

## 浸透速度が水田における硝化・脱窒に与える影響

Effect of infiltration rate on nitrification and denitrification at paddy field

原田真吾\* 塩沢昌\* 西田和弘\*

Shingo Harada, Sho Shiozawa, Kazuhiro Nishida

近年問題となっている地下水等の硝酸態窒素汚染に対し、水田などの湛水土壤系で起こる脱窒を活用した窒素除去が注目されている。筆者らはこれまでに休耕田を想定したポットに硝酸態窒素( $\text{NO}_3\text{-N}$ )を浸透させる野外ポット実験を行い、脱窒による窒素除去速度は、通常の浸透速度( $40\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 以下)では浸透速度と比例関係にあり、供給窒素の90%程度が除去されるが、浸透速度が大きいと窒素除去速度は著しく低下することを明らかにした。(塩沢ら2007)

しかし、実際の耕作水田では主にアンモニア態窒素( $\text{NH}_4\text{-N}$ )で施肥が行われるため、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が表層で硝化された後に脱窒が起こる。そこで本研究では耕作水田を想定し、水田土壤に $\text{NH}_4\text{-N}$ を浸透させるポット実験を行ない、浸透速度が硝化・脱窒に与える影響を調べた。

### 実験概要

**装置：**内径15 cm(断面積 $176\text{cm}^2$ )、高さ35 cmのポットの下部に砂利を5 cmと標準砂を5 cm詰め、その上に東大田無農場から採取した水田土壤表土を厚さ10 cmで充填した(Fig.1)。土壤表面より上部15 cmは透明な塩ビ管を用い、日光が入るようにした。ポット側面にマリ奥特管を接続し、湛水深一定(5 cm)で給水した。下部には排水管を接続し、ペリスタポンプによって任意の浸透速度が得られるようにした。土壤表面から深さ2, 5, 10 cmに素焼管を挿入し、土壤水を採取できるようにした。ポットに植物は生育させず、脱窒に必要な有機物は藻類などの光合成のみにより供給されるようにした。供給水は硫酸アンモニウム溶液とした。

**測定：**供給水と排水の電気伝導度と湛水部の水温をデータロガーにて常時記録した。数日間隔

で、供給水量および浸透水量はマリ奥特管・排水タンクの重量変化から求めた。また、供給水、排水、田面水、土壤水を採水し、硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )、アンモニウムイオン( $\text{NH}_4^+$ )、全窒素(TN)、全有機炭素(TOC)濃度を測定した。

ポットを4つ用意し、Table.1のように条件を設定した。測定開始前に1ヶ月、条件変更時に1週間ポット内に供給水を浸透させた後、測定を開始した。実験は自然光人工気象室(昼30℃・夜25℃、湿度60%)で行なった。窒素除去速度 $R[\text{mgN}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}]$ は

$$R = [\text{窒素供給速度}] - [\text{窒素排出速度}]$$

$$= [\text{供給水量} \times \text{供給 TN 濃度}]$$

$$- [\text{排水量} \times \text{排水 TN 濃度}] \text{ で求めた。}$$

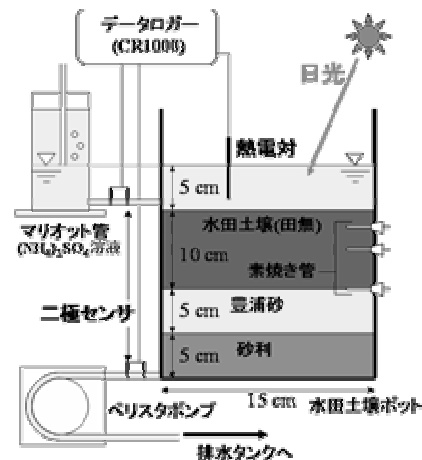


Fig.1 Experimental apparatus

Table.1 Experimental conditions

(density of supplied N, infiltration rate)

		ポット1	ポット2	ポット3	ポット4
0~73日目	供給窒素濃度 $[\text{mgN}\cdot\text{L}^{-1}]$	5	15	5	15
	浸透速度 $[\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}]$	30	30	15	15
74~89日目	供給窒素濃度 $[\text{mgN}\cdot\text{L}^{-1}]$	5	15	5	15
	浸透速度 $[\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}]$	40	40	25	25

### 実験結果

排水のTN濃度は73日目まで条件を変更するまで低下し続けた(Fig.2a)。ポットが定常状態になるまで予想したより多くの時間がかかった。

\* 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agric. and Life Sciences, The Univ. of Tokyo

キーワード：硝化 脱窒 浸透速度

80 日目以降は比較的安定し、定常とみなせる。

排水の TOC 濃度は 73 日目まで 3~5, 80 日目以降は  $1.5 \sim 3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  と、80 日目以降の方が低濃度で推移した(Fig.2b)。これは浸透速度の増大により脱窒が活発に起き、有機炭素がより多く消費されたためと考えられる。

$R$  は窒素供給速度に比例し、比例定数は 0.63 であった(Fig.3)。供給窒素の 63%程度が除去されたといえる。これは、硝酸カリウム溶液を供給した場合(塩沢ら 2007)の 90%よりも低い。

実験開始後 73 日目のポット内の窒素濃度分布を Fig.4 に示す。硝化作用により田面水で  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が最大値(高濃度条件で 6, 低濃度条件で  $7 \sim 9 \text{ mgN} \cdot \text{L}^{-1}$  程度)となった。一方、土中深くなるにつれ  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は低下し、5~10 cm 以深ではほとんど存在しなかった。このことから、硝化により生成された  $\text{NO}_3^-$  は脱窒によってほぼ完全に除去されたと考えられる。したがって、硝化速度が  $R$  を律速していると考えられる。

窒素除去率はほぼ一定で、浸透速度の影響は小さかった(Fig.5)。この原因について考察する。浸透速度が上がると土壤に  $\text{NH}_4\text{-N}$  が多く供給される。同時に、酸素も多く供給され、硝化速度が上昇する。しかし、浸透した  $\text{NH}_4\text{-N}$  のうち硝化される割合は浸透速度によらず一定で、硝化された窒素は完全に脱窒されるので、脱窒されずに流出する割合も一定だと考えられる。このため、浸透速度の影響が小さいと考えられる。

引用文献 塩沢ら(2007):農業農村工学会講演要旨集

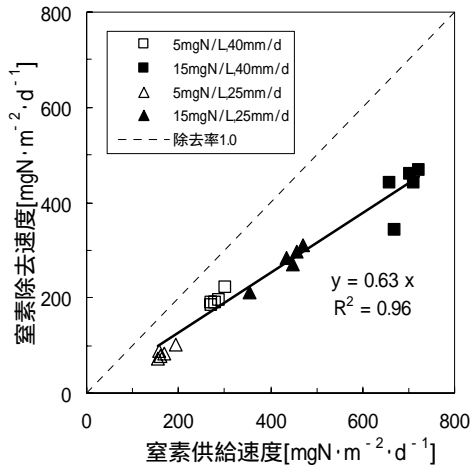


Fig.3 Relation between denitrification rate and supplied N amount

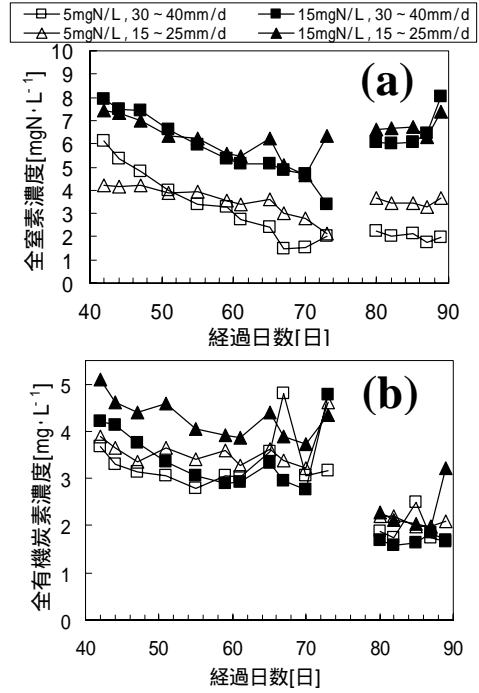


Fig.2 TN(a), TOC(b) concentration in effluent

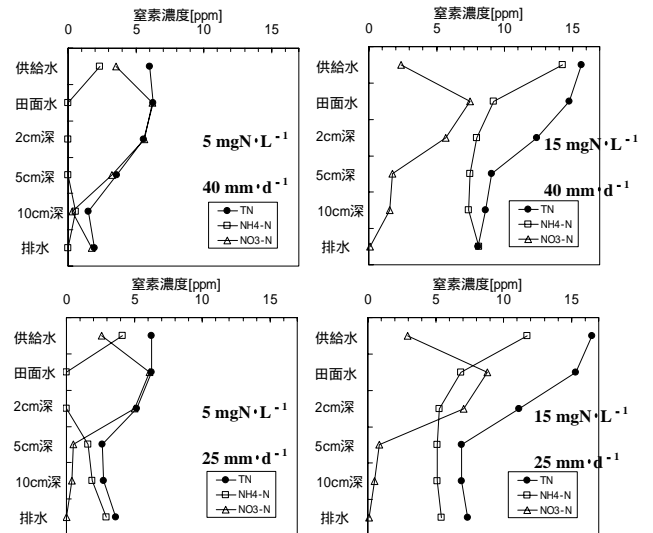


Fig.4 Distribution of TN,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration (73rd day)

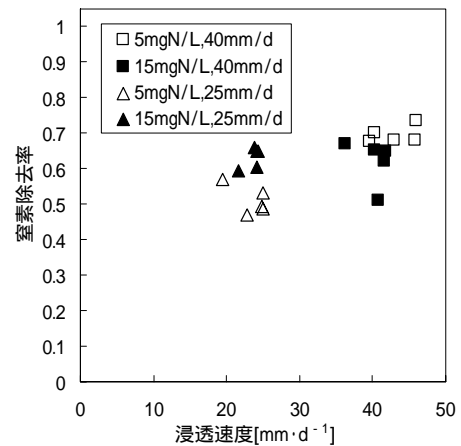


Fig.5 Relation between infiltration rate and nitrogen removal ratio (N output/N input)