

地力窒素を考慮した水稻コシヒカリの施肥診断法

静岡県西部農林事務所 湖西引佐分室

主任 神 谷 径 明

1. はじめに

古くから「稲は地力で作れ」と言われるように水稻が生育期間中に吸収する窒素の7割近くが土壤由来の窒素（地力窒素）で占められている。このため、地力窒素を簡易に定量することは水稻の施肥量を決定する上で重要な課題となっていた。

近年、水稻の栽培期間中に土壤の有機態窒素が微生物活動等によりアンモニアや硝酸などの無機態窒素となる過程を土壤微生物の酵素反応とする速度論的解析法を応用した窒素無機化モデルの研究が進み、地力窒素の無機化量の予測法²⁾が考案された。以後、この解析法に基づいた水稻の施肥診断の研究が行われている。

静岡農試でも県内の水田面積の70%を占める主要水田土壤であるグライ土、灰色低地土について速度論的解析法を利用した地力窒素の発現予測法と予測に基づいた施肥法の試験を実施してきたので紹介する。

2. 水田土壤の窒素無機化量の予測

速度論的解析法を用い窒素無機化予測モデルと予測式の特徴値を明らかにするため県内の細粒グライ土9点、細粒灰色低地土9点、中粗粒灰色低地土5点の23点を供試し、気温を変えて長期間培養し、無機化するアンモニア態窒素量を2～3週間おきに定量した。これを反応速度論的プログラム¹⁾によって解析した結果、窒素無機化モデルとして主に1種類の有機態窒素が無機化する単純型モデルを採用した。反応式は以下の①、②式のとおり

反応速度式 $N = N_0 (1 - \exp(-k \cdot t)) + C \dots \dots \dots \text{①}$

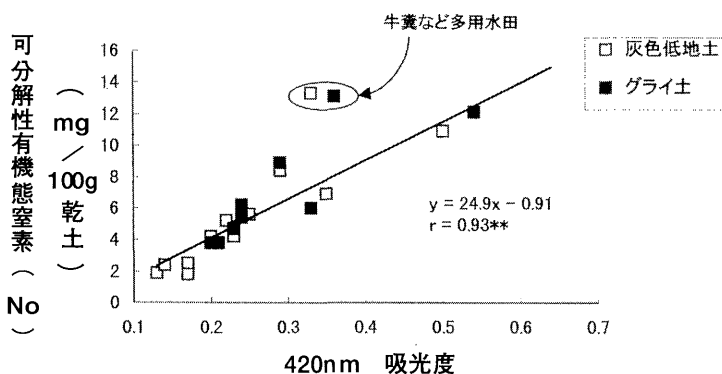
N: 生成する無機態窒素量 (mg/100g 乾土)
No: 反応前の可分解性有機態窒素量 (mg/100g 乾土)

k: 無機化速度定数 (day⁻¹), t: 時間 (day), C: 定数
但し, $k = A \exp(-E_a/RT) \dots \dots \dots \text{②}$
A: 定数, E_a: みかけの活性化エネルギー (cal·mol⁻¹)
R: 気体定数 (1.987 cal·deg⁻¹·mol⁻¹), T: 絶対温度 (deg)

また、反応速度論的プログラムから計算された①、②式を構成する特性値(25℃)の内、kとE_aについては土壤の種類で特徴がみられ、グライ土でk:0.017, E_a:22,000, 灰色低地土でk:0.013, E_a:30,000を土壤の特性値とした。

土壤中に含まれる有機態窒素量の中で微生物によって容易に分解され、無機化する可分解性有機態窒素のNoは有機物の投入など圃場管理による差が大きいため別途、窒素分析法の検討を行った。

図1. 可分解性有機態窒素 (No) と pH7.0リン酸緩衝液抽出420nm吸光度との関係



その結果、牛糞等を多投した水田を除いてNoと相関が高く簡易に窒素量を分析できるpH7.0りん酸緩衝液抽出420nm吸光度法が最も実用的な分析法と考えられ、分析によって得られた吸光度測定値とNoの関係を示す1次回帰式(図1)からNoを推定することとした。

これらの手法によって春先に水田土壤を採取し、簡易な分析を行うことで水稻生育期間中に水

田土壌から無機化する地力窒素量を推定することが可能となった。

3. 水稻の最適窒素吸収パターン

一方、地力窒素の無機化量に基づく水稻の施肥を考えた場合、水稻の窒素要求量に対し、土壌から供給される窒素量の不足分についてのみ施肥で補うのが基本である。前述の方法により水田土壌の地力窒素量は推定が可能となったが、一方で水稻の生育・収量が最も安定する生育ステージ別の窒素吸収量を明らかにする必要がある。

表1. コシヒカリ, 黄金晴の収量目標と生育ステージ別最適窒素吸収量 (kg/10a)

品 種 名	目標収量 (kg/10a)	最適窒素吸収量		
		幼穂形成期	出穂期	成熟期
コシヒカリ	570	5.5±0.5	11.5±1	12±1
黄金晴	600	7 ±0.7	15 ±1.5	17±1.5

図2. 窒素施肥量決定のフローと現地試験の施肥事例

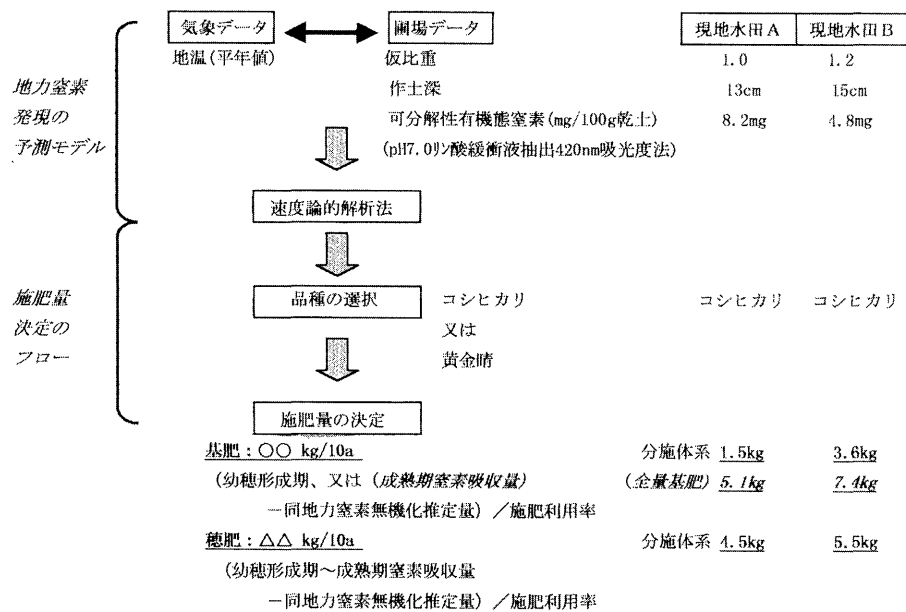


表2. 試験区の構成

NO	試験区	窒素施用量(kg/10a)		窒素成分の内訳
		水田A	水田B	
1比較	慣行	7.5	7.5	基肥2.5, 穂肥(-18)3.0, (-10)2.0
2	分施	5.8	9.1	A:1.3-3.0-1.5, B:3.6-3.5-2.0
3	全量基肥	5.1	7.4	基肥:速効性20%, LP40:30%, LPSS:50%
4参考)	無窒素	0	0	

施肥窒素の利用率は全量基肥施肥70%, 分施肥基肥30%, 穂肥70%で試算し, 求めた。移植期 A:5/4, B:5/5(稚苗機械移植)

そこで、県の主要品種であるコシヒカリと黄金晴について施肥法を変えて栽培試験を実施し、生育ステージ別の窒素吸収量と水稻の収量、収量構成要素の関係からコシヒカリでは570kg/10 aを、黄金晴では600kg/10 aを得るための生育ステージ別最適窒素吸収量を明らかにした(表1)。

4. 土壌診断に基づくコシヒカリの施肥試験

2, 3の結果に基づきコシヒカリを栽培している現地水田について図2に示す方法で土壌分析と施肥診断を行い、実際の現場での実用性を検討するため、診断に基づいた施肥と現地慣行施肥の比較試験を実施し、水稻の生育、収量等について調査を行った。

試験は同一地域内で地力の異なる2圃場(地力の高い水田A, 地力の低い水田B)を選び、土壌分析結果から生育ステージ別に無機化する地力窒素量を推定し、目標とする水稻窒素吸収量から差し引く方法で施肥量を決定した(図2)。この時の施肥窒素利用率は分施肥系では基肥30%, 穂肥70%, 全量基肥施肥では70%として計算した。

試験区の構成は表2のとおり、施用窒素総量は地力が高い水田Aでは分施肥区で5.8(kg/10a), 全量基肥区で5.1(kg/10a), また地力が低い水田Bでは分施肥区が9.1(kg/10a), 全量基肥区では7.4(kg/10a)となった。比較の慣行区はA, Bともこの地区の標準施肥量である7.5(kg/10a)とした。

[水田A試験]

無窒素区の水稲窒素吸収量と推定した窒素無機化量は幼穂形成期、成熟期いずれの生育ステージにおいてもほぼ一致していた(表3)。

表 3. 水稲窒素吸収量の推移と施肥窒素利用率

NO	区名	窒素施用量 (kg/10a)				施肥窒素利用率%
		6/27	幼形期	出穂期	成熟期	
水田A	1(比較) 慣行	4.3	5.5	9.0	11.1	31
	2 分施	3.8	4.8	10.9	11.1	40
	3 全量基肥	5.1	7.4	10.5	11.6	55
	4(参考) 無窒素	3.8	5.1	6.8	8.8	—
窒素無機化推定量		5.1		8.3		
水田B	1(比較) 慣行	6.2	5.9	8.9	11.2	44
	2 分施	6.5	6.4	9.8	12.8	64
	3 全量基肥	6.5	6.9	9.2	12.2	58
	4(参考) 無窒素	4.9	5.6	6.6	7.9	—
窒素無機化推定量		4.1		6.7		

移植後の生育は分施区では慣行区に比べ、水稲の窒素吸収量は生育前半に少ないため茎数がやや少なく推移し、穂数も若干少なくなったものの幼

表 4. 生育調査結果

NO	区名	6月5日			6月17日			6月27日		
		草丈	茎数	葉色	草丈	茎数	葉色	草丈	茎数	葉色
		本/m ²			本/m ²			本/m ²		
水田A	1(比較) 慣行	30	238	5.9	44	515	5.3	56	527*	4.9
	2 分施	31	237	5.9	43	462	5.0	55	498*	4.8
	3 全量基肥	32	242	5.9	46	552	5.6	60	571*	5.6
水田B	1(比較) 慣行	29	203	5.5	42	414	5.4	56	463*	5.4
	2 分施	30	223	5.7	43	450	5.3	58	478*	5.2
	3 全量基肥	31	204	5.7	44	428	5.7	60	504*	5.7

* は最高分け時期、葉色はカラースケール

表 5. 成熟期、収量調査結果

NO	区名	稈長	穂長	穂数	精玄米重	同左比率	屑重歩合	玄米千粒重	m ² 当 刎数	登熟歩合	倒伏**程度	下位節間長
		cm	cm	/m ²	kg/a	%	%	g	×1000	%		cm
水田A	1(比較) 慣行	86	18.6	359	55.7	100	3.1	23.9	28.4	86	1.5	15.8
	2 分施	84	19.2	338	55.2	99	3.3	24.0	26.1	84	1.5	14.5
	3 全量基肥	90	17.9	383	52.1	93	6.6	22.7	29.2	76	2.0	18.9
水田B	1(比較) 慣行	85	18.3	315	52.6	100	3.9	22.9	22.8	90	2.0	16.4
	2 分施	88	18.7	329	54.3	103	4.7	23.0	24.0	82	2.5	17.3
	3 全量基肥	91	19.6	322	47.0	90	8.4	21.8	24.4	81	3.0	19.7

** : 倒伏程度 0 ~ 5 (無 ~ 甚)

穂形成期以降の窒素吸収量ははむしろ多くなる傾向がみられ、成熟期の窒素吸収量では慣行区との差はなく、収量もほぼ同等となった。

全量基肥区では現地慣行区に比べ窒素成分で3割減肥したが、生育は旺盛で草丈、茎数ともに多く、穂数、刎数とも増加した。収量は登熟歩合が低下して屑米が増加したため少なくなった(表4, 5)。

[水田B試験]

無窒素区の水稲窒素吸収量と推定した窒素無機化量を比較すると幼穂形成期までの水稲窒素吸収量が推定量を上回っていた。幼穂形成期から成熟期までの水稲窒素吸収量と窒素無機化推定量の差は小さかった。

このため慣行区に比べ窒素施用量が多い分施区では生育が旺盛で収量は増加したもののやや倒伏程度が大きくなるなど、過繁茂気味の生育となった。

全量基肥区の窒素施肥量は慣行区と同等であったが、分施区と同様過繁茂気味の生育となり倒伏、屑米の増加によって大きく減収した。

これらの結果、地力窒素の無機化推定に基づく施肥診断は水田Bで初期の水稲の窒素吸収量が地力窒素推定量を上回ったが、分施体系での施肥については生育、収量とも概ね良好で実用可能な技術と考えられた。

一方全量基肥施肥については両水田とも屑米が増加して収量が減少する結果となったが、水田Aでは慣行区の3割減でも生育量が確保される等、施肥量の決定に問題はなく、減収の原因は被覆肥料の種類、配合割合を生育後半の肥効に重点化したことが原因と考えられた。このため登熟期にも窒素肥効が続き、本来退化する籾が残り、屑米の増加などのマイナス要因となった。今後、被覆肥料の種類、配合割合を変え、コシヒカリではむしろ生育後半の肥効を少なくした銘柄での検討が必要である。

5. 乾土効果による窒素無機化量の増加

水田土壌は乾燥するとその後、窒素無機化量が増加することが乾土効果として知られているが、試験場内で栽培した早期～準早期栽培のコシヒカリの水稲窒素吸収量が栽培年によって大きく変動することがあり、この原因として乾土効果が考えられている。そこで、無窒素栽培したコシヒカリの成熟期窒素吸収量を土壌からの窒素供給量と仮定し、地力窒素の推定法で得た窒素無機化量を差し引いた窒素量が乾土効果による増加分と考えた。この窒素増加量と土壌の乾燥程度の指標として1～4月の降水量を対象に両者の関係を調査した結果、3、4月の降水量の合計と窒素増加量の相関が高いことが確認された。窒素量の増加は一定の降水量以下で現れ、降水量が少ないほど大き

くなる傾向がみられた。また、土壌の種類では粘質な細粒土壌より粗粒質土壌ほど影響が大きかった(図3)。

水田Bの場合、水田Aに比べ海岸部に近く、土壌の仮比重が重いことからわかるように砂を多く含んでいる等、土壌が乾燥しやすい条件にある。このことから生育前半の窒素無機化量の増加は乾土効果の影響によるものと推察された。

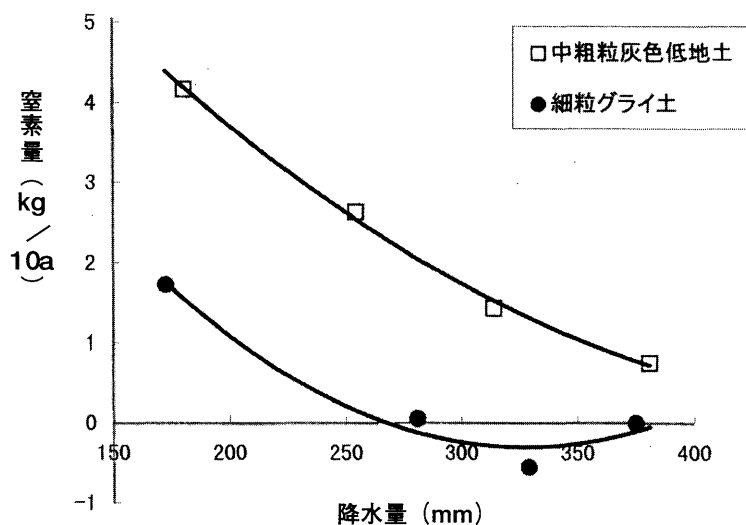
6. まとめと今後の課題

地力窒素の無機化に基づく施肥診断の実用性は分施体系で確認されたが、生育途中で追肥による修正が難しい全量基肥施肥法での活用がより重要と思われる。全量基肥施肥については今後、この地力診断の手法を利用しながらコシヒカリ等の品種に適した被覆肥料の種類や配合割合などを明らかにする必要がある。

また、地力窒素の無機化量は乾土効果や有機物の投入、土壌条件によっても変動するため、現場でのデータの蓄積の中で推定精度をより高める必要がある。施肥診断の導入に当たっては診断結果と既存の現地慣行施肥法を考慮しながら施肥量を決定するなど従来の施肥、生育診断法と併用することでより安定した技術となろう。

地力に応じた施肥診断は単に生産の安定を目指すだけでなく、環境にやさしい農業の推進や低コスト栽培技術として、さらに発展、活用されることが期待される。

図3. 3、4月の降水量と地力窒素増加量の関係
(成熟期水稲N吸収量－地力窒素無機化推定量)



引用文献

- 1) 杉原進・金野隆光・石井和夫 (1998). 農業および園芸, 63: 929~933.
- 2) 金野隆光 (1987). 土壌窒素無機化の特性評価と窒素供給プログラム (ENMS). 農業研究センター編, IV: 2~3.