

湛水土壌の硝酸除去機能の検討に向けた添加有機物の検討 Added organic matter for nitrogen removal test in ponded soil

小幡尚貴, ○松井宏之, 大澤和敏

Naoki OBATA, Hiroyuki MATSUI, Kazutoshi OSAWA

1. 背景

窒素循環において水田の脱窒機能は大きな役割を果たしている。水田における窒素除去機能を評価するモデルとして、松井ら(2019)は蒸発に伴う濃縮、浸透に伴う流失を考慮した式を示した。このなかで、蒸発に伴い発生する対流が除去機能に影響を与える可能性が示唆されたものの、十分な検討には至っていない。対流が与える影響を厳密に検討するためには、実験室で理想的な実験条件を定めることが求められる。脱窒菌が窒素除去を行う際に、電子供与体として炭素を必要とすることが相田・野本(1988)によって示されている。室内実験での電子供与体として、木下(2018)は電子供与体としてメタノール(CH₃OH)を添加しているが、佐藤ら(1989)はメタノール添加によって脱窒量に変化はないと示している。電子供与体として、妹尾(2013)はコハク酸(C₄H₆C₄)及び硝酸を添加して脱窒活性を高めた土壌では特異的に細菌が増殖し、独特な細菌群集構造を形成すると示している。さらに、石澤(2019)はコハク酸の添加によって、実験結果のばらつきを抑えられることを示している。これらの既存の研究を踏まえ、本研究では湛水土壌の硝酸態窒素除去のうち蒸発量との関係を考える際に添加するのが適当な有機物について検討することを目的とする。

2. 研究方法

2.1 模型水田・濃度測定 模型水田には、直径 8.8 cm のビーカーを使用し、供試土には宇都宮大学試験圃場から採取した黒ボク土を 2 mm ふるいにかけて、通過したものを使用した。ビーカーに土壌厚さ約 2 cm 敷き詰め、10 mgNO₃-N/L の硝酸溶液に各有機物を添加し、水深 4 cm になるよう注ぐ。恒温器内(30℃)で2日間静置後、溶液を入れ替えたものを模型水田とした。一定時間経過後に採水を行い、イオンクロマトグラフを用いて硝酸態窒素濃度を定量した。各試験の有機物添加量並びに採水時間は **Table1** に示す。なお、メタノール添加および有機物添加なしでは一度コハク酸を添加した模型水田を用いた。

添加有機物	炭素量(gC/L)	採水時間(h)
コハク酸	1	8, 24, 48, 72
コハク酸	0.1	4, 8, 24, 48
メタノール	0.1	4, 8, 24, 48
添加なし	-	4, 8, 12

2.2 硝酸態窒素除去係数の算出 定量された硝酸態窒素濃度をもとに式(1)を用いて硝酸態窒素除去係数(以下係数とする)を算出する。係数 α' 算出の際には初期濃度 C_0 と、その時間以降の結果を用いて、Excelのソルバーにより式(2)のRMSE(mg/L)を最小化するように定めた。

$$C = C_0 \left\{ 1 - \frac{(E+I)t}{h} \right\}^{\left(\frac{\alpha' - E}{E+I} \right)} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 E :蒸発量(m/d), I :浸透量(m/d), α' :蒸発ならびに浸透を考慮した硝酸態窒素除去係数(m/d), n :データ数

* 国土交通省関東地方整備局 ** 宇都宮大学農学部

キーワード: 脱窒, 対流, フミン酸, メタノール

3. 結果・考察

3.1 コハク酸添加試験 1 gC/L 添加の結果を Fig.1 に示す.

蒸発量と係数との関係は見られなかった. 有機物量 (炭素量) の過多によって還元が進行し, 硝酸還元が発生したサンプルが確認された (Fig.1 の○で囲われた部分). 還元の進行が確認されなかったサンプルでは, 蒸発量と係数が比例関係にある傾向が見られた. また, 0.1 gC/L 添加の結果を Fig.2 に示す. こちらも蒸発量との関係は見られなかった. Fig.1 と比べ係数が 10 倍ほどになっている. 有機物量を削減したため脱窒菌の活性化や細菌群集構造の形成が起きたことに起因すると考える.

3.2 メタノール添加試験 Fig.3 に結果を示す. 蒸発量と係数に正の相関が確認された. Fig.2 と比べ, 添加した有機物量は同じにもかかわらず, メタノールを添加した結果は係数が小さくなる傾向が見られた. また, 傾向が大きく外れた 1 点があり, それを除くと R^2 は 0.20 から 0.37 になる.

3.3 有機物添加なしの試験 Fig.4 に結果を示す. 係数はメタノールを添加した場合と同程度の結果であった. R^2 の値が高く正の相関の関係が見られたが, 濃度の経時変化において増減の傾向が一定でなく, ばらつきが確認された.

3.4 有機物添加の効果 有機物を添加しない場合 R^2 は 0.69 と高いものの, 濃度の変化傾向はサンプル間で安定せず推定濃度の RMSE が 0.66 mg/L となった. コハク酸添加試験では濃度変化が一定する傾向があり, 推定濃度の RMSE が 0.32 mg/L となるが, Fig.1 や Fig.2 のように蒸発量に対する係数のばらつきが大きく, かつその値も田渕ら (1987) が示した 0.01 m/d とは乖離した値を示した. これらに対してメタノール添加では 3.2 に示すように蒸発量との相関も認められ, 推定濃度の誤差 RMSE も 0.47 mg/L と良好な精度を示した.

4. 結論

コハク酸の添加はサンプル間のバラツキを抑え安定的な結果を示すものの, 除去係数が過大となる傾向が認められた. 一方, メタノールの添加は, サンプルのバラツキは見られるものの, 過大な除去係数とはならず, 水田を想定した環境では脱窒反応の電子供与体としてコハク酸よりは適していると結論づけることができる.

【引用文献】

相田ら (1988) : 日本土壌肥科学雑誌, 59 (5), 464-470, 石澤佑成 (2019) : 宇都宮大学農学部農業環境工学科卒業論文, 妹尾啓史 (2013) : 日本土壌肥科学雑誌, 35, 19-33, 木下拓也ら (2018) : 応用水文, 31-38, 佐藤立夫ら (1989) : 日本土壌肥科学雑誌, 60(2), 134-139, 田渕俊雄ら (1987) : 農業土木学会誌, 55(8), 53-58, 松井宏之ら (2019) : 土木学会論文集 B1(水工学), 75(2), 361-366

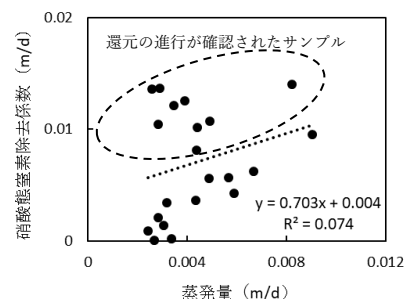


Fig.1 硝酸態窒素濃度と蒸発量の関係 (コハク酸 1 gC/L)

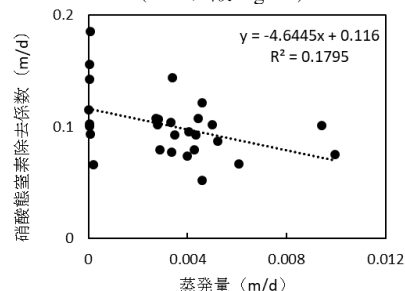


Fig.2 硝酸態窒素濃度と蒸発量の関係 (コハク酸 0.1 gC/L)

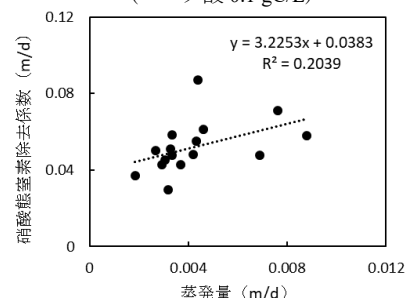


Fig.3 硝酸態窒素濃度と蒸発量の関係

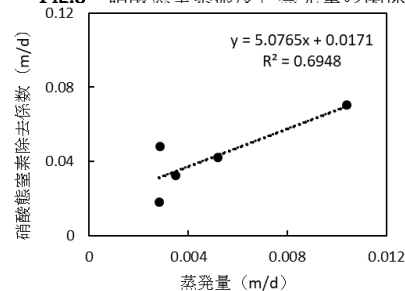


Fig.4 硝酸態窒素濃度と蒸発量の関係 (有機物添加なし)