

湛水土壤系における窒素除去量に及ぼす 硝酸態窒素濃度と植生の影響

田淵俊雄・久保田健蔵*

The Influence of Nitrate Concentration and Plant Condition on the Nitrate Removal in the Flooded Soil

Toshio TABUCHI and Kenzo KUBOTA*

The University of Tokyo, *Ibaraki University

Abstract

The control of nitrogen outflow from agricultural areas is one of the biggest problems. We have already reported the effect of paddy fields on nitrate removal under flooded condition. In this experiment, we measured the nitrate removal in the pots relating to the nitrate concentration of ponding water and rice plant. Nitrate concentration of ponding water has a large effect on the nitrogen removal, and rice plant has also a effect on it. Nitrate removal in the pot with rice plants two or four times as large as that without rice plant.

Key words : paddy field, nitrogen removal, denitrification, nitrate concentration, plant

I. ま え が き

湛水土壤系である水田が窒素除去機能を有することは、各地で行われた試験や調査によって明らかになっている(田淵・高村・1985)。筆者らは前に非稲作期の水田での窒素除去の実態や湛水中の濃度との関係についての試験結果を報告した(田淵ら1983, 1987)。また休耕田に設けた流下試験の結果や室内で行った水温と窒素除去量との関係について報告した(田淵ら1993)。本報ではポット試験の結果を中心に窒素除去量と湛水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、水温及び植生との関係について考察する。

窒素除去量に濃度や水温だけでなく、植生も影響することは窒素除去が脱窒と植生吸収によって行われることから当然ともいえるが、従来植生、特に藻類との関係について我国で調べた例は余り多くない。山口・端(1993)は水田ライシメータで田面水の水質変動を調べ、藻類の窒素除去について脱窒の2倍程度の効果があることを報告している。また日高・柴(1983)は汚濁水の流入する水田の田面水質を調査し、水田内のアオウキクサと藻類

の影響があることを報告している。外国では藻類が脱窒の季節的並びに日間の変動に影響しているとの報告がある(Howard Williams and Downes 1993)。

II. 試験方法

本研究は1)室内実験、2)ポット試験、3)圃場流下試験、4)圃場枠試験、の4種類から構成されている。使用した土壌はいずれも茨城県阿見町大形地区の谷津田にある休耕田の水田土壌で、土性は砂質ロームである。室内実験と圃場流下試験の結果は既に報告しているので(田淵ら1993)、今回はポット試験と圃場枠試験の結果について報告する。今回行ったポット試験は1/2000aのワグネルポットに深さ20cmになるように水田土壌を容積重 1.2g/cm^3 でつめた。このポットに、 KNO_3 で作成した硝酸態窒素濃度5, 15, 25mg/lの3種類の水を1週間おきに水深7cmで供給した。植生条件として水稻を植え、比較のために無植生のものを作成した。ポットは屋外に設置し、1日ごとに田面水硝酸態窒素濃度と水深を測定した。浸透は0とした。

Ⅲ. 室内における窒素除去量と濃度・水温との関係

筆者らは既に室内実験において、湛水中の硝酸態窒素濃度 X と窒素除去量 R_0 との間に $R_0 = a_0 X^b$ の関係が存在することを示し、近似的には次の簡単な一次式で表せることを報告した。

$$R_0 = a_0 X \quad (1)$$

R_0 は室内暗所での硝酸態窒素除去量 ($g/m^2/d$)、 a_0 は室内での除去係数、 X は湛水中の硝酸態窒素濃度 (mg/l)。 X の範囲は $100 > X > 1 mg/l$ 。

さらに、室内暗所の恒温条件下で(1)式の a_0 が水温 T によって次のように変化することを報告した。

$$a_0 = 11 \times 10^{-6} T^2 + 0.005 \quad (2)$$

これを(1)式に代入すると

$$R_0 = (11 \times 10^{-6} T^2 + 0.005) X \quad (3)$$

この式が植生のない暗所での硝酸態窒素除去量と水温 T 及び濃度 X との関係を示す基本的な式となる。これは植生のない暗所での除去量なので、脱窒量に相当するとみられる。

Ⅳ. 屋外での窒素除去量の時期的変化と水温との関係

1 水稻ポットと無植生ポットの濃度低下の違い

図1に各々のポットの湛水中の硝酸態窒素の濃度低下の代表例を示した。水稻生育初期の第2週の7月には、水稻ポットと無植生ポットの濃度低下の速度はほぼ同じであった。しかし水稻生育中期から後期の8月から11月迄は両者の差は歴然としており、水稻ポットでは給水

後3日目に濃度はほぼ0にまで低下するのに対し、無植生ポットでは7日目でも0にならない。このように水稻があることによって濃度低下は早く、窒素除去量は大きくなった。

2 窒素除去量の時期的変化

7月から11月まで19週間にわたる水稻ポットの硝酸態窒素除去量 R と水温及び草丈の変化を図2に示した。ここでの除去量 R は給水後3日間における湛水中の硝酸態窒素の減少量から求めた。それは3日以降になると

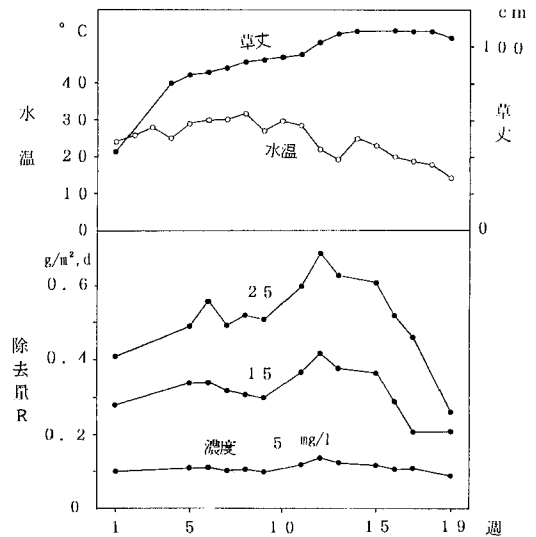


図-2 水稻ポットの窒素除去量と水温、草丈の変化
Fig. 2 The changes of nitrogen removal rate, temperature and the height of rice.

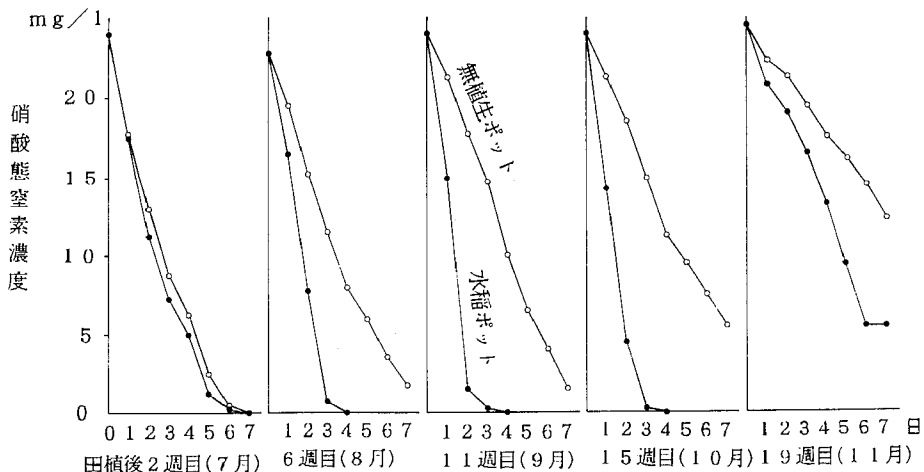


図-1 湛水中の硝酸態窒素濃度の低下 (ポット試験)
Fig. 1 The decrease of NO_3-N concentration in ponded water.

濃度が0に近くなり、除去量が0になってしまうからである。給水濃度 5mg/l のポットでは栽培期間中、ほぼ 0.1g/m²/d の除去量で終始した。15mg/l と 25mg/l のポットでは水稻の生育に応じた変動があり、生長がピークに達する 12 週目に最大値を示し、その後は低下した。水温はそれよりも前の 8 週目に最高値を示したが、除去量のピークは水温のピークよりも後の草丈が最大になった時に現れた。

3 窒素除去量と給水濃度との関係

このように各濃度とも窒素除去量は似たような時期的変動を示したが、図2に現れているように、濃度による窒素除去量の差は明瞭で、濃度の高いポットほど大きな除去量を示した。これら各ポットの全期間の平均除去量と給水濃度との関係を示すと図3のようになり、除去量 R は給水濃度 x₀ にほぼ比例して増大した。

4 窒素除去量と水温との関係

図4は各月の平均除去量と平均水温との関係をプロットしたものであるが、水稻ポットの値は水温と必ずしも対応していない。9、10月の水稻成熟期には8月よりも水温が低いのに除去量はむしろ大きくなった。一方無植生ポットではほぼ水温に対応した除去量の変化がみられた。水稻のような植生のある条件下では除去量が単純に水温だけの関数で表されないことを示している。

V. 考 察

1. ポット試験による植生の影響

植生の影響を確かめるために、ポット試験でえられた窒素除去量 R とその時の水温と濃度を用いて(3)式から

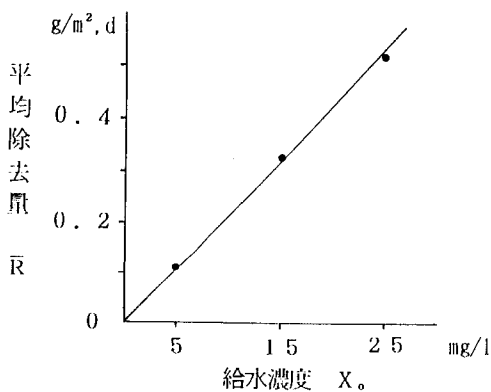


図-3 平均窒素除去量と給水濃度との関係

Fig. 3 The relation between average nitrogen removal rate and the concentration of supplied water.

求めた推定室内除去量 R₀ を比較する。R/R₀ の値を各月ごとにプロットした(図5)。ここで R/R₀ が1になることは室内暗所の無植生下での除去量 R₀ とポットでの除去量 R が同じということ、植生や光などの条件がその時の除去量に参与していないことを示すことになる。しかし、各要因が相殺しあって、1になることもありうるので今後の検討が必要である。

水稻ポットの値は初期の2.1から生育後期の4.6へ次第に上昇し、収穫時に1.8まで低下した。一方、水稻のない無植生のかつ藻のほとんどないポットでは初期に2.0を示したが、その後はほぼ1に近い値で終始した。植生や藻類のない状態では屋外のポット除去量も室内の除去量と同じレベルにあることが確かめられた。

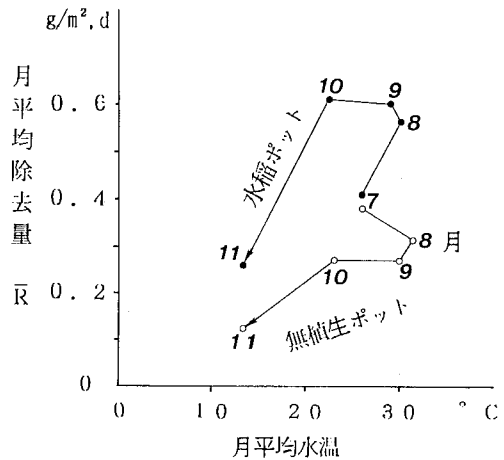


図-4 月平均除去量と月平均水温の関係

Fig. 4 The relation between monthly nitrogen removal rate and monthly water temperature.

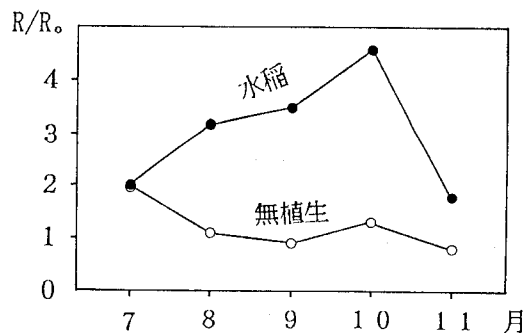


図-5 R/R₀ の月別変化

Fig. 5 The change of the ratio R/R₀.

- 流出, pp 175~179, 東大出版会, 東京。
- 田淵俊雄, 末正奈緒希, 高梨めぐみ (1987): 水田湛水による硝酸態窒素の除去試験, 農土誌 55 (8): 53~58.
- 田淵俊雄, 篠田鎮嗣, 黒田久雄 (1993): 休耕田を活用した窒素除去の試み, 農土誌 61 (12): 19~24.
- 田淵俊雄 (1994): 農地における自然浄化機能の強化策, 楠山哲也編, 自然の浄化機構の強化と制御, 技報堂, pp 53~69, 東京。
- 山口康晴, 端 憲二 (1993): 休耕田表面水における窒素・リンの水質変動, 農土誌 61 (10): 7~12.
- Howard-Williams, C. and Downes, M.T. (1993): Nitrogen cycling in wetlands, Burt, T.P. *et al* edited Nitrate, pp 141-167, John Willey & Sons

(受稿年月日 1995年1月20日)