

# 灌漑に伴う水田内の窒素濃度分布の形成と時間変化

## Distribution and time changes of nitrogen concentration in paddy fields due to irrigation

小淵啓太<sup>1)</sup>, 西田和弘<sup>1)</sup>, 吉田修一郎<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科

### 要旨 (Abstract)

高窒素濃度の用水を灌漑する水田を対象に、灌漑が水田内の全窒素 (TN) 濃度分布の形成およびその時間変化に与える影響を調べた。その結果、1) 灌漑終了直後の TN 濃度は、灌漑水が到達する水口付近で高いが遠方では低いこと、2) 灌漑終了後の TN 濃度は、時間が経つにつれ減少し、一定値に漸近する傾向が見られることが明らかになった。濃度の時間変化を表現する指数関数型のモデルを作成した結果、計算値は実測値を良く再現した (RMSE : 0.21 mg/L)。

キーワード : 灌漑, 水田, 窒素濃度

Key words: irrigation, paddy fields, nitrogen concentration

### 1. はじめに

水田灌漑は、水田の水分・温度・窒素環境を変化させることで、米の収量や品質に大きな影響を与える。特に、用水が多量の窒素を含む場合、灌漑は水田内の窒素濃度分布を形成し、その結果、収量や品質にも水田内の分布が生じることが報告されている (西田ら, 2019)。このような灌漑に伴う米の収量・品質への影響を明らかにするには、灌漑が水田の窒素環境に与える影響を詳細に理解することが求められる。

このための水田の窒素環境に関する基礎データの収集を目的として、本研究では、高窒素濃度の灌漑水を用いる水田を対象に現地調査を実施し、灌漑による窒素濃度分布の形成およびその後の窒素濃度の時間変化を調べた。

### 2. 方法

調査は、2024 年に東京大学生態調和農学機構の 1 枚の試験水田 (コシヒカリ栽培, 5/31~6/1 移植) で行った。用水には地下水が使用されており、その全窒素 (TN) 濃度は約 3~4 mg/L と高い。また、浸透量が 6.95 (cm/d : 7/18) と多いため、排水口はない。灌漑は水位で制御する自動水管理が採用されており、1 回の灌漑で約 2cm 水位が上がるように設定されている。

水田内 7 か所の TN 濃度と水温、2 か所の水

位を測定した (図 1)。2024 年 6 月 27 日と 7 月 18 日に田面水を採水 (1 日 3 回 : 灌漑終了直後と時間が経った 2 時点) し、その後室内分析で TN 濃度を定量した。水温と水位は 10 分間隔で水温計、水位計により連続測定した (結果略)。

水平方向の水移動が無い場合 (例 : 本研究地の灌漑終了後)、田面水の窒素濃度は、田面水と土壌水の濃度差に比例する拡散によって変化すると考えられる。ここで、浸透による窒素移動、水深の時間変化を無視すると、田面水の窒素収支式は、以下のように与えられる。

$$h \frac{dc}{dt} = -k(C - C_s) \quad (1)$$

ここで、 $C(t)$  は TN 濃度 (mg/L)、 $t$  は灌漑終了後の時間 (h)、 $k$  は比例係数 (cm/h)、 $h$  は水深 (cm)、 $C_s$  は土壌表面の TN 濃度 (mg/L) である。これを、初期条件 ( $C(0) = C_{init}$ ) の下で解くと、 $C(t)$  は次式で表される。

$$C(t) = (C_{init} - C_s) \exp\left(-\frac{k}{h}t\right) + C_s \quad (2)$$

灌漑終了直後の濃度を  $C_{init}$ 、 $h$  を灌漑終了直後の値 (6/27 : 3.9cm, 7/18 : 3.8 cm) とし、灌漑終了後の濃度の計算値と実測値の RMSE が最小になるように、最小二乗法でパラメータ  $k$  と  $C_s$  を求め、(2)式の精度を調べた。

### 3. 結果と考察

灌漑終了直後の TN 濃度は、水口側では高いが、水口から離れるほど低かった (図 2)。灌漑終了直後には、長辺方向の 40% (6/27)、60% (7/18) 付近で TN 濃度の大きな差が生じていた。これは、灌漑中の灌漑水の到達範囲によって窒素濃度が大きく異なることを示している。図 3 に灌漑終了後の、各地点の TN 濃度の時間変化の実測値と計算値を示す。実測 TN 濃度は、

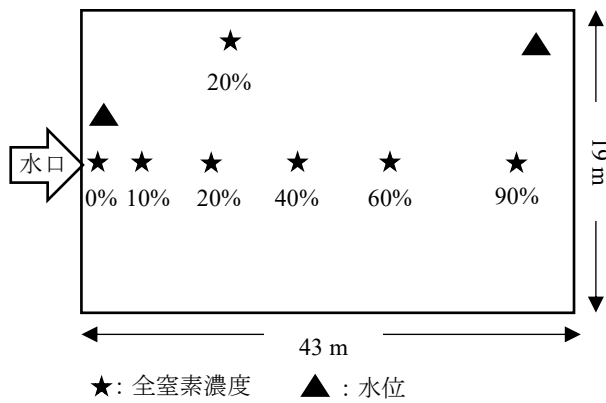


図 1 調査水田と測定地点の模式図  
%は、長辺方向の距離割合

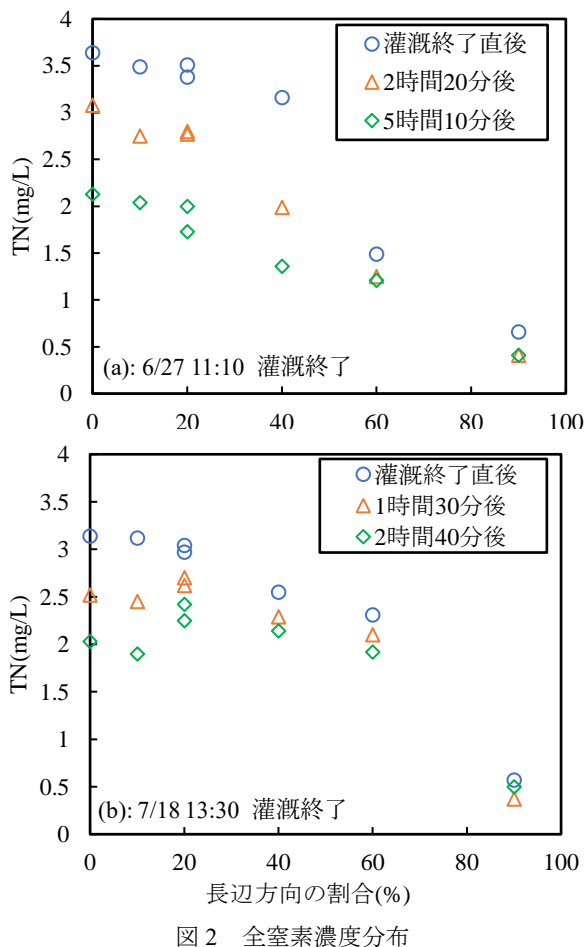


図 2 全窒素濃度分布

時間が経つにつれ減少し、一定値に漸近する傾向が見られた。最小二乗法により求めた、 $k$  は 12.0 (cm/h),  $C_s$  は 0.31 (mg/L) であり、計算値の RMSE は 0.21 (mg/L) であった。短時間の時間変化での比較ではあるが、(2) 式による計算値は実測値を良く再現した。

### 4. おわりに

高窒素濃度の灌漑水を用いる水田では、1) 灌漑終了直後の TN 濃度は、灌漑水が到達する水口付近で高いが遠方では低いこと、2) 灌漑終了後の TN 濃度は、時間が経つにつれ減少し、一定値に漸近する傾向が見られることが明らかになった。今後、異なる時期を対象に同様の測定・分析を行う予定である。

引用文献：西田ら (2019), 農業農村工学会論文集 87 巻 2 号 p. I\_219-I\_226

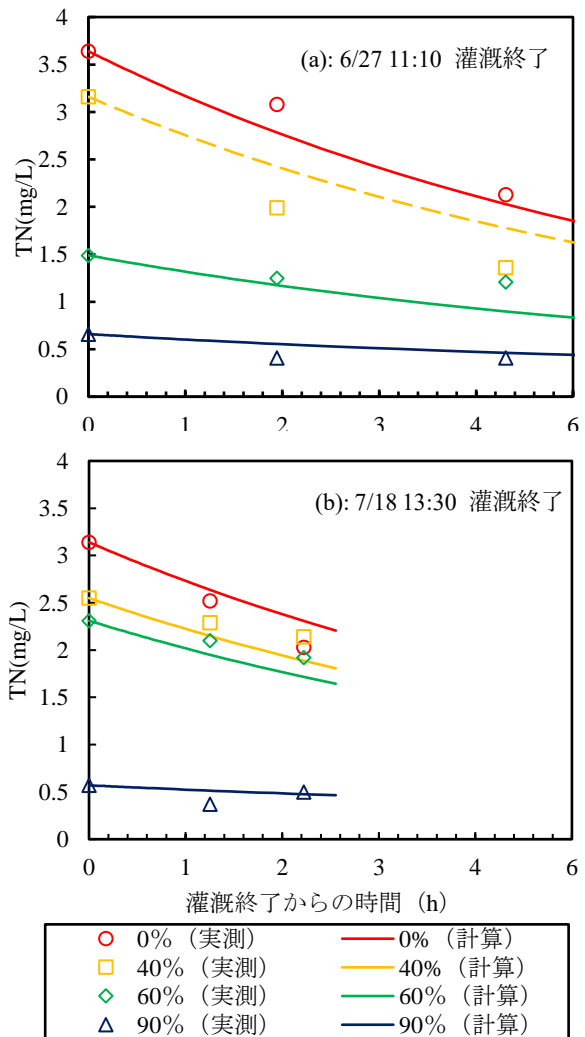


図 3 全窒素濃度の実測値と計算値の比較