

田川中流域を事例とした水田の施肥量節減に関するモデル解析

Model analysis on fertilizer reduction in paddy fields in the case of the middle reaches of the Tagawa River

大島 翼*, ○松井 宏之**, 大澤 和敏**

1 はじめに

栃木県宇都宮市を流れる田川には、2つの下水処理場から放流水が流入する。そのため、田川における各下水処理場の放流水は、窒素・リン濃度を上昇させる要因の一つとなっている可能性がある。このことから、放流水が流入する地点の下流で、河川水が農業用水として取水され、灌漑されている水田において、窒素過多となり水稻の生育に影響を与えていることが考えられる。こうした水田では、見方を変えれば灌漑水に含まれる溶存成分を考慮することで施肥量を節減できる可能性がある。本研究では、田川の複数の地点で窒素成分を測定し、田川における窒素成分の動態を把握するとともに、水・物質・作物成長モデルを用いて、河川水掛かりの水田における水稻の生長に影響を与えないと見込まれる施肥節減量を試算した。

2 研究方法

対象流域の概要 本研究で対象とする田川中流域を Fig.1 に示す。対象流域は宇都宮市の大曾橋（地点 1）から上三川町の明治橋（地点 10）までとした。下水処理場は、地点 1 から流下距離 3.6 km の地点および流下距離 6.5 km の地点に位置し、下水処理水をそれぞれ 0.38 m³/s, 1.91 m³/s で田川に放流している。この下水処理水には窒素成分がそれぞれ 7.2 mg/L, 12.8 mg/L 含まれている（宇都宮市上下水道局, 2017）。

現地調査 採水地点は、Fig.1 に示す全 10 地点とした。

対象期間は 2017 年 7 月から 2018 年 12 月とし、月に 2 回程度の定期採水を 10 地点、4 月下旬および 8 月中旬のそれぞれ 20 日間に 2 日に 1 回程度の集中採水を地点 2, 6, 10 の 3 地点で行った。

室内分析 試料水は、実験室において全有機態炭素、全窒素、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素について測定した。

モデル解析 複合タンクモデルを用いた水循環サブモデルと SWAT (Neitsch et al.,2011) で採用されている窒素動態サブモデルおよび作物生長サブモデルを組み合わせたモデルを適用した（野村, 2013）。水循環サブモデルは、森林・水田・畑地・市街地の 4 つの土地利用を考慮した 4 段の複合タンクモデルとなっている。Fig.1 に示すように、田川流域内で実施した調査地点をサブ流域の流出口として 10 のサブ流域に分割した。東橋（地点 2）の流量・水質データおよび宇都宮地方気象台

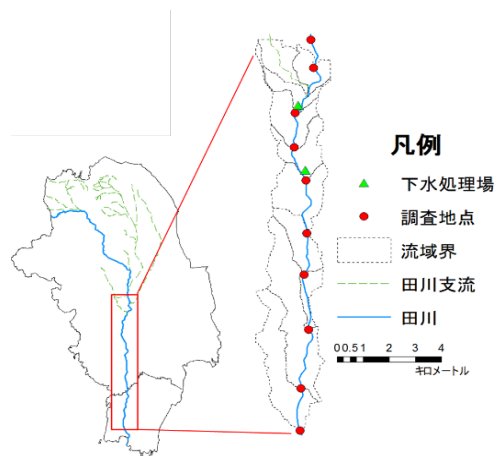


Fig.1 田川中流域

* 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：窒素循環, 地目別タンクモデル, SWAT, バイオマス生長量

の気象データを入力値として、各サブ流域における河川流量と硝酸態窒素濃度を算出した。なお、2018年における流量データは、東橋および明治橋の水位流量曲線が確定されていないため、2018年の水位データを2017年の水位流量曲線に代入し求めた。解析期間は2014年から2018年とし、評価関数に平均相対関数を用いてパラメータの同定を行った。

3 計算結果および考察

モデルの構造や計算結果には改善の余地があるものの、以下の結果が得られた。

河川流量 明治橋（地点10）における流量の解析結果を Fig. 2 に示す。平均相対誤差は32%、*Nash-Sutcliffe* 係数は0.85 となり、概ね良い再現性を示している。観測流量と計算流量に大きな乖離が見られる期間の多くは、入力データとなる東橋の流量、検証データとなる明治橋の流量の精度に問題があったものと考えられる。

河川水の硝酸態窒素濃度 現地調査を実施した期間における、明治橋（地点10）における硝酸態窒素濃度の計算値および観測値を Fig. 3 に示す。*Nash-Sutcliffe* 係数は-0.32 となり、再現性は高くはないものの、経時的な変化傾向は再現でき、対象流域における河川中の硝酸態窒素濃度を概ね算出できている。2018年の5月から7月の濃度では、解析値が観測値よりも高くなる傾向がある。この時期は、前年度の水位流量曲線に観測データを代入し、流量を算出した期間である。入力した東橋の流量が少なくなったため、田川に放流された下水処理水の影響が大きくなり、硝酸態窒素濃度が高く評価されたためと考えられる。

施肥節減量の試算 下水処理水が流入した地点より下流の地点5から地点6における流域の水田を対象として、窒素施肥基準量（基肥で30 kgN/ha、追肥で30 kgN/ha）から10%ずつ削減したシナリオを想定した。日射利用効率 *RUE* を25 (10^{-1}gMJ^{-1}) とし、バイオマス中の標準的な窒素含有量 *fn.3* を1%とした。そのときの水稻のバイオマス生長量を Fig. 4 に示す。窒素施肥量を削減しても各年のバイオマス生長量は同程度の値となった。つまり、田川中流域においては、下水処理水の放流により水田へは多くの窒素が供給されていると推察できる。

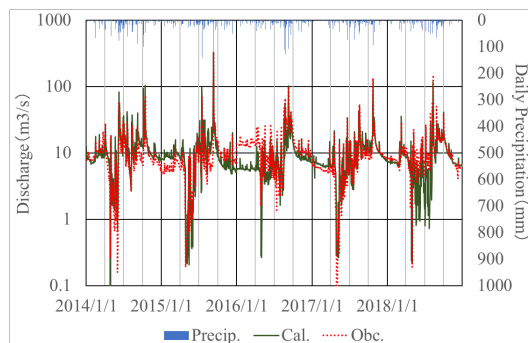


Fig. 2 河川流量の計算結果（明治橋）

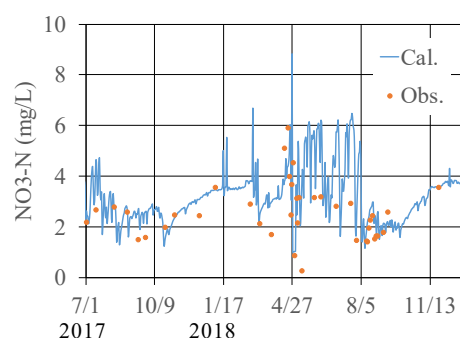


Fig. 3 硝酸態窒素濃度の計算結果（明治橋）

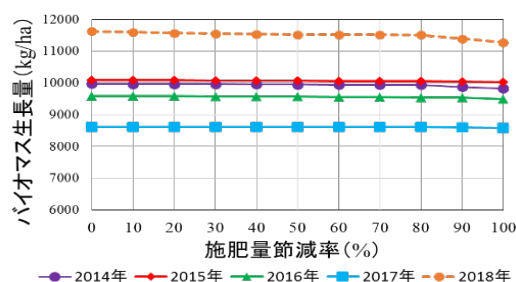


Fig. 4 窒素施肥節減と生長量

【参考文献】宇都宮市上下水道局(2017):平成28年度 再生水センター放流水検査結果, 野村俊介(2013):複合タンクモデルを用いた流域スケールでの窒素動態モデルの開発, 宇都宮大学大学院 2013年 修士論文, Neitsch, S.L, Arnold, J.G, Kiniry, J.R, and Williams, J.R. (2011): Soil & Water Assessment Tool, Theoretical Documentation Version 2009.