

## 水稻の乾物生産に及ぼす分けつ構成の影響

—栽植密度および窒素施用量と関連して—

中釜明紀・長野幸男

(1984年9月29日 受理)

### Effects of Tiller-Composition on Dry Matter Production in Rice Plant — In Connection with the Planting Density and the Nitrogen Application —

Akinori NAKAGAMA and Sachio NAGANO

#### 緒 言

寒暖地間の水稻作の比較において、暖地水稻作の低収要因として秋落ちが指摘され、その特性が形態的、生理的側面<sup>1)</sup>および作物栄養的側面<sup>3)</sup>から明らかにされてきた。また、最高分けつ期から幼穂形成期にいたる Lag phase の存在が指摘され<sup>2,13)</sup>、栄養生理的側面からその意義が解明されてきた<sup>7,8,9)</sup>。以上の暖地水稻の生育特性に関する研究にみられる南九州稲作の特徴を養分吸収経過についてみると、無機養分の吸収は生育初期から高く、他地域より早く、最高分けつ期から幼穂形成期にかけて最高に達し、それ以後急速に低下する<sup>3)</sup>。また、乾物生産特性についてみると、乾物増加速度が、他地域より早く、最高分けつ期から幼穂形成期の時期に最大となる<sup>7)</sup>。以上の指摘から、南九州における水稻生育の特徴は、初期生育が旺盛で後期の凋落が早いことにある。その原因として、養分保持力の弱いシラス質を主体とする土壌の特性、および生育期の過高温が、これまでに指摘されてきた。一方、他の九州各県と比較して南九州稲作の低収要因の一つとして穂数の不足が上げられる<sup>16)</sup>ことをあわせて考えると、まず、生育特性としての旺盛な初期生育が、穂数確保に結びついていないことが注目される。このように栄養生長前期の穂数確保上の問題点と栄養生長後期の栄養凋落が結合したところに南九州稲作の最大の特徴があるように思われる。

一般的に有効茎は、分けつの発生時期と分けつ位により決定し、発生時期が早く低位な分けつほど有効化する可能性が高い。また、分けつ茎の発達も基本的には発生時期と分けつ位に支配されることが知られている<sup>10)</sup>。著者らは、この点に注目して、栽植密度と窒素施肥量の差異により生ずる個体群の分けつ構成の相違が水稻生育、特に中・後期の生育にどのように影響するかを明らかにすることにより南九州における水稻生育の特徴を解明しようと試みている。前報<sup>14)</sup>では、分けつの出葉が、分けつ構成の相違にもかかわらず同伸的であることを確かめた。さらに出葉転換点以前の主稈第11葉以後において出葉速度が低下し、密植区の葉長が標準区に比べて有意に長くなることを認めて、それ以後の受光態勢への影響を推測した。本報では以上の生育について乾物生産の面から検討した。

水稻群落の乾物生産過程の解析については多くの詳細な研究が行われてきた<sup>12)</sup>。なかでも、草高および穂数という品種特性の観点から乾物生産を解析した研究<sup>15)</sup>が注目される。しかし、他に乾物生産特性の差異を分けつ数との関連で解析した研究は少ない。

本報では、栽植密度と窒素施肥量の差により分けつ構成の異なる個体群について、乾物生産特性

を分げつ位との関連で検討した。さらに、各個体群を構成する分げつの発生時期および分げつ位による葉配置の差異と比葉面積 (SLA) との関係から、分げつ期および幼穂形成期の受光態勢について推測した。また、乾物生産過程について生長解析的手法により検討した。

## 材料と方法

実験は、1982年に鹿児島大学農学部附属農場水田において、中生品種「ミズホ」を供試して行った。

栽植密度、2水準 ( $20\text{本}/\text{m}^2\text{-D}_1$ ,  $40\text{本}/\text{m}^2\text{-D}_2$ ) および窒素施肥量、2水準 ( $0.9\text{kg}/\text{a-N}_1$ ,  $1.8\text{kg}/\text{a-N}_2$ ) を組み合わせた4処理 ( $\text{D}_1\text{N}_1$ -標準区,  $\text{D}_1\text{N}_2$ -多肥区,  $\text{D}_2\text{N}_1$ -密植区,  $\text{D}_2\text{N}_2$ -多肥密植区) について2反覆乱塊法で行った。なお、窒素は、基肥、穂肥 (8月25日施用) に5:4の割合で分施した。移植は6月21日に行い、栽植様式は正条植で、2.5葉齢の稚苗を1本植とした。

調査個体の採取は、7月5日 (分げつ始期), 7月15日 (2次分げつ発生始期), 7月25日 (最高分げつ期), 8月4日 (幼穂形成期), 8月24日 (穂ばらみ期) および9月13日 (穂揃期) に行った。各時期とも各区5個体について採取を行った。根部は採取時に切除し、水洗後に残根を除去した。各時期の調査個体は、移植直後にあらかじめ任意に決定して、その全個体について約1週間おきに葉齢と分げつ位について追跡調査を行い、分げつ位を明確にした。なお、明らかな病害虫 (萎縮病, コブノメイガ) による被害株については、採取時に予備の株に変更した。採取した調査個体は、分解して分げつ位別に葉面積計により緑葉面積を測定した。また、分げつ位別に葉身、葉鞘+茎に分けて  $80^\circ\text{C}$  で48時間通風乾燥したのち、器官別に乾物重を秤量した。枯死葉は除外した。個体当り葉面積および乾物重は、分げつ位別の葉面積、乾物重を合計してもとめた。

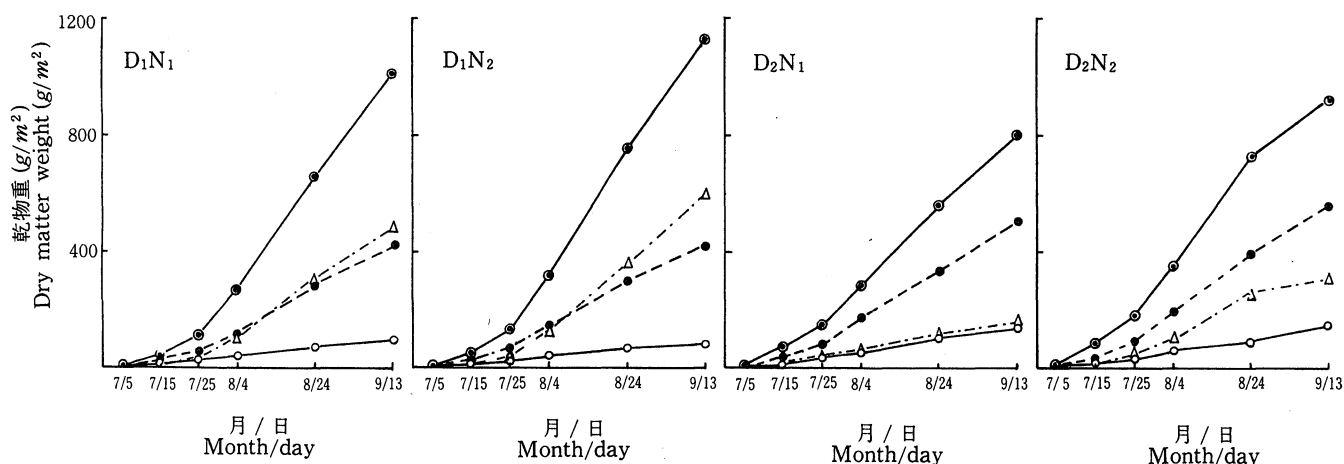
調査個体の採取時期のうち、7月15日、8月4日については、分げつの葉配置について調査した。採取後に分解された分げつについて、その地表面に相当する位置から、その茎の着生葉のすべてについて、それぞれの先端部までの高さ ( $h_1, h_2 \dots h_n$ ) を測定した。そのうち最上位葉の先端までの高さをその分げつの葉配置の上端 ( $h_u$ ) とした。また、最下葉の葉身基部までの高さを測定し、これを葉配置の下端 ( $h_b$ ) とした。さらに、分げつの全着生葉の先端までの高さの平均 ( $\sum_{i=1}^n h_i/n$ ) をその分げつの葉配置の平均点 ( $h_m$ ) として、葉配置の高さを表わす指標にした。なお、葉配置の調査に供試した分げつは、着生葉4枚以上の有効茎に限定して行った。

## 結果および考察

実験期間中の気象条件には、7月上旬から中旬にかけて約20日間におよぶ降雨がみられ、その期間の平均気温は平年に比べて  $0.7^\circ\text{C}$  低く、日照時間は平年値の36%に止まった。その他の時期の気象条件は、気温、日照ともに平年並みで順調に経過した。

### 1. 乾物重の推移

第1図に  $\text{m}^2$  当り乾物重の推移を示した。乾物重に対する栽植密度および窒素施肥量の影響について時期別に分散分析を行った。その結果、出穂期直前の1時期を除いて、他では交互作用が認められなかった。そこで、乾物重に及ぼす栽植密度および窒素施肥量の効果の区間差を明確にするために、栽植密度の効果を  $\text{D}_2$  区の  $\text{D}_1$  区に対する増加率、施肥量の効果を  $\text{N}_2$  区の  $\text{N}_1$  区に対する増加



第1図  $m^2$ 当り乾物重の推移

Fig. 1. Changes in dry matter weight per  $m^2$ .

D <sub>1</sub> : 標準栽植密度 (20本/ $m^2$ )	D <sub>2</sub> : 密植 (40本/ $m^2$ )
Standard planting density (20 plants/ $m^2$ ).	Dense planting (40 plants/ $m^2$ )
N <sub>1</sub> : 標肥 (0.9 kg/a)	N <sub>2</sub> : 多肥 (1.8 kg/a)
Standard nitrogen application (0.9 kg/a).	Heavy nitrogen application (1.8 kg/a).
○—○: 合計	●—●: 1次分げつ
○—○: 主稈	△—△: 2次分げつ
Total.	Primary tiller.
	Secondary tiller.

率として、個体当りおよび  $m^2$ 当りについて第1表に示した。同時に、それらの効果についての分散分析の結果をF値で示した。

まず個体当り総乾物重についてみると、7月15日以降に栽植密度による区間差が有意となり、D<sub>1</sub>区に対するD<sub>2</sub>区の乾物重の減少傾向が明らかとなった。このD<sub>2</sub>区の乾物重の減少傾向は、生育が進むにつれて顕著なものとなった。この個体当り総乾物重の構成を分げつ次位別にみると、D<sub>2</sub>区のD<sub>1</sub>区に対する乾物重の減少が生育に伴って顕著なものとなる傾向は、主稈、1次分げつおよび2次分げつともに共通した。しかし、分げつ次位間でその減少の程度を比較すると、主稈、1次分げつ2次分げつの順に大となる傾向が明らかであった。なかでも2次分げつにおける8月4日以降の顕著な減少が注目された。

一方、窒素施肥量による個体当り総乾物重の区間差は、7月15日以後のすべての時期において認められ、N<sub>2</sub>区の窒素多施の効果が明らかであった。これを分げつ次位別にみると、施肥効果が表われる時期は異なり、分げつ次位が高次化するほど広範な時期で施肥効果が認められた。また、施肥効果の最大期を分げつ次位別にみると、次位が高次化するほど後期の施肥効果が明らかであった。また、施肥効果の程度を分げつ次位で比較すると、主稈、1次分げつ、2次分げつの順に施肥効果の高いことが認められた。

$m^2$ 当り乾物重の推移を第1図および第1表についてみると、まず、 $m^2$ 当り総乾物重では、7月25日までD<sub>2</sub>区が明らかな増加傾向を示した。このD<sub>2</sub>区の乾物増加には生育初期ほど高く、生育につれて低下する傾向が明らかで、8月4日にはD<sub>1</sub>区とD<sub>2</sub>区の  $m^2$ 当り乾物重に差は認められなくなった。それ以後の時期では、8月24日に交互作用が有意となったが、9月13日には区間差が認められ、概してD<sub>1</sub>区の乾物増加の優位性が明らかであった。以上の  $m^2$ 当り乾物重の推移を分げつ次位

第1表 乾物重に対する栽植密度と窒素施肥の影響と分散分析の結果

Table 1. Effects of planting density and nitrogen application on dry matter weight and analysis of variance of them

I)		標準密度に対する密植の増加率 (Ir) と F-値 (F) Increase ratio (Ir) of dense planting to standard planting density and F-value (F)								
月/日 Month/day		主 稈 Main stem		1次分げつ Primary tiller		2次分げつ Secondary tiller		合 計 Total		
		Ir(%)	F	Ir(%)	F	Ir(%)	F	Ir(%)	F	
個体当り per plant	7/5	- 6.58	0.76	- 3.23	0.05	-	-	- 7.41	0.00	
	7/15	- 7.23	10.25*	- 13.04	18.38**	- 28.79	13.94*	- 16.03	17.96**	
	7/25	- 18.51	52.47**	- 20.81	8.70*	- 44.98	42.82**	- 28.60	43.23**	
	8/4	- 19.58	14.77*	- 31.63	66.28**	- 67.39	264.69**	- 45.16	212.50**	
	8/24	- 24.30	18.86**	- 37.51	158.78**	- 70.49	1201.29**	- 53.06	958.04**	
	9/13	- 24.21	7.37*	- 37.52	193.15**	- 77.92	583.43**	- 57.22	1931.39**	
m <sup>2</sup> 当り per m <sup>2</sup>	7/5	86.84	35.36**	93.55	11.52*	-	-	88.79	24.04**	
	7/15	82.43	420.92**	70.43	175.57**	42.42	10.92*	67.61	133.02**	
	7/25	62.98	174.05**	45.35	62.65**	10.04	1.76	36.40	39.54**	
	8/4	60.84	50.74**	36.95	37.13**	- 34.78	17.74**	- 8.73	2.69	
	8/24	51.40	25.02**	24.98	22.62**	- 40.97	Ia(16.50**)1)	- 6.13	Ia(9.60*)	
	9/13	59.18	47.69**	25.15	7.60*	- 55.84	194.91**	- 14.65	8.70*	
II)		標肥に対する多肥の増加率 (Ir) と F-値 (F) Increase ratio (Ir) of heavy nitrogen application to standard nitrogen application and F-value (F)								
月/日 Month/day		主 稈 Main stem		1次分げつ Primary tiller		2次分げつ Secondary tiller		合 計 Total		
		Ir(%)	F	Ir(%)	F	Ir(%)	F	Ir(%)	F	
個体当り per plant	7/5	- 1.35	0.76	3.33	0.05	-	-	0.00	0.00	
	7/15	10.70	18.76**	18.91	28.21**	33.79	10.30*	18.26	17.01**	
	7/25	6.28	4.68	29.13	10.43*	28.89	8.10*	24.34	18.27**	
	8/4	5.74	0.98	15.61	9.84*	27.75	15.22*	18.59	17.97**	
	8/24	- 4.14	0.44	10.98	6.75*	37.50	101.08**	20.88	65.62**	
	9/13	- 1.31	0.02	2.67	0.63	35.17	32.03**	15.25	60.36**	
m <sup>2</sup> 当り per m <sup>2</sup>	7/5	0.00	0.00	6.82	0.12	-	-	1.96	0.02	
	7/15	8.98	9.12*	16.51	15.05*	37.62	8.94*	18.08	14.32*	
	7/25	6.42	2.93	16.49	10.63*	28.63	12.08*	18.14	11.54*	
	8/4	4.95	0.54	15.33	7.82*	35.01	8.89*	20.43	13.20*	
	8/24	- 4.19	0.27	12.05	5.93	48.91	Ia(16.50**)1)	24.19	Ia(9.60*)	
	9/13	- 2.06	0.10	4.72	3.50	42.75	40.24**	17.88	9.22*	

\*, \*\*: それぞれ 5%, 1%水準で有意

Significant at 5 and 1% levels, respectively.

1) 栽植密度と窒素施肥の交互作用

Interaction between planting density and nitrogen application.

別にみると、主稈および1次分けつでは、すべての時期でD<sub>2</sub>区の増加傾向が明らかであった。それに対して、2次分けつの乾物重の栽植密度による区間差は時期により異った。すなわち、7月15日ではD<sub>2</sub>区の乾物増加が明らかであった。しかし、7月25日ではD<sub>1</sub>区とD<sub>2</sub>区の乾物重に差は認められなくなった。それ以後の時期では、8月24日に交互作用が有意となったが、D<sub>1</sub>区のD<sub>2</sub>区に対する乾物増加は明らかであった。

一方、 $m^2$ 当り乾物重の施肥量による区間差は、8月24日に交互作用が認められたが、概して個体当り乾物重の施肥効果にみられたと同様な傾向であった。

$m^2$ 当り乾物重の推移において、8月24日にみられた交互作用は、D<sub>2</sub>区の施肥効果がD<sub>1</sub>区のそれより高いことによるものであった。これを分けつ次位別にみると、2次分けつの施肥効果が高く、D<sub>1</sub>区が21.3%を示したのに対して、D<sub>2</sub>区では115.4%の顕著な施肥効果が認められた。その結果、第1図に明らかなようにD<sub>2</sub>N<sub>2</sub>区はD<sub>1</sub>N<sub>2</sub>区に近い乾物重を示した。

$m^2$ 当り乾物重には、生育前期でD<sub>1</sub>区に対するD<sub>2</sub>区の増加率が高く、8月4日(幼穂形成期)を境にして減少傾向を示す推移が認められた。この推移は、これまでに指摘<sup>6)</sup>されてきた栽植密度による生育特性とよく一致した。一方、この推移を分けつ次位別にみると、幼穂形成期以前の時期におけるD<sub>2</sub>区の乾物重の増加は、個体当り乾物重の栽植密度による抑制度が比較的少ない主稈および1次分けつにおける栽植本数の差異を反映したものであった。しかし、幼穂形成期以後では、栽植本数の差よりも個体当りの2次分けつの乾物重が区間差に強く影響することが認められた。また、施肥効果の発現する時期は分けつ次位により異なり、幼穂形成期以後の施肥効果は2次分けつにおいてのみ顕著に認められた。以上のことをあわせて考えると、幼穂形成期以降の乾物生産の主体は2次分けつにあったものと考えられる。このことは、栄養生長期の中・後期における乾物生産が個体群の分けつ構成、特に2次分けつ数に影響されることを示唆している。一方、栄養生長期前期の窒素施用が、その濃度に応じて貯蔵炭水化物を増大させる<sup>5)</sup>ことが認められている。このことは、栄養生長期の全期で窒素の施肥効果が認められることを示しており、本実験でも $m^2$ 当り乾物重において同様な結果が得られた。しかし、分けつ次位によって、施肥効果発現の時期と程度が異なることは、個体群の分けつ構成により窒素施肥の効果が異なることを示唆している。特に、2次分けつ数は、栄養生長期後期の施肥効果に強く影響するものと思われる。

## 2. 乾物分配率

第2表に所定期間の増加乾物重の葉身および茎(葉鞘をふくむ)への分配率を示した。まず、合計で葉身および茎への乾物分配率をみると、I期(7月5日~7月15日)では、茎葉がほぼ1:1の乾物分配を示した。これは、同化部分と非同化部分に分けて葉鞘を茎に含めたため、この時期の茎部への分配は、ほとんど葉鞘への分配と考えられる。II期(7月16日~7月25日)に葉身部への分配率が高まることが注目されたが、III期(7月26日~8月4日)以降では、茎部への分配率が高まる傾向が明らかであった。この推移には区による相違は認められなかった。しかし、これを分けつ次位別にみると、I期では、全区がほぼ同様の乾物分配を示し、1次分けつの葉身、茎への分配率が高かった。II期では、各区が1次分けつの茎への乾物分配を減じて、2次分けつ葉身および茎への分配を高めた。しかし、2次分けつの茎への分配率は、D<sub>1</sub>N<sub>2</sub>>D<sub>1</sub>N<sub>1</sub>>D<sub>2</sub>N<sub>2</sub>>D<sub>2</sub>N<sub>1</sub>の順に低くなる傾向が認められた。III期では、II期でみられた傾向が、2次分けつ葉身においても認められ、概して、D<sub>1</sub>N<sub>1</sub>、D<sub>1</sub>N<sub>2</sub>区が2次分けつ茎部および葉身への分配率を高めるのに対して、D<sub>2</sub>N<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>N<sub>2</sub>区では1次分けつ茎部および葉身への分配率が高かった。

