

## 溶媒抽出法による県内水田土壌の 地力窒素の評価

道上伸宏\*

### The Evaluation of Nitrogen Fertility by The Solvent Extraction Method for Paddy Soil in Shimane Prefecture

Nobuhiro Michiue\*

#### I 緒 言

近年の市場における米の品質評価は厳しく、  
‘コシヒカリ’というブランドだけでは十分な  
評価が得にくい情勢にある。したがって、産地  
間競争に打ち勝つためには、より食味及び品質  
の向上を図ることが重要となる。このような情  
勢のなか、平成10年以降、主に島根県の平坦  
部において、主力品種の‘コシヒカリ’に乳白  
粒が多発し、1等米比率の低下が深刻な問題と  
なっている。

乳白粒の発生には、登熟初期の高夜温、日照  
不足等の気象的要因(長戸ら, 1960; 加藤, 1933)  
や窒素施肥量の過多による穂数及び籾数の増加  
(安原ら, 2002)が大きく影響する。このよう  
な条件下では、総同化量と呼吸による同化産物  
の消費量のバランスがくずれ、籾への蓄積が妨  
げられるため乳白粒が増加すると考えられる。  
したがって、水稻の窒素栄養は、生育や収量及  
び食味だけでなく、乳白粒等、米の外観品質に  
も大きな影響を及ぼす。

水稻が吸収する窒素の大部分は、土壌由来の  
地力窒素に依存しているため、その供給量や供  
給パターンが水稻の生育に大きく影響する。そ  
のため、高品質良食味米の生産には地力窒素を

考慮した施肥が極めて重要となる。

地力窒素は可給態窒素(微生物の窒素無機化  
の基質となる土壌中の有機態窒素の画分)とい  
う概念でとらえられ、その定量法には微生物的  
方法と化学的方法がある。一般的には、土壌を  
恒温器内で培養し、一定期間に微生物作用によ  
り発現する無機態窒素量(保温静置培養窒素量)  
で評価する方法が広く用いられている(西尾,  
2001)。また、藤原ら(1993)は土壌の熱力学的  
パラメータを求め、地力窒素の無機化パターン  
を推測する方法を用いて、県内土壌におけるこ  
の手法の有効性を実証した。

しかし、これらの方法は培養日数を要し、分  
析が煩雑であるため、栽培現場での迅速な診断、  
予測には適用しにくい。そのため、保温静置培  
養法と相関が高く、迅速かつ簡易な地力窒素の  
評価法として、溶媒により抽出した液の全窒素  
量あるいは吸光度を測定する化学的推定法(溶  
媒抽出法)が提案されている(斎藤, 1988; 小  
川ら, 1989; 藤井ら, 1990; 安田ら, 1998)が、  
具体的な施肥設計に利用した例は少ない。

そこで、県内の水田土壌に適用可能な溶媒抽  
出による地力窒素の簡易推定法について検討す  
るとともに、それに基づく基肥窒素の施肥基準  
を作成し、県内の平坦部水田においてその妥当  
性を検討したので概要を報告する。

本報告を取りまとめるにあたり、島根県農業試験場環境部長 古山光夫氏からは、懇切丁寧な校閲を賜った。同環境部土壤環境科長 伊藤淳次氏には、本研究遂行上の有益な助言を頂き、更に校閲を賜った。また、同環境部土壤環境科主任研究員 小川哲郎博士には、論文作成上の有益な助言と校閲を頂いた。これらの方々に深く感謝の意を表す。

## II 溶媒抽出法による地力窒素の簡易評価並びに基肥窒素施肥基準の検討

### 1. 試験方法

県内の水田土壌を対象に、地力窒素を迅速かつ簡易に推定可能な化学的方法を検討するため、下記に示す保温静置培養法によって求めた窒素量と各溶媒によって抽出される全窒素量並びに抽出液の吸光度との関係を調査した。また、本田(1980)は、希酸により重合度の高い腐植物質は容易に抽出されないが、重合度の低い腐植物質は容易に抽出されるとしている。このことから、本試験で用いる各溶媒も、土壌中の腐植物質を同時に抽出しうると考えられる。したがって、供試土壌の腐植含有量の多少が保温静置培養法と各溶媒抽出法との関係に影響を及ぼす可能性が考えられた。そこで、保温静置培養法並びに各溶媒によって抽出される窒素量と土壌の腐植含有量との関係も併せて調査した。

#### 1) 供試土壌

島根県内に分布する水田の作土層から採取した、グライ土29点、灰色低地土29点、褐色低地土17点、黒ボク土7点、計82点の風乾土を供試した。

### 2) 分析方法

#### (1) 保温静置培養法

風乾土をガラス培養びんに6~7cm(25g程度)になるように詰め、純水を加えながらガラス棒で攪拌して湛水状態とした後、密栓をして、30℃の恒温器中で28日間保温静置培養した。培養後、20%塩化カリウムと純水を用いて土壌重量:抽出液量が1:10に、また塩化カリウム濃度が10%になるように調製し、無機態窒素を抽出した後、水蒸気蒸留法により定量した。培養前の無機態窒素量を10%塩化カリウムを用いて土壌重量:抽出液量を1:10で抽出後、同様に無機態窒素を定量し、培養後の無機態窒素量から差し引いた値を保温静置培養窒素量とした。

#### (2) 溶媒抽出法

##### ①リン酸緩衝液抽出法

小川ら(1989)の方法に準じ、風乾土20gに中性リン酸緩衝液100mlを添加し、室温で1時間振とうした後、ろ過した。

##### ②ドデシル硫酸ナトリウム(界面活性剤)抽出法

安田ら(1998)の方法に準じて行った。すなわち風乾土20gに1%ドデシル硫酸ナトリウム(以下、SDS)液50mlを添加し、105℃の恒温器内で2時間静置後、遠心分離(3,500rpm,約10分)した。

##### ③希硫酸抽出法

藤井ら(1990)の方法に準じ、風乾土10gに0.5M硫酸溶液を50ml添加し、室温で1時間振とうした後、ろ過した。

それぞれの抽出液中の全窒素量をケルダール

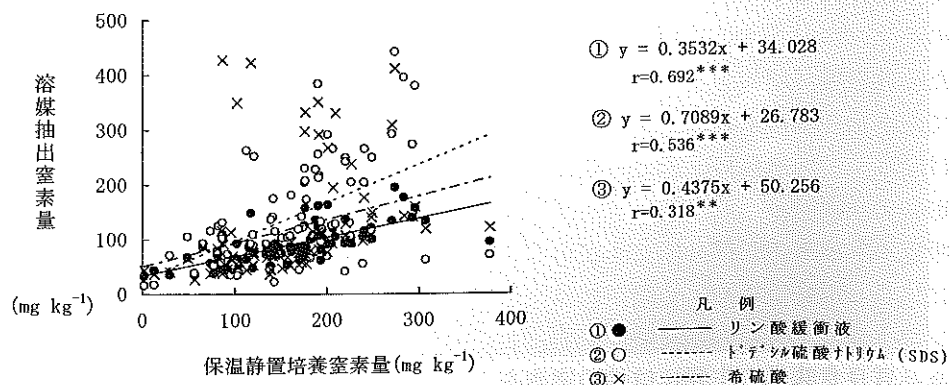


図1 供試土壌 (n=82) に含まれる保温静置培養窒素量と各溶媒抽出窒素量との関係  
注) \*\*\*は0.1%, \*\*は1%水準で正の相関があることを示す

表1 土壌タイプ別にみた保温静置培養窒素量と各溶媒抽出窒素量との関係

溶媒抽出法	相関係数 (r)			
	グライ土	灰色低地土	褐色低地土	黒ボク土
リン酸緩衝液抽出法	0.673***	0.789***	0.853***	0.841**
SDS抽出法	0.226	0.718***	0.874***	0.991***
希硫酸抽出法	0.222	0.695***	0.893***	0.192

注1) グライ土: n=29, 灰色低地土: n=29, 褐色低地土: n=17, 黒ボク土: n=7  
 2) \*\*\*は0.1%, \*\*は1%水準で正の相関があることを示す

法により定量するとともに、抽出液の吸光度を波長420nmと280nmで測定した。なお、420nmについては原液をそのまま、280nmは原液を10倍に希釈して測定した。

(3) 腐植

土壌の腐植含有量は乾式燃焼法により測定した。

2. 結果

供試土壌に含まれる保温静置培養窒素量と各

溶媒によって抽出された窒素量との関係を図1に示した。リン酸緩衝液抽出窒素量及びSDS抽出窒素量は保温静置培養窒素量と0.1%水準で、また希硫酸抽出窒素量とは1%水準で有意な相関が認められた。

次に、土壌タイプ別にみた保温静置培養窒素量と各溶媒抽出窒素量との関係を表1に示した。グライ土の保温静置培養窒素量は、リン酸

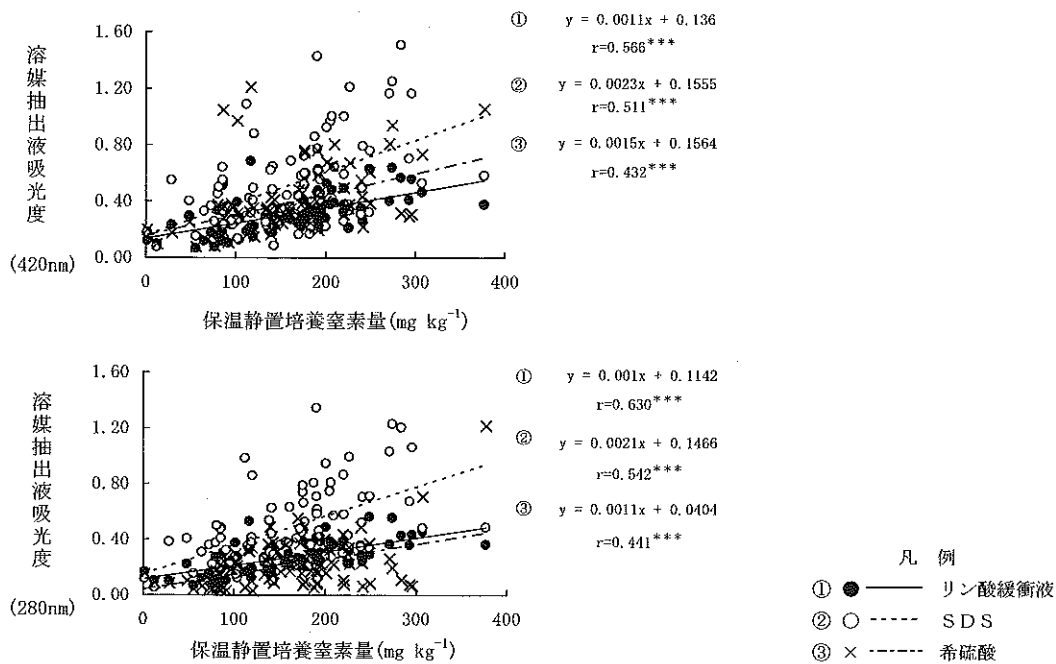


図2 供試土壌に含まれる保温静置培養窒素量と各溶媒抽出窒素量との関係  
 注) \*\*\*は0.1%, \*\*は1%水準で正の相関があることを示す

表2 土壌タイプ別にみた保温静置培養窒素量と各溶媒抽出液吸光度との関係

溶媒抽出法	相関係数 (r)							
	グライ土		灰色低地土		褐色低地土		黒ボク土	
	420nm	280nm	420nm	280nm	420nm	280nm	420nm	280nm
リン酸緩衝液抽出法	0.565**	0.553**	0.738***	0.791***	0.671**	0.889***	0.398	0.467
SDS抽出法	0.393*	0.411*	0.667***	0.680***	0.691**	0.753***	0.961***	0.940***
希硫酸抽出法	0.581***	0.660***	0.429*	0.138	0.709***	0.297	0.045 <sup>a)</sup>	0.505 <sup>a)</sup>

注1) グライ土: n=29, 灰色低地土: n=29, 褐色低地土: n=17, 黒ボク土: n=7  
 2) 表中の\*\*\*は0.1%, \*\*は1%, \*は5%水準で正の相関があることを示す  
 3) a) は負の相関であることを示す

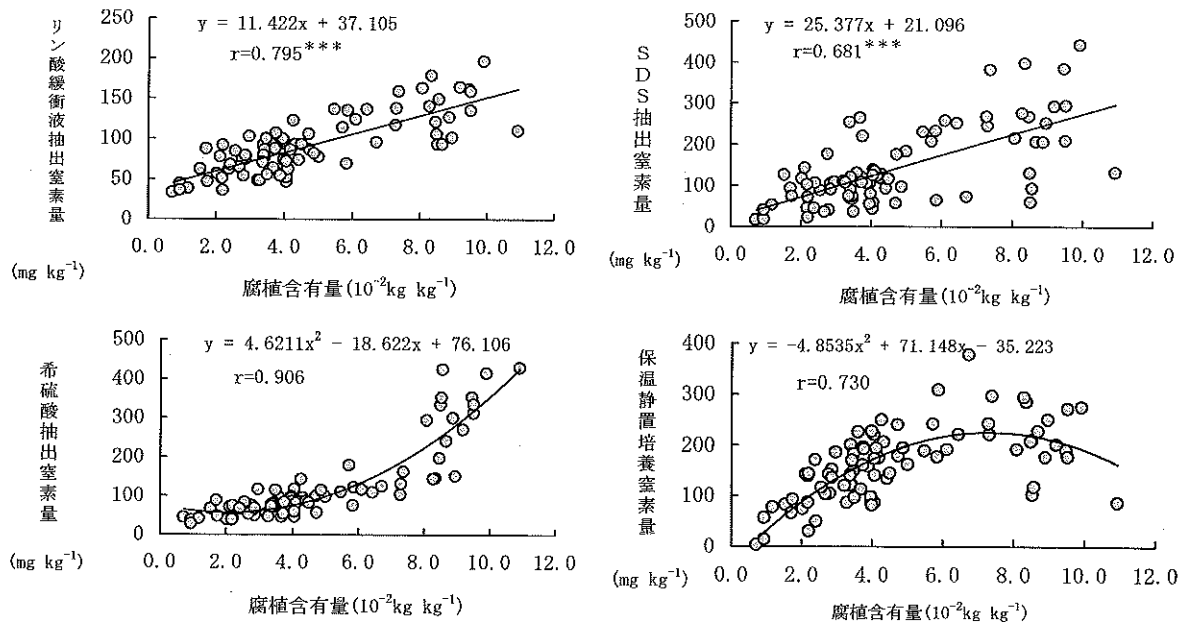


図3 供試土壤に含まれる腐植含有量と保温静置培養室素量並びに各溶媒抽出室素量との関係  
注) \*\*\*は0.1%水準で正の相関があることを示す

表3 土壤タイプ別にみた保温静置培養室素量並びに各溶媒抽出室素量と腐植含有量の関係

地力室素抽出法	相関係数 (r)			
	グライ土	灰色低地土	褐色低地土	黒ボク土
保温静置培養法	0.467*	0.825***	0.950***	0.342
リン酸緩衝液抽出法	0.720***	0.778***	0.824***	0.686
S D S抽出法	0.666***	0.823***	0.867***	0.539
希硫酸抽出法	0.938***	0.813***	0.908***	0.871*

注1) グライ土: n=29, 灰色低地土: n=29, 褐色低地土: n=17, 黒ボク土: n=7  
2) \*\*\*は0.1%, \*は5%水準で正の相関があることを示す

緩衝液抽出室素量との間に0.1%水準で有意な相関が認められたが, SDS抽出室素量及び希硫酸抽出室素量との相関は認められなかった. 灰色低地土と褐色低地土では, いずれの溶媒で抽出した室素量ともに, 保温静置培養室素量との相関が高く0.1%水準で有意であった. また, 黒ボク土では保温静置培養室素量とリン酸緩衝液抽出室素量及びSDS抽出室素量との間に, それぞれ1%水準, 0.1%水準で高い相関が認められた.

図2に供試土壤の保温静置培養室素量と各溶媒抽出液の吸光度との関係を示した. 両波長ともに保温静置培養室素量とリン酸緩衝液の抽出液吸光度との相関が最も高く, 次いでSDS, 希硫酸の順であった. また, いずれの溶媒抽出液吸光度とも420nmと比較して280nmでやや高い相関が認められた.

次に, 土壤タイプ別にみた保温静置培養室素

量と各溶媒抽出液の吸光度との関係を表2に示した. グライ土では両波長ともに希硫酸抽出液吸光度との相関が最も高く, 次いでリン酸緩衝液抽出液吸光度であった. 灰色低地土では, リン酸緩衝液抽出液吸光度とSDS抽出液吸光度がともに0.1%水準で有意な相関が得られ, 特にリン酸緩衝液抽出液吸光度との相関が高かった. 褐色低地土では, 波長によって傾向が異なり, 420nmでは希硫酸抽出液吸光度, 280nmではリン酸緩衝液抽出液吸光度との相関が最も高かった. また, 黒ボク土では, 両波長ともに有意な相関が認められたのはSDS抽出液吸光度だけであった.

図3には供試土壤の腐植含有量と保温静置培養室素量並びに各溶媒抽出室素量との関係を示した. リン酸緩衝液及びSDSで抽出された室素量は腐植含有量との間に0.1%水準で正の相関が認められた. 一方, 希硫酸抽出室素量及び保

保温静置培養窒素量と腐植含有量の関係は、一次式よりも二次式にあてはめた場合の寄与率がかなり高くなった。

次に、表3に保温静置培養窒素量並びに各溶媒抽出窒素量と腐植含有量との関係を土壌タイプ別に示した。保温静置培養窒素量は、グライ土と黒ボク土で腐植含有量との相関が低かった。また、リン酸緩衝液及びSDSで抽出された窒素量は、黒ボク土を除くすべての土壌において腐植含有量との間に0.1%水準で有意な相関が認められた。希硫酸抽出窒素量は黒ボク土で5%水準、その他の土壌では0.1%水準で腐植含有量と有意な相関が認められた。

### 3. 考察

水稻の作付け期間中に無機化する地力窒素の発現量を迅速かつ簡易に推測する手法として、溶媒抽出法について検討した。まず、県内に分布する主な水田土壌を供試して、保温静置培養窒素量と各溶媒で抽出される窒素量との関係を比較した。

リン酸緩衝液抽出窒素量は保温静置培養窒素量と、すべての土壌タイプで有意な相関が認められた。一方、SDS抽出窒素量はグライ土で、また希硫酸抽出窒素量はグライ土と黒ボク土において保温静置培養窒素量との相関が認められなかった。このことから、土壌の約7割をグライ土が占める島根県の水田では、SDS抽出法及び希硫酸抽出法による地力窒素の評価は適用しにくいと考えられた。また、黒ボク土においてはSDS抽出窒素量と保温静置培養窒素量との相関が極めて高く、リン酸緩衝液抽出法よりも優れた。このように、保温静置培養窒素量と各溶媒抽出窒素量との相関が土壌タイプによって大きく異なることが明らかとなった。

保温静置培養法では微生物作用によって分解、無機化された窒素発現量を測定している(西尾, 2001)。一方、溶媒抽出法では希酸を用いるため、土壌中の腐植物質が直接抽出される(本田, 1980)。そこで、地力を示す指標の一つである土壌の腐植含有量と保温静置培養窒素量並びに各溶媒抽出窒素量との関係について、土壌タイプ別に検討した。

その結果、保温静置培養窒素量と腐植含有量との相関はグライ土と黒ボク土で低かった。一

方、各溶媒抽出窒素量ともグライ土では有意な相関が認められた。また、黒ボク土で腐植含有量と相関が認められたのは希硫酸抽出窒素量のみであったが、各溶媒抽出窒素量とも、保温静置培養窒素量の相関係数に比べればかなり高かった。これらのことから、腐植含有量の多少や土壌タイプの違いによっては、微生物的手法である保温静置培養法と化学的手法である各溶媒抽出法との窒素抽出反応が大きく異なることが推察された。

柳井ら(1998)は、リン酸緩衝液抽出窒素量と湛水培養可給態窒素量(保温静置培養窒素量)との相関が黒ボク土とグライ土で低いとしている。黒ボク土で相関が低い理由として、有機窒素化合物が土壌中の活性アルミニウムと強く結合し、微生物によって容易に分解されにくいためであるとし、グライ土については鉄やマンガン濃度が相関に影響を及ぼしていると報告している。また、松本ら(2000)は1/15M中性リン酸緩衝液および0.4M硫酸で抽出される有機態窒素量の差は土壌との結合状態にあるのではないかと推定している。

これら既往の報告と本試験での保温静置培養窒素量並びに各溶媒抽出窒素量と腐植含有量との関係から、保温静置培養窒素量と各溶媒抽出窒素量との相関が異なる要因は次のように考えられる。

すなわち、希硫酸やSDSでは抽出力が強いいため、微生物によって容易に無機化可能な有機窒素化合物や重合度の低い腐植の画分に加え、土壌と強固に結合した有機窒素化合物や、容易に無機化されない重合度の高い腐植物質の画分までも抽出し、地力窒素を過大に評価した可能性がある。そのため、土壌タイプや、腐植含有量の多少を考慮せず全土壌を対象にすると、保温静置培養窒素と溶媒抽出窒素との量的較差が大きくなり、相関を低くする要因となったと考えられる。一方、リン酸緩衝液は、希硫酸やSDSに比べて抽出力が弱く、腐植含有量の多少や土壌タイプに左右されずに、土壌に緩く吸着された菌体由来のタンパク様物質や重合度の低い腐植物質などのいわゆる易分解性有機窒素化合物を主体とした画分を抽出するのに適した溶媒のため、保温静置培養窒素量とのずれが小さく、

他の抽出法に比べて相関が高くなったものと推察される。また本試験では、黒ボク土でリン酸緩衝液抽出法よりも、SDS抽出法の方がより高い精度で地力窒素を推定できる可能性が明らかになった。しかし、SDSは界面活性剤であるため抽出液の作成や分析操作の際に泡が立ち易く、分析誤差が生じる恐れが大きかった。また、黒ボク土は県内に少なく、またリン酸緩衝液抽出法によっても地力窒素の推定が可能であると判断し、簡易評価という観点から、本報では分析手法を統一することとした。

以上の結果から、島根県の水田土壌の地力窒素を迅速かつ簡易に評価するのに用いる溶媒は、リン酸緩衝液が最も適切であると考えられた。

しかし、溶媒抽出法においても抽出窒素の定量はケルダール法で行わなければならない。この定量法は、濃硫酸を使用するため、正確ではあるが操作が煩雑で、安全性に問題が残る。そこで、より迅速で安全な抽出窒素の定量法について検討した。

すでに、リン酸緩衝液で抽出される窒素の形態については樋口(1982)が、糖タンパクなどを主体とする有機窒素化合物であると推定している。これを受けて斎藤(1988)は、タンパク質定量法を応用し紫外部波長280nmにおける吸光度から抽出窒素量を推定できるとした。一方、小川ら(1989)はリン酸緩衝液抽出液が黄～黄褐色に着色することに着目し、水中のフミン酸量を測定する波長の420nmによる吸光度から保温静置培養窒素量を推定できるとしている。このように抽出液の吸光度から地力窒素を推定する方法は280nmの紫外部と、420nmの可視部を用

いる2種類の方法に大別される。そこで、保温静置培養窒素量と各溶媒抽出液の吸光度との関係を両波長を用いて検討した。その結果、波長420nm及び280nmともに、保温静置培養窒素量とリン酸緩衝液抽出液の吸光度との相関が最も高く、0.1%水準で有意であった。したがって、吸光度から地力窒素を推定する場合にも、リン酸緩衝液抽出法が最も精度が高いと考えられた。吸光度の測定波長については、紫外部波長の方が可視部より高い相関が得られたが、可視部波長でも実用的には問題がなく、また栽培現場の測定機器によっては紫外部波長での測定が不可能な場合が想定されるため、小川ら(1989)が提唱した可視部波長420nmを用いるのが適切であると判断した。

以上の結果から、県内の水田土壌ではリン酸緩衝液抽出液の吸光度を波長420nmで測定する方法が、操作上の安全性が高く、最も迅速かつ簡易な地力窒素の評価法であると考えた。

次に、リン酸緩衝液抽出法による地力窒素の評価を施肥決定に反映させるため、抽出液の吸光度に応じた基肥窒素量の施肥基準案を検討した。

島根県では、望ましい保温静置培養窒素量の基準値を砂質土では80～130 mg kg<sup>-1</sup>、壤、粘質土では100～150 mg kg<sup>-1</sup>と定めている。本試験では、土壌タイプ全体を考慮に入れており、まずこの基準値を基に地力窒素の評価基準を、80mg kg<sup>-1</sup>以下を「低」、81～149 mg kg<sup>-1</sup>を「中」、150 mg kg<sup>-1</sup>以上を「高」の3水準に設定した。そして、この基準値を、本試験で得られた保温静置培養窒素量とリン酸緩衝液抽出窒素量との回帰式

表4 供試水田土壌の地力評価と理化学性

調査 年次	地力の 評価	土 性	T-C	T-N	腐 植	CEC	可給態 窒 素	pH7.0リン酸緩衝液 抽出窒素	吸光度 (420nm)
			(10 <sup>-2</sup> kg kg <sup>-1</sup> )						
2000	低	CL	1.17	0.08	2.01	21.6	97	21.5	0.16
	中	CL	1.24	0.09	2.13	21.7	102	27.6	0.18
2001	低	CL	1.09	0.05	1.87	21.8	106	36.5	0.16
	中	LiC	2.25	0.52	3.87	18.4	167	42.0	0.26
	高	LiC	1.99	0.52	3.43	20.9	169	46.5	0.28

注1) 可給態窒素: 保温静置培養法(30℃, 28日間培養)による無機態窒素生成量

2) 土壌統群: 2000年「低」「中」及び2001年「低」圃場 低地造成土, 細粒質黄色土/湿性相  
2001年「中」「高」圃場 斑鉄型グライ低地土, 細粒質, 粘質

( $y=0.3532x+34.028$   $r=0.692^{***}$ )に代入し、リン酸緩衝液抽出窒素量による地力窒素の評価基準に置き換えると、62 mg kg<sup>-1</sup>以下が「低」、63~86 mg kg<sup>-1</sup>が「中」、87 mg kg<sup>-1</sup>以上が「高」となった。小川ら(1990)は、輪換田における基肥窒素の施肥基準値をリン酸緩衝液抽出窒素量から提示し、「コシヒカリ」の場合、抽出窒素量が80~90 mg kg<sup>-1</sup>では、基肥窒素は無施用、90 mg kg<sup>-1</sup>以上では倒伏の危険性があるため品種を変える必要があるとしている。本試験では、地力窒素が高いと推定できる値が、90 mg kg<sup>-1</sup>に近似した値となった。このことから、倒伏の危険性を考慮し、地力評価が「高」の基準値を85 mg kg<sup>-1</sup>以上とした。

次に、この推定値をリン酸緩衝液抽出窒素量と波長420nmにおける抽出液の吸光度との回帰式( $Y=209.98X+25.619$   $r=0.792^{***}$ )に代入すると、吸光度による地力窒素の評価基準は、0.173以下が「低」、0.174~0.282が「中」、0.283以上が「高」と推定できた。

一方、品質と食味の向上を重視した島根県の

水稲指導指針では、平坦部「コシヒカリ」の基肥窒素の標準施肥量を15~25 kg ha<sup>-1</sup>と定めている。これらのことから、基肥窒素施肥基準をリン酸緩衝液抽出液の吸光度が0.17以下の場合25 kg ha<sup>-1</sup>、吸光度が0.18~0.27の場合15 kg ha<sup>-1</sup>、吸光度が0.28以上の場合は無施用の3水準とした。

### Ⅲ 本田における地力窒素の簡易評価の妥当性並びに簡易評価法に基づく基肥窒素施肥と「コシヒカリ」の生育、収量及び品質

#### 1. 試験方法

##### 1) 試験地の土壌条件

現地実証試験は2000年と2001年に、出雲市芦渡町の島根県農業試験場内の水田で実施した。供試水田土壌の地力評価値及び理化学性を表4に示した。このうち、低地造成土は1974年に造成し、その後畦畔板で区切って有機物の施用量試験等を実施した結果、地力差を生じた圃場である。

##### 2) 施肥処理と栽培条件

表5 無窒素区における「コシヒカリ」の生育

調査年次	地力の評価	移植後30日		幼穂形成期		出穂期		成熟期			有効茎歩合 (%)
		茎数 (本m <sup>-2</sup> )	草丈 (cm)	茎数 (本m <sup>-2</sup> )	草丈 (cm)	茎数 (本m <sup>-2</sup> )	草丈 (cm)	穂数 (本m <sup>-2</sup> )	稈長 (cm)	穂長 (cm)	
2000	低	121	28.2	313	59.2	288	88.4	282	78.5	18.2	90.1
	中	136	28.4	347	60.2	311	88.6	303	77.9	17.9	87.3
2001	低	131	24.8	310	49.9	291	85.2	264	78.4	18.3	85.1
	中	173	26.1	313	51.0	248	87.0	237	76.6	18.6	75.9
	高	194	33.8	406	59.6	302	97.9	302	79.9	19.0	74.4

注) 調査日

	「低」・「中」圃場(2000)	「低」圃場(2001)	「中」圃場(2001)	「高」圃場(2001)
移植後30日	6月9日	6月11日	6月13日	7月4日
幼穂形成期	7月7日	7月5日	7月6日	7月19日
出穂期	7月31日	7月31日	8月2日	8月13日
成熟期	9月6日	9月4日	9月5日	9月20日

表6 無窒素区における「コシヒカリ」の地上部乾物重の推移 (kg ha<sup>-1</sup>)

調査年次	地力の評価	移植後30日	幼穂形成期	出穂期	成熟期		
					籾	わら	計
2000	低	85	1,671	6,137	6,051	5,253	11,304
	中	100	1,798	6,789	5,463	5,310	10,773
2001	低	116	1,354	5,812	5,893	5,304	11,197
	中	160	1,313	7,248	6,800	6,215	13,015
	高	213	1,125	6,771	7,201	5,504	12,705

表7 無窒素区における‘コシヒカリ’の地上部窒素保有量

(kg ha<sup>-1</sup>)

調査年次	地力の評価	移植後 30日	幼穂 形成期	出穂期	成熟期		
					籾	わら	計
2000	低	2.4	28.7	63.9	64.2	26.4	90.6
	中	2.7	29.0	68.9	66.4	29.3	95.7
2001	低	2.9	34.1	59.2	54.3	24.3	78.6
	中	4.1	23.8	72.8	68.2	34.3	102.5
	高	5.8	26.9	73.1	78.8	35.8	114.6

2000年の試験区は1区24m<sup>2</sup>の2連制, 2001年は「低」の圃場が1区24m<sup>2</sup>, 「中」の圃場が33.6m<sup>2</sup>, 「高」の圃場が28m<sup>2</sup>の2連制とした。また, 地力窒素の水準が異なる圃場に, 慣行区, 実証区, 無窒素区を設定した。

基肥は代かき時に全層施用し, 実証区の窒素施肥量はリン酸緩衝液抽出窒素量に基づき, 地力評価が「低」の圃場が25 kg ha<sup>-1</sup>, 「中」の圃場が15 kg ha<sup>-1</sup>, 「高」の圃場では0 kg ha<sup>-1</sup>とした。一方, 慣行区は地力窒素の高低に関わらず, 30 kg ha<sup>-1</sup>とした。穂肥は藤原ら(1991)の, 稲体窒素保有量推定式に基づいて算出し, 25~30 kg ha<sup>-1</sup>を分施した。他の成分は全区共通としリン酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)は基肥全量で80 kg ha<sup>-1</sup>, カリ(K<sub>2</sub>O)は基肥と穂肥の全量を68 kg ha<sup>-1</sup>とした。基肥には塩安, 重焼りん, 塩化カリを用いた。また穂肥はNK-C12号を使用し, 無窒素区のカリは同成分量の塩化カリを施用した。

2000年の移植期は5月10日, 2001年は「低」の圃場が5月11日, 「中」の圃場が5月15日, 「高」の圃場が6月4日であった。m<sup>2</sup>当りの栽

植密度は2000年が19.8株, 2001年は地力評価が「高」の圃場が20.8株で, その他の圃場は19.8株とした。

### 3) 調査及び分析方法

収量は1区4m<sup>2</sup>の部分刈りにより調査した。また, 収量構成要素は常法により調査し, 生育は1株3本植に調整した20株を調査した。稲体乾物重は, 分けつ期, 幼穂形成期, 出穂期及び成熟期に, 平均的な茎数の株を1区当たり4株抜き取り, 地上部を60℃で熱風乾燥し, 出穂期までは地上部全体を, 成熟期には茎葉と籾に分けて乾物重を測定した。稲体窒素は, 粉碎した乾物試料をケルダール法により定量した。

## 2. 結果

無窒素区における‘コシヒカリ’の生育を表5に示した。また, 地上部乾物重の推移を表6に, 同じく地上部窒素保有量の推移を表7に示した。

2000年の生育をみると, 地力評価が「中」の圃場が, 「低」の圃場より移植後30日の茎数が多く, その後も成熟期まで高く推移した。また, 地上部の乾物重も地力評価の高い「中」の

表8 基肥窒素施用量と‘コシヒカリ’の生育及び窒素保有量

調査年次	地力の評価	試験区	窒素施用量 (kg ha <sup>-1</sup> )		幼穂形成期			地上部窒素保有量(kg ha <sup>-1</sup> )			
			基肥	穂肥	茎数 (本 m <sup>2</sup> )	草丈 (cm)	地上部乾物重 (kg ha <sup>-1</sup> )	成熟期			
								幼穂 形成期	籾	わら	計
2000	低	慣行区	30	30	480	64.9	2,785	46.2	82.0	37.4	119.4
		実証区	25	30	422	62.7	2,359	38.6	68.3	29.0	97.3
	中	慣行区	30	30	407	64.3	2,485	40.8	89.7	43.5	133.2
		実証区	15	30	360	60.4	2,217	36.3	78.3	34.9	113.2
2001	低	慣行区	30	30	502	57.0	2,103	60.2	67.6	34.0	101.6
		実証区	25	30	463	54.8	1,932	55.7	70.5	36.5	107.0
	中	慣行区	30	30	439	58.2	2,220	41.5	100.8	52.2	153.0
		実証区	15	30	388	56.2	2,114	40.5	96.2	48.5	144.7
	高	慣行区	30	25	479	65.0	2,047	49.1	107.1	49.5	156.6
		実証区	0	30	404	58.3	1,402	33.2	97.7	43.0	140.7



表9 ‘コシヒカリ’の収量、収量構成要素及び品質

調査年次	地力の評価	試験区	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	総籾数 (10 <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)	玄米収量 (10 <sup>3</sup> kg ha <sup>-1</sup> )	検査等級 <sup>(注1)</sup>	食味評価値 <sup>(注2)</sup>	蛋白質含有量 <sup>(注3)</sup> (10 <sup>2</sup> kg kg <sup>-1</sup> )	乳白粒率 <sup>(注4)</sup> (%)
2000	低	慣行区	379	318	79.9	22.2	56.3	2中	78	6.2	8.4
		実証区	407	313	84.3	22.2	58.8	2中	80	5.9	7.6
	中	慣行区	456	357	79.2	22.4	63.0	2上	76	6.2	7.9
		実証区	386	301	86.9	22.6	59.0	2上～中	82	5.7	6.7
2001	低	慣行区	389	290	84.4	22.8	55.8	1下～2上	86	5.8	4.4
		実証区	356	290	87.3	23.0	58.1	1下	87	5.7	3.4
	中	慣行区	341	319	81.4	22.9	59.3	1下	81	6.5	6.4
		実証区	295	291	84.3	23.0	56.5	1下	81	6.5	4.2
	高	慣行区	354	339	75.7	23.6	60.5	1中	73	7.4	3.9
		実証区	343	328	71.8	23.1	54.7	1中	74	7.2	2.1

注1) 中国四国農政局島根農政事務所(前 広島食糧事務所松江事務所出張所)検査

2) クボタ社製食味計‘味選人’での測定値

3) ケルダール窒素分析値に5.95を乗じた値を示す

4) 2000年は5,000粒中の粒数比率を、2001年は4,000粒中の粒数比率を示す

圃場が「低」の圃場に比べて高く推移した。地上部窒素保有量は、地力評価が「低」及び「中」の圃場とも幼穂形成期までは圃場による差は小さかったが、出穂期以降は、ha当たり5kgの差がみられた。

2001年は、移植時期がそれぞれ異なるが、同じ生育ステージで比較すると、地力評価の高い圃場ほど、草丈が高かった。また、茎数は、幼穂形成期までは地力評価の高い圃場ほど多くなったが、地力評価が「中」の圃場では出穂期以降、「低」の圃場の茎数を下回った。次に地上部の乾物重をみると、移植後30日には地力評価が「低」の圃場に比べて「中」の圃場で44kg ha<sup>-1</sup>、「高」の圃場では97kg ha<sup>-1</sup>優り、地力評価が高い圃場ほど乾物重が多くなった。その後、幼穂形成期には逆に「低」の圃場に比べて「中」の圃場で41kg ha<sup>-1</sup>、「高」の圃場で229kg ha<sup>-1</sup>低下した。しかし、出穂期以降、再び「中」及び「高」の圃場で優り、成熟期には、籾の乾物重が地力評価が高い順に多くなった。また、窒素保有量は、幼穂形成期まで地上部乾物重と同様な経過を示し、出穂期以降、地力評価が高い圃場ほど多くなった。

次に、リン酸緩衝液抽出法に基づいて基肥窒素施用量を決定した実証区と慣行区における‘コシヒカリ’の生育および窒素保有量を表8に示した。2000年の実証区における幼穂形成期

の草丈は地力評価が「低」、「中」の圃場ともに慣行区に比べてやや低かった。また、茎数は「低」の圃場でm<sup>2</sup>当たり58本、「中」の圃場で47本、慣行区に比べて少なかった。乾物重も慣行区に比べて「低」の圃場で426kg ha<sup>-1</sup>、「中」の圃場で268kg ha<sup>-1</sup>低下した。地上部の窒素保有量は、「低」の圃場で7.6kg ha<sup>-1</sup>、「中」の圃場で4.5kg ha<sup>-1</sup>少なかった。

2001年の幼穂形成期における草丈は、地力評価が「低」、「中」、「高」いずれの圃場でも慣行区に比べて低かった。茎数は「低」の圃場がm<sup>2</sup>当たり39本、「中」の圃場が51本、「高」の圃場が75本、慣行区に比べて少なかった。また、乾物重も地力評価が「低」の圃場で171kg ha<sup>-1</sup>、「中」の圃場で106kg ha<sup>-1</sup>、「高」の圃場で645kg ha<sup>-1</sup>低かった。地上部の窒素保有量は、地力評価が「低」の圃場で4.5kg ha<sup>-1</sup>、「中」の圃場で1.0kg ha<sup>-1</sup>、「高」の圃場で15.9kg ha<sup>-1</sup>少なかった。

次に、‘コシヒカリ’の収量、収量構成要素及び品質を表9に示した。実証区における収量及び収量構成要素をみると、2000年の地力評価が「低」の圃場は、慣行区に比べ総籾数がやや少なかったものの、穂数が多く、登熟歩合が高かったため、4%増収した。一方、地力評価が「中」の圃場では、慣行区に比べ登熟歩合が高く、玄米千粒重が重かったが、穂数及び総籾数が少なかったため、6%減収した。2001年の地

力評価が「低」の圃場では、慣行区に比べて穂数が少ないものの、登熟歩合が高く、玄米千粒重が重くなったため、4%増収した。一方、地力評価が「中」の圃場では、登熟歩合は高かったが、穂数及び総粒数が少なく、5%減収した。また、地力評価が「高」の圃場では、穂数、総粒数、登熟歩合、玄米千粒重ともに慣行区を下回り、10%の減収となった。

次に「コシヒカリ」の品質をみると、各年次とも慣行区と実証区の検査等級の差は小さかった。また、実証区の食味評価値は、2000年の地力評価が「中」の圃場で6ポイント高くなったほかは、慣行区と大差なかった。2000年の白米の蛋白質含有量は、地力評価が「低」及び「中」圃場とも慣行区より若干低下する傾向にあったが、2001年では、いずれの圃場とも大差なかった。また乳白粒の発生率は、地力評価の高低に関わらず、実証区が慣行区に比べて1~2ポイント低かった。

### 3. 考 察

一般に、水田土壌の地力窒素は、無窒素で栽培した水稻の成熟期における地上部の窒素保有量によって評価することができる。そこで、本田においてリン酸緩衝液抽出法による地力評価が適切であるかどうかを各地力評価圃場の無窒素区の窒素保有量から検討した。

2000年の成熟期における窒素保有量は、地力評価が「中」の圃場が「低」の圃場に比べてha当たり5kg多くなり、地力窒素の判定結果と一致した。また、2001年の窒素保有量は、地力窒素の評価が「低」から「高」圃場の順に、窒素保有量も多くなり、地力窒素の判定結果と一致した。

このように、2000年と2001年ともにリン酸緩衝液抽出液の吸光度が高い圃場ほど成熟期における稲体地上部の窒素保有量も多くなった。したがって、リン酸緩衝液抽出液の吸光度を波長420nmで測定することによって、地力窒素を簡易に評価できるものと考えられる。

一般に、基肥窒素の役割は、分けつと葉面積の拡大を促し、必要茎数を確保することにある。しかし「コシヒカリ」のように適正窒素量の幅が小さい品種では、基肥窒素量が多いと過繁茂となり、特に近年のような温暖化傾向の強い気

象条件下では乳白粒発生の要因となる。そのため水田の地力窒素を評価し、基肥窒素量を調節して、過剰な分けつを抑制することが品質向上を図る上で重要になる。

そこで、リン酸緩衝液で抽出した液の波長420nmにおける吸光度に基づく基肥窒素施肥量の基準案によって基肥窒素を施用し、適正穂数の確保が可能であるか検討した。

藤原ら(1991)は、玄米収量を5,500~6,000 kg ha<sup>-1</sup>得るための「コシヒカリ」の適正穂数はm<sup>2</sup>当たり420本、適正総粒数はm<sup>2</sup>当たり32,000粒前後であると推定し、これを確保するための幼穂形成期における地上部窒素保有量の適正水準を52 kg ha<sup>-1</sup>としている。

著者が基肥窒素量を地力評価に応じて設定した実証区では、幼穂形成期における地上部の窒素保有量は、33.2~55.7 kg ha<sup>-1</sup>の範囲にあり、2001年の地力評価が「低」の圃場を除いて、藤原ら(1991)の基準値より低かった。

寺島ら(2001)は、近年の高温な気象条件下において、m<sup>2</sup>当りの総粒数が30,000粒以上になると品質の低下が著しいとしている。したがって、藤原ら(1991)の基準値は収量に主眼を置いて設定されており、これを用いた場合には品質が低下する恐れがあると考えられる。現在、島根県の品質を重視した水稻指導指針では、平坦部「コシヒカリ」における収量構成要素の目標値をm<sup>2</sup>当りの穂数を350本、総粒数を28,000粒とし、目標収量を5,100 kg ha<sup>-1</sup>と定めている。本試験で設定した実証区の収量構成要素をみると、穂数や総粒数が県の基準値に近似した値となった。このことから、実証区の基肥窒素施肥量は、本県が示す適正穂数を確保するのに妥当であったと考えられる。

次に、実証区における収量をみると、2000年における地力評価が「低」の圃場は、慣行区に比べて4%増収したが、「中」の圃場では6%減収した。一方、2001年の地力評価が「低」の圃場では、4%増収したが、「中」の圃場では5%、また、「高」の圃場では10%の減収となった。しかし、玄米収量は5,470~5,900 kg ha<sup>-1</sup>の範囲にあり、本県の水稻指導指針に示す「コシヒカリ」の収量目標値を満たした。

また、「コシヒカリ」の品質は、各年次とも

検査等級に大差はなかったが、白米の蛋白質含有率は同等か若干低下する傾向にあり、食味評価値は慣行区に比べて同等か若干高まる傾向にあった。また乳白粒の発生率は、いずれの地力評価圃場においても1~2ポイント改善された。これは、基肥窒素量を減肥した結果、穂数及び総粒数が適正範囲に抑えられ、同化産物の分配がより適切であった結果と考えられる。

以上の結果から、著者が定めたリン酸緩衝液抽出法による基肥窒素の施肥基準は、島根県の平坦部水田に適用でき、主力品種である‘コシヒカリ’の1等米比率向上に有効な手法であることを実証できた。

#### IV 摘要

県内の水田土壌を対象に、溶媒抽出法による地力窒素の簡易評価法について検討した。また、地力窒素の簡易評価法に基づく基肥窒素施肥量と‘コシヒカリ’の生育、収量及び品質との関係を検討した。

1. 島根県の水田土壌では、中性リン酸緩衝液抽出液の吸光度を波長420nmで測定する方法が、操作上の安全性が高く、最も迅速かつ簡易な地力窒素の評価法であると推定した。
2. 平坦部‘コシヒカリ’を対象に、中性リン酸緩衝液抽出法に基づく基肥窒素の施肥基準量を、吸光度が0.17以下の場合25 kg ha<sup>-1</sup>, 0.18~0.27の場合15 kg ha<sup>-1</sup>, 0.28以上の場合は無施用の3水準とした。
3. 中性リン酸緩衝液抽出法による地力窒素の3水準評価に基づいて基肥窒素施肥を行なった結果、本県の水稲指導指針の収量目標値を満たした上で、乳白粒の発生率が1~2ポイント改善され、品質向上効果が認められた。

#### 引用文献

藤原耕治・古山光夫・山根忠昭(1991) コシヒカリの窒素施肥反応と適正保有量. 島根農試研報, 25, 15-29.

藤原耕治・古山光夫・播磨邦夫・山本 朗(1993) 土壌窒素供給力の評価に基づくコシヒカリの施肥法改善. 島根農試研報, 27, 1

-18.

藤井弘志・安藤 豊・佐藤之信・中西政則(1990) 速度論的解析法によって得られた可分解性有機態窒素量の簡易推定法. 土肥誌, 61, 92-93.

樋口太重(1982) 緩衝液で抽出される有機態窒素化合物の性質について. 土肥誌, 53, 1-5.

本田親史(1980) 酸により抽出される土壌有機物部分の性質(第1報). 土肥誌, 51, 183-192.

加藤茂苞(1933) 日照及び温度の稲作に対する重要時期について. 日作紀, 5, 314-323.

松本真悟・阿江教治・山縣真人(2000) 中性リン酸緩衝液および希硫酸抽出による土壌の可給態窒素の推定と抽出される有機態窒素の特性. 土肥誌, 71, 86-89.

長戸一雄・江幡守衛(1960) 登熟期の気温が水稻の稔実に及ぼす影響. 日作紀, 28, 275-278.

西尾 隆(2001) 土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法. 日本土壌協会, 東京, 66-67.

小川吉雄・加藤弘道・石川 実(1989) リン酸緩衝液抽出による可給態窒素の簡易測定法. 土肥誌, 60, 160-163.

小川吉雄・狩野幹夫(1990) リン酸緩衝液抽出による可給態窒素の簡易推定法. 平成2年度研究成果情報(関東東海農業), 141-142.

斎藤雅典(1988) 土壌可給態窒素量の紫外部吸光度法による評価. 土肥誌, 59, 493-495.

寺島一男・齋藤祐幸・酒井長雄・渡部富男・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(3), 449-458.

柳井政史・上沢正志・金野隆光・清水義昭(1998) リン酸緩衝液による土壌窒素の抽出量と湛水培養可給態窒素量の関係. 土肥誌, 69, 365-375.

安田道夫・岡田泰明(1998) 界面活性剤を用いた水田土壌の可給態窒素量の推定. 土肥要旨集, 44, 138.

安原宏宣・月森 弘(2002) 窒素施肥量が水稻「コシヒカリ」の乳白粒発生に及ぼす影響. 日本作物学会中国支部研究集録, 43, 14-15

### Summary

The nitrogen fertility level in Shimane prefectural paddy soil was examined using solvent extraction method for a simple evaluation. The relationship between the amount of applied basal fertilizer nitrogen calculated from the method and growth, yield, quality of 'Koshihikari' was also examined.

1. When the nitrogen fertility in Shimane prefectural paddy soil was estimated, it was considered to be better to use the method for measuring absorbance at 420 nm of soil extract with neutral phosphate buffer than others from the viewpoint of safety and rapidity in analysis operation.
2. The amount of basal fertilizer nitrogen applied to 'Koshihikari' cultivated in plain area was determined as 25 kg ha<sup>-1</sup>, 15 kg ha<sup>-1</sup> or none when the absorbance of soil extract with neutral phosphate buffer was under 0.17, 0.18 to 0.27 or over 0.28, respectively.
3. The nitrogen fertilization carried out as described above brought not only desired yield of the paddy rice cultivation guidelines in Shimane prefecture but also lowering the incidence of the milky white rice kernel at 1 to 2 point, that is the quality improvement effect.