幼穂形成期7日後)に  $2\text{gN/m}^2$ 、2回目(幼穂形成期14日後)に  $1\text{gN/m}^2$  施用した区で多く、整粒歩合は1回目の施用量を減らし2回目を多くすることで高まるため、収量を低下させずに玄米外観品質を高めることは難しい。
- 3) 穂肥の窒素施用量は、気象(2009年:登熟期が低温, 2010年:登熟期が高温)や作土土性(砂壤土および埴壤土)が異なる条件でも、 $2-1\text{gN/m}^2$  よりも  $2-2\text{gN/m}^2$  で精玄米重および整粒歩合が向上した。一方、玄米タンパク質含有率は穂肥総窒素施用量を  $3\text{gN/m}^2$  から  $4\text{gN/m}^2$  にすることで高まる傾向が認められたが、食味の適値とされる7.0%以下<sup>13)</sup>であった。

以上から、収量および食味を低下させずに玄米外観品質を高める施肥体系は、穂肥の総窒素施用量を  $4\text{kgN}/10\text{a}$  とし、1回目(幼穂形成期7日後)に  $2\text{kgN}/10\text{a}$ 、2回目(幼穂形成期14日後)に  $2\text{kgN}/10\text{a}$  施用する分施体系と考えられた。

### 1. 緒言

近年、稲作では、西日本を中心に白未熟粒を主要因とする1等米比率の低下が著しくなっている。滋賀県においても1998年以降1等米比率が80%以下となる年が続いており、2003年以外は全国平均を下回っている。

玄米外観品質の低下は、温暖化の影響により水稻初中期の生育が旺盛となり、初数が過多となって生育後期には栄養凋落傾向となる<sup>7)</sup> ことに加えて、登熟期間に初へのデンプン蓄積が不良となる<sup>8)</sup> ことが要因と見られている。

また、実肥の施用は食味への影響が大きい玄米タンパク質含有率の低減のため近年では全国的に見送られている<sup>5), 14)</sup> が、最近では穂肥も玄米タンパク質含有率をさらに低減させるため、減肥が慣行的に行われており、このことも登熟期間の栄養不足を助長している<sup>13)</sup> と考えられる。

若松ら<sup>13)</sup> によって玄米タンパク質含有率は7.0%(水分15%換算値)を上回ると食味が低下し、6.0%を下回ると背白粒の発生割合が高まることが明らかになっているが、最近ではタンパク質含有率が6.0%を下回る地域も多く、穂肥の適正量の把握は喫緊の課題である。

一方、穂肥は玄米外観品質や食味だけでなく、収量にも大きく影響を及ぼすことから、収量と食味を低下させずに玄米外観品質の低下を防止しなければならない。このためには穂肥窒素の動態を解析し、穂肥の効果的な施用時期についても明らかにする必要がある。

そこで、本研究では、滋賀県の主要早生品種である「コシヒカリ」を用い、登熟期が高温になる等温暖化が進む近年の気象条件下において、水稻生育後期の窒素栄養状態を適切に保ち、安定した収量、食味および玄米外観品質を得るための穂肥施用法について検討した。

\* (独)農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター

## 2. 材料および方法

### 2. 1 試験1 重窒素を用いた穂肥窒素動態解析

2009年に滋賀県農業技術振興センター(近江八幡市安土町大中)内の水田ほ場(作土土性:シルト質埴壌土)において水稻「コシヒカリ」を供試し、重窒素を用いた施肥試験を行った。

栽植密度は22.2株/m<sup>2</sup>、植付本数は4本/株とし、6月1日に稚苗を手植した。基肥および追肥は、前年が非作付であったため、乾土効果が大きくなることを想定して無施用とした。

試験区は、6葉期(6月19日、不完全葉を1葉とした)に平均的な茎数の株を選定し、1株ごとに縦15cm×横30cm×高さ30cmの塩ビ製枠を深さ20cmまで埋設して、穂肥に重窒素(以下<sup>15</sup>N)で標識した塩化アンモニウムを幼穂長1mm確認(以下幼穂形成期)7日後(7月24日、出穂期17日前)、14日後(7月31日、出穂期10日前)および21日後(8月7日、出穂期3日前)にそれぞれ窒素成分で4gN/m<sup>2</sup>施用した。区の配置はランダムとし、反復は2連とした。

サンプリングは、出穂期(8月10日)から9日後、21日後および成熟期(9月13日)の3回行った。試料調整は、初、上位3葉身、その他地上部(稈・葉鞘・枝梗・下位葉)に分けて80℃24時間熱風乾燥し、クロスビータミルSK100により粉碎した。

<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N存在比の分析は、安定同位体比質量分析装置FlashEA1112を用いて行い、水稻各部位への穂肥の窒素動態を解析した。なお、この分析は、(独)農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センターと滋賀県農業技術振興センターが研究協定を締結し、近畿中国四国農業研究センター開放型研究施設を利用して実施したものである。

### 2. 2 試験2 穂肥施用方法の検討

2008~2010年に滋賀県農業技術振興センター内の作土土性が異なる水田ほ場2筆(砂壤土(以下SLほ場)および埴壌土(以下CLほ場))において水稻「コシヒカリ」を供試し、穂肥の施用試験を行った。

供試ほ場の土壌理化学性を表1に示した。

SLほ場ではトルオーグリン酸および交換態カリウムはCLほ場と同程度以上であったが、他の項目においてはCLほ場より低い値を示し、作付け期間中に土壌から水稻に供給される窒素量はSLほ場よりもCLほ場で多かった。

表1 土壌の理化学性(2009年水稻跡)

作土土性	pH	T-C (%)	T-N (%)	CEC (me/100g)	Truog Av Ex Ex Ex 可給					
					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	SiO <sub>2</sub> (mg/100g)	CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)	K <sub>2</sub> O (mg/100g)	態N
SL	6.88	1.38	0.11	8.6	9.1	8.8	124	18	10	6.6
CL	7.54	1.94	0.16	15.4	7.0	33.7	223	32	9	8.2

注)可給態Nは湿潤土を30℃4週間温水培養して生成されるアンモニア態窒素量を示す。

気象観測は滋賀県農業技術振興センターの観測露場において行った。

### 2. 2. 1 穂肥分施肥系の検討

試験区の概要は表2に示した。

2008, 2009年に滋賀県農業技術振興センター内のSLほ場およびCLほ場の2筆に水稻「コシヒカリ」を供試し、5月中旬に稚苗を機械移植した。栽植密度は18.2株/m<sup>2</sup>、植付本数は4~5本/株とし、基肥および追肥量は一定とした。

試験区は、滋賀県の慣行の穂肥施用量として広く適用されている総窒素施用量3gN/m<sup>2</sup>とした上で、1回目(幼穂形成期7日後)-2回目(幼穂形成期14日後)に、2-1gN/m<sup>2</sup>、1-2gN/m<sup>2</sup>、0-3gN/m<sup>2</sup>施用する区を乱塊法で2連設置した。

収穫は、成熟期に1区当たり60株刈り取り、調査項目は、収量、整粒歩合(穀粒判別器RGQ110Bによる測定値で粒数比)および玄米タンパク質含有率(スーパーケル1500型により測定したケルダール窒素に5.95を乗じた値)とした。

本報告では、白未熟粒(乳白粒、背白粒、腹白粒等)の多少による玄米外観品質の優劣を穀粒判別器による整粒歩合(整粒の全調査粒数に対する粒数比)で表示することとした。

2. 2. 2項についても同様とする。

表2 試験区の概要

調査年	作土土性	移植日	栽植密度(株/m <sup>2</sup> )	窒素施用量(g/m <sup>2</sup> )			
				基肥-追肥	穂肥1-穂肥2	穂肥3	
2008	SL	5/21	18.2	3-0	2-1	1-2	0-3
	CL	5/15					
2009	SL	5/15	18.2	3-0	2-1	1-2	0-3
	CL	5/15					

注1)穂肥1は幼穂形成期7日後、穂肥2は幼穂形成期14日後を示す。  
注2)基肥および追肥はLP184-C45(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:8:14)を移植日に同条施肥した。穂肥はNK化成(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=16:0:20)を表層施肥した。

### 2. 2. 2 穂肥窒素施用量の検討

試験区の概要は表3に示した。

2009, 2010年に滋賀県農業技術振興センター内のSLほ場およびCLほ場の2筆に水稻「コシヒカリ」を供試し、5月中旬に稚苗を機械移植した。栽植密度は18.2株/m<sup>2</sup>、植付本数は4~5本/株とし、基肥および追肥量は各年一定とした。

試験区は、穂肥を幼穂形成期7日後と14日後に、総施用量3gN/m<sup>2</sup>施用する区として2-1gN/m<sup>2</sup>を、総施用量4gN/m<sup>2</sup>施用する区として2-2gN/m<sup>2</sup>を乱塊法で2連設置した。

収穫は、成熟期に1区当たり60株刈り取り、調査項目は、収量、整粒歩合(穀粒判別器RGQ110Bによる測定値で粒数比)および玄米タンパク質含有率(スーパーケル1500型により測定したケルダール窒素に5.95を乗じた値)とした。

表3 試験区の概要

調査年次	作土土性	移植日	栽植密度(株/m <sup>2</sup> )	窒素施用量(g/m <sup>2</sup> )		
				基肥-追肥	穂肥1-穂肥2	
2009	SL	5/15	18.2	3-0	2-1	2-2
	CL	5/15				
2010	SL	5/17	18.2	3-2	2-1	2-2
	CL	5/17				

注1)穂肥1は幼穂長1mm確認7日後、穂肥2は幼穂長1mm確認14日後を示す。  
注2)基肥および追肥として、2009年にはLP184-C45(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:8:14)を、移植日に同条施肥し、2010年には塩加農安1号(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:14:14)を基肥は5月12日に全層施肥、追肥は6月10日に表層施肥した。穂肥はNK化成(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=16:0:20)を表層施肥した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 試験1 重窒素を用いた穂肥窒素動態解析

水稻体の地上部部位別穂肥窒素吸収量の推移を図1に示した。

穂肥窒素の各部位への移行量は、施用時期が早いほど登熟初中期に光合成の盛んな上位3葉身への転流量が多く、成熟期にかけて初への移行が多くなった。これは、穂肥窒素が穂揃期には上位3葉身に多く存在し、収穫期にはその多くが初に存在するという岡本ら<sup>8)</sup>の報告と一

致する。一方、施用時期が遅いと登熟初期には稈や葉鞘などの部位の蓄積が多く、登熟中後期にかけて初への移行が多くなり、幼穂形成期21日後施肥では玄米タンパク質含有率が大幅に高まるとともに、収量は大きく低下した。

このことから、出穂期に近い穂肥施用は光合成能の高い上位3葉身への移行量が少ない上、初への窒素移行量が多くなり、収量および食味を低下させる懸念があることから、穂肥は幼穂形成期14日後までに施用することが望ましいと考えられた。

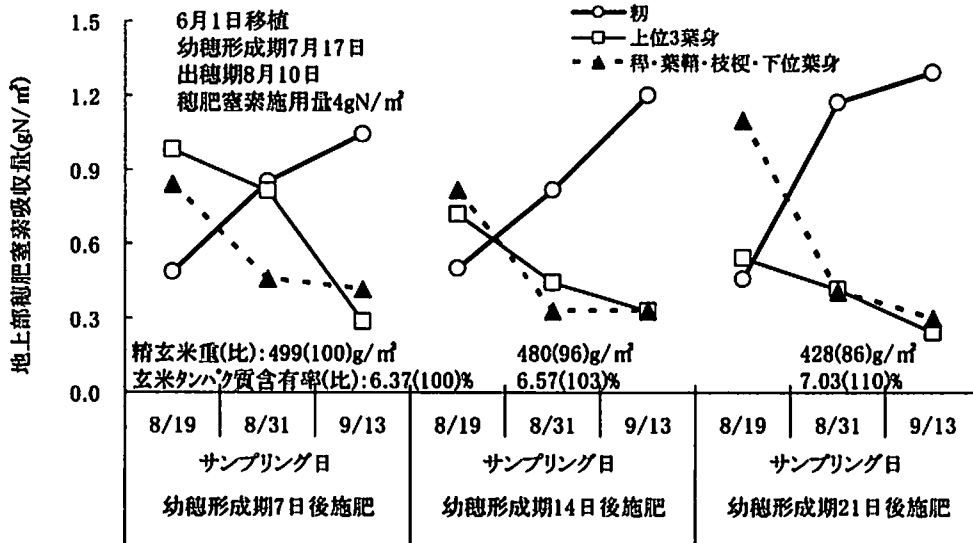


図1 地上部部位別穂肥窒素吸収量の推移(2009)

注1)玄米タンパク質含有率はケルダール窒素に5.95を乗じた値で、精玄米重とともに水分15%換算値。

#### 3.2 試験2 穂肥施用方法の検討

稲作期間の気温と水稻生育について図2、表4および表5に示した。

2008年における水稻の初期生育は緩慢でやや遅れたが、幼穂形成期以降の高温により生育量が回復した。また、登熟期間の前半は高温・多照となり、出穂後20日間の日平均気温は27℃程度で、日射量は336~354MJと3カ年で最も多かった。出穂後20日間の日平均気温が27℃以上となると白未熟粒の急激な増加<sup>12)</sup>や1等米比率が大きく低下<sup>5)</sup>することが認められており、玄米外観品質を低下させやすい気象条件となった。

2009年における作付期間中の日平均気温は3年間で最も低く、幼穂形成期の窒素吸収量も最も少なかった。また、登熟期間中の気温も平年を下回ったことから、出穂期から成熟期までの登熟日数が34~35日と最も長く、玄米外観品質の低下が見られにくい気象条件となった。

2010年は、5月に低温となる半月が2回あり、活着が遅れたことで幼穂形成期までの生育はやや緩慢であった。一方、出穂期以降の高温が著しく、出穂後20日間の日平均気温は27.9℃と3年間で最も高くなり、登熟日数は29日と最も短くなり、2008年同様、玄米外観品質を低下させやすい気象条件となった。

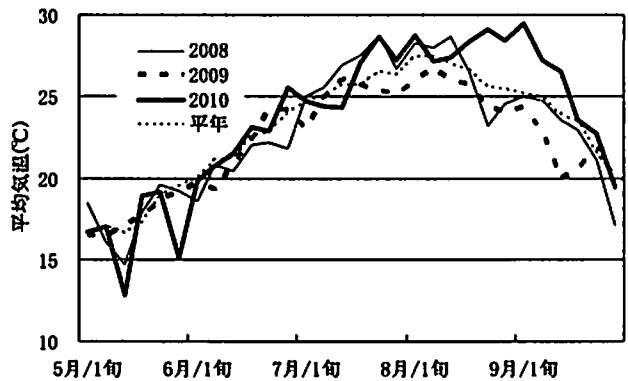


図2 試験年における日平均気温の推移 (近江八幡市安土町大中)

注1)平年値は2000~2009年の10カ年の平均値。

表4 生育期間の気象条件(近江八幡市安土町大中)

調査年	作土上性	日数 (日)			日平均気温 (°C)			日射量 (MJ)	日照時間 (hr)
		移植~幼形	幼形~出穂	出穂~成熟	移植~幼形	幼形~出穂	出穂~20日後		
2008	SL	54	21	31	21.9	27.7	26.9	336	143
	CL	56	23	33	21.1	27.5	27.4	354	152
2009	SL	54	22	35	21.0	25.5	26.1	301	107
	CL	54	23	34	21.0	25.5	26.1	302	111
2010	SL	53	23	29	21.4	26.8	27.9	317	127
	CL	53	23	29	21.4	26.8	27.9	317	127

注1)移植は移植日、幼形は幼穂形成期、出穂は出穂期、成熟は成熟期を示す。日射量および日照時間は積算値。

表5 水稻生育の概況

作土 土性	調査 年	移植日	幼穂 形成期	出穂期	成熟期	幼穂形成期			
						草丈 (cm)	莖数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色 (SPAD)	N 吸収量 (kg/10a)
SL	2008	5/21	7/14	8/4	9/4	85.2	395	29.2	5.02
	2009	5/15	7/8	7/30	9/3	72.2	504	27.7	4.06
	2010	5/17	7/9	8/1	8/30	74.1	438	39.0	4.49
CL	2008	5/15	7/10	8/2	9/4	77.2	486	28.8	5.00
	2009	5/15	7/8	7/31	9/3	68.5	414	29.1	-
	2010	5/17	7/9	8/1	8/30	75.5	462	40.0	5.15

注1)N吸収量はケルダール窒素分析による値。

3. 2. 1 穂肥分施肥体系の検討

穂肥の総窒素施用量を 3gN/m<sup>2</sup>として、1 回目(幼穂形成期7日後)と2 回目(幼穂形成期14日後)の施用量を変更した結果を図3、表6および表7に示す。

SL ほ場および CL ほ場ともに登熟期が高温・多照であった2008年の精玄米重は、登熟期が低温・寡照であった2009年と比較して優った。一方、整粒歩合はSLほ場では年次間差が小さかったが、CLほ場では登熟期が高温・多照の2008年は、登熟期が低温・寡照の2009年を大きく下回った。これらのことから、収量と玄米外観品質は気象と地力の影響を大きく受けると考えられた。

穂肥分施肥については、気象や作土土性が異なる条件に

おいても精玄米重は SL ほ場および CL ほ場でともに2-1gN/m<sup>2</sup>で多くなり、1-2gN/m<sup>2</sup>、0-3gN/m<sup>2</sup>と1回目を減らすことで低下した。また、整粒歩合は1回目の施用量を減らし2回目を多くすることで高まる傾向がみられたことから、収量を低下させずに玄米外観品質を高めることは困難であると考えられた。

一方、玄米タンパク質含有率は、穂肥の後半重点施肥で高まる傾向は認められず、いずれの区も食味の適値<sup>13)</sup>とされる7.0%を大幅に下回った。このため、穂肥の総窒素施用量が同量であれば、幼穂形成期7日後および14日後の施肥配分を変えても玄米タンパク質含有率の変動は小さいと考えられた。

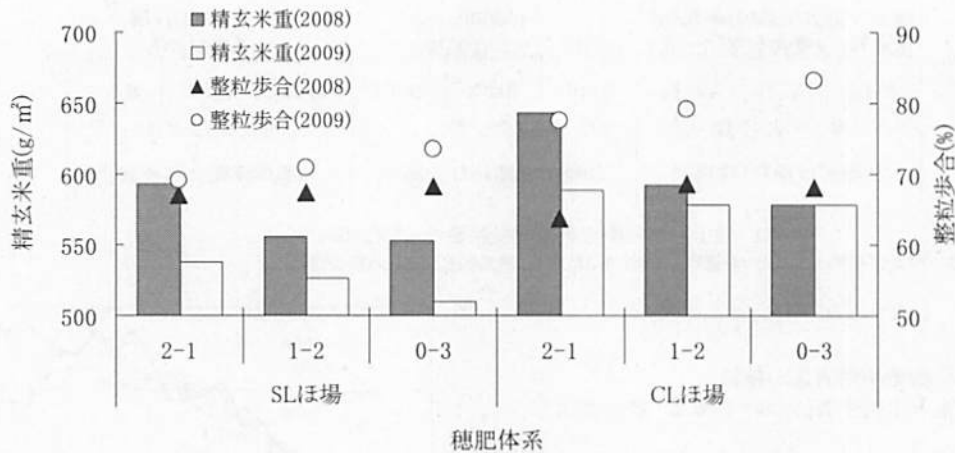


図3 穂肥3gN/m<sup>2</sup>における分施肥体系と精玄米重、整粒歩合

注1)穂肥体系は、1回目(幼穂形成期7日後)-2回目(幼穂形成期14日後)を示す。単位はgN/m<sup>2</sup>。

注2)精玄米重は水分15%換算値。整粒歩合は穀粒判別器RGQ110Bによる粒数比。

表6 穂肥3gN/m<sup>2</sup>における分施肥体系と玄米タンパク質含有率(%)

	SLほ場 穂肥体系 (gN/m <sup>2</sup> )			CLほ場 穂肥体系 (gN/m <sup>2</sup> )		
	2-1	1-2	0-3	2-1	1-2	0-3
2008年(登熟期が高温)	6.0	5.8	5.9	5.6	5.7	5.6
2009年(登熟期が低温)	6.0	6.0	6.1	5.7	5.5	5.9

注1)穂肥体系は、1回目(幼穂形成期7日後)-2回目(幼穂形成期14日後)を示す。

注2)玄米タンパク質含有率はケルダール窒素に5.95を乗じた値。水分15%換算値。

表7 調査年、作土土性および穂肥体系ごとの分散分析結果

	標本数 (n)	精玄 米重 (g/m <sup>2</sup> )	整粒 歩合 (%)	玄米 タンパク質 含有率 (%)	
調査年	2008	11	586	67.1	5.8
	2009	12	553	75.6	5.9
分散分析		**	***	n.s.	
作土土性	SL	12	546	69.4	6.0
	CL	11	593	73.8	5.7
分散分析		***	***	***	
穂肥体系 (gN/m <sup>2</sup> )	2-1	8	591	69.4	5.8
	1-2	8	563	71.5	5.8
	0-3	7	555	74.0	5.9
分散分析		*	**	n.s.	

注1)表中の\*は分散分析により、\*:p<0.05, \*\*:p<0.01, \*\*\*:p<0.001で有意差ありを示す。また、n.s.は有意差なしを示す。

### 3. 2. 2 穂肥窒素施用量の検討

穂肥の総窒素施用量 3gN/m<sup>2</sup>と 4gN/m<sup>2</sup>の比較を行った結果を図4, 表8および表9に示す。

SLほ場およびCLほ場ともに登熟期が高温・多照であった2010年の精玄米重は、登熟期が低温・寡照であった2009年と比べて優った。一方、整粒歩合はSLほ場では年次間差が小さかったが、CLほ場では登熟期が高温・多照の2010年は、登熟期が低温・寡照の2009年を大きく下回った。これらのことから、3. 2. 1項の結果と同様、収量と玄米外観品質は気象と地力の影響を大きく受けると考えられた。

穂肥体系については、気象や作土土性が異なる条件に

おいても、2-1gN/m<sup>2</sup>よりも2-2gN/m<sup>2</sup>で精玄米重および整粒歩合が向上した。

一方、玄米タンパク質含有率は、作土土性 SLほ場で穂肥総窒素施用量を 3gN/m<sup>2</sup>から 4gN/m<sup>2</sup>にすることで高まる傾向がみられたが、食味の適値<sup>13)</sup>とされる7.0%以下であった。

以上から、穂肥の総窒素施用量は、4gN/m<sup>2</sup>とし、1回目(幼穂形成期7日後)に2gN/m<sup>2</sup>、2回目(幼穂形成期14日後)に2gN/m<sup>2</sup>施用する分施肥体系が、収量および食味を低下させずに玄米外観品質を高めるために有効と考えられた。

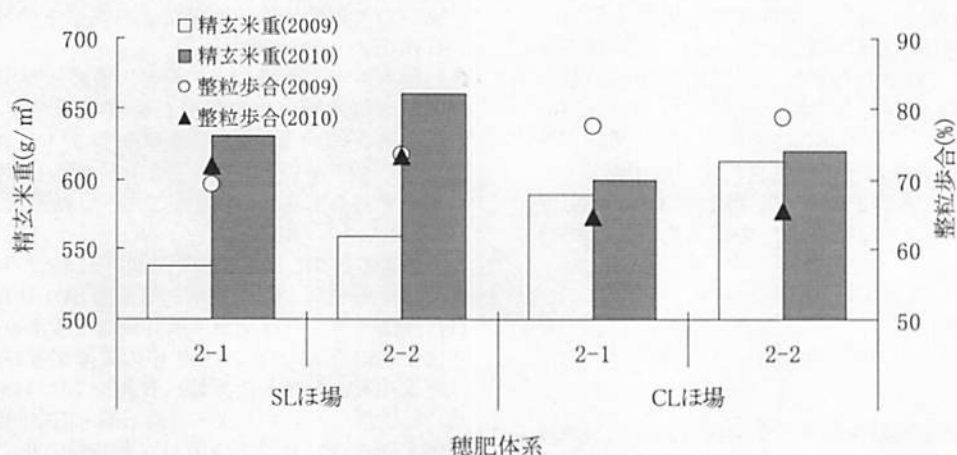


図4 穂肥施用量と精玄米重、整粒歩合

注1)穂肥体系は、1回目(幼穂形成期7日後)-2回目(幼穂形成期14日後)を示す。単位はgN/m<sup>2</sup>。

注2)精玄米重は水分15%換算値。整粒歩合は穀粒判別器RGQ110Bによる粒数比。

表8 穂肥施用量と玄米タンパク質含有率(%)

	SLほ場 穂肥体系 (gN/m <sup>2</sup> )		CLほ場 穂肥体系 (gN/m <sup>2</sup> )	
	2-1	2-2	2-1	2-2
2009年(登熟期が低温)	6.0	6.5	5.7	5.6
2010年(登熟期が高温)	5.8	6.3	5.8	6.0

注1)穂肥体系は、1回目(幼穂形成期7日後)-2回目(幼穂形成期14日後)を示す。

注2)玄米タンパク質含有率はケルダール窒素に5.95を乗じた値。水分15%換算値。

表9 調査年、作土土性および穂肥体系ごとの分散分析結果

	標本数 (n)	精玄 米重 (g/m <sup>2</sup> )	整粒 歩合 (%)	玄米 タンパク質 含有率 (%)	
調査年	2009	8	575	74.7	5.9
	2010	8	628	68.8	6.0
分散分析			***	***	n.s.
作土土性	SL	8	597	71.9	6.2
	CL	8	605	71.6	5.8
分散分析			n.s.	n.s.	***
穂肥体系 (gN/m <sup>2</sup> )	2-1	8	589	70.8	5.8
	2-2	8	613	72.7	6.1
分散分析			*	***	***

注1)表中の\*は分散分析により\*:p<0.05, \*\*:p<0.01, \*\*\*:p<0.001で有意差ありを示す。また、n.s.は有意差なしを示す。

## 4. 総合考察

穂肥施用時期については、後藤ら<sup>3)</sup>が北海道において水稻品種「きらら397」を用い、幼穂形成期～幼穂形成期7日後の穂肥は白米への利用率が低く、白米タンパク質含有量に与える影響は小さい反面、増収効果があることを確認している。また中鉢ら<sup>1)</sup>が東北において水稻品種「ササニシキ」を用い、穂揃期に近い穂肥窒素ほど玄米に移行する割合が高まり、収量が低下することを確認している。本研究は温暖地の「コシヒカリ」で実施したが、これらの知見と同様の傾向を認めた。品種や気象条件にかかわらず穂肥窒素の動態には規則性があると考えられることから、登熟初中期の光合成能を高めると

もに収量および食味の低下を防ぐためには、穂肥は幼穂形成期14日後までに施用することが望ましいと考えられた。

穂肥施用量については、高橋ら<sup>10)</sup>が施用量を増やすことで出穂期以降の葉色を維持でき玄米外観品質が高まることを指摘したように、本研究においても穂肥の増量により収量および玄米外観品質の向上を図ることができた。しかし、玄米タンパク質含有率も穂肥の増量により高まる傾向が認められることから、極端な増量は食味を低下させる懸念がある。このため、「コシヒカリ」においては、穂肥の総施肥量を慣行の3gN/m<sup>2</sup>よりも1gN/m<sup>2</sup>増加し、4gN/m<sup>2</sup>とすることが収量および食味を低下させずに玄米外観品質を高める上で妥当と考えられた。ま

た、施肥配分は2回目(幼穂形成期14日後)の施肥量を増加することで玄米外観品質が向上することから、従来の2-1gN/m<sup>2</sup>の2回目の施用量を1gN/m<sup>2</sup>増加した2-2gN/m<sup>2</sup>の均等分施肥体系が有効と考えられた。

一方、収量や玄米外観品質、食味を高める上で施肥技術以外にも、有機物施用<sup>4)</sup>や深耕<sup>15)</sup>等の土づくり、細植や適正な栽植密度<sup>2)</sup>、水管理<sup>9)</sup>等の対策技術と適期収穫<sup>10)</sup>を併せて実践することも、収量、品質の安定化を図るためには必要である。特に高温年ではこれらを総合的に実践することが高品質安定生産には非常に重要であると考えられる。

今回の試験では、水稻の移植時期や幼穂形成期までの施肥を一定にして穂肥の施用方法のみを変更したが、気象条件や地力の違いによって初期生育も大きく変化することから、今後は幼穂形成期までの水稻の生育量や登熟期の気象予測に対応した穂肥施用技術の開発が急がれる。さらに、経営面積の大規模化に対応するためにも、省力化を同時に図る必要もあることから、肥効調節型肥料の利用等の省力技術についても検討すべきである。このため、今後は穂肥体系2-2gN/m<sup>2</sup>を基準体系とした上で、様々な状況に対応した施肥技術への改良を目指していく。

## 5. 謝辞

(独)農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センターの職員の方々には安定同位体分析に関して御協力と御指導をいただいた。

また、滋賀県農業技術振興センター環境研究部および栽培研究部の職員の方々には終始御協力を賜った。

ここに記して深謝の意を表する。

## 6. 引用文献

- 1) 中鉢富夫・川島典子・武田良和・山家いずみ 1993. 土壌型と追肥時期が玄米窒素濃度に及ぼす影響. 東北農業研究 46 : 83-84.
- 2) 福島敏和・山口正篤・薄井雅夫・松永純子 1997. 水

稲の栽植密度、植付本数と収量構成要素、玄米品質との関係. 日作紀関東支報 12 : 38-39.

- 3) 後藤英次・野村美智子・稲津脩 2006. 寒地水稻に対する時期別追肥窒素の利用率と各器官への分配. 日作紀 75 : 443-450.
- 4) 北川寿・土屋一成・原嘉隆・中野恵子 2009. 暖地における近年の気象条件と有機物連用圃場での水稻収量・品質との関係. 土肥誌講演要旨 55 : 306.
- 5) 宮田邦夫・伊藤邦夫 1991. 稲体窒素栄養条件と玄米窒素含量の関係. 日作紀中支報 32 : 6-7.
- 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) 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.
- 8) 岡本将宏・大橋恭一・長谷川清善・西川吉和 1986. 機械移植水稻の施肥配分が物質生産と窒素収支に及ぼす影響(第1報). 滋賀農試研報 27 : 1-16.
- 9) 佐々木康之・今井良衛・細川平太郎 1983. 高温下で登熟する玄米品質の劣化防止技術. 新潟農試研報 33 : 45-54.
- 10) 高橋渉 2004. 気候温暖化条件下におけるコシヒカリの白未熟粒発生軽減技術. 農及園 81 : 1012-1018.
- 11) 寺島一男・斉藤祐幸・酒井長雄・渡部富雄・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.
- 12) 若松謙一・佐々木修・上菌一郎・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.
- 13) 若松謙一・佐々木修・上菌一郎・田中明男 2008. 水稻登熟期の高温条件下における背白米の発生に及ぼす窒素施肥量の影響. 日作紀 77 : 424-433.
- 14) 山田善彦・大場功・小原安雄 1997. 米の食味関連形質の変動特性と良食味栽培法の検討. 滋賀農試研報 38 : 42-56.
- 15) 山口泰弘 2007. 深耕による根域拡大とコシヒカリの収量品質向上. 農及園 82 : 397-400.
- 16) 山本好文・野口裕史 2003. 水稻高品質・良食味生産のための収穫時期の許容範囲に関する研究. 岐阜農技研報 3 : 18-25.

## Summary

This study was conducted to establish a method of panicle fertilizer application for *Koshihikari*, a major paddy rice variety cultured in Shiga Prefecture, to maintain an appropriate nitrogen nutrition status in the last growth stage even under climate conditions involving high temperature in the ripening period, and to ensure stable yields, palatability, and quality of hulled rice appearance.

1) Panicle fertilizer application at a time close to the ear emergence stage produces decreased panicle fertilizer nitrogen transfer to the three upper leaf blades, which possess high photosynthetic capacity, and increased transfer to hulls, leading to the fear of reducing the yield and palatability. Therefore, it is desirable that panicle fertilizers be applied by 14 days after young panicle formation time.

2) With a total panicle fertilizer nitrogen application rate of 3 g N/m<sup>2</sup>, and under varying climate conditions (high temperature during the ripening period in 2008 and low temperature during the ripening period in 2009) and surface soil properties (sandy loam and clay loam), greater sieved hulled rice grain

weight was obtained from two divided fertilizer applications at  $2 \text{ g N/m}^2$  in the first application (7 days after young panicle formation time) and  $1 \text{ g N/m}^2$  in the second application (14 days after young panicle formation time). In contrast, the ratio of grains with excellent shape increases with a combination of decreasing application rate in the first application and increasing application rate in the second application. Therefore, it is difficult to improve the quality of hulled rice appearance without affecting the yield.

3) Regarding the effect of panicle fertilizer nitrogen application rate under different climate (low temperature during the ripening period in 2009 and high temperature during the ripening period in 2010) and surface soil properties (sandy loam and clay loam), sieved hulled rice grain weight and the ratio of grains with excellent shape improved with  $2\text{-}2 \text{ g N/m}^2$  divided application compared with  $2\text{-}1 \text{ g N/m}^2$ . On the other hand, the hulled rice protein content tended to increase with increasing total panicle fertilizer nitrogen application rate from  $3 \text{ g N/m}^2$  to  $4 \text{ g N/m}^2$ , but did not reach 7.0%, the minimum acceptable level for good palatability.

It is concluded that the quality of hulled rice in terms of appearance can be improved, without affecting the yield and palatability, by applying a panicle fertilizer at a total nitrogen application rate of  $4 \text{ kg N/1,000 m}^2$  in two divided portions of  $2 \text{ kg N/1,000 m}^2$  in the first application (7 days after young panicle formation time) and  $2 \text{ kg N/1,000 m}^2$  in the second application (14 days after young panicle formation time).