

# 転換畑土層内 T-N 濃度の予測式の導出と適用

## On the Nitrogen Removal in a New Multi-Purpose Paddy Field : Theory and Practice

○下田陽介<sup>1)</sup>、石川雅也<sup>1)</sup>、塩沢昌<sup>2)</sup>

Shimoda Yousuke<sup>1)</sup>, Ishikawa Masaya<sup>1)</sup>, Shiozawa Sho<sup>2)</sup>

### 1.はじめに

本研究では、水域の硝酸態窒素汚染防止策の1つとして新型汎用化水田に着目した<sup>1)2)3)4)5)</sup>。この新型汎用化水田とは、強固な畦の底面と下層に造成した難透水性土層を密着させた構造を有している閉鎖型構造の汎用農地である。

本研究では、この圃場条件を満たす土中埋設型野外ライシメータでの長期水質試験と室内での窒素除去実験を行い、転換畑地の心土層内の地下水層帯における脱窒能力の確認、および T-N 濃度予測式の導出とその検証を行った。

### 2.試験方法

#### 2.1 野外試験

試験は隣接したライシメータ3基を用いて行い、施肥方法に応じて有機肥料区、化学肥料区、無施肥区とした。有機肥料区と化学肥料区では2007年の春と秋にハウレン草を栽培した。

有機肥料区には、2007年4月11日、2007年8月6日に、山形県鶴岡市の篤農家をモデルとして、牛糞完熟堆肥5kg、自家製発酵肥料0.6kg、マドラグアノ(リン系)0.4kg、法線有機(窒素系)0.9kgを作土層にすき込んだ。

化学肥料区には、山形県の施肥基準に従い、2007年5月11日に硫安120g(74kgN/ha)、過リン酸石灰40g、硫酸カリウム40gを施肥した。2007年9月24日に硫安240g(157kgN/ha)、過リン酸石灰40g、硫酸カリウム40gを施肥した。

また2007年8月6日には、化学肥料区の心土層に硝酸カリウム324g(140kg/ha)を投入し、窒素除去試験を行った。

試験期間の2007年4月17日～同年7月31日、2007年8月21日～同年10月30日は隔

週定刻に、2007年8月7日～同年8月16日は24時間間隔で地表下10cm毎の土層の暗渠から土壌水を採取し、18項目の水質を分析した。

#### 2.2 室内実験

土壌の窒素除去能力を求めるため、恒温暗室条件下で窒素除去試験を行った。ライシメータの心土層土壌を、圃場と同じ湿潤密度で500mLビーカーに深さ5cmで充填し、各種濃度設定したKNO<sub>3</sub>溶液を湛水させた。42日間の長期試験と8日間の短期試験を行い、表面水のT-N濃度とTOC濃度の経時変動を計測した。

### 3.結果と考察

#### 3.1 野外試験 T-N・NO<sub>3</sub>-N 濃度変動(Fig.1)

全試料で、T-N濃度≒NO<sub>3</sub>-N濃度であった。有機肥料区では各土層で0.317~36.7mg/Lの範囲で推移した。試験開始時や施肥後に濃度が高まるが、6週間後には森林での渓流水濃度程度である1mg/L以下まで全層で低下した。

化学肥料区では試験期間のほとんどで10mg/L以下で推移し、最終的に森林での渓流水濃度程度である1mg/L以下まで低下した。

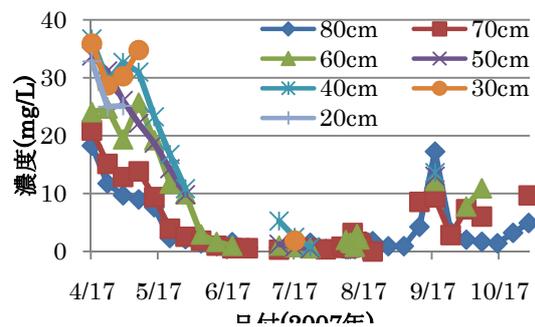


Fig.1 T-N 濃度変動 (有機肥料区)

#### 3.2 収支法と積算法による脱窒量の算出

野外試験における脱窒量を、収支法と積算法

1) 山形大学 大学院農学研究科、2) 東京大学 大学院農学生命科学研究科

1) Graduate School of Agricultural Sciences, Yamagata University.

2) Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.

キーワード：汎用化水田、転換畑地、有機質肥料、水質浄化、窒素除去、脱窒、ハウレンソウ

から算出した。まず収支法について説明する。

ライシメータは完全閉鎖系である。そのため、窒素が系外に持ち出される要因は脱窒と作物収穫のみであるので、収支法から求められる脱窒量を  $D_1$  とすると、 $D_1$  は以下の式で表される。

$$AX_1 - BX_2 - (C_{soil} + C_{water}) - E_{biomass} = D_1$$

AX<sub>1</sub>: 投入窒素量 C: ライシメータに残存した無機窒素  
 BX<sub>2</sub>: 作物吸収量 E: 土壌中の有機態窒素保持量

次に積算法について説明する。積算法では、暗渠水の採取間隔毎の脱窒量を積算し、脱窒量を求めた。積算法によって求められる脱窒量を  $D_2$  とすると、 $D_2$  は以下の式で表される。

$$\int L(C_0 - C)dt = D_2$$

L: 地下水量 C<sub>0</sub>: 前回採水時の硝酸態窒素濃度  
 C: 今回の硝酸態窒素濃度

収支法と積算法で求めた脱窒量  $D_1$  と  $D_2$  を比較すると、化学肥料区以外では  $D_1$  と  $D_2$  が大きく異なっていたため、暗渠水の硝酸態窒素濃度の減少要因は脱窒のみではないと推察される。

そこで、室内実験を行い、全窒素濃度の予測式の導出を試みた。

### 3.3 T-N 濃度予測式の導出

硝酸態窒素濃度の時間変化に関する理論式を、以下のように仮定した。

$$f(c, x) = \frac{dc}{dx}$$

C: 硝酸態窒素濃度(mg/L) X: 日数

硝酸態窒素の初期濃度を  $C_0$ 、硝酸態窒素濃度の時間変化率を  $A$  とすると、 $\frac{C}{C_0} = A$  と表せる。本試験では室温 30°C、初期硝酸態窒素濃度 100mg/L に設定した長期室内実験より、 $A = 0.9489^x$  を得た。

脱窒は硝酸態窒素濃度と水温によって制限されることが知られている。そこで、 $A$  を求めた環境を標準状態として、 $A$  を一般化して  $A^*$  を求める式を以下のように仮定した。

$$A^* = 0.9489^x \times \alpha \times \beta$$

$\alpha$  は水温に依存して変動するパラメータ、 $\beta$  は硝酸態窒素濃度の初期濃度に依存して変動するパラメータである。 $\alpha$  を求めるために、室温を 0°C、15°C に変えた短期室内実験を行った。また、 $\beta$  を求めるために初期硝酸態窒素濃度を 100mg/L、200mg/L、400mg/L に変えた短期

室内実験を行った。その結果、室温の上昇に比例して除去率が高まる傾向が認められ、 $\alpha = 0.9786e^{-0.001t}$  を得た。しかし、初期濃度の変動による窒素除去率への影響は特に認められなかったため、 $\beta = 1$  とした。

### 3.4 T-N 濃度予測式の検証

各測定日の T-N 濃度実測値から T-N 存在量を算出し、T-N 存在量のピーク値について、導出した濃度予測式を適用させて、実測値から求めた T-N 存在量の推移と比較した(Fig.2)。有機肥料区では、理論値のほうが急な減少となった。化学肥料区では、サンプリングを毎日行った期間で精度の高い一致が認められた。

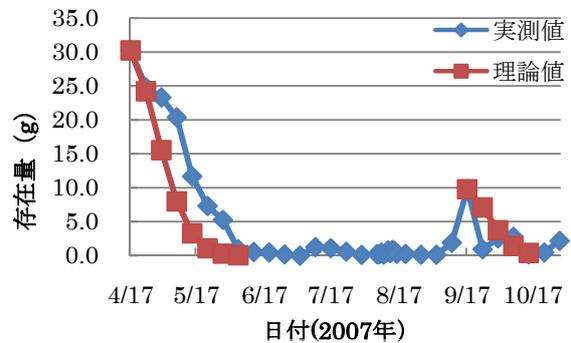


Fig.2 有機肥料区における理論値と実測値の比較

### 4.おわりに

本研究は紺野繁夫君(現(株)ニコシシステム)の修士課程研究の成果である。なお、本研究は平成19年度科学研究費補助金(基盤研究(C)課題番号19580275)によって遂行された。ここに記して、関係諸氏に謝意を表したい。

#### 【引用文献】

- 1) 石川雅也、塩沢昌、飯田俊彰、梶原晶彦 (2005) : 転換畑地の心土層に蓄積した高濃度硝酸態窒素除去、H17 年度農業土木学会講演要旨集、pp. 276-277.
- 2) 石川雅也、塩沢昌、飯田俊彰、梶原晶彦 (2006) : 転換畑地心土層に蓄積した高濃度硝酸態窒素の除去要因の定量化、H18 年度農業土木学会講演要旨集、pp. 372-373
- 3) 紺野繁夫 石川雅也 塩沢昌 (2006) : 転換畑地野菜栽培下における土層内 T-N 負荷量の変動に関わる理論式の導出、H18 年度農業土木学会講演要旨集 pp. 374-375
- 4) 紺野繁夫 石川雅也 塩沢昌 (2007) : 転換畑有機野菜栽培下における土層内窒素除去量に関わる理論式の適用、H19 年度農業土木学会講演要旨集 pp. 694-695
- 5) 下田陽介 石川雅也 飯田俊彰 梶原晶彦(2007) : 転換畑野菜栽培下における化学量式を用いた脱窒量の算出、H19 年度農業土木学会講演要旨集 pp. 692-693