

## 水稻の登熟前半の粒重に及ぼす葉身窒素濃度の影響 ならびに根部呼吸速度と籾当たり葉面積との関係

山口 武 視・津 野 幸 人・中 野 淳 一・  
三 木 幸 次\*

(鳥取大学農学部)

1994 年 10 月 28 日受理

**要 旨** : 鳥取市湖山町 (大学附属農場) と鳥取県東伯郡北条町 (農家圃場) とで同時期に移植した水稻 3 系統について、生育経過を比較した。北条の肥培管理の特徴は、多量の窒素追肥で葉身 N% を登熟後期まで高く維持した。湖山は当地方の慣行に準じて管理した。両者の大きな差は、北条で登熟初期の粒重増加が小さいことであった。この原因を、籾当たり葉面積 (F/籾)、葉身 N% および玄米中のアンモニア濃度に着目して解析した。登熟期間全般を通じて、F/籾が大であるものほど粒重増加は大である傾向がうかがえた。しかし、穂揃後 15 日では、F/籾が一定の範囲であれば葉身 N% の高い個体の粗玄米千粒重は小さかった。玄米中のアンモニア濃度と粗玄米千粒重との間には負の相関が認められ、このアンモニア濃度は葉身 N% と正の相関があった。北条の稲は登熟初期の葉身 N% が 3% 以上と過度に高く、玄米中のアンモニア濃度が高かったために、粒重増加が抑制されたものと考えた。粒重増加にプラスの要因である F/籾は、根の呼吸速度と対数関数で示される正の相関関係が認められた。これは、根の呼吸速度が高い個体の葉身 N% が高く、これらの個体で葉の枯れ上がりが少なかった結果であり、登熟後期まで根の呼吸速度を低下させないことが葉面積を高く保つこととなる。根の呼吸速度には、根部 N% と根部全糖濃度の 2 要因が関与していることを確認することができ、同じ根部 N% であれば、全糖濃度が高いものほど高い呼吸を示した。

**キーワード** : アンモニア濃度、水稻、登熟、根の呼吸速度、籾当たり葉面積、葉身窒素濃度、粒重。

**Influence of Leaf Nitrogen Content on Grain Weight at Early Ripening Period and Relationship between Root Respiration and Leaf Area per Spikelet of Rice Plant** : Takeshi YAMAGUCHI, Yukindo TSUNO, Junichi NAKANO and Koji MIKI (*Faculty of Agriculture, Tottori University, Koyama, Tottori 680, Japan*)

**Abstract** : The same seedlings of three rice cultivars were transplanted into both paddy fields, experimental fields of Tottori University (Koyama) and skillful farmer's field (Hojo), and given their respective manuring practice. Hojo plants kept a high level nitrogen content in leaves (LN%) until harvest time because the amount of nitrogen fertilizer in Hojo was two to three times greater. The weight of whole brown rice of Hojo plants at 15 days after the full heading date (FHD) was lighter than that of Koyama rice plants. The causes of this different in brown rice weight were studied on concerning factors, leaf area per spikelet (F/spikelet), LN% and ammonium concentration in brown rice.

The relationship between F/spikelet and increasing rate of weight of whole brown rice had a positive correlation throughout the grain filling period. At 15 days after FHD, the correlation between LN% and the weight of whole brown rice was negative comparing among plants of F/spikelet levels. The weight of whole brown rice at 15 and 30 days after FHD showed a highly negative correlation with the ammonium concentration in the brown rice which was closely related to LN%. Therefore, it seemed that the grain filling of Hojo plants was delayed by the ammonium concentration in brown rice increased due to excessive high LN% at the early ripening period.

The F/spikelet supporting the increase of grain filling had high correlation with LN%, and the relation between F/spikelet and root respiratory rate was highly positive. Therefore, the amount of F/spikelet was sustained with a high root respiratory rate, supported by root nitrogen and sugar content, throughout the ripening period.

**Key words** : Ammonium concentration, Grain filling, Grain weight, Leaf area, Nitrogen content, Rice, Root respiration.

穂に集積する炭水化物量は、出穂までに茎葉に蓄積された炭水化物量と出穂後の光合成量で決定されるが、後者が収量の多少を支配していることが知られている<sup>1)</sup>。出穂以後の光合成量は、もちろん群落光合成に依存するが、それは葉身の光合成速度と葉面

積指数ならびに受光能率、そして群落呼吸量に分けられる。なかでも、群落光合成の中心的役割を担うのは個葉の光合成速度であって、これは葉身窒素濃度と高い相関を示すことは周知の事実である。しかしながら、多くの籾数を確保するために多量の窒素が穂肥で施された場合、出穂期の葉身窒素濃度と登熟歩合との間には負の関係にあることが指摘されて

\* 現在、滋賀県農業改良普及員。

いる<sup>6,7)</sup>。この原因としては、追肥によって籾数の増加をみるが、葉面積指数が大となって受光能率の低下、群落呼吸量の増加などにより純光合成量が籾数に対して相対的に不足するためとの見解が示されている<sup>6,7,15,17)</sup>。

一方、大島<sup>8)</sup>は鉢栽培の水稻に  $^{14}\text{C}$  を用いた実験で、多量の窒素を穂肥として施すと、葉身から穂への炭水化物の転流が遅延すると報告している。また、津野ら<sup>12,13)</sup>は登熟初期に葉身窒素濃度が高い場合は、玄米中アンモニア濃度が高まり、この程度に応じて粒重増加が抑制されることを報告している。

筆者らは鳥取大学農学部附属農場において水稻の多収穫栽培を試みてきたが、当圃場は透水性が1 mm/日内外と低く、このために出穂以後は根の呼吸速度が急速に低下し、窒素吸収が少なくなって、登熟後期には葉身窒素濃度が著しく低下して登熟歩合が向上せず、600 kg/m<sup>2</sup> 台の収量水準で止まった。一方、鳥取県内のある農家では、多量の追肥で葉身窒素濃度を登熟後期まで高く維持して高水準の収量を上げている。そこで、この農家が育てた苗を用い、本学附属農場と農家の圃場に稲を栽培して、粒重増加に及ぼす影響を登熟期の葉身窒素濃度、玄米中のアンモニア濃度、籾当たり葉面積などに着目して解析を行った。さらに、根の呼吸速度と籾当たり葉面積との関係を検討し、いくつかの知見を得たので報告する。

### 材料と方法

鳥取県東伯郡北条町の稲作農家、牧田克巳氏が既存品種より分離育成した MK-2 号, MK および MK-D の 3 系統を供試した(これらの系統は全国的にコシヒカリ栽培地帯の一部農家で栽培されているが、品種として未登録であるので本報告では上の如く略記した)。MK-2 号は穂重型で止葉を含む上位 3 葉は内側に軽く巻き、直立葉で多収穫を意図した系統

であり、MK と MK-D はコシヒカリ並の食味でそれよりも短稈で、倒伏しにくい特性を持つ系統である。

試験圃場は、本学附属農場(鳥取市湖山町、圃場名: 湖山と略称)と牧田氏圃場(鳥取県東伯郡北条町、圃場名: 北条と略称)に設けた。供試面積は、湖山は各系統とも約 4a, 北条は MK-2 号は 4a, MK は 6a, MK-D は 5a で、1 区制とした。両地区の稲作期間の平均気温と日照時間はほぼ同じであるが、北条の MK-2 号と MK が栽培された圃場は山の稜線で朝夕の日射が多少遮られる立地条件であった。

牧田氏が北条で育成(苗箱当たり 70 g 播き)した稚苗のうち、MK と MK-2 号は、早期に基数を確保する目的で早植えし(湖山: 5 月 8 日, 北条: 5 月 5 日), MK-D は湖山が 6 月 12 日, 北条は 6 月 10 日と普通期に移植した。栽植密度は湖山が 20.2 株/m<sup>2</sup> で、北条は 22.2 株/m<sup>2</sup> であった。

栽培管理は北条と湖山とで第 1 表に示したとおりで個別の方法で行った。北条の肥培管理は、前年の秋に乾燥鶏ふん 200 g と熔燐 60 g (計: N 8, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20, K<sub>2</sub>O 4 g/m<sup>2</sup>) を表層施用し、秋耕はせず、春耕時に過燐酸石灰 20 g と塩加カリ 15 g (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.5, K<sub>2</sub>O 9 g/m<sup>2</sup>) を全層施肥した。分げつ肥は硫安 (1~2 gN/m<sup>2</sup>) を 3 回施し、幼穂形成期に P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.5 g/m<sup>2</sup> と K<sub>2</sub>O 6.0 g/m<sup>2</sup> を重焼燐と塩加カリで施用し、それ以後は尿素を用いて、穂肥 3 回、実肥 2 回(各 1.84 gN/m<sup>2</sup>) と合計 9 回追肥した。一方、湖山では基肥は春耕時に高度化成肥料 (12-18-14) で施し、分げつ肥 1 回、穂肥 2 回、そして実肥は 1 回とした。

以上の水稻について、幼穂形成期から登熟後期にかけて、根の呼吸速度、葉面積、器官別乾物重等を調査した。調査個体は各区とも 40 株の基数を調査し、平均の生育を示す 1 株を慎重に選定した。1 株としたのは、根の呼吸速度と葉身 N% および葉面積な

第 1 表 各試験区の栽培条件。

系統名	圃場	移植日 (月.日)	穂揃日 (月.日)	収穫日 (月.日)	施肥量 (gm <sup>-2</sup> )									追肥 回数 (回)
					基肥			追肥			合計			
					N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
MK-2号	湖山	5. 8	8. 8	9.26	4.0	6.0	4.7	6.3	0	5.0	10.3	6.0	9.7	4
	北条	5. 5	8. 5	9.18	8.0	23.4	13.0	13.4	3.5	6.0	21.4	26.9	19.0	9
MK	湖山	5. 8	8. 5	9.26	4.0	6.0	4.7	8.3	0	7.5	12.3	6.0	12.2	5
	北条	5. 5	7.31	9.18	8.0	23.4	13.0	15.2	3.5	6.0	23.2	26.9	19.0	10
MK-D	湖山	6.12	8.22	10. 7	4.0	6.0	4.7	4.0	0	5.0	8.0	6.0	9.7	2
	北条	6.10	8.20	10. 3	5.2	20.6	11.6	16.2	3.5	6.0	21.4	24.1	17.6	9

ど形質間の関係を求めるとき、同一個体の形質を比較する方がより密接な対応が得られるためである。根の呼吸速度の測定は、シャベルでもって株を土ごと掘取り(土量約 15 L)、既報<sup>10)</sup>と同様の方法で、地中発根節上位 3 節の根とそれ以下の根に分類して、根を茎より切り放し、通気した箱内において根が空中に放出する炭酸ガス量を赤外線炭酸ガス分析計で測定した。また、葉身と根の N 量をセミ・ミクロケルダール法で、根中の全糖をソモギ・ネルソン法で定量した。含有率はすべて対乾物百分比で表示した。

収量調査は、各区 40~80 株の穂数を調査し、平均穂数に最も近い 4~8 株を選び、収量構成要素を常法で求めたのち、単位面積当たり収量に換算した。

また、穂揃後 15 日と 30 日に平均穂数に最も近い 1 株を選び、その有効茎のうち稈長の長い順に 9 穂をサンプリングし、無作為に 3 穂を 1 組として、1 次および 2 次枝梗に着生する粳に区分して、粗玄米千粒重の調査に供した。9 穂としたのは、各穂の出穂日をできるだけ揃えるためである。登熟期間中 3 回にわたってサンプリングした 9 穂の平均 1 穂重 (Y) とその株の平均 1 穂重 (X) の間には、 $Y=1.01 X + 0.4$  ( $r=0.96^{**}$ ) の関係が得られたので、9 穂で得られた値で、1 株の穂重を代表できると判断した。生粳は圃場で秤量ビンに採取し、密閉して実験室に運び、凍結乾燥させて真空デシケーター中で保存した。後日、1 粒ごとに粳がらから玄米を取り出し、粗玄米千粒重を求めた。

玄米中のアンモニア態窒素は以下の手順で分析した。まず、640 ppm のフタル酸水素カリウム溶液(純水 3 L に pH 4 のフタル酸塩緩衝液 200 mL を添加)で、粗玄米 250~500 mg (乾物)を乳鉢中で磨砕したのち、遠沈管内で 1.5 時間 (30°C) 抽出して 50 mL に定容した。そして、遠沈した上澄み 30 mL を 1 g の酸化マグネシウムとともに、ミクロ・ケルダール蒸留装置を用いて蒸留して、アンモニアを N/100

塩酸で補集した。この 50 mL 定容液の一部を、インドフェノール法で比色定量し、乾物当たりで濃度を表示した。

## 結 果

### 1. 生育と収量

両圃場の収量とその構成要素を第 2 表に示した。各区とも 3.2 万粒/m<sup>2</sup> 以上の粒数を確保でき、最高の収量をあげたのは湖山の MK-2 号で 638 g/m<sup>2</sup>、ついで北条の同系統の 613 g/m<sup>2</sup> であった。最低収量は、湖山の MK-D で 489 g/m<sup>2</sup> であった。収穫時の窒素吸収量は、3 系統平均で北条圃場の方が約 2.2 g/m<sup>2</sup> 多かった (第 2 表)。

第 1 図は北条と湖山における各系統の葉面積、葉身窒素濃度および根の呼吸作用を比較したものである。葉身窒素濃度 (N%) の時期的推移を見ると (同図中段)、北条の MK と MK-D は穂揃日までは 3.5% 以上と高い窒素濃度を示し、登熟後期になっても 2.5% 内外であった。一方、湖山では全般に北条よりも低い窒素濃度であるが、MK、MK-D では登熟後期でも 2.5% 程度の濃度を保持できた。

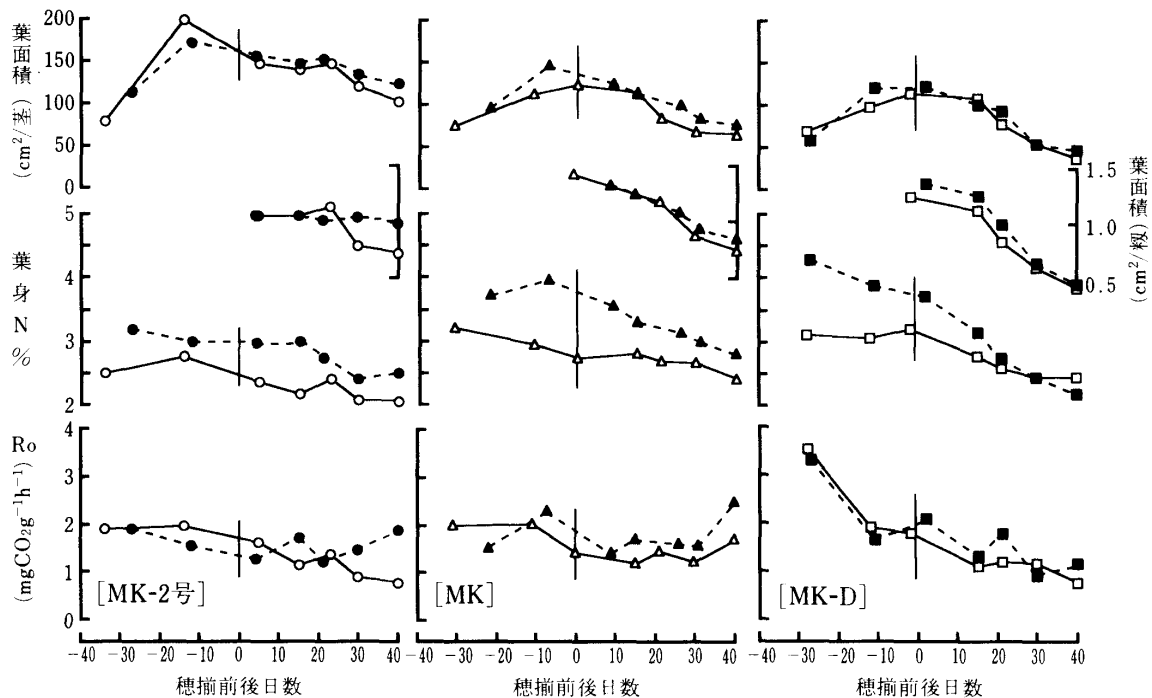
出穂期の 1 茎当たり葉面積 (第 1 図上段) は、両圃場とも MK-2 号は 150 cm<sup>2</sup>/茎程度、MK および MK-D は約 120 cm<sup>2</sup>/茎であった。その後、MK-2 号は緩やかに減少したのに対し、MK-D は枯れ上がりのため急速に減少した。1 茎当たり葉面積を穂数に乗じて求めた出穂期の葉面積指数は、最大が 5 (北条の MK-D) で、最小は 4 (湖山の MK-D) であって、全般に繁茂度は低かった。

さらに、シンク:ソース比の量的表現形質である粒当たり葉面積<sup>11)</sup> は、MK と MK-D は出穂期では 1.3 cm<sup>2</sup>/粒程度であったが、その後の減少が大で、収穫期では MK で 0.7、MK-D は 0.5 cm<sup>2</sup>/粒であった。一方、北条の MK-2 号は出穂期は 1.0 cm<sup>2</sup>/粒と少なかったが、登熟期間を通してほぼ一定の値で推

第 2 表 収量とその構成要素および収穫時の窒素吸収量。

系統	圃場	収量 (gm <sup>-2</sup> )	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	穎花数		登熟歩合 (%)	精玄米千粒重* (g)	窒素吸収量 (gm <sup>-2</sup> )
				個/穂	個/m <sup>2</sup>			
MK-2号	湖山	637.9	262.5	127.1	33364	87.2	21.93	14.81
	北条	612.7	285.4	125.8	35903	77.7	21.97	16.07
MK	湖山	555.2	388.6	83.0	32254	84.5	20.36	13.72
	北条	584.5	374.9	89.6	33591	86.2	20.18	15.54
MK-D	湖山	489.4	358.4	89.6	32113	73.0	20.89	13.22
	北条	568.7	402.8	91.5	36856	72.6	21.27	16.67

\*: 水分 15%.



第1図 各系統の1茎当たり葉面積、粒当たり葉面積、葉身窒素濃度および根の呼吸速度( $R_o$ )の時期的推移。白ぬき記号は湖山、黒ぬき記号は北条。

移した。

根の呼吸速度の時期的変化(第1図下段)をみると、MK-Dは幼穂形成期で高い値を示した。また、MKおよびMK-Dでは出穂後、北条の方が高い値で推移した。登熟期間の根の呼吸速度の平均値は、3系統とも北条の方が湖山よりも18~30%高い値であった。しかし、本試験での湖山は、3系統とも穂揃期で $1.5 \text{ mgCO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ 程度、穂揃後30日でもMK、MK-Dは $1 \text{ mgCO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ 内外の値であり、従来の測定結果<sup>11,14)</sup>よりも高い値を保つことができた。

## 2. 粒当たり葉面積と粒重増加との関係

全区の抜き取り個体の1株穎花数は、全区平均で1604個、標準偏差は52.7個で、変動係数は3.3%ときわめて小さかった。したがって、抜き取り個体については各区でシンク容量に差はなく、粒重増加量を粗玄米千粒重の増加で比較してもよいと判断した。各区とも1個体の抜き取りであるから、登熟期間内の粒重増加を区別に求めて、統計処理を行うことはできない。しかし、粒重増加に強く係わる要因を概括的に把握するために、両圃場ごとに3系統の粗玄米千粒重増加量の平均値を求め、各調査形質と期間内粒重増加との相関関係を検討した。その結果、最も強い相関を示した形質は粒当たり葉面積( $F/\text{粒}$ )であって、第2図に示す関係が成立した。この図より、 $F/\text{粒}$ が大であるものほど粗玄米千粒重の増

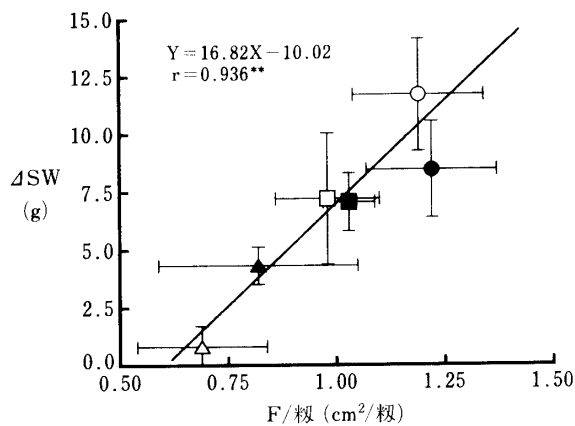
加は大である傾向がうかがえた。

## 3. 登熟前半の粒重増加に関する要因

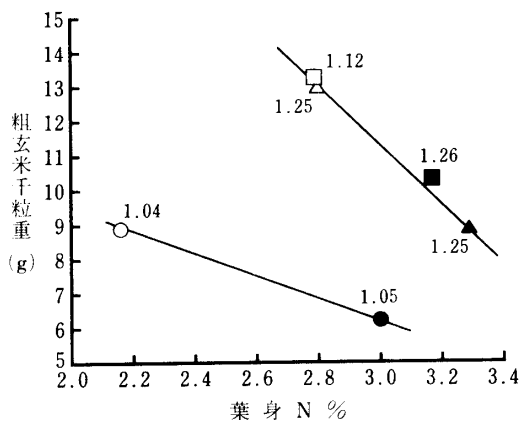
既述のとおり、本試験では個体内形質間の厳密な対応関係を求めるために、同一個体について各種形質を調査した。まず、初めに穂揃後15日における葉身N%と粗玄米千粒重との関係を第3図で検討しよう。同図は、第2図でみた $F/\text{粒}$ 値のほぼ等しいもので区分したが、見られるとおり、 $F/\text{粒}$ が一定の範囲であれば葉身N%が高い個体ほど粗玄米千粒重は小さいという傾向が認められた。また、同じ葉身N%ならば $F/\text{粒}$ 値の高い個体で粗玄米千粒重が大であった。

葉身N%と光合成速度に高い相関のあることは広く知られているが、第3図では、葉身N%と粒重には負の関係がある。この原因を明らかにするために、まず玄米中のアンモニア濃度と粒重との関係を検討した。これは、津野ら<sup>12)</sup>が、登熟初期の玄米中のアンモニア濃度と粗玄米千粒重との間に負の相関関係のあることを指摘し、別報<sup>13)</sup>でもこの関係を再確認しているからである。

穂揃後15日と同30日の玄米中アンモニア濃度とその時期の粗玄米千粒重との関係をみると、第4図に示した結果となった。第4図左図は1穂粒数の少ない( $106 \pm 11$ 個/穂)MKとMK-Dにおける関係で、1次、2次枝梗着生粒こみで相関係数 $r = -$



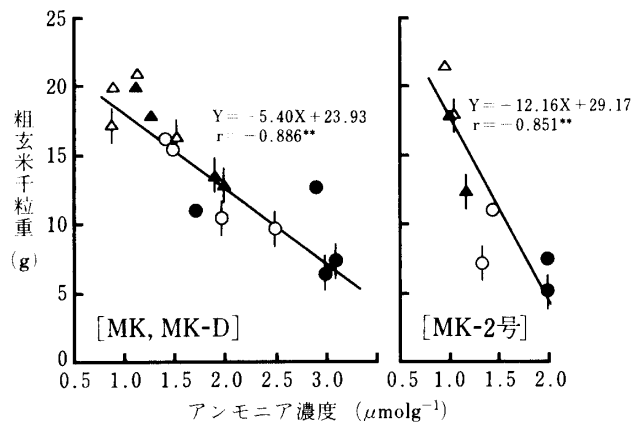
第2図 粒当たり葉面積 (F/粒) と3系統平均粗玄米千粒重増加量 ( $\Delta SW$ ) との関係。  
○, ●: 穂揃日～穂揃後15日, □, ■: 穂揃後16日～同30日, △, ▲: 穂揃後31日～収穫日。白ぬきは湖山, 黒ぬりは北条。記号に付した棒線は標準偏差。



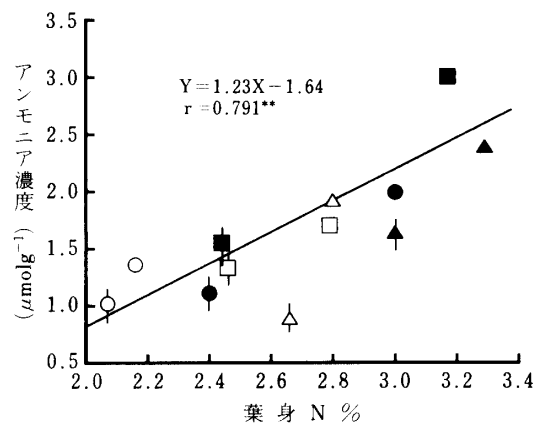
第3図 穂揃後15日の葉身窒素濃度と粗玄米千粒重との関係。  
○, ●: MK-2号, △, ▲: MK, □, ■: MK-D。白ぬき記号は湖山, 黒ぬりは北条。図中の数字は粒当たり葉面積 ( $\text{cm}^2/\text{粒}$ )。

0.886\*\* (1%水準で有意) となり, 1穂穎花数が多い ( $162 \pm 12$  個/穂) MK-2号では同じく  $r = -0.851$ \*\* であり (第4図右図), 1穂穎花数の多少で回帰式は異なるが, いずれも高い負の相関関係が成立した。特に, 粒重増加が緩慢な2次枝梗着生粒のアンモニア濃度が穂揃後15日で高いことがわかった。また, 同じアンモニア濃度でも粒数の多いものの粗玄米千粒重が小さいのは, 粒当たり葉面積の値が小さい (第1図) ために, 粒への光合成産物の供給量が少なかったためと推察される。

この玄米中のアンモニア濃度は第5図に示したように, 葉身 N% と高い正の相関関係が成立した。したがって, 第3図でみられた葉身 N% と粒重との負



第4図 穂揃後15日と同30日の玄米中アンモニア濃度と粗玄米千粒重との関係。  
○, ●: 穂揃後15日, △, ▲: 穂揃後30日。白ぬき記号は湖山, 黒ぬりは北条。記号に棒線付したものは2次枝梗着生粒。



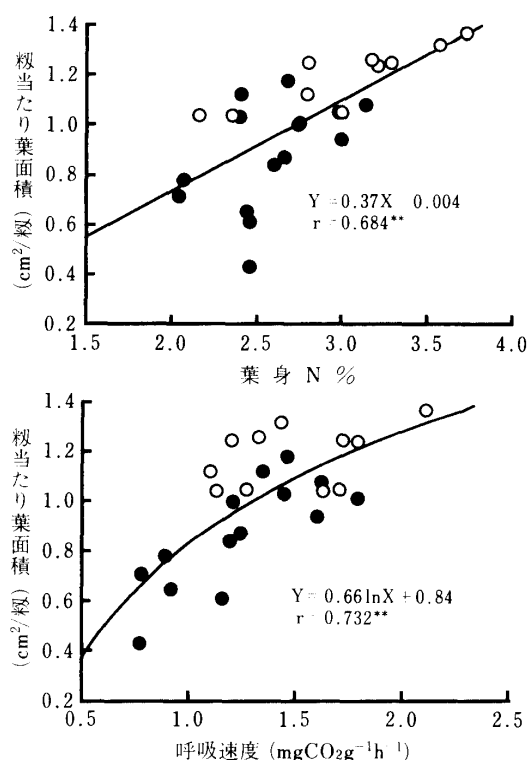
第5図 穂揃後15日と同30日の葉身窒素濃度と玄米中アンモニア濃度との関係。  
○, ●: MK-2号, △, ▲: MK, □, ■: MK-D。白ぬき記号は湖山, 黒ぬりは北条。棒線付き記号は穂揃後30日。

の関係は, 玄米中のアンモニア濃度と粒重とが負の相関関係 (第4図) にあり, 玄米中のアンモニア濃度は葉身 N% と正の相関にあることより成り立つものであることがわかった。

#### 4. 登熟期における根の呼吸速度と葉面積との関係

第2図および第3図で粒重増加には粒当たり葉面積が強く関与していることが指摘できたのであるが, 葉面積の拡大が望めない登熟期では, いかにそれを減少させないかが問題となる。そこで, 粒当たり葉面積に関与する要因を明らかにしておきたい。

葉身 N% と F/粒 との関係とを求めると (第6図上図), 両者の間には全体を込みにして  $r = 0.684$ \*\* と



第6図 登熟期における葉身窒素濃度および根の呼吸速度と粒当たり葉面積との関係。  
○: 穂揃日～穂揃後15日, ●: 穂揃後21日～同40日。

いう正の相関が認められた。しかし、詳細にみれば穂揃日から同15日までは $r=0.816^{**}$ の相関関係であるが、その後の期間（穂揃後21日から同40日）では $r=0.462$ であって、この期間では相関が認められない。ところが、根の呼吸速度と $F/\text{粒}$ との関係をみると第6図下図のとおりであって、全体は対数式に示されるところの高い正の相関関係が認められた。なかでも登熟後期（●）の $F/\text{粒}$ との相関が高いことがわかった。このように、 $F/\text{粒}$ は登熟前半では葉身N%と高い相関を持ち、登熟後半では根の呼吸速度の高いもののほど $F/\text{粒}$ が高く維持されたのである。

### 考 察

本試験では、最高の単位面積当たり粒数は3.7万個/ $\text{m}^2$ であり、粒当たり葉面積は最大で $1.4 \text{ cm}^2/\text{粒}$ であった。両者を乗ずると最大葉面積指数は5.2となる。上記粒数で精玄米千粒重を22g、登熟歩合を90%とおくと、収量は $733 \text{ g}/\text{m}^2$ となって、当地方では多収穫となり、しかも生育状態は過繁茂ではない。このような条件のもとで、粒当たり葉面積は第1図のとおり粒重増加にプラスの要因として作用した。

しかし、穂揃後15日で、葉身窒素濃度が3%以上と高い個体では、粒当たり葉面積が大であっても、粗玄米千粒重が小さいことを認めた(第3図)。この現象に関して、大島<sup>9)</sup>は窒素施用量が多い場合は炭水化物の葉から穂への転流が遅延することを $^{14}\text{C}$ を用いた実験で認め、また、玖村<sup>9)</sup>は登熟期に多量の窒素が供給されると、同化産物の穂への移行が妨げられ、葉身N%が2%を越えるとその可能性があることを指摘している。

また、登熟期の粒重増加は出穂前の稈・葉鞘部の炭水化物蓄積量と出穂後の光合成能力とに依存している<sup>5,9,17)</sup>が、和田<sup>17)</sup>は減数分裂期の植物体の窒素濃度と稈・葉鞘部分の炭水化物との間には負の相関関係を認めている。北条の葉身N%は、幼穂形成期から登熟初期では3~4%と高い値であった(第1図)。そのため、幼穂形成期の蓄積炭水化物が少なかったことが推察されるが、登熟初期では粒重増加と稈・葉鞘への炭水化物の蓄積が同時に進行する<sup>11)</sup>ので、出穂前の蓄積炭水化物の不足だけに登熟初期の粒重が小さい原因を求めることはできない。

第3図の関係は、現象的には粒重と玄米中のアンモニア濃度との間の負の相関関係で説明できるようなのである。玄米中のアンモニア濃度は、玄米中のアミノ酸含有量に比例することが知られている<sup>12)</sup>。また、葉のN濃度が高いほど穂の非タンパク態N濃度が高くなることは既に報告した<sup>14)</sup>。本実験では、第5図に示すように、玄米中のアンモニア濃度と葉身N%とは高い相関関係が成立した。

アンモニアそのものが胚乳部のデンプン合成を阻害するのか、あるいはアミノ酸の過剰がデンプン合成に悪影響を及ぼすかは、本試験の手法で明らかにすることはできないが、少なくとも玄米へ窒素の過剰供給が登熟初期の粒重肥大を遅らせている現象は、他の報告<sup>12,13)</sup>からも指摘できる。また、既報<sup>12,13)</sup>では玄米中アンモニア濃度と粗玄米千粒重との間の負の相関関係は穂揃後15日までで認められており、それ以降では両者の関係は明らかでなかった。これらの稲は、穂揃後15日以降の葉身N%が2%以下に低下しており、本試験のように葉身N%が穂揃後30日でも2.5%と高いと、その影響が登熟中期まで及ぶものと考えられる。

以上のことから、穂肥や実肥で窒素を多追肥して、過度に葉身窒素濃度を高めると、玄米に多くの窒素が供給され、その結果として、登熟初期の粒重増加が抑制されることが現象的に指摘できたのである。

上の現象を回避して、かつ粒重増加にプラスの要因である F/粒を登熟後期まで高く維持するには、幼穂形成期から出穂時までの窒素吸収を適度に保つ必要がある。一方、玄米の肥大が進み、葉身 N%の低下が著しい登熟中期では、根の呼吸速度を高く維持して窒素吸収を促さなければならない。これは、根の呼吸速度が高い個体は葉身 N%が高く、粒当たり葉面積も大であったことよりいえる。延・太田の成績<sup>16)</sup>でも、葉の老化指数と根の  $\alpha$ -ナフチルアミン酸化力との間に正の相関関係を認めている。根の呼吸速度の低下は、根の老化を示す指標となる<sup>2)</sup>。老化した根は窒素吸収力が劣るので、穂に集積する窒素を葉身の窒素で賄うために枯れ上がりが大となり、第 6 図の関係が成立すると考えられる。このことより、葉面積を高く保つためには、根の呼吸速度を低下させないことが重要であるといえる。

根の呼吸速度に関与する要因として津野・山口<sup>10)</sup>はすでに、根の窒素濃度と根の全糖含有率をあげている。本試験でも根の窒素濃度と根の全糖含有率の 2 要因を説明変数、根の呼吸速度を目的変数、として重回帰分析を行った。その結果、0.807\*\*という高い重相関係数が得られた。両要因の関与度を標準偏回帰係数で比べると、窒素が 0.46、全糖が 0.56 と若干ながら全糖含有率の方が呼吸速度には強く関与していることがわかった。

さらに、登熟期における本試験ならびに過去の成績から根の窒素濃度が一定の範囲にあるものを選び、根部全糖濃度と根の呼吸速度との関係を求めると、第 7 図に示すような関係が認められ、同じ根の窒素濃度であれば、呼吸基質である根部全糖含有率が高いものほど呼吸が高いことを明確にとらえることができた。

また、第 6 図と同じ材料で登熟期間における根の呼吸速度と葉身 N%との関係をみると、 $r=0.699^{**}$ の相関関係があった。この関係を確実なものとするために、第 3 表に過去に湖山で得た登熟期の根の呼

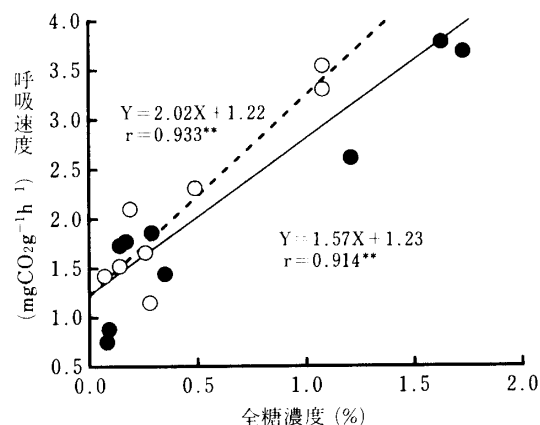
吸速度と根および葉身の N%の値を本試験の結果とあわせて示した。登熟期平均の根の呼吸速度の高い年で平均葉身 N%が高いことがわかる。また、この表で、湖山における当年 (1991) の根の呼吸速度が過去の試験よりも高い値を維持した一因として、根の窒素濃度が高かったためであることが指摘できる。

当年は登熟期に周到的な間断かんがいを行い、できるだけ飽水状態を保つよう心がけた。また、牧田氏の稲作りでも、周到的な間断かんがいと飽水状態の維持に心掛けていた<sup>4)</sup>。このことが、当年の登熟期間の根の活力を高く保つうえで、効果があったといえよう。したがって、葉面積を高く保つためには、登熟期に周到的な水管理により、根の呼吸速度を登熟後期まで高く保つことが重要である。基本的には、多収穫田の特性とされている透水性が 20~30 mm に保つ<sup>1)</sup>水田を造成することが大切である。

**謝辞:** 本研究の開始から終了まで絶大な御援助を賜りました牧田克巳氏に、厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

1. 本谷耕一 1966. 稲作多収の基礎条件—多収技術の解



第 7 図 根部における窒素濃度別にみた全糖濃度と呼吸速度との関係。

●: 根部窒素  $0.8 \pm 0.1\%$ , ○:  $1.3 \pm 0.1\%$ 。

第 3 表 登熟期における根部呼吸速度 (Ro), 根部窒素濃度および葉身窒素濃度 (平均値  $\pm$  標準偏差)。

年次	圃場	Ro ( $\text{mgCO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ )	根部 N%	葉身 N%	n
1985	湖山	$0.88 \pm 0.23\text{a}$	$0.67 \pm 0.07\text{a}$	$2.01 \pm 0.43\text{a}$	11
1990	湖山	$1.07 \pm 0.35\text{a}$	$0.54 \pm 0.10\text{a}$	$1.86 \pm 0.28\text{a}$	15
1991	湖山	$1.29 \pm 0.25\text{b}$	$1.05 \pm 0.09\text{b}$	$2.59 \pm 0.30\text{b}$	12
1991	北条	$1.50 \pm 0.31\text{b}$	$1.10 \pm 0.08\text{b}$	$3.03 \pm 0.41\text{c}$	12

同一アルファベットは年次間で 5% 水準で差のないことを示す。

- 明一. 農文協, 東京. 32—35.
2. 稲田勝美 1967. 水稻根の生理的特性に関する研究—とくに生育段階ならびに根の age の観点において—. 農技研報 D16: 19—156.
  3. 玖村敦彦 1957. 水稻に於ける炭水化物の生産並に行動に関する研究. V. 稔実に及ぼす窒素の影響. 日作紀 25: 214—218.
  4. 牧田克巳 1991. 単収 800 kg どのりの稲作りと稲作診断. 日作中国支部研集 32: 20—21.
  5. 村山 登・吉野 実・大島正男・塚原貞雄・河原崎裕司 1955. 水稻の生育に伴う炭水化物の集積過程に関する研究. 農技研報 B4: 123—166.
  6. 村山 登 1983. 収量漸減法則の克服. 養賢堂, 東京. 41—64.
  7. 大島正男 1961. 水稻の窒素栄養に関する研究[II] 基肥窒素量を異にした水稻における窒素追肥の影響. 農技研報 B11: 199—232.
  8. ———— 1962. 乳熟期における  $^{14}\text{C}$ -光合成産物の種実への移行におよぼす窒素栄養の影響. 水稻の窒素栄養に関する研究 (第3報). 土肥誌 33: 21—24.
  9. 清水 強・津野幸人 1957. 主要作物の収量予測に関する研究. III. 光合成作用を中心とした水稻生育相の解明. 日作紀 26: 103—104.
  10. 津野幸人・山口武視 1987. 水稻光合成の高温低下現象と根の呼吸速度との関係ならびに根の呼吸速度に關与する要因の解析. 日作紀 56: 536—546.
  11. ————・王 余龍 1988. 水稻の登熟過程にみられた品種間差異とその原因の解析—籾あたり葉面積の意義について—. 日作紀 57: 119—131.
  12. ————・山口武視・牛見哲也 1990. 登熟抑制処理の水稻にみられる粒重と玄米中のアンモニア濃度との関係. 日作紀 59: 481—493.
  13. ————・———・中野淳一・信貴竜人 1991. 登熟期前半における玄米中のアンモニア態窒素濃度と粒重増加速度との関係. 日作紀 60(別2): 15—16.
  14. ————・———・———・近藤 寿 1994. 籾当たり葉面積と葉身窒素濃度からみた水稻登熟過程の解析—特に根部呼吸速度との関連性において—. 鳥大農研報 47: 1—10.
  15. 山田 登・太田保夫・櫛渕欽也 1957. 水稻の登熟に関する研究 第I報 登熟に於ける窒素の役割について. 日作紀 26: 111—115.
  16. 延 圭復・太田保夫 1973. 水稻葉の老化と根の活力との関係について. 日作紀 42: 13—17.
  17. 和田源七 1969. 水稻収量成立におよぼす窒素栄養の影響. 農技研報 A16: 27—167.