

平面二次元解析モデルを適用した水田の窒素浄化機能に関する研究
 Study of Nitrogen Purification Function on Paddy Fields
 by Using Two-Dimensional Analysis

○櫻町航平*, 安瀬地一作**, 吉田貢士**, 前田滋哉**, 黒田久雄**

SAKURAMACHI Kohei, AZECHI Issaku, YOSHIDA Koshi, MAEDA Shigeya, KURODA Hisao

1. はじめに

近年湖沼の富栄養化が問題となっている。特に多肥の野菜畑や樹園地からの高濃度窒素水の流入が大きな原因としてあげられている。このような面源からの高濃度窒素水の流出対策として田刈ら¹⁾は脱窒を利用した休耕田での窒素除去を提案した。また田刈らは休耕田内の窒素濃度の分布を調査し、高濃度窒素水が短絡流となって除去効果を十分に受けずに水田から流出する可能性を明らかにした。

これに対し安瀬地ら²⁾は水田内に畦波シートを加え高濃度窒素水を迂回させることによる水田の除去効果の変化を圃場試験と数値解析によって検証した。しかし圃場試験の条件に合わせた解析だったので、他の条件における水流の迂回効果については検証されていない。そこで本研究では水田の窒素除去効果と水流の迂回効果との関係を平面二次元数値解析により検討した。

2. 平面二次元解析モデルについて

水田の窒素除去効果は平面二次元解析モデルを用いてシミュレートする。モデルに使用する方程式は二次元の連続式、運動方程式、移流拡散方程式を使用する。解法は有限差分法を用いた。水田のスケールは0.45 m×0.45 mとし、水深は0.05 mと0.01 mで検証した。格子の大きさは0.01 m×0.01 mとし、計算の時間間隔を0.005 秒とした。水田内の初期窒素濃度は0 mg・L⁻¹とした。流入水量は水深0.05 mの水田において滞留時間が12 時間、6 時間、3 時間となるよう設定した。水深0.01 mにおいても水深0.05 mと同じ流入水量に設定した。流入水窒素濃度は20 mg・L⁻¹とし、水温は20 °Cとした。この条件で、どの滞留時間でも定常状態となるように48 時間計算を行った。シートは水口と水尻の中間に一枚加え、水口、水尻がある畦から反対側の畦に向かって0.25

mの長さで設置した。

3. 窒素濃度低下式について

流下過程での窒素除去効果は田刈ら³⁾が文献で示している実験式を拡張した(1)式を使用した。

(1)

ここに C_x :任意の地点の窒素濃度(mg・L⁻¹)、 C_0 :流入水窒素濃度(mg・L⁻¹)、 k :反応速度定数、 x :流下距離(m)、 u :単位幅流速(m²・t⁻¹)、 h :水深(m)とする。また田刈らは室内実験より定数 k が(2)式になると示した。

α (2)

ここで、 T は水温(°C)である。 α は安瀬地ら²⁾が圃場試験結果とフィッティングした値0.0003を使用した。

4. 解析結果

滞留時間3時間の計算結果を以下に示す。水深0.05 m時の解析結果を窒素濃度等分布としてFig. 1に示す。水深0.05 mは水田内にシートを加えていない。Fig. 2に水深0.01 m・シートなしの計算結果を、Fig. 3に水深0.01 m・シートありの計算結果を示す。シートなしの水深0.05 mと水深0.01 m・シートなしの場合は窒素濃度は同心円状に分布している。この結果より、水深が浅くなると窒素濃度が高い状態で水尻に届くことがわかった。シートの有無を比較すると、シートありの方が水尻での窒素濃度が低くなった。この原因を流速ベクトルから考慮することにした。Fig. 4に水深0.01 m・シートなしの流速ベクトルを、Fig. 5水深0.01 m・シートありの流速ベクトルを示す。Fig. 4では水が水田内を一樣に流れているが、Fig. 5ではシートと畦の接する部分近くで水があまり流にくくなった。このようなシートの有無による水の流れの違いにより水尻での濃度差が生じたと考えられる。

所属 *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 水質浄化、平面二次元解析、短絡流

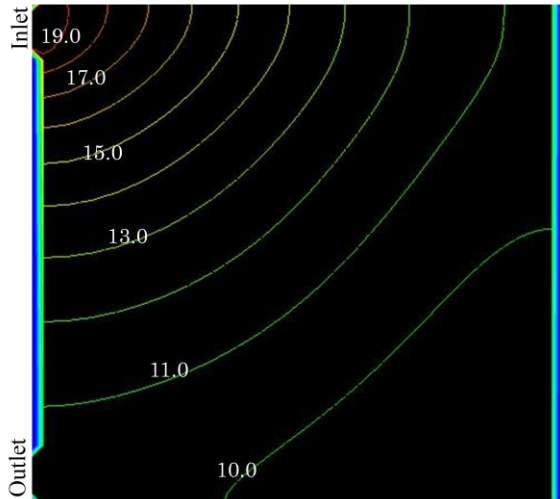


Fig.1 水深0.05 m 窒素濃度分布 (mg · L⁻¹)

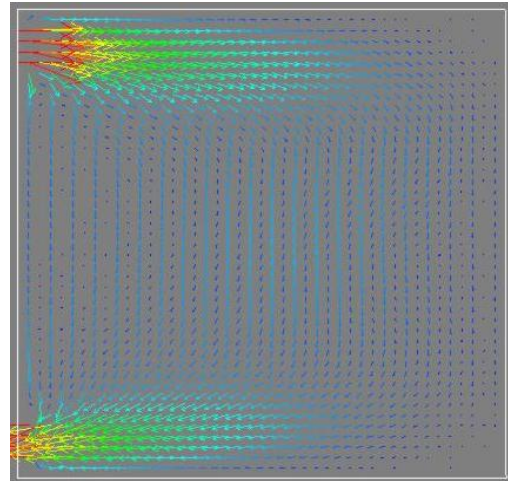


Fig.4 水深 0.01 m・シートなし流速ベクトル

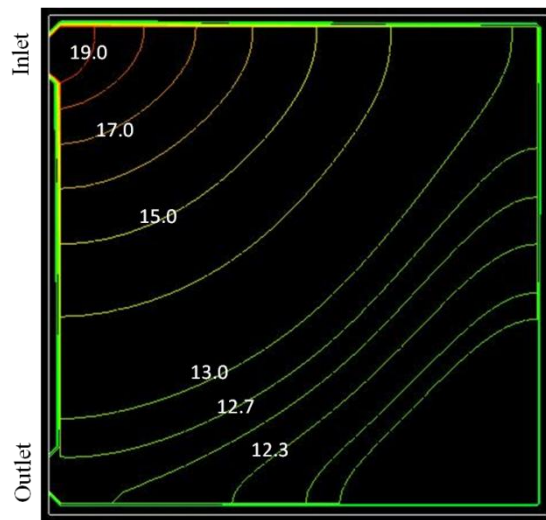


Fig.2 水深0.01 m・シートなし窒素濃度分布 (mg · L⁻¹)

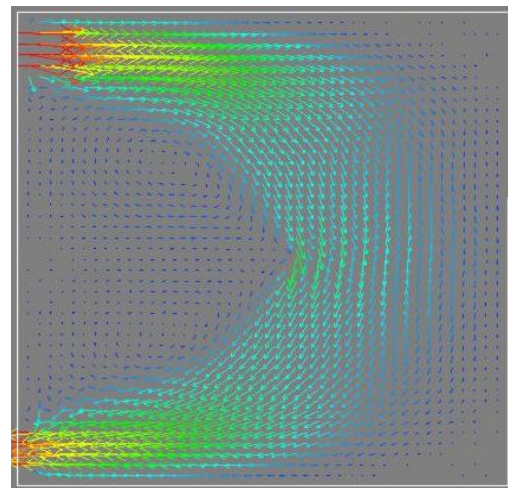


Fig.5 水深 0.01 m・シートあり流速ベクトル

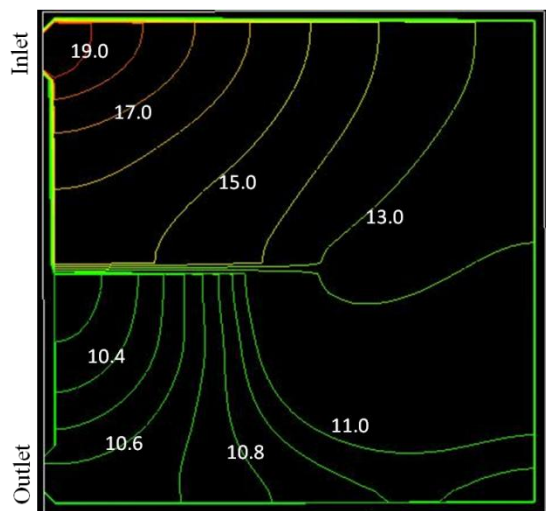


Fig.3 水深0.01 m・シートあり窒素濃度分布 (mg · L⁻¹)

5. おわりに

本研究ではシートの有無による水流の迂回効果を、水深の条件を変化させて数値解析で検討した。しかしその結果が妥当であるかを数値解析と同じ条件で、室内実験にて確認する必要がある。

本研究は科学研究費補助金基盤研究 (C) 21580291 により行った。

引用文献

- 1) 田淵俊雄ら：水田湛水による硝酸態窒素の除去試験,農土誌,55,8,53-58,1987
- 2) 安瀬地一作ら、一次元解析および平面二次元解析による水田の窒素浄化機能に関する研究、土木学会論文集 B1,69,811-816,2013
- 3)田淵俊雄ら:流下過程における硝酸性窒素濃度の低下,土壌の物理性,99,65-72,2005