

田面水の各態窒素濃度の変化に関する考察

Consideration on change in concentration of each form of nitrogen in paddy water

○中村公人*, 松田圭介*, 濱 武英*, 川島茂人*

Kimihito Nakamura, Keisuke Matsuda, Takehide Hama, Shigeto Kawashima

1. はじめに 環境保全型の水田水管理の一つとして循環灌漑が挙げられ、その流出負荷削減効果はある程度示されている。用水量に占める排水の再利用割合が増加すれば流出負荷量が低下すると一般にいわれるが、排水濃度の増加による流出負荷量増加という現象も予想される。排水の再利用割合の変化が流出負荷量に及ぼす影響がわかれば、今後、全受益地面積に対する循環再利用される排水の集水域面積の割合を考慮した地区の選定が可能になると考えられる。こうした背景から、排水の再利用割合を変化させた場合の流出負荷量変動を示すモデルの構築が不可欠で、そのためには、水田における田面水の水質変化メカニズムの解明が重要である。これまで硝酸態窒素濃度が高い用水を与えた場合の窒素除去に関する研究が多数行われてきたが、他の形態窒素に関する研究例は少ない。そこで、田面水の各態窒素濃度の変化特性に関する知見を得ることを目的とした室内実験を行った。

2. 実験概要 降雨による影響を避けるためにガラス室内で実験を行った。使用した土壌は滋賀県高島市鴨川流域地区の低平地水田にある水田土壌であり、採取した表層土壌を混和した後、風乾させ、2cm 篩を通過した土壌をバケツ（容量 13L）に深さ 17cm まで充填した。実験条件は、①イネの有無、②用水の窒素濃度・形態の違い（3 パターン）、③用水添加間隔の異なるもの（2 パターン）とした（計 $2 \times 3 \times 2 = 12$ パターン）。反復回数は 2 回である。イネは移植用の苗（品種：レーク 65）を用い、用水には、水道水（T-N : 2.44 mg L^{-1} ）と KNO_3 、 NH_4Cl 溶液（いずれも窒素濃度 1000 mg L^{-1} ）を水道水でそれぞれ 1/100 に希釈したものをを用いた（Table 1）。バケツに各用水を加え、代かきを想定して手でよく攪拌させ飽和状態になるようにした。また、全バケツの土壌表面から 2cm 深さに粒状の化学肥料 2g（ $\text{NH}_4\text{-N}$: 0.2g）を与えた。その後、水深を全てのバケツでほぼ同位置になるまで用水を加え、苗を移植して実験開始とした。用水添加は 2 日あるいは 6 日（一部 8 日）間隔で土壌が乱されないよう留意しながら湛水深が 5cm になるように行った。浸透は、現地圃場の実測浸透量（ 2 mm d^{-1} ）に相当する 200mL を 2 日毎に田面水からピペットで取り除くことで考慮した。この操作直前に湛水深の測定を行った。実験は 2009 年 6 月 25 日に開始した。8 月 1~11 日（開始後 37~54 日）には自然乾燥による中干しを行い、その後湛水した。実験開始 1 週間後までは 2 日間隔、それ以降は約 1 週間間隔で田面水の採水を行い、T-N、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を測定した。有機態窒素（Org-N）は T-N と無機態窒素の差とした。

3. 結果と考察

(1)各態窒素濃度の経時変化 田面水の各態窒素濃度の変化例として、イネ有、6 日間隔 $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶液添加条件の場合を Fig.1 に示す。全ての実験条件において T-N は代かき直後に用水濃度よりも高い 25 mg

Table 1 用水中の各態窒素濃度
Nitrogen concentrations of irrigation water.

(mg L^{-1})	T-N	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
Tap water	2.44	1.43	0.20
$\text{NO}_3\text{-N}$ solution	12.42	11.42	0.20
$\text{NH}_4\text{-N}$ solution	12.42	1.40	10.20

*京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

Keywords : 田面水, 窒素濃度, 窒素除去速度

L^{-1} 以上の値を示し、中干し前には $2mg L^{-1}$ 程度へと減少した。代かき直後の濃度は NO_3-N と NH_4-N の割合が大きいですが、その後 $Org-N$ が主成分になっている。初期の高濃度の NO_3-N , NH_4-N は、用水窒素成分に加え、それぞれ実験前の風乾による硝化過程と肥料成分の溶出の影響によると考えられる。主成分が $Org-N$ となるのは、主に有機化や硝化・脱窒、イネによる吸収（イネ有の場合）に伴って無機態窒素が減少し、相対的に $Org-N$ の割合が大きくなったためと考えられる。同様の变化傾向は現地圃場でも確認された。

(2)窒素除去速度 用水添加窒素量から添加直後の濃度を推定し、湛水深変化を考慮して、採水時の田面水中の窒素量を求め、その変化から窒素除去速度を算出した。T-N について、中干し前までの田面水の窒素除去速度と濃度との関係を **Fig.2** (6日間隔用水添加) に示す。イネの有無、用水窒素形態による大きな違いは見られない。代かき影響下（実験開始後6日目まで）と代かき影響外（6日目以降）に分けて線形近似を行うと、傾きは、代かき影響下（ばらつきが大きい）ため、代かき後2日間のデータを省略した場合で 0.012 、代かき影響外で 0.005 となった。これは、代かき後に土壌の沈降という物理的作用による窒素除去効果が大きかったためと考えられる。なお、代かき影響外の傾き $0.003\sim 0.008$ は、既存研究¹⁾に類似した値であった。

窒素形態別の除去速度と濃度の関係を **Fig.3** に示す。代

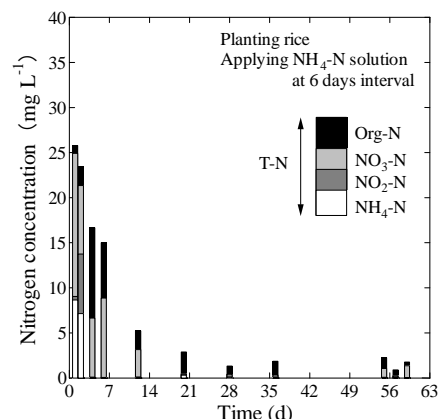


Fig.1 田面水各態窒素濃度変化（イネ有, 6日間隔 NH_4-N 溶液添加）
Changes in the nitrogen concentrations of paddy water.

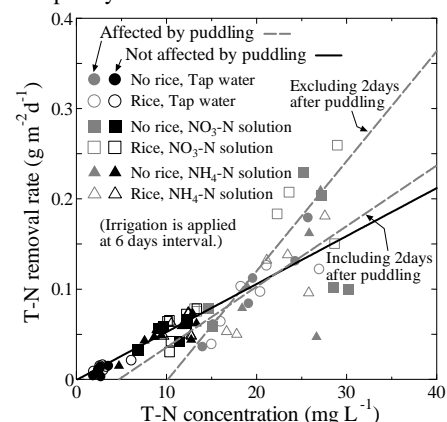


Fig.2 T-N に関する窒素除去速度と濃度の関係（6日間隔用水添加）
Relationships between nitrogen removal rate and nitrogen concentration for T-N.

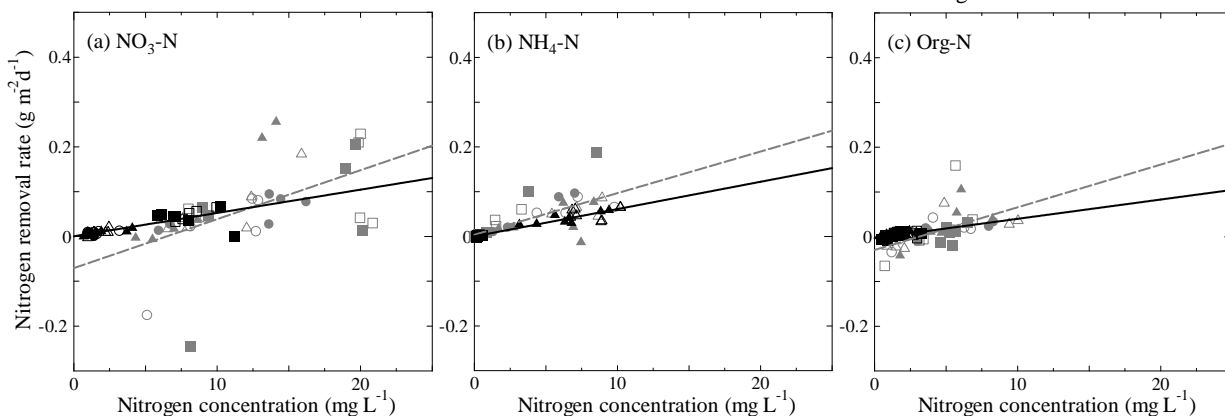


Fig.3 各態窒素の窒素除去速度と濃度の関係（6日間隔用水添加, 凡例は **Fig.2** 参照）

Relationships between nitrogen removal rate and nitrogen concentration for (a) NO_3-N , (b) NH_4-N , and (c) $Org-N$.

かき影響下では、 NO_3-N でのばらつきが大きいですが、窒素形態に依らず傾きは約 0.01 となり、代かき影響外でも $0.004\sim 0.006$ とほぼ同じ値となった。つまり、田面水窒素濃度と除去速度の関係は、代かきの影響の有無で異なるが、窒素形態に依存しないことがわかった。

4. おわりに 今回得られた各態窒素の窒素除去速度と濃度の関係式を、循環灌漑地区での排水再利用割合と流出負荷削減効果を明らかにするためのモデル構築に生かす予定である。

謝辞 鴨川流域土地改良区の多大な調査ご協力に深謝する次第である。

引用文献 1) 田淵俊雄(2004): 水田の水質浄化機能－窒素除去－, 圃場と土壌 36(8), 30-35