

転換畑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 On the Nitrogen Balance in a New Multi-Purpose Paddy Field: Theory and Practice

紺野繁夫¹⁾、石川雅也¹⁾、塩沢昌²⁾

Konno Shigeo¹⁾, Ishikawa Masaya¹⁾, Shiozawa Syo²⁾

1 はじめに

現在、汎用化水田における水質保全上の利用可能性について、研究がなされているが、未だ試験段階である¹⁾。本研究では土中埋設型野外ライシメータ¹⁾を使用した水質試験を行い、有機質肥料野菜栽培下での土層内溶存態窒素の変動について検討した。

2 試験地概要と試験方法

2-1 試験方法

隣接するライシメータ2基を試験区と対照区とし、試験区でハウレン草を生育するほかは、両基とも同じ条件で試験を行った。

2005年8月4日、山形県鶴岡市で有機質肥料のみを用いる農家をモデルとして、完熟堆肥(牛糞)5kg、自家製発酵肥料0.6kg、マドラグアノ(リン酸系)0.4kg、放線有機(窒素系)0.9kgを両基の作土層0~30cm層にすき込んだ。

2005年9月15日に試験区にハウレン草を播種し、9月15日、9月18日の2度、10Lの水道水を散水した後、ライシメータ上に取り外し可能な屋根を設置し、地下水位を調整しながら、ハウレン草を育てた。

2005年8月9日~同年11月8日に各層の暗渠から隔週1回定刻に採水を行った。地下水位は採水可能であった暗渠までとし、雨水と水道水についても採水し、現場でEC、DO、水温

を測定し、室内にて陽イオン(Na⁺ NH₄-N K⁺ Mg²⁺ Ca²⁺)、陰イオン濃度(F⁻ Cl⁻ Br⁻ NO₂-N NO₃-N SO₄²⁻)、T-N濃度、TOC濃度をそれぞれ、高速液体クロマトグラフ(DX500)、TOC・T-N計(NPOC法・燃烧酸化-赤外線分析法)を用いて測定し、充填土壌の土壌物理性についても、10cm土層毎に測定した。

3 結果と考察

3-1 試験期間中の T-N 濃度変動 (Fig.1)

全試料において NO₃-N 濃度 = T-N 濃度であった。Fig.1 は試験区での T-N 濃度の時間変化を示したグラフである。80cm 層の濃度変化に注目すると、2005年9月27日に 37.6mg/L まで急激な上昇をした後に、同年11月8日には 0.63mg/L まで減少している。この窒素減少反応には微生物が大きく関わっていると考えられるが、より詳しく窒素変動の要因を考察するために、窒素変動の構成要素から理論式の導出し、その窒素収支を試算した。

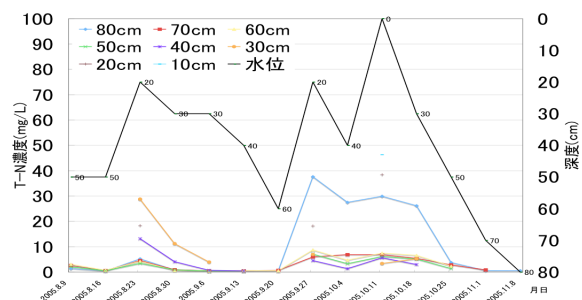


Fig.1 試験区 T-N 濃度変化

1) 山形大学農学部、 2) 東京大学 大学院農学生命科学研究科 1) Faculty of Agriculture, 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、水質浄化、窒素除去、脱窒、ハウレン草

3-2 窒素変動の構成要素と理論式の導出

窒素収支として、投入窒素量、土壌水溶解量、移流中の脱窒量、作物吸収量、土壌吸着量を考え、これらの値を以下の方法によって算出した。

投入窒素量 = 「年間窒素分解率」 × 「肥料の窒素含有率」 × 「肥料投入量」

各層の土壌水溶解量 = 「各土層の暗渠水に含まれる NO₃-N 濃度」 × 「各土層当たりの地下水量」

作物吸着量 = 「作物の窒素含有率」 × 「乾燥重量」

土壌吸着量については、理論式²⁾及び数値³⁾を適用させ、最大吸着量(AEC)を算出した。

移流中の脱窒量については、次の通りである。質量保存則から、脱窒量 R は(1)式より求まる。

$$R = (C_{in} - C_{out}) \cdot \frac{Q}{A} \cdot t \quad \dots\dots\dots (1)$$

質量保存則と連続式より

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - \frac{q}{\theta} \frac{\partial C}{\partial z} - aC \quad \dots\dots\dots (2)$$

拡散を無視できる定常流と仮定し、この条件下で、脱窒が濃度依存性を有すると仮定すると、

$$-\frac{q}{\theta} \frac{\partial C}{\partial z} = aC \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$a = 0.000011T^2 + 0.05 \quad \dots\dots\dots (4)$$

C_{in}=C₀、C_{out}=C として、(3)式を解く。

$$C = C_0 \exp\left(\frac{-a\theta z}{q}\right) \quad \dots\dots\dots (5)$$

また、 $\frac{q}{\theta}$ は、(6)のように書き換えられる。

$$\frac{q}{\theta} = \frac{Q}{t} = \frac{Q}{A \cdot t} \quad \dots\dots\dots (6)$$

以上、(1)、(5)、(6)式より、(7)式が求まる。

$$R = Q \cdot C_0 \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-a\theta z}{q}\right) \right\} \quad \dots\dots\dots (7)$$

θ : 体積含水率(cm³/cm³)
 t : 期間(day)
 a : 脱窒速度定数⁴⁾
 T : 水温(°C)
 R : 脱窒量(mg)
 C : 窒素濃度(mg/L)
 q : 水フラックス(cm/day)
 Q : 地下水量(L)

3-3 土壌中の窒素収支の算出

質量保存則にしたがって、窒素収支の算出を行った結果が **Table 1** である。肥料投入後、土壌中で分解した肥料の『窒素負荷量』から、窒素変動の構成要素であると考えられる『土壌溶解量』、『移流中の脱窒量』、『作物吸収量』、『土壌吸着量』を差し引いた結果である。本研究では、拡散中に起こる脱窒を無視している。脱窒が移流中にのみ起こるとするならば、収支はゼロになるはずである。しかし、本試験の結果からは測定誤差の±20%を考慮しても、その収支がゼロにならなかった。したがって、拡散中の脱窒量は、窒素除去量に関して非常に大きな比率(57%程度)を占めていることが考えられる。今後、本試験条件下における窒素除去のメカニズムを解明するために、拡散中の脱窒を考慮した理論式の導出と適用を試みる予定である。

Table 1 窒素収支

	試験区	対照区
窒素負荷量(g)	43.5~59.8	43.5~59.8
- 土壌溶解量(g)	11.7~17.6	34.4~51.6
- 移流中の脱窒(g)	0.212~0.318	1.20~1.81
- 作物吸収量(g)	7.92	0
- 土壌吸着量(g)	0~7.00	0~7.00
計(g)	17.6~39.9	0~24.2

4 おわりに

本研究は科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))課題番号 15580296 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、梶原昌彦(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) 家田浩之(2005) 変異電荷土壌中の溶質移動に関する研究、東京大学大学院農学科学研究科、pp. 58-59.
- 3) 黒田清一郎(1997) 野菜畑地からの硝酸態窒素流出特性、東京大学大学院農学科学研究科、pp. 83-86.
- 4) 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、農業土木学会誌、第 55 巻、第 8 号、pp. 53-58.