

季節変化による酸化層の変化と脱窒活性の調査

The study of seasonal variation in the oxidation layer thickness and its influence on denitrification

○林暁嵐*, 吉田貢士**, 前田滋哉**, 黒田久雄**

LIN Xiaolan*, YOSHIDA Koshi**, MAEDA Shigeya**, KURODA Hisao**

1.背景と目的

水田土壌表層の大きな特徴は、易分解性有機炭素に富む嫌気的環境と O_2 生成の盛んな好気的環境が、薄い空間領域内で隣接しているという点である。江口¹⁾は、土壌表層の易分解性有機炭素はその分解過程で溶存酸素を消費するため土層の嫌気的環境形成に寄与すると報告した。一方、粕渕ら²⁾は、湛水層の DO 濃度は、日周変化しており、特に日中は過飽和状態に達するほどの好気環境を形成し、地球上で最も溶存酸素濃度が高い水域の一つとした。そのため、酸化層・還元層は水田土壌表層の硝化脱窒反応に影響を与える可能性があるといえる。しかし、水田圃場条件下で酸化層・還元層の変化についての報告はほとんどない。

また、これまで水田土壌の酸化還元反応の研究の多くは酸化還元電位 (Eh)によって行われてきた^{3),4)}。しかし、Eh は白金電極と比較電極を用いてその電位差で評価を行うため、前処理や接触表面積などで測定値に偏差が生じる⁵⁾。そのため、直接土層 DO 濃度が測定できる DO 濃度計を用いることが望ましい。

本調査は圃場での酸化層の季節変化を観察し、さらにその時の酸化層の厚さと脱窒活性の関係について調べた。これは季節変化により酸化層が水田土壌の脱窒活性に与える影響を調査するものである。

2.調査概要

本調査は、茨城県稲敷郡阿見町 O 地区にある谷津田試験区を対象とした。本試験区は 1991 年より水田全体を代かきした後、現在まで通年湛水

条件下で管理されてきた。試験区は長辺 25 m、短辺 1.4 m になっており、湛水深は 5~6 cm になるように管理した。調査日は 2014 年 8 月 19 日、9 月 18 日、10 月 30 日とした。土層を不攪乱で 3ヶ所採土し、200 μm ごとの DO 濃度を DO マイクロセンサーで計測した。本調査では DO 濃度 1 mg L^{-1} 以上を酸化層、 0 mg L^{-1} 以下を還元層と定義して脱窒活性を測定した。

3.脱窒活性測定

脱窒活性はアセチレン阻害法で測定した。

3.1 アセチレン阻害法

今回用いたアセチレン阻害法は、戸田ら⁶⁾の分析を参考に行った。なお、アセチレン阻害法は土壌を一定条件下に保温培養した際の含窒素ガスの発生速度を測定するものであって、実際の圃場の脱窒速度を測定するものではない。

3.2 測定プロセス

- 1) 土壌を採土層ごとによく攪拌し 3.0 g を計りメディウム瓶に入れる。
- 2) $1 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$ 溶液 20 mL を添加する。
- 3) 瓶内を N_2 ガスに置換する。
- 4) アセチレン飽和水溶液 2 mL を添加する。
- 5) 30°C 、暗条件、100 rpm の条件で 30 分振盪培養する。
- 6) 放置開始から 5 分、15 分、30 分ごとに N_2O ガスを採取し、測定する。

なお、 N_2O ガスは、ECDガスクロマトグラフ(島津製作所GC-2014)を用いて測定した。ECDガスクロマトグラフはポラパックQ&N (80-100メッシュ)を充填したステンレスカラム (3 mm \times 4 m) で、メタン・Ar 混合ガスをキャリアガ

*茨城大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Ibaraki University, **茨城大学農学部 College of Agriculture, Ibaraki University キーワード：酸化層 脱窒活性 DO 濃度

スとし、カラム温度60℃および検出器温度340℃で測定した。

4.結果

Fig. 1 に DO 濃度 1 mg L^{-1} の土壌深さ位置を示す。その平均値は8月 7.8 mm、9月 21.5 mm、10月 14.5 mm であり、9月の酸化層が最も厚かった。また、Fig. 2 に流入水とサンプリング地点の直上水の T-N 濃度差を示す。9月の濃度差のみ認められなかった。

次に、Fig. 3 に酸化層と還元層の脱窒活性を示す。脱窒活性が最も大きかったのは、酸化層が $4.0 \text{ N}\mu\text{g g-wet}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (9月)、還元層が $22.1 \text{ N}\mu\text{g g-wet}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (8月)であった。還元層の脱窒活性は8月から10月にかけて徐々に低下した。これは気温による影響であると考えられる。また酸化層の脱窒活性は還元層に比べ小さかった。9月は土壌表面に藻類の増殖が認められ、酸化層が藻類の光合成により厚さを増した。9月の流入水と直上水の関係を見ると、酸化層が 20 mm 前後のとき窒素除去を妨げる可能性があると考えられる。したがって、水田の窒素除去は $\text{NO}_3\text{-N}$ が酸化層を通過し還元層に到達しなければ起こらないと考えられる。

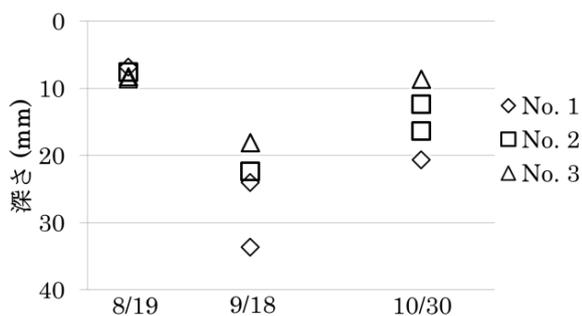


Fig. 1 DO 濃度 1 mg L^{-1} の位置

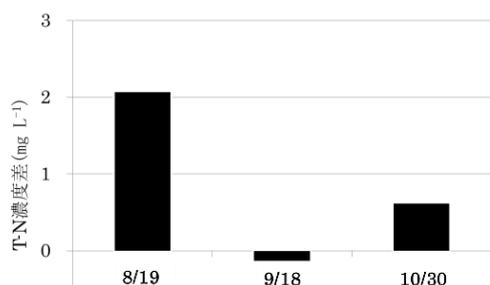


Fig. 2 流入水と直上水の T-N 濃度差

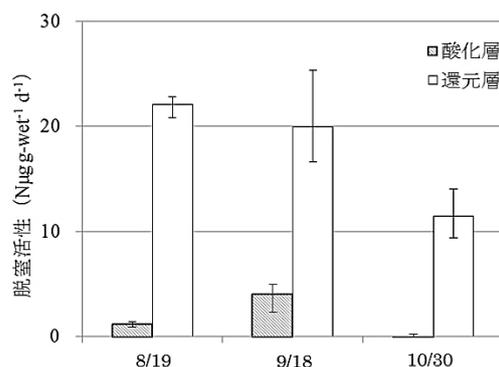


Fig. 3 酸化層と還元層の脱窒活性の推移

5.まとめ

今回の調査により、1) 水田の脱窒は還元層で起こっている。2) 土壌の酸化層の脱窒活性はほとんどない。3) 酸化層の厚さは $\text{NO}_3\text{-N}$ の浸透を抑制し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が還元層に到達できず、脱窒が防げられる可能性があることが考えられる。4) 表層に光合成を行う藻類が発生すると酸化層の厚さに影響するということがわかった。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C) 21580291により行った。また茨城大学広域水圏環境科学教育研究センターおよび茨城県霞ヶ浦環境科学センターの協力に感謝する。

引用文献

- 1) 江口定夫 (2012): 水田および浅層地下水中の脱窒による環境浄化, 土壌の物理性, 120, 29-38.
- 2) 粕渕辰昭 (2010): 土と地球, 土は地球の生命維持装置, 学会出版センター, 170, 172.
- 3) 高井康雄, 江景村 (1967): 水田状態土壌の実験モデルと物質代謝 (第1報) - Eh, アンモニア生成およびリン酸代謝について, 土肥誌, 38, 59-64.
- 4) 山根一郎 (1982): 水田土壌学, 第4章水田土壌の化学(1), 農文協, 132-150.
- 5) 村上大亮, 粕渕辰昭 (2007): 水田土壌のEh測定に用いる白金電極の反応, 土壌物理性, 106, 3-10.
- 6) 戸田任重・日高伸 (1996), 高濃度硝酸態窒素含有地下水の流入する水田下層土における脱窒活性, 水環境学会誌, 19, 2, 170-175.