

# 中津川水系の灌漑水を利用した 棚沢水田における窒素の天然供給量

上地由朗\*

(平成 23 年 2 月 24 日受付/平成 23 年 6 月 17 日受理)

**要約**: 高位安定生産や高品質化だけでなく、地域環境を考慮に入れた水稲生産技術を構築するためには、栽培の基礎となる土壌の特性を知ることは極めて大切である。土壌の窒素無機化特性は地温に特に強く支配され、年次変動も大きいこともあり、正しく把握する必要がある。また、灌漑用水は地域特有のシステムを有することが多く、そこに含まれる無機態窒素濃度は地域により大きく異なると考えられるので、濃度やその推移についても正確な情報が必要である。本研究の目的は、神奈川県厚木市の棚沢地区の広域水田において、今後予想される環境変化に対応できる低投入で高品質安定生産技術の構築に利用するための基礎資料を得ることである。調査を行った 2003 年から 2005 年における土壌窒素の無機化量、灌漑および降雨による供給量の年次変動は小さく、施肥以外のいわゆる窒素の天然供給量は、出穂期までに  $6\sim 7\text{ g/m}^2$ 、成熟期までに  $9\sim 10\text{ g/m}^2$  と見積もられた。また、棚沢地区の広域水田に利用されている中津川水系の灌漑水中の無機態窒素濃度は比較的低いことが示され、水稲の生育や品質には大きな影響を及ぼさないと考えられた。

**キーワード**: 水稲, 窒素, 無機化, 灌漑, 水質

## 1. 緒 言

農地における窒素の収支および動態にはインプット因子としての施肥、灌漑水や降雨による供給および土壌無機化、アウトプット因子としての作物による吸収、脱窒や揮散、土壌や植物体を含めた農地からの流出など、種々の要因が関与しているが<sup>1-4)</sup>、これらを定量的に把握することは栽培学的にも環境保全的にもきわめて重要である。

一方、施肥窒素が水稲の生育・収量に及ぼす影響は大きく、なおかつその適正範囲が他の肥料成分に比べて狭いのが特徴である。その適正な施用は作物の増収を目的にするだけでなく、耕地および水系など農業内外の環境を窒素汚染から守ることをも考慮しなければならない。そのためには、灌漑水や降雨などによる窒素天然供給量の概算値を知るとともに、窒素無機化特性を詳細に解析することによって、土壌窒素がいつでもどれだけ無機化されるかを的確に把握する必要がある。

一般に水田土壌は  $0.1\sim 0.3\%$  程度の窒素成分を含有しているが、大部分は有機態である。そのうち植物体がすぐに吸収利用できる無機態窒素は全体の  $1\%$  程度に過ぎない。これら有機態窒素の  $1\sim 5\%$  のみが土壌の乾湿や温度の影響を受けながら微生物の活動によりアンモニア態窒素となる。この窒素が地力窒素に相当する<sup>5)</sup>。窒素の無機化にはさまざまな微生物が介在しており、土壌に含まれる易分解性有機物の種類や形態も異なるため、無機化窒素の発現パターンには地域間差だけでなく土壌間差があり<sup>6)</sup>、特定の土壌について窒素無機化特性を知ることが適正な窒素施肥

管理につながることは言うまでもない。

本研究の調査対象地域である棚沢地区は神奈川県厚木市の北部に位置する広域水田地帯で、取水源である中津川の東側にある。住宅化が進んでいるこの地域では環境を考慮した水稲栽培の実践が課題となっている。本研究の目的は、水稲栽培において効率的、かつ環境保全的な窒素施肥管理を行う基礎資料を得るため、棚沢地区にある実験圃場の土壌窒素無機化量、灌漑および降雨による窒素供給量の概算値を把握することである。

## 2. 材料と方法

### (1) 調査水田地域の概要

神奈川県厚木市の北部中央に位置する棚沢地区は中津川から取水している広域水田が広がる低地で、北緯  $35$  度  $30$  分、東経  $139$  度  $20$  分に位置している (図 1)。東京農業大学の実験圃場があるブロックは東西におよそ  $800\text{ m}$ 、南北におよそ  $600\text{ m}$  に広がる約  $25\text{ ha}$  の面積を有しており、概ね  $10\text{ a}$  の水田として区画整備されている (図 2)。

### (2) 土壌の湛水培養試験

神奈川県厚木市東京農業大学実験圃場 (10 a, 図 2 の◎印) において、2003 年から 2005 年における入水前の水田土壌をそれぞれ  $3\sim 4$  ヶ所から深さ  $10\text{ cm}$  の作土を採取し、ごみや礫、植物体残渣などを除去した後、 $2\text{ mm}$  の円孔ふるいを全通させ、供試土壌とした。乾土換算で  $10\text{ g}$  の供試土壌をそれぞれ  $30\text{ ml}$  容小型ポリ容器にとり蒸留水  $20\text{ ml}$  を加えてから、嫌気条件下で  $30^\circ\text{C}$  の湛水培養を行った。

\* 東京農業大学短期大学部生物生産技術学科

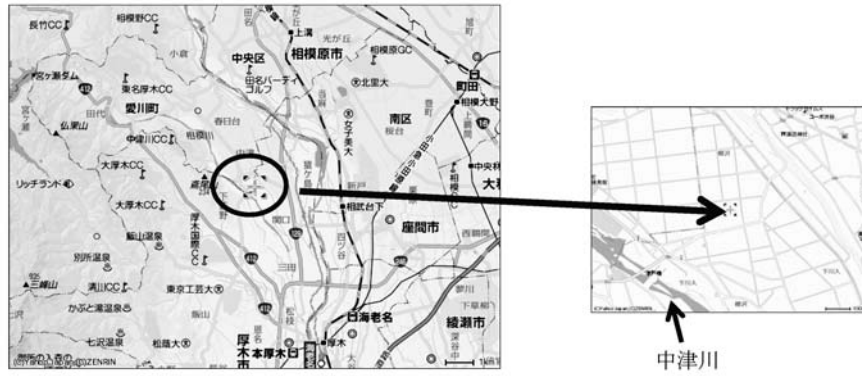
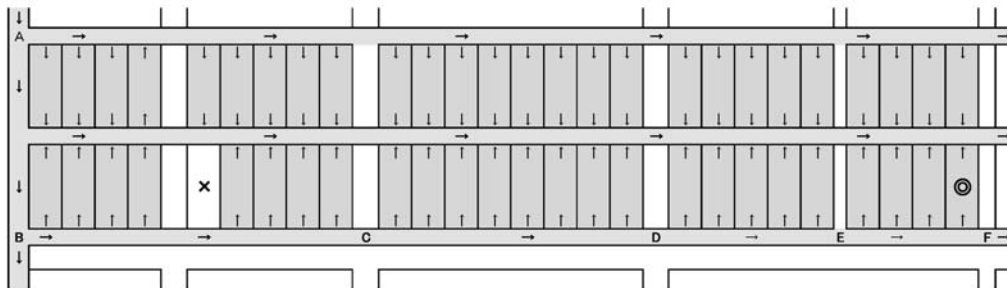


図 1 中津川水系と柵沢地区の広域水田



注:◎が使用した水田, ×は作付なし, 矢印は灌漑水の流れを示す。

図 2 柵沢地区の広域水田

表 1 水田土壌の物理的および化学的特性

土性	比重 (g/cm <sup>3</sup> )	組成 (%)				pH		窒素(mg/100g乾土)			CEC (cmol/kg)
		粗砂	細砂	シルト	粘土	H <sub>2</sub> O	KCl	全N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	
LiC	1.07	16.3	29.2	24.4	30.1	6.3	5.1	240	2.3	1.2	25.9

0, 3, 7, 14, 21, 28, ……84 日後に 3 反復ずつ回収し, 以下の方法で無機化したアンモニア態窒素を抽出および定量した。回収した小型ポリ容器の中身すべてを 30 ml の蒸留水とともに 250 ml ポリ容器に流し込み, 20% KCl を 50 ml 加えてから, 水平振とう型土壌振とう器によって 30 分間の振とう抽出を行った。土壌懸濁液を 5 分間 3000 rpm の遠心分離してからろ過し, そのろ液をサンプル液とした。サンプル液のアンモニア態窒素濃度をインドフェノール法により測定し, 乾土 100 g あたりの窒素量に換算した。2003 年, 2004 年および 2005 年の入水日は, それぞれ 5 月 14 日, 5 月 21 日および 5 月 22 日であった。なお, 土壌特性については表 1 に示した通りである。pH (H<sub>2</sub>O) および pH (KCl) は土壌の 2.5 倍量の H<sub>2</sub>O および 1 規定 KCl を加えて 30 分攪拌後, ガラス電極法によって測定した。また, 陽イオン交換容量 (CEC) の測定はショーンベルガー法によった。

土壌窒素無機化量の定量的把握は有効積算温度によるもの<sup>7)</sup>, あるいは易分解性有機物量, 窒素無機化速度定数および活性化エネルギーの 3 パラメータを組み入れた速度論

的手法によるものによってなされるが<sup>8-10)</sup>, ここでは, 吉野ら (1977)<sup>7)</sup> の手法により, 実験圃場における水田土壌の窒素無機化特性について解析を行った。

(3) 灌漑水と雨水の採取

神奈川県厚木市柵沢地区の水田地帯に整備されている用水路における灌漑水を 5 月下旬から 9 月上旬まで 1~2 週間に 1 度, 2003 年は 15 回, 2004 年は 14 回, 2005 年は 17 回採取した。なお, 調査地域内における採取地点は図 2 の A~F の 6 ポイントとした。調査圃場の灌漑量は 20 L/m<sup>2</sup>/日 (減水深で 2 cm/日) となるように調整した。雨水については 2003 年~2005 年の水稻生育期間である 5 月から 9 月の降雨時に雨水採取器で採取した。降水量については海老名観測所のデータを用いた。

(4) 灌漑水および雨水の無機態窒素分析

採取した水サンプルは直ちに持ち帰り, ろ液を分析に供した。アンモニア態窒素はインドフェノール法, 硝酸態窒素は亜硝酸に還元後, ナフチルエチレンジアミン法で定量した。

### 3. 結 果

2003年から2005年の日平均気温の推移と降水量については図3および図4に示した通りである。2003年は低温で推移し、逆に2004年はもっとも高温で推移した。降水量は2004年がもっとも少なく、700mmを下回ったが、2003年および2005年は1000mm以上であった。

各年における供試土壌の有効積算温度(°C・日)とみかけの窒素無機化量(mgNH<sub>4</sub>-N/100g乾土)の関係を図5に示した。土壌の窒素無機化曲線は2003年:  $Y_{2003} = 0.0050 \times \{(T-15) \cdot D\}^{1.028}$  (T: 温度, D: 日数), 2004年:  $Y_{2004} = 0.0259 \times \{(T-15) \cdot D\}^{0.769}$ , 2005年:  $Y_{2005} = 0.0302 \times \{(T-15) \cdot D\}^{0.773}$  という関係式で表すことができた。

一方、実験圃場において栽培されているコシヒカリとタカナリのそれぞれの年の出穂期および成熟期と入水から両時期までの積算気温を表2に示した。入水から出穂日および成熟日までの積算気温は、2003年では1894および2907°C・日(コシヒカリ), 1976および2987°C・日(タカナリ), 2004年では2042および3053°C・日(コシヒカリ), 2226および3238°C・日(タカナリ), 2005年では1941および2952°C・日(コシヒカリ), 1995および3001°C・日

(タカナリ)であった。

本研究においては地温の測定を行っていないが、すでに利用されている棚沢水田における気温と地温の変換式から地温を算出した。その日平均地温を用いて、有効積算温度と窒素無機化量の関係(図5)から出穂および成熟までの無機化窒素量を算出すると、2003年が4.8および8.0mg/100g乾土(コシヒカリ), 5.1および8.2mg/100g乾土(タカナリ), 2004年が5.3および7.2mg/100g乾土(コシヒカリ), 5.3および7.5mg/100g乾土(タカナリ), 2005年が5.3および7.3mg/100g乾土(コシヒカリ), 5.4および7.5mg/100g乾土(タカナリ)となり、3年間における年次変動は小さかった(表3)。

一方、棚沢水田における灌漑水の硝酸態(亜硝酸態を含む)窒素濃度は0.2~0.6mg/L、アンモニア態窒素は0.0~0.1mg/Lの範囲にあり、年内変動および年次変動は小さかった。硝酸態窒素濃度とアンモニア態窒素濃度を合計した無機態窒素濃度の推移は図6に示した通りであり、移植後に相当する6月中旬ではやや高まる傾向にあったが、それ以外には大きな変動は認められず、概ね0.2~0.7mg/Lの範囲にあった。また、雨水に含まれるアンモニア態窒素濃度、硝酸態窒素濃度およびそれらを合計した無機態窒素濃

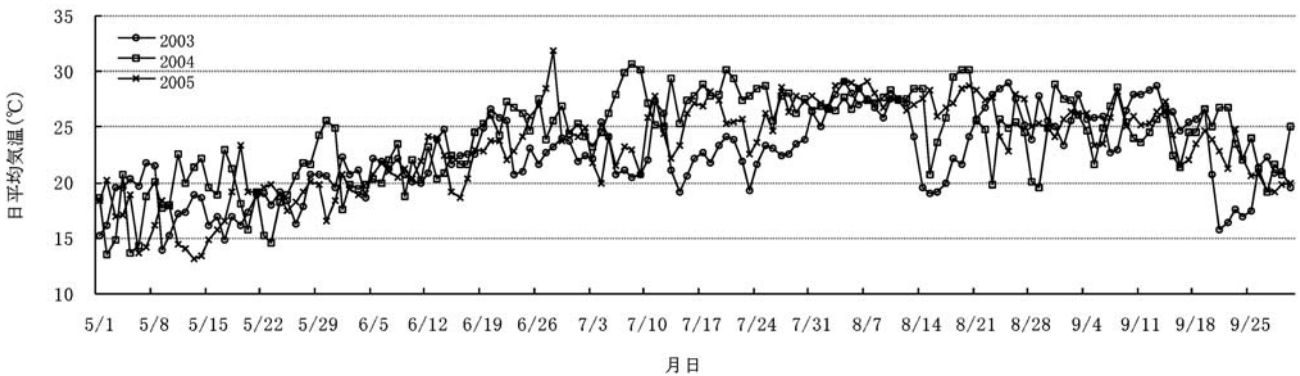


図3 2003年~2005年における日平均気温の推移

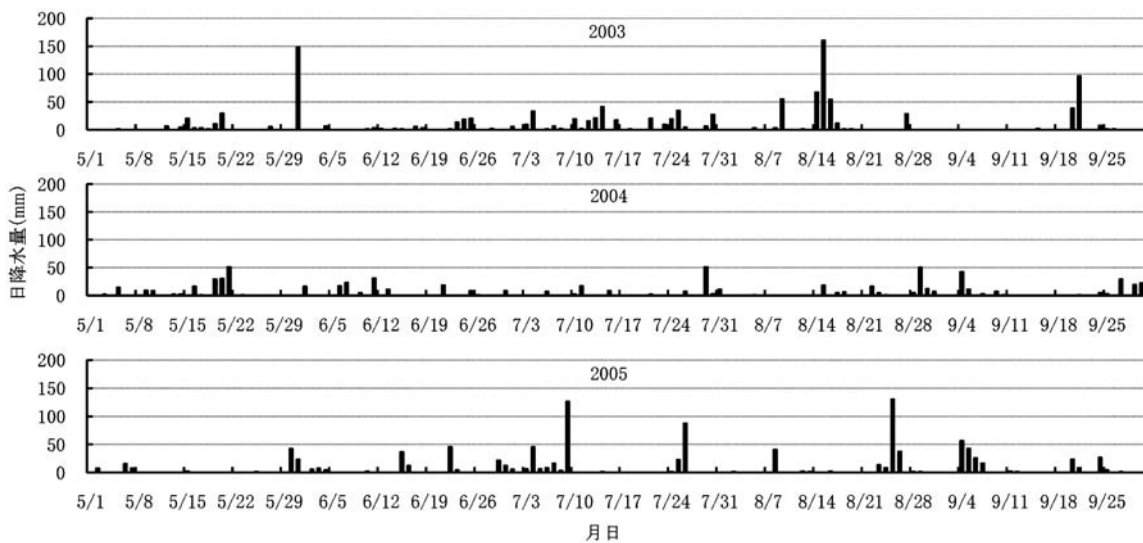


図4 2003年~2005年における日降水量

度の測定値は表3に示した通りである。3年間のアンモニア態窒素濃度、硝酸態窒素濃度はともに0.1~1.0 mg/Lの範囲にあり、無機態窒素濃度は0.3~1.7 mg/Lであった。これらは青井ら(2002)<sup>11)</sup>とほぼ同様の値であった。

### 4. 考 察

水質汚濁がすすんだ用水を灌漑水として用いると、水稻にさまざまな障害を引き起こすことは広く知られている。また、近年は食味や食の安全性に対する関心の消費者意識の高まりに対応して、それらに影響を与える灌漑用水の水質の把握が必要になっている。すでに、農水省は全窒素濃度について農業用水基準を設けており、飲料水の10 mg/Lに対しては1 mg/Lに設定されている。灌漑水中の窒素が硝酸態であれば10 mg/L程度でも被害を最小限に抑制できるが、アンモニア態窒素の場合には影響が大きく、水稻に対して3 mg/Lを超えると過繁茂、倒伏、登熟不良、不稔もみの増加、米質の悪化などの被害が発生する可能性がある。実際には畑地帯や糞尿を土壌浸透させている養豚農家の多い地域などでは用水中に高濃度の硝酸態窒素を含んでおり、家庭雑排水などが流入している農業用水路には比較的多くのアンモニア態や有機態窒素が含まれていることも示されている<sup>12)</sup>。高濃度の窒素を含んだ灌漑による作物の生育障害や飲料水の硝酸態窒素汚染の観点からの全国的な調査も行われ、灌漑用水の窒素濃度に関しては、都市近郊では1.6 mg/L、平地農業地域では1.3 mg/Lであり、大部分は無機態窒素で、特に硝酸態窒素が多いこ

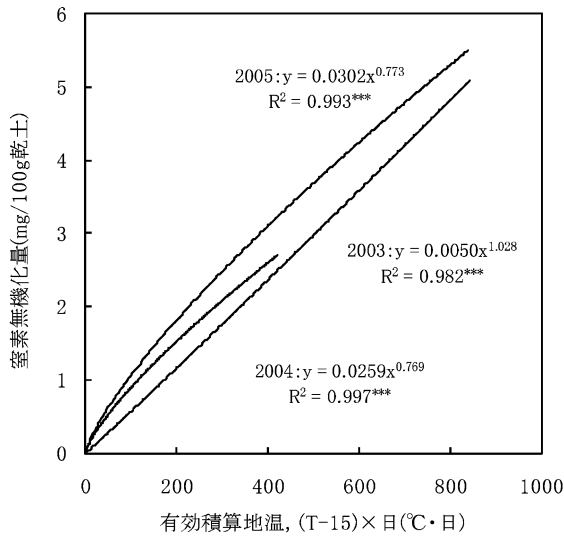


図5 棚沢水田土壌の窒素無機化曲線  
\*\*\*は0.1%レベルで有意であることを示す

表2 入水から出穂期および成熟期までの積算気温

	コシヒカリ				タカナリ			
	月日		積算気温(°C・日)		月日		積算気温(°C・日)	
	出穂期	成熟期	出穂期	成熟期	出穂期	成熟期	出穂期	成熟期
2003	8/9	9/18	1894	2907	8/12	9/22	1976	2987
2004	8/11	9/20	2042	3053	8/18	9/28	2226	3238
2005	8/10	9/18	1941	2952	8/12	9/20	1995	3001

表3 2003年~2005年における雨水中の無機態窒素濃度

	アンモニア態	硝酸態	全無機態
2003	0.2~1.0	0.3~1.0	0.5~1.7
2004	0.1~1.0	0.1~0.8	0.3~1.6
2005	0.3~0.9	0.4~0.6	0.7~1.5

注:単位はmg/Lで、硝酸態には亜硝酸を含む。  
全無機態はアンモニア態と硝酸態の合計。

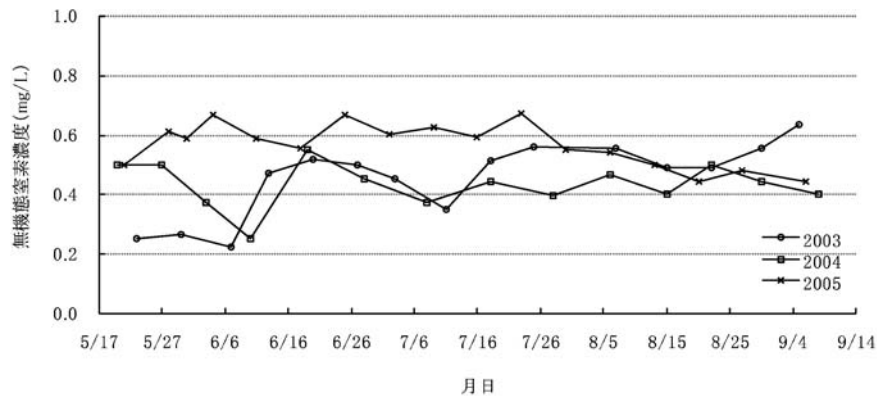


図6 2003年~2005年における灌漑水の無機態窒素濃度

とが示されている<sup>13)</sup>。中曽根ら (2001)<sup>14)</sup> は調査した灌漑水の無機態窒素濃度は約 1.5 mg/L で、その大部分は硝酸態窒素であると報告している。本実験の調査対象は中津川から取水した棚沢地区の広域水田における灌漑水であり、その無機態窒素濃度は 0.2~0.7 mg/L の範囲にあった。この値は前述した報告と比較して低い測定値であった。同様の調査が霞ヶ浦流域の水田で行われているが、灌漑水の無機態窒素濃度は概ね 2 mg/L 程度であり、基肥施用の時期には 10 mg/L にも上昇したと報告されている<sup>15)</sup>。また、宮崎ら (2009)<sup>16)</sup> は栃木県の 3 水系の農業用水について調査を行い、無機態窒素濃度は 0.6~2.2 mg/L であることを示している。このように灌漑水の無機態窒素濃度は地域により大きな差がみられるが、本実験における棚沢地区の広域水田に利用されている灌漑水の無機態窒素は低濃度であり、移植時期などの特定の時期における著しい濃度上昇も認められなかった。

灌漑による窒素流入量については高村ら (1976)<sup>17)</sup> は約 0.7 g/m<sup>2</sup> であるとし、國松 (1995)<sup>12)</sup> は広域水田における流入窒素量についてとりまとめ、その値は 0.6~3.8 g/m<sup>2</sup> であると報告している。また、水田 (2001)<sup>18)</sup> は砂壌土型水田において灌漑水の窒素濃度を調査し、陣内ら (2000)<sup>21)</sup> の灌漑水量を乗じて、灌漑による無機態窒素流入量は 0.9~1.8 g/m<sup>2</sup> であると推算している。灌漑によって供給される窒素成分は投入窒素として取り扱われないことが多いが<sup>15)</sup>、相当量の窒素成分を含む灌漑水を利用している地域があることがこれらの報告によって明らかにされているので、正確な量的把握が必要であるといえる。灌漑が 20 L/m<sup>2</sup>/日である本研究の調査水田においては、灌漑によってもたらされる窒素供給量は水稲作付け期間におよそ 1.1~1.4 g/m<sup>2</sup> と見積もられ、既報の結果と範囲内であったが、比較的低い値であった。無機態窒素濃度が低いことも合わせると、顕著な生育異常や品質悪化をもたらすことは考えにくく、棚沢地区の広域水田で利用している中津川水系の灌漑水は汚濁が進んでいないと考えられる。

一方、降雨も窒素供給を考えるうえで決して無視できない要因であるが、本研究における降雨による窒素供給量は多い年で 0.7 g/m<sup>2</sup> 程度で、窒素の供給因子のなかでもっとも小さな値であった。水田ら (2001)<sup>18)</sup> は多田ら (1999)<sup>20)</sup> による雨水の窒素濃度と降水から水稲生育期間中の水田への降雨による窒素流入量はおよそ 0.6 g/m<sup>2</sup> と推算している。

ところで、水田土壌中での無機化総量を Ng、有機化量を No、水稲による吸収量を Na、地下浸透素量を Np、硝化・脱窒・揮散量を Nl、施肥量を Nf、灌漑および降雨による窒素量を Ni とすると、無機態窒素の正味の变化量  $\Delta N$  は、 $\Delta Ni = Ng + Nf + Ni - (Na + Np + Nl + Nn)$  で表される。施

肥および用水を除外して考え、水稲吸収、地下浸透、硝化・脱窒・揮散もない条件であれば、 $\Delta N = Ng - No$  となる。これは嫌氣的密閉系での湛水培養に対応しており、土壌の窒素無機化を評価するのに有力な手段となっている<sup>21)</sup>。したがって、本研究においても嫌氣条件下での湛水培養試験によって得られたデータをもとに、土壌の窒素無機化能を評価することができる。

本研究において、有効積算地温から算出した入水から出穂日および成熟日までの窒素無機化量は、コシヒカリについては 2003 年が 4.8 および 8.0 mg/100 g 乾土、2004 年が 5.3 および 7.2 mg/100 g 乾土、2005 年が 5.3 および 7.3 mg/100 g 乾土であった。これらの値を用いて、作土深を 10 cm、土壌の比重を 1.07 (g/cm<sup>3</sup>) とした場合の入水から出穂期までの窒素無機化量は 4.5~4.9 gN/m<sup>2</sup> (コシヒカリ)、4.8~5.3 g/m<sup>2</sup> (タカナリ)、成熟期までの窒素無機化量は 6.9~7.5 g/m<sup>2</sup> (コシヒカリ)、7.0~7.6 g/m<sup>2</sup> (タカナリ) となった。これらの値は山本 (1994)<sup>22)</sup> や池永ら (2005)<sup>23)</sup> の報告とほぼ同様の値であった。山本ら (1986)<sup>24)</sup> は水稲生育期間中の無機化窒素のうち約 90% は穂揃期までに無機化することを報告し、山室 (1987)<sup>25)</sup> も出穂期以降の無機化窒素は激減することを明らかにしているが、本研究においては出穂期までに無機化するのは全体の 60~75% の範囲にあった。

水稲の栽培期間中の窒素無機化量は、土壌固有の窒素無機化能に加えて、有効積算気温が大きな影響因子となる。したがって、同一圃場においても栽培年によって大きな差がみられる場合もある。ここでの成熟期までの窒素無機化量の推算によってもたらされた年次間差はおよそ 1.5 g/m<sup>2</sup> であったが、杉原 (1990)<sup>26)</sup> は黒ボク湿潤土壌において、高温年と低温年ではおよそ 2.5 g/m<sup>2</sup> の窒素無機化量の差があることを示している。また、このことに関連して、土壌改良資材の投入<sup>27)</sup> や有機物の施用<sup>28-30)</sup>、あるいは入水前の土壌乾燥処理<sup>31-34)</sup> により窒素無機化能に変化がもたらされることも明らかにされている。これらは土壌の物理性や易分解性有機物量が変化したために生ずる現象である。また、水田土壌の層位による窒素無機化能にも違いがあることも指摘されている<sup>31)</sup>。本研究においては、有機物の大量投入がなされなかったことなどが原因で、窒素無機化能の年次間差が大きくなかったが、山本ら (1993)<sup>10)</sup> は同一種の土壌において地力窒素発現量は易分解性有機物量に大きく左右されることを示している。2003 年から 2005 年にかけての 3 年間にわたる無機化、灌漑および降雨による窒素供給量については表 4 にまとめた。本研究の調査圃場においては、土壌の窒素無機化能、灌漑水や雨水の無機態窒素濃度に著しい年次間差が見られなかったため、窒素供給量

表 4 窒素無機化量と灌漑および降雨による窒素供給量

	出穂期				成熟期			
	無機化	灌漑	降雨	合計	無機化	灌漑	降雨	合計
2003	4.80	0.76	0.43	5.99	7.98	1.14	0.73	9.85
2004	5.26	0.72	0.21	6.19	7.21	1.05	0.38	8.64
2005	5.27	0.90	0.45	6.62	7.34	1.36	0.71	9.41

注: 単位はすべて g/m<sup>2</sup>

の変動は小さかった。施肥以外のいわゆる窒素の天然供給量は、出穂期までに6~7 g/m<sup>2</sup>、成熟期までに9~10 g/m<sup>2</sup>と見積もられた。棚沢地区において主要品種であるキヌヒカリを栽培する場合、その窒素施肥体系は基肥で4 g/m<sup>2</sup>、追肥で2 g/m<sup>2</sup>、窒素全量では6 g/m<sup>2</sup>程度が標準的であるが、本研究における調査圃場における窒素施肥量は基肥で4 g/m<sup>2</sup>、追肥で4 g/m<sup>2</sup>、窒素全量では8 g/m<sup>2</sup>が基本となっており、コシヒカリの玄米収量は概ね550 g/m<sup>2</sup>程度である。このときに出穂期までの水稲による吸収窒素量はおよそ8 g/m<sup>2</sup>であり<sup>37)</sup>、多くの天然供給窒素を利用していることになる。このように水稲は地力窒素依存度が極めて高い作物で、近年の品種では、吸収窒素の60~70%が施肥窒素以外の天然供給窒素に由来することが明らかにされている<sup>35, 36)</sup>。したがって、水稲栽培における天然供給窒素の果たす役割は大きく、生育期間を通して稲体の窒素栄養状態を健全に維持し、品質を高めるためには、水田土壌からの窒素無機化量を時期別に把握することが大切である。このように、土壌の無機化能、灌漑水や雨水の無機態窒素濃度の詳細な把握は今後予想される気温上昇や水質汚濁を含めた地域環境の悪化に対応する技術のための重要な材料になると考えられる。

#### 引用文献

- 1) FILLERY I.R.P. and P.L.G. VLEK, 1986. Reappraisal of the significance of ammonia volatilization as an N loss mechanism in flooded rice field. Nitrogen economy of flooded rice fields. 79-98.
- 2) KEENEY, D.R. and K.L. SAHRAWAT, 1986. Nitrogen transformation in flooded rice soils.. In de DATTA, S.K. and W. H. PATRICK Jr. eds. Economy of Flooded Rice Soils. Proc. of a Symp. On the Nitrogen Economy of Flooded Rice Soils. Washington. 18-38.
- 3) 竹内 誠, 1997. 農耕地からの窒素・リンの流出. 土肥誌 68, 708-715.
- 4) 上地由朗, 2006. 水稲のポット栽培における地下浸透および表面流出による窒素流出量の測定. 日作紀 75, 210-216.
- 5) 三好 洋・嶋田永生・石川昌男・伊達 昇編, 1983. 土壌肥料用語辞典. 農文協. 東京. 92-106.
- 6) 山本富三・田中浩平・角重和浩, 1992. 暖地水田における地力窒素発現パターンと施肥の診断. 第1報 アンモニア化量による水田土壌の地力窒素供給量の評価と水稲収量性. 日作紀 61, 411-417.
- 7) 吉野 喬・出井嘉光, 1977. 土壌窒素供給力の有効積算温度による推定法について. 農事試研報 25, 1-62.
- 8) 杉原 進・金野隆光・石井和夫, 1986. 土壌中における有機態窒素の反応速度論的解析法. 農環研報 1, 127-166.
- 9) 上野正夫・佐藤之信・熊谷克巳・大竹俊博, 1990. 速度論的解析法による土壌窒素発現予測システム. 土肥誌 61, 273-281.
- 10) 山本富三・田中浩平・角重和浩, 1993. 暖地水田における地力窒素発現パターンと施肥の診断. 第2報 水田土壌の窒素無機化特性と水稲生育期間中の窒素吸収パターン. 日作紀 62, 363-371.
- 11) 青井 透・森 邦広・池田正芳・阿部 聡, 2002. 利根川支流鍋川水系の高い窒素濃度と降雨中窒素との関係. 全国水道研究発表会論文集 53, 580-581.
- 12) 國松孝男, 1995. 水資源と水環境. 農業と環境. 富民協会. 大阪. 3-147.
- 13) 農水省構造改善局資源課, 1999. 農業用排水路水質調査結果報告書.
- 14) 中曾根英雄・黒田久雄・加藤 亮, 2001. 農業を主体とした小水域流出水の水質変動特性. 農土論集 213, 101-107.
- 15) 端 憲二・柚山義人・白谷栄作・山口康晴・吉永育生, 2004. 富栄養化した湖沼(水)の肥料代替性について. 農業および園芸 79, 954-960.
- 16) 宮崎成生・関和孝博・吉田智彦, 2009. 栃木県における農業用水の水質実態およびその経年変化. 日作紀 78, 234-241.
- 17) 高村義親・田淵俊雄・鈴木誠治・張替 泰・上野忠男・久保田治夫, 1976. 水田の物質収支に関する研究(第1報). 霞ヶ浦流域の水田における窒素およびリンの動向と収支について. 土肥誌 47, 398-405.
- 18) 水田一枝, 2001. 灌漑水による水田へのN, P, Kの流入量. 一福岡県による推定一. 日作紀 70, 595-598.
- 19) 陣内暢明・岩淵哲也, 2000. 水稲分けつ期以降の長期間灌漑水による用水の節減と生育・収量. 九州農業研究 62, 8.
- 20) 多田邦尚・川西幹昌・宇佐淳次, 1999. 香川県における一降雨毎に採取した降水中のpHと窒素成分. 香川農学報 51, 45-52.
- 21) 犬伏和之, 1990. 水田土壌の窒素無機化と施肥. 日本土壌肥料学会編. I 土壌窒素の無機化. 一研究の流れと展望一. 博友社, 東京. 9-33.
- 22) 山本富三, 1994. 地水田土壌における地力窒素発現量の解析と水稲施肥技術への適用. 日作紀 63, 549-553.
- 23) 池永幸子・松本二香・井上博茂・稲村達也, 2005. 田畑輪換田における土壌の窒素発現と水稲 (*Oryza sativa L.*) による窒素吸収の圃場間と年次間の変異. 一奈良盆地における4年間の比較一. 日作紀 74, 291-297.
- 24) 山本富三・久保田忠一・真鍋尚義, 1986. 速度論的方法による水稲生育期間中の土壌窒素無機化量の推定. 土肥誌 57, 487-492.
- 25) 山室成一, 1987. 強粘質半湿田とその乾田化水田における土壌窒素の無機化とその有機化, 脱窒および水稲による吸収. 土肥誌 58, 309-315.
- 26) 杉原 進, 1990. 水田土壌の窒素無機化と施肥. 日本土壌肥料学会編. II 土壌窒素の無機化予測と温度. 博友社, 東京. 35-61.
- 27) 古江広治・上村幸廣・脇門英美, 1992. 水田土壌の窒素無機化とコシヒカリの施肥法. 鹿児島県農業試験場研究報告 20, 127-136.
- 28) 樋口太重, 1982. 有機物連用土壌の地力窒素的な評価. 土肥誌 53, 214-218.
- 29) 北田敬宇・宮川 修・塩口直樹, 1991. 水稲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. 土肥誌 62, 585-592.
- 30) 高橋 茂・山室成一, 1992. 堆肥連用田における無機化窒素発現量と土壌および灌漑水由来窒素の水稲吸収量の推移. 土肥誌 63, 505-510.
- 31) 米林甲陽・森下年起・服部共生, 1987. 水田土壌中における窒素無機化量の年間変動とその要因. 土肥誌 58, 729-737.
- 32) 鳥山和伸・関矢信一郎・宮森康雄, 1988. 湛水前の土壌乾燥が土壌窒素の無機化量に及ぼす影響の定量的把握. 土肥誌 59, 531-537.
- 33) 安藤 豊・丸本卓哉・和田源七・中村 勤, 1995. 乾燥期間が土壌有機態窒素の無機化, 水稲の吸収に及ぼす影響について. 土肥誌 66, 499-505.
- 34) 丸本卓哉・安藤 豊・和田源七, 1997. 水田土壌の風乾処理とバイオマス窒素の変化. 土肥誌 68, 376-380.
- 35) 山本富三・田中浩平・角重和浩, 1994. 暖地水田における地力窒素発現パターンと施肥の診断. 第3報 アンモニア化量による水田土壌の地力窒素供給量の評価と水稲収量性. 日作紀 63, 411-417.
- 36) 中鉢富夫・菅野千秋・佐藤健司, 2001. 水稲生育中期以降の土壌窒素発現量に及ぼす要因と発現量の推定. 土肥誌 72, 721-728.
- 37) KAMUJI, Y. and SAKURATANI, T., 2011. Analysis of optimum spikelet number and plant N in rice at Tanazawa paddy field. *J. Agric. Sci., Tokyo Univ. Agric.*, 56 : 1-10.

# Natural Supply of Nitrogen in Tanazawa Paddy Field by Mineralization and Irrigation Derived from Nakatsu River

By

Yoshiaki KAMIJI\*

(Received February 24, 2011/Accepted June 17, 2011)

**Summary** : We must design the technology in consideration not only of yield and quality, but also the regional environment in rice production. It is very important to know the soil traits of the paddy field and the regional conditions of irrigation and rainfall. In this study we researched nitrogen mineralization ability of the soil and the ammonium and nitrate nitrogen concentration of irrigation water and rainwater, and estimated natural nitrogen supply in Tanazawa paddy field from 2003 to 2005. The yearly variation of mineralized and supplied nitrogen from irrigation and rainfall was not large. The natural nitrogen supply was estimated to be about 6–7 and 9–10  $\text{gm}^{-2}$ , at heading and maturity, respectively. Nitrogen concentration of the irrigation water derived from Nakatsu River was lower than that of reports in the past. It seemed that the effect of the nitrogen concentration on the growth and quality of rice was not strong.

**Key words** : Irrigation, Mineralization, Natural supply, Nitrogen, Rice, Water quality

---

\* Department of Bioproduction of Junior College of Tokyo University of Agriculture