

水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壌窒素無機化予測によるシステム施肥法

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	北田, 敬宇 宮川, 修 塩口, 直樹
巻/号	62巻6号
掲載ページ	p. 585-592
発行年月	1991年12月

水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壤窒素無機化

予測によるシステム施肥法*

北田敬宇**・宮川 修***・塩口直樹***

キーワード 水稻, 窒素吸収, 土壤窒素無機化, 速度論的解析, 窒素施肥

1. 緒 言

石川県銘柄米の一つであるコシヒカリは、水稻作付面積に対する比率が年々増加し、1989年には57%に達した。良質米品種のコシヒカリは耐倒伏性が弱く、とくに肥培管理に高度な技術を要する。また、近年の気象変動に起因する作柄の変動が大きく、稲体の栄養診断に基づくきめ細かな肥培管理対策が求められている。このため、コシヒカリの普及拡大に当たっては、当年の稲体の生育状況や気象条件の推移などの情報に基づいた肥培管理指標の普及を図っていくことが重要である。

肥培管理の現場対応技術を確立するには、上野ら¹⁾が追肥診断システムについて提案しているように、土壤別に水稻の理想的な窒素吸収パターンを明らかにし、土壤窒素無機化量の予測を行い、これに基づいた合理的な窒素施肥体系を確立する必要があると考える。すなわち、合理的な肥培管理技術は、目標とする稲体の窒素保有量と土壤窒素吸収量との差を、生育時期を追って補足していく方法により可能になると考えた。この方法をシステム施肥法と名づけた。

システム施肥法を確立するため、筆者¹⁾は数値化I類の統計解析から土壤の種類別に、コシヒカリの多収水準(収量 650 kg/10 a 以上)における窒素吸収パターンを明らかにした。さらに、水田土壤の窒素無機化予測法として速度論的解析法^{3,6)}が適用できるかを検討した結果、山本ら⁸⁾の報告と同様に、この理論が水田土壤に適用できることを確認した²⁾。しかし、まだいくつかの検討すべき点が残されている。すなわち、第1は、水稻の生育状況を的確に把握するための栄養診断技術を確立する。

第2は、合理的な窒素施肥量を判定するため、施肥時期や土壤の種類別に、土壤窒素無機化量および施肥窒素量の水稲による利用率を求める。第3は、土壤窒素無機化予測法により基肥窒素量を判定する場合、当年の気象情報が乏しいため予測精度は低下することがあるので、土壤診断に基づく肥培管理技術を新たに確立する。

本報告ではコシヒカリを対象に、上記の残された課題を明らかにし、システム施肥法の適用可能性について検討したので報告する。

2. 試験方法

1) 供試圃場および土壤

コシヒカリの栽培は、羽咋および門前試験地のグライ土水田と、野々市(A, B)および松任試験地の灰色低地土水田の圃場で行った。羽咋および野々市A試験地ではそれぞれ、1986年、1977年から圃場の一部に牛糞堆肥を10a当たり3t連用した区を設けてある。1986年から1989年にかけて、上記圃場において基肥および追肥窒素量の異なる処理を組み合わせた区を設け、生育時期別に稲体の窒素栄養を調査し、基肥窒素の適正施用量の判定および葉緑素計を用いた稲体の窒素保有量の推定について検討した。追肥窒素の水稲による利用率については、1988年に、各圃場の基肥無窒素区の一角で¹⁵Nトレーサー法により測定を行い、また1988年と1989年に、差引法を用いて行った。1989年には、得られた個別技術を組み立て、システム施肥法の実証試験を行った。

供試圃場の作土を4月中旬の耕起前に採取し、その一部は土壤窒素無機化量を測定するために湛水培養に供し、残りは風乾処理を行い、理化学分析に供した。各土壤の理化学的特性を第1表に示した。

2) 培養方法および土壤窒素無機化量の測定方法

乾土15g相当量の湿潤土あるいは風乾土を試験管(直径30mm, 高さ75mm)にとって湛水培養を行い、生成する窒素無機化量を常法に従い10%塩化カリウム溶液で抽出後、水蒸気蒸留法によって測定した。30°Cで

* 本調査研究は、北陸4県共同による「水稻の生育診断・予測技術の開発研究」として実施した。

** 石川県農業総合試験場(現在、農業研究センター 305 つくば市観音台 3-1-1)

*** 同上(921-01 金沢市才田町戊 295-1)

1991年1月23日受理

日本土壤肥科学雑誌 第62巻 第6号 p.585~592 (1991)

第 1 表 供試土壤の理化学的特性

試験地	土壤群	土壤管理	土性	容積重 (g/100ml)	pH (H ₂ O)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	塩基交換容量 (meq/100 g 乾土)	風乾土アンモニア化成量 (mg/100 g 乾土)
羽 昨	グライ土	無堆肥	LiC	64	6.0	2.12	0.250	33.4	27.4
		堆肥連用	LiC	62	6.5	2.32	0.260	34.4	28.8
門 前	グライ土	無堆肥	CL	73	5.1	1.91	0.173	31.8	24.7
		堆肥連用	CL	101	6.0	1.31	0.129	11.1	13.4
野々市 A	灰色低地土	無堆肥	CL	101	6.0	1.31	0.129	11.1	13.4
		堆肥連用	CL	98	6.1	1.81	0.178	12.5	18.5
野々市 B	灰色低地土	無堆肥	CL	113	5.4	1.42	0.160	11.5	15.7
松 任	灰色低地土	無堆肥	L	114	5.3	1.35	0.107	10.3	13.4

4 週間湛水培養して生成する窒素無機化量から、培養開始時の無機態窒素量を差し引いてアンモニア化成量とし、湿潤土を用いたものを湿潤土アンモニア化成量とした。

3) 基肥窒素の適正施用量の判定

基肥窒素の施用量は、10 a 当たり 0~5 kg の範囲内で 3 水準程度の処理区を設け、最高分けつ期における稲体の窒素保有量を測定した。窒素以外の施肥管理は、各処理区とも慣行法で行った。これらの処理区のうちから、最高分けつ期の理想的な窒素保有量が得られたときの基肥窒素量を取り出し、土壤ごとにアンモニア化成量との関係について解析を行った。

4) 葉緑素計を用いた稲体の窒素保有量の推定

最高分けつ期、幼穂形成期および穂揃期の各生育時期に、SPAD 501 型による葉緑素計値、草丈および茎数を調査し、稲体の窒素保有量との関係について解析を行った。葉緑素計値は、各試験区の平均株 3~5 個体について、主幹の完全展開第 2 葉を測定した。

5) 速度論的解析法による土壤窒素無機化予測

土壤窒素無機化予測は別報²⁾で述べた方法により解析し、予測した土壤窒素無機化量を土壤窒素無機化推定量とした。方法は次のとおりである。温度別の土壤窒素無機化量の経時的測定値をモデルにあてはめて、最適モデルと最適パラメータを求める。次に、気温データと活性化エネルギーを用いて算出した積算 25°C 変換日数と、25°C 推定無機化曲線の式から土壤窒素無機化量を求める。気温データは当年の毎日の平均気温データを用い、診断日から推定する時期までの気温は平年値の平均気温データ⁵⁾を用いた。毎日の気温データと作土層の地温データとの差はわずかであるので、日平均地温を日平均気温で読み替え使用した。なお、計算に当たっては、金野⁶⁾が作成した土壤中の窒素無機化量の推定プログラム (ENMS) を用いた。

6) 追肥窒素の水稲による利用率の測定

(1) ¹⁵N トレーサー法：基肥無窒素区の一 corner で無底

の鉄棒 (縦 30 cm, 横 31 cm, 高さ 30 cm) を深さ 20 cm に入れ、2 株を移植した。基肥には、硫酸水溶液として 2 g N/m² を表層施用した。出穂前 17, 9 日の穂肥および出穂後 4 日の実肥には、10.2 atom % の ¹⁵N 硫酸水溶液としてのおおの 2 g N/m² を表層施用した。成熟期に水稻株を採取し、体内の ¹⁵N atom % を質量分析法により測定した。

追肥窒素の利用率は、追肥窒素量に対する追肥窒素の水稲による吸収量の割合として算出した。追肥窒素の水稲による吸収量は、水稻の ¹⁵N atom % excess 値を標識窒素の ¹⁵N atom % excess 値で除した値に、水稻総窒素吸収量を乗じて求めた。

(2) 差引法：1 区当たり約 1 a の追肥区と無追肥区を設け、稲体の窒素吸収量の推移を調査した。追肥窒素の利用率は、追肥区の窒素吸収量から無追肥区のそれを差し引いた値を、追肥窒素量で除して算出した。なお、無追肥区も追肥区と同様に基肥として 2 kg N/10 a を施用し、穂肥施用時における両区の生育量に差異がないよう配慮した。また、窒素以外の施肥管理は両区とも慣行法で行った。

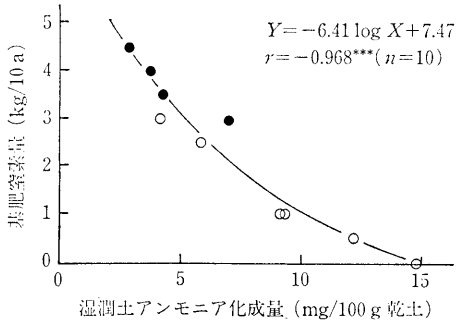
7) システム施肥法による実証試験

組み立てたシステム施肥法に基づいて施肥管理を行い、目標とする窒素吸収パターンに誘導できるか、さらに安定多収が得られるかについて検討を行った。すなわち、基肥窒素の慣行区について、幼穂形成期次いで穂揃期に窒素栄養診断を行い、それぞれ次期の穂揃期、成熟期における目標とする窒素保有量と土壤窒素吸収量との差から追肥窒素量を判定し、生育時期を追って補足した。

3. 試験結果および考察

1) 湿潤土アンモニア化成量を指標とした基肥窒素量の判定

筆者⁷⁾は、コシヒカリについて収量と生育時期別の窒素吸収量との関係を解析した結果、とくに最高分けつ期



第1図 湿潤土アンモニア化成量と適正な基肥窒素量*との関係

* 最高分けつ期に、多収水準を維持するために必要な窒素保有量を得たときの量を示す。

○、グライ土水田；●、灰色低地土水田。

の窒素吸収量が収量に大きく寄与することを明らかにした。最高分けつ期の窒素吸収量はいうまでもなく、基肥窒素量に大きく支配されているので、収量 650 kg/10 a 以上の安定多収を図る場合には適正な基肥窒素量が重要となる。

適正な基肥窒素量は、目標とする最高分けつ期の窒素保有量と土壤窒素吸収量との差から求められると考えた。この際、基肥の施用時点で、最高分けつ期までの土壤窒素無機化量の予測が必要となる。しかし、この間、約 60 日にわたる長期の気象条件の推移を正確に予測することは困難であり、土壤窒素無機化予測の精度はしばしば低下することがある。

このような観点から、適正な基肥窒素量は、平年的な気象年次において多収水準を維持するために必要な最高分けつ期の窒素吸収量が得られたときの量であると考えた。この方法に従って求めた土壤ごとの適正な基肥窒素量と、湿潤土アンモニア化成量との間には、第1図に示したとおり、密接な曲線回帰関係が認められた。この関係

式から算出される基肥窒素量の施用により、多収水準を維持するために必要な最高分けつ期の窒素保有量が得られるものと考えられる。

本解析は気象条件を異にする年次を含めてのものであり、移植から最高分けつ期の平均気温は 17.2~20.2°C の範囲にあった。湿潤土アンモニア化成量を指標とした基肥窒素の肥培管理技術は、少なくともこの平均気温の範囲内にある地域や年次において適用しうると考えられる。

2) 葉緑素計を用いた窒素栄養診断

葉緑素計を用いた窒素栄養診断について検討した結果、葉緑素計値と葉身窒素濃度、草丈×茎数の値と乾物重との相関係数は、各生育時期ともそれぞれ 0.71~0.89 (n=25~44), 0.83~0.96 (n=25~40) と高かった。そこで、最高分けつ期において、葉緑素計値×草丈×茎数の値と窒素保有量との関係を解析し、結果を第2図に示した。年次や土壤の種類を問わず、両者間に高い正の相関が認められた。また、幼穂形成期および穂揃期についても同様に、両者間に高い正の相関があることを確認した。

以上の結果、立毛中の水稻の窒素保有量は、葉緑素計値×草丈×茎数の値として推定することが可能であり、年次や土壤の種類を問わず、各生育時期により以下の式で示された。

最高分けつ期

$$N = 3.43 \times 10^{-6} \times A - 0.07, \quad r = 0.928^{***} \quad (n = 57)$$

幼穂形成期

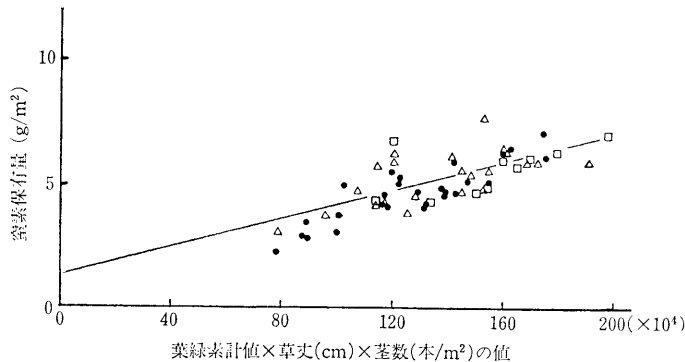
$$N = 2.78 \times 10^{-6} \times A + 1.35, \quad r = 0.703^{***} \quad (n = 57)$$

穂揃期

$$N = 5.74 \times 10^{-6} \times A + 1.63, \quad r = 0.804^{***} \quad (n = 40)$$

N: 窒素保有量 (g/m²)

A: 葉緑素計値×草丈 (cm)×茎数 (本/m²) の値



第2図 葉緑素計値×草丈×茎数の値と窒素保有量との関係(最高分けつ期)

□, 1986年; △, 1987年; ●, 1988年。

第 2 表 土壌の種類および風乾土アンモニア化成量と、土壌窒素無機化特性値

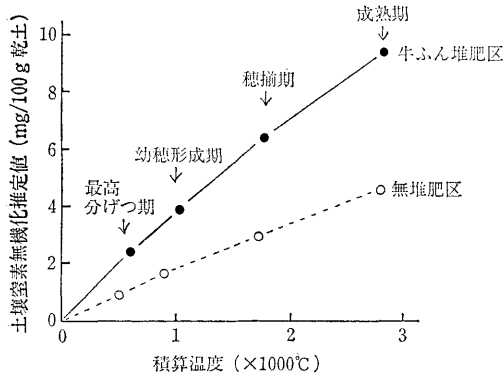
土壌の種類	風乾土アンモニア化成量 (mg/100 g 乾土)	標本数	N_0 (mg/100 g 乾土)	$K \times 10^{-4}$ (d^{-1})	$E_a \times 10^2$ ($cal\ mol^{-1}$)
グライ土水田	25 ≤	2	24.1	91	202
	20 ≤ ~ < 25	1	18.7	100	195
灰色低地土水田	15 ≤ ~ < 20	2	19.0	52	235
	< 15	2	18.6	41	252

モデル式: $N = N_0 \{1 - \exp(-Kt)\} + C$.

N , 時間 t (d) までに生成した窒素無機化量; N_0 , 最大窒素無機化量; K , 速度定数; C , 定数; E_a , 活性化エネルギー.

第 3 表 土壌の種類および風乾土アンモニア化成量と、土壌窒素無機化速度

土壌の種類	風乾土アンモニア化成量 (mg/100 g 乾土)	標本数	無機化速度 (mg/100 g/d)		
			移植~幼穂形成期	幼穂形成期~穂揃期	穂揃期~成熟期
グライ土水田	25 ≤	2	0.182	0.136	0.103
	20 ≤ ~ < 25	1	0.150	0.106	0.080
灰色低地土水田	15 ≤ ~ < 20	2	0.086	0.074	0.062
	< 15	2	0.057	0.049	0.042



第 3 図 土壌窒素無機化推定量と積算温度*との関係
(灰色低地土水田)

* 25°C 変換日数より算出した。

3) システム施肥法による追肥窒素量の判定

(1) 土壌の種類および窒素肥沃度と土壌窒素無機化速度: 土壌窒素無機化量の予測は、別報²⁾の方法により解析した。その結果、土壌窒素無機化曲線は、土壌の種類や無機化開始後の時間的経過にかかわらず、一次反応式の単純型モデルに適合した。得られた土壌窒素無機化特性値を第 2 表に示した。土壌の窒素肥沃度が高いグライ土水田のほうが灰色低地土水田に比べて、 N_0 (最大窒素無機化量 mg/100 g), K (速度定数 d^{-1})とも高いが、 E_a (活性化エネルギー $cal\ mol^{-1}$)は逆に低かった。

窒素肥沃度の違いが、追肥期の土壌窒素無機化速度に及ぼす影響について検討した。灰色低地土水田について、25°C 変換日数から求めた積算温度と、土壌窒素無機化推定量との関係を第 3 図に示した。両者間にはほぼ直

線回帰関係が認められ、この関係はグライ土水田についても同様に認められた。そこで、1日当たりの土壌窒素無機化量は、速度論的解析法により求めた土壌窒素無機化推定量を 25°C 変換日数で除して求めた。土壌窒素無機化速度は、第 3 表のようにグライ土水田のほうが灰色低地土水田よりも高く、また窒素肥沃度が高いほど土壌窒素無機化速度は高い値を示した。

(2) 土壌窒素無機化推定量の水稲による利用率: 圃場における土壌窒素無機化推定量は、3-3)-(1)で求めた土壌窒素無機化推定量を、圃場の作土深に作土容積重を乗じた作土重量当たりへ換算して求めた。土壌窒素無機化推定量と無窒素栽培水稲の土壌窒素吸収量との関係を第 4 表に示した。生育時期別の土壌窒素無機化推定量と土壌窒素吸収量とはほぼ一致し、追肥期の土壌窒素吸収量の推定には、土壌窒素無機化速度による推定値が適用できることを確認した。

土壌窒素無機化推定量の水稲による利用率は、灰色低地土水田では幼穂形成期~穂揃期が約 80%、穂揃期~成熟期が約 60% であり、一方グライ土水田では両時期ともほぼ全量が吸収されていた。灰色低地土水田における利用率がグライ土水田に比べて低い値を示した。

(3) 追肥窒素の水稲による利用率: 追肥窒素の利用率を ^{15}N トレーサー法により測定し、結果を第 5 表に示した。追肥窒素の利用率は、土壌の種類による大きな差異がなく、出穂前 17 日、9 日および出穂後 4 日の利用率はそれぞれ、70, 60, 65% 程度であった。表では示していないが、土壌管理が利用率に及ぼす影響についてみると、堆肥の連用により穂肥の利用率が、グライ土水田

第4表 土壌窒素無機化推定量と水稻の土壌窒素吸収量との関係 (kg/10a)

土壌の種類	風乾土アンモニア化成量 (mg/100g 乾土)	標本数	幼穂形成期～穂揃期			穂揃期～成熟期		
			無機化推定量	吸収量	利用率*(%)	無機化推定量	吸収量	利用率(%)
グライ土水田	25 ≤	1	1.70	1.62	95	2.48	2.53	102
	20 ≤ ~ < 25	2	1.66	1.89	114	2.08	1.98	95
灰色低地土水田	15 ≤ ~ < 20	1	1.60	1.28	80	2.38	1.39	58
	< 15	3	1.51	1.28	85	1.90	1.41	74

* 土壌窒素の利用率は、単位面積当たりの無機化推定量に対する土壌窒素吸収量の割合を示す。

第5表 ¹⁵N トレーサー法による追肥窒素の水稻による利用率 (%)

土壌の種類	穂 肥						実 肥	
	出穂前 17 日		出穂前 9 日		全体 (出穂前 17, 9 日)		出穂後 4 日	
	標本数	平均値±標準偏差	標本数	平均値±標準偏差	標本数	平均値±標準偏差	標本数	平均値±標準偏差
グライ土水田	3	68.6±4.7	3	58.6±2.6	6	63.6±6.3	3	62.6±11.7
灰色低地土水田	3	71.2±1.1	3	57.8±14.7	6	64.5±12.4	3	67.2±1.7

1988 年の調査結果を示す。

第6表 差引法による追肥窒素の水稻による利用率

土壌の種類	標本数	追肥窒素量* (kg/10a)	幼穂形成期～穂揃期の窒素吸収量 (kg/10a)		利用率 (%)
			無追肥区	追肥区	
			平均値±標準偏差		
グライ土水田	3	5.00	1.88	5.11	64.7±3.9
灰色低地土水田	3	4.67	1.51	4.41	62.0±2.6

1988 年と 1989 年の調査結果の平均値を示す。

* 追肥窒素量は穂肥 (出穂前 17, 9 日) の総追肥窒素量を示す。

第7表 生育時期別の、水稻吸収窒素量の推定値と実測値との関係 (kg/10a)

土壌の種類	施肥回数・量*	標本数	幼穂形成期～穂揃期				穂揃期～成熟期			
			推定値**			実測値	推定値**			実測値
			土壌由来	施肥由来	計		土壌由来	施肥由来	計	
グライ土水田	標準施肥	4	1.76	3.20	4.96	4.81	2.38	1.30	3.68	3.05
	多施肥	3	1.67	4.60	6.27	6.31	2.13	2.60	4.73	4.66
	平均	7	1.72	3.80	5.52	5.45	2.30	1.86	4.16	3.59
灰色低地土水田	標準施肥	4	1.36	3.05	4.41	4.43	1.41	1.30	2.71	1.19
	多施肥	2	1.45	4.70	6.15	6.26	1.42	2.60	4.02	4.33
	平均	6	1.36	3.60	4.96	5.04	1.41	1.86	3.27	2.72

* 標準施肥は、穂肥 (-17 日, -9 日) として 4~5 kg N/10a, 実肥 (+4 日) として 2 kg N/10a を施用した。多施肥は、穂肥 (-17 日, -9 日, -3 日) として 7~8 kg N/10a, 実肥 (+4 日, +11 日) として 4 kg N/10a を施用した。

** 土壌窒素無機化推定量と追肥窒素量に、おのおのの利用率を乗じて算出した。利用率は 3-3)-(2), (3) で示した数値を用いた。

では約 5% 低下し、灰色低地土水田では逆に約 5% 増加する傾向が認められた。

¹⁵N トレーサー法により求めた利用率は、小規模の枠試験で行ったものであり、この利用率が大規模の圃場に適用できるかの問題が残されていた。そこで、1区当たり約 1a の圃場において、差引法により追肥窒素の利用率を求め、結果を第6表に示した。追肥窒素の利用率

は、土壌の種類による大きな差異がなく、約 65% であった。この数値は出穂前 17 日および 9 日の両時期に施用した穂肥全体の利用率であり、¹⁵N トレーサー法により求めた両時期のその平均値と一致した。この結果は、水稻による窒素吸収量を推定する場合、¹⁵N トレーサー法による利用率が適用できることを支持している。以上の結果、出穂前 17 日、9 日および出穂後 4 日の追肥窒

素の利用率は、グライ土および灰色低地土水田ともそれぞれ、70, 60, 65% であると判断した。利用率は穂肥の施用時期が早いほど高く、少なくとも施用時期別に求める必要があることが示された。今後、予測精度を高める場合には、気象変動の正確な予測が必要となるが、利用率を土壤管理や稲体形質などの条件別に明らかにすることも必要である。

(4) システム施肥法による追肥窒素量の判定：システム施肥法による水稻吸収窒素量の推定値と、実測値との関係を第 7 表に示した。推定値は、土壤窒素無機化推定量および追肥窒素量に、3-3)-(2), (3) で得られた利用率をそれぞれ乗じて求めた。この追肥時期以外の、出穂前 3 日および出穂後 11 日の利用率はその直前の時期の値を用い、それぞれ 60, 65% とした。グライ土および灰色低地土水田とも追肥の施用回数・量にかかわらず、幼穂形成期～穂揃期、穂揃期～成熟期の推定値と実測値とはほぼ一致した。このことは、システム施肥法の適用可能性が高いことを示している。

以上の結果から、適正な追肥窒素量 (kg/10 a) は以下の式で求められる。

追肥 N 量

$$= \left[\frac{\{(\text{目標日 (B) の理想的な N 保有量}) - (\text{栄養診断日 (A) の N 保有量})\} - \{((\text{A}) \sim (\text{B}) \text{ 間の土壤 N 無機化量}) \times (\text{土壤 N の利用率}) \div 100\}}{(\text{追肥 N の利用率})} \right] \div 100$$

最高分げつ期、幼穂形成期、穂揃期および成熟期の理想的な窒素保有量 (kg/10 a) はそれぞれ、グライ土水田

が 3.0, 6.5, 11.5, 15.5 であり、灰色低地土水田が 4.0, 5.5, 10.5, 13.5 である。ここに示した (A) および (B) は、水稻の生育診断時期として重要な上記の 4 時期を指している。

4) システム施肥法の適用可能性の検討

現地圃場におけるシステム施肥法に基づく追肥窒素量の判定結果と、それによる水稻の窒素吸収パターンおよび収量調査結果を第 8, 9 表に示した。グライ土水田では、穂肥および実肥の追肥窒素量 (kg/10 a) がそれぞれ、8.2, 3.1 と判定されたので、一度に多量施用しないよう、また慣行の施肥体系 (出穂前 17, 9 日 : 2, 3, 出穂後 4 日 : 2) を考慮し、穂肥として出穂前 17, 9, 3 日にそれぞれ 2, 3, 2, 実肥として出穂後 4, 11 日にそれぞれ、2, 2 を施用した。一方、灰色低地土水田では、穂肥および実肥の追肥窒素量 (kg/10 a) がそれぞれ、7.4, 3.4 と判定されたので、グライ土水田と同様に施用した。判定された追肥窒素量と実際の施肥量とは若干異なるが、0.5 kg/10 a 程度の予測の精度が要求されているもとは、この程度の差はとくに問題がないものと考えられる。システム施肥法により、両水田とも理想的な窒素吸収パターンが得られ、640~670 kg/10 a の目標収量が達成された。この収量は、慣行区の 590~600 kg/10 a の約 10% 増である。本試験の施肥法では穂揃期以降も多量の施肥が行われる結果となり、玄米窒素濃度の増加による食味の低下が懸念される。

以上の結果、システム施肥法により安定収量が得られ、この施肥法が肥培管理の現場対応技術を確立する有

第 8 表 システム施肥法による追肥窒素量の判定

(kg/10 a)

土壤の種類	穂 肥				実 肥			
	目標日 (穂揃期) の N 保有量	診断日 (幼穂形成期) の N 保有量*	診断日～目標日間の土壤 N 無機化量**	追 肥 N 量***	目標日 (成熟期) の N 保有量	診断日 (穂揃期) の N 保有量*	診断日～目標日間の土壤 N 無機化量**	追 肥 N 量***
グライ土水田	11.5	4.37	1.75	8.28	15.5	11.61	1.83	3.18
灰色低地土水田	10.5	4.19	1.50	7.40	13.5	9.80	1.43	3.49

* 葉緑素計値 × 草丈 × 茎数の値を変数とした N 保有量の推定式から算出した。

** 利用率を考慮した数値を示す。利用率は、幼穂形成期～穂揃期、穂揃期～成熟期をグライ土水田が 100%, 100%, 灰色低地土水田が 80%, 60% とした。

*** 利用率を考慮した数値を示す。利用率は、グライ土および灰色低地土水田とも幼穂形成期～穂揃期、穂揃期～成熟期を 65%, 65% とした。

第 9 表 システム施肥法による水稻の窒素吸収パターンおよび収量・収量構成要素

土壤の種類	窒素吸収量 (kg/10 a)				収 量 (kg/10 a)	収量構成要素			
	最高分げつ期	幼穂形成期	穂揃期	成熟期		穂 数 (本/m ²)	一穂着粒数	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
グライ土水田	3.5	5.0	12.8	17.9	643	470	69.4	87.8	22.3
灰色低地土水田	3.0	4.4	11.5	15.8	676	445	64.9	86.5	24.3

1989 年の調査結果を示す。

効な方法であることが明らかとなった。今後は、安定多収と高品質生産を目指した、実用的なシステム施肥法を確立する必要がある。

4. 摘 要

グライ土および灰色低地土水田においてコシヒカリを供試し、水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壌窒素無機化予測に基づくシステム施肥法の適用可能性について検討した。システム施肥法は、目標とする水稻の窒素保有量と土壌窒素吸収量との差を、生育時期を追って補正していく方法とした。

1) 適正な基肥窒素量は、平年的な気象年次において多収水準を維持するに必要な最高分げつ期の窒素吸収量が得られたときの量であると考えた。土壌ごとの適正な基肥窒素量と湿潤土アンモニア化量との間には、密接な曲線回帰関係が認められた。この関係式から算出される基肥窒素量の施用により、多収水準を維持するに必要な最高分げつ期の窒素保有量が得られるものと考えられる。

2) 葉緑素計を用いた窒素栄養診断について検討した結果、葉緑素計値×草丈×茎数の値と窒素保有量との間には、年次や土壌の種類を問わず、高い正の相関が認められた。すなわち、立毛中の窒素保有量は、生育時期別に求めた両者の直線回帰式により推定できた。

3) 土壌窒素無機化推定量と土壌窒素吸収量との関係から、土壌窒素の水稻による利用率は、灰色低地土水田では幼穂形成期～穂揃期が80%、穂揃期～成熟期が60%であり、一方グライ土水田では両時期とも100%であった。

4) 追肥窒素の利用率を¹⁵Nトレーサー法を用いて求めたところ、両土壌とも、出穂前17日、9日および出穂後4日の利用率はそれぞれ、70、60、65%であった。

5) 土壌窒素無機化推定量および追肥窒素量に利用率を乗じて求めた水稻吸収窒素量の推定値と、実測値とはほぼ一致し、システム施肥法の適用可能性が高いことが示された。

6) システム施肥法により、理想的な窒素吸収パターンが得られ、640～670 kg/10 a の目標収量が達成された。この施肥法が肥培管理の現場対応技術を確立する有効な方法であることが明らかとなった。

謝 辞 本研究の遂行にあたり、北陸地域の関係者各位には種々ご助言をいただいた。また、北陸農業試験場の古賀野完爾氏と鳥山和伸氏（現在、農林水産技術会議事務局）には、本研究の円滑な遂行にご尽力いただいた。これらの方々に、深くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 北田敬守：コシヒカリの多収水準における窒素吸収パターン、土肥誌、61、187～189 (1990)
- 2) 北田敬守：灰色低地土とグライ土水田についての速度論的解析法による土壌窒素の無機化予測について、同上、61、241～247 (1990)
- 3) 金野隆光：土壌中の生物活性と温度、土壌の物理性、41、7～16 (1980)
- 4) 金野隆光：非線形モデルの当てはめ、土壌肥料試験研究のための統計計算用 BASIC プログラム、農技研化学部資料、1、79～111 (1983)
- 5) 日本気象協会金沢地方気象台編：創立百年誌、p. 66～69、北陸センター (1982)
- 6) 杉原 進・金野隆光・石井和夫：土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法、農環研報、1、127～166 (1986)
- 7) 上野正夫・安藤 豊・藤井弘志・佐藤俊夫：水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壌窒素無機化量の関係、土肥誌、59、316～319 (1988)
- 8) 山本富三・久保田忠一・真鍋尚義：速度論的方法による水稻生育期間中の土壌窒素無機化量の推定、同上、57、487～492 (1986)

Combination Method of Fertilizer Application Using the Ideal Nitrogen Pattern of Paddy Rice and Estimation of Soil Nitrogen Mineralization

Keiu KITADA, Osamu MIYAKAWA* and Naoki SHIOGUCHI*
(Natl. Agric. Res. Cent., *Ishikawa Agric. Exp. Stn.)

The combination method of fertilizer application using the ideal nitrogen absorption pattern of paddy rice and estimation of soil nitrogen mineralization was investigated in the paddy field of Gley soil and Gray Lowland soil.

The combination method of fertilizer application was defined, namely, shortage for the target amounts of nitrogen absorption was supplied at each growth stage.

1) It was considered that the suitable amounts of basal application were that which had the ideal nitrogen absorption at maximum tillering stage on the common weather years. The suitable

amounts of basal application strongly correlated to the amounts of available nitrogen in the soil. It means that the suitable amounts of basal application could be decided by the amounts of available nitrogen.

2) The recovery rate of soil nitrogen by rice plants was as follows: 80% in the period from panicle formation stage to full heading stage; 60% in the period from full heading stage to maturing stage in the well-drained paddy field; 100% in both growth stages in the ill-drained paddy field.

3) The recovery rate of topdressing application by rice plants was measured using the ^{15}N tracer experiments in the experiments field. The recovery rate was concluded at 17 and 9 days before full heading stage. The recovery rate at each growth stage was 70 and 60% in both soil types. And the recovery rate was concluded at 4 days after full heading stage, it was 60% in both soil types.

4) The estimation of amounts of nitrogen absorption by rice plants was close to the actual measurement. It was suggested that the combination method of fertilizer application was appropriate.

5) The combination method of fertilizer application was checked by the actual experiments in both soil types. The results confirmed that the combination method was appropriate.

Key words kinetics of nitrogen mineralization, mineralization of soil nitrogen, nitrogen absorption, nitrogen fertilizer application, paddy rice

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., 62, 585-592, 1991)