

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 On Nitrogen Removal in the 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 Sho²⁾

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^{1,2,3)}。本研究では土中埋設型野外ライシメータ^{1,2,3)}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の考察と除去量の定量を行った。窒素除去は移流と滞留という水の動態によって、大きく2つに分けられる。最終的には、両方の定量を行うが、今回は特に、地表面から地下水面までの移流中に起こった脱窒の定量方法の提案を主目的とした。

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、2006年4月11日に、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日と2006年5月22日にハウレン草を播種、水道水の散水とライシメータ上に脱着可能な屋根を設置して、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~2007年2月13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。全ての層の濃度変動のピークがほぼ一致していることから、この窒素変動には、圃場全体に影響を及ぼすもの、つまりは脱窒菌の活動と土壌水の動態が非常に大きく関係してくるものと考えられるが、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。

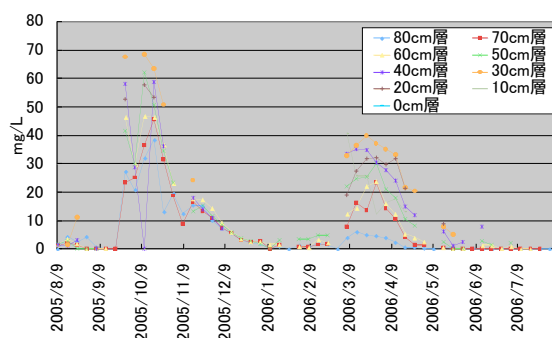


Fig.1 試験区 T-N 濃度変化

3-2 理論式の導出

移流脱窒量の定量式は、次の通りである⁵⁾。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -aC \quad \dots\dots(1)$$

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

濃度の経時変化と浸潤距離変化の関係式は次の通りである。

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, 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

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial C}{\partial z} \times \frac{\partial z}{\partial t} \quad \dots\dots(3)$$

以上、(3)式を(1)式に代入して整理すると

$$\frac{\partial C}{\partial z} = -\frac{a}{v} C \quad \dots\dots(4)$$

(4)式に初期値を与えて解くと、

$$C = C_0 \exp\left(-\frac{az}{v}\right) \quad \dots\dots(5)$$

a:脱窒速度定数
T:摂氏温度(°C)
t:時間(days)
z:浸潤距離(m)
C:全窒素濃度(mg/L)
C₀:全窒素初期濃度(mg/L)
v:平均浸潤流速(cm/day)

以上、新たに導出した(5)式より、移流終始点における濃度変化量が求まる。したがって、その変化量に地下水量を掛けることで求めた移流脱窒量は Table 1 の通りであった。

Table 1 理論式から求めた移流脱窒量

| 試験区 | 対照区 |
|--------|--------|
| 21.63g | 51.06g |

3-3 理論式の妥当性の検証

理論式より求めた移流脱窒量の妥当性の検証を、収支法より求めた値と比較することで行った。

質量保存則より、窒素収支は、

$$(\text{投入量}) - (\text{消費量}) - (\text{残存量}) = 0$$

となる事を利用して、以下に示した要素から移流脱窒量を求めることができる。

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」

各層の土壤水残存量 = 「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」

作物消費量

= 「作物の窒素含有率」 × 「乾燥重量」

土壤残存量

= 「土壤窒素含有量」 × 「乾燥重量」 × 「ρ / θ」

(土壤窒素含有量については、隣接する試験地の実測値と理論値⁴⁾の単純平均値から算出した。現段階では試験が継続中であるために、土壤吸着量の実測試験を行うことは不可能であるが、試験終了後に実測を行う予定である。)

拡散脱窒量 = 「窒素減少量」 × 「地下水量」

以上、算出した結果が Table 2 である。なお、収支法による移流脱窒量については、肥料投入後、土壤中分解した肥料の『窒素負荷量』から『拡散脱窒量』、『作物吸収量』、『土壤吸着量』と『土壤水残存量』を差引いて求めた。

Table 2 収支法から求めた移流脱窒量

| | 試験区 | 対照区 |
|------------|-------|-------|
| 窒素負荷量(g) | 77.46 | 77.46 |
| - 土壤溶解量(g) | 15.3 | 0 |
| - 拡散脱窒量(g) | 8.27 | 8.27 |
| - 作物吸収量(g) | 1.65 | 3.66 |
| - 土壤吸着量(g) | 22.02 | 49.36 |
| 計(g) | 30.22 | 16.17 |

以上より、理論式から求めた値と収支法から求めた値には差が認められた。この差には大きく2点の原因が有ると考えられる。

まず一点目は、理論式が土壤水の動態を単純なフラックスでしか表現できない点である。

そして二点目は、田淵らが求めた、従属栄養型脱窒菌を対象とした脱窒速度定数⁵⁾に関する式(2)をそのままの形で引用している点である。

4 おわりに

本研究は東北農政局管内農業農村整備事業推進方策検討委員会による平成18年度調査研究活動費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) 家田浩之 (2005) 変異電荷土壤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.
- 5) 田淵俊雄、志村もと子、尾野充彦 (1996) : 休耕田における窒素除去試験の結果と実用性の検討、農業土木学会誌、第64巻、第4号、pp. 345-350.