

農業流域の河跡湖における水質変動モデルの構築

Water quality prediction model on oxbow lake located in agricultural basin

赤塩大樹* 山本忠男**

AKASHIO Hiroki*, YAMAMOTO Tadao**

1. はじめに

農業基盤整備事業による農業水利や土地利用の変化は農業流域の水収支や物質収支に影響を及ぼすことが指摘されており、とくに閉鎖系水域の水質・水文環境に与える影響は顕著である (YAMAMOTO, T. & OKAZAKI, H., 2013)。そのため基盤整備事業による影響を水質水文モデル等によって事前に把握することは、地域の水環境保全において重要な意味を持つ。本研究では、集水域で基盤整備事業が行われ、水質・水文環境に変化の生じた河跡湖を対象に、タンクモデルと LQ 式を元にした負荷収支による水質予測に加え、沼内部の水質形成要因、とくに植物プランクトンによる沼内部の栄養塩類の固定を考慮した水質予測モデルの構築について検討した。

2. 調査地及び調査方法

茶志内沼は北海道空知郡奈井江町に位置し、水面面積 13ha、集水面積 130ha の河跡湖である (図 1)。集水域の大部分は農地であり、この地区では 2007～2013 年に農業基盤整備事業 (揚水機場の廃止 (2011 年)、パイプラインの整備、区画整理など) が実施された。調査は 2007～2014 年の無積雪期間に行い、5 月は 10 日に一度、それ以外は 20 日に一度の頻度で採水した。また、2009～2011 年には自動採水器による採水を 1 日 1 本程度の間隔でおこなった。採水地点は図 1 に示す各排水路から沼への流入水路 (D1～D5)、調圧水槽からの排水 D6、旧揚水機場跡地 P、沼からの流出排水路 Dout 地点とした。水質分析項目は窒素成分であり、加えて P 地点でクロロフィル (Chl.a) と水温を測定した。さらに 2011～2012 年に湖沼内の植物群落の刈り取り調査と底質の採取を行い、それぞれの窒素含有量を測定した。各排水路と P 地点に設置した水位計の連続データと各排水路の流量観測から調査期間の流量を求めた。気象情報は美唄と岩見沢の AMeDAS データを用いた。

3. T-N 濃度予測モデルの構築

沼の全窒素 (T-N) 濃度は沼全域で均一と仮定し、予測する当該日の貯留 T-N 負荷量 (前日の貯留負荷量+当該日の負荷収支) を当該日の沼の貯水量で除して求めた。沼の水面面積は水位が変動しても一定 (13.1ha) であると仮定し、

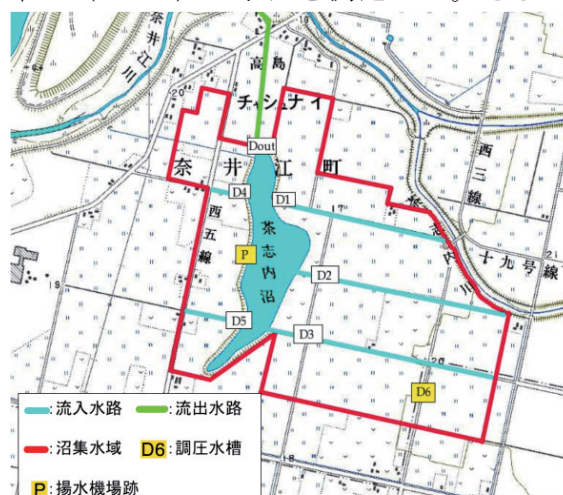


図 1 茶志内沼概要図

*北海道大学農学部 Faculty of Agriculture, Hokkaido University

**北海道大学大学院農学研究院 Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

キーワード 全窒素 クロロフィル タンクモデル 基盤整備

沼の貯水量は水位と水面面積を乗じて求めた。

沼への流入と沼からの流出の差によって沼の水位変動を推定することとし、沼への流入は水田・畑地の複合タンクモデルを、沼からの流出は沼の水位と D_{out} の流出量の関係 ($H \cdot Q$ 式) と地下浸透を用いて予測した。この流入と流出の予測を組み合わせたものによる水位変動の予測結果を図 2 に示す。なお、タンクモデルの流出係数は 2014 年の灌漑期の調査結果を基に試行錯誤法で設定し、地下浸透量は降雨と揚水の有無を条件に加味した貯水量変動に基づく単回帰モデルとした。さらに、沼の当該日の負荷収支は、流入負荷を $L \cdot Q$ 式で、流出負荷を予測 T-N 濃度と水位変動予測から求めた流出量を乗じた推定値を用いてその差分より求めた。

以上より T-N 濃度予測モデルを構築し、2014 年の沼の灌漑期の T-N 濃度を予測した結果 (図 3)、濃度の変動傾向について概ね再現できた ($p < 0.05$)。この T-N 濃度予測モデルを 2011~2013 年にも適用したが、2014 年を含むすべての年の 6、7 月の低濃度時に誤差が大きくなった。そこで負荷収支だけでなく、沼内部の生物的作用である植物プランクトンによる溶存態窒素の吸収を影響因子として考えた。6~8 月の植物プランクトンの指標である Chl.a と ΔDN 濃度 (流入水と沼の DN 濃度の差) には負の相関が確認された (図 4, $p < 0.05$)。また Chl.a は沼の水温と有意な相関関係があり、加えて沼の水温は AMeDAS (美唄) の気温と強い相関があった ($p < 0.01$)。そこで沼の水温 (気温) と DN 濃度を説明変数とする重回帰式より Chl.a 濃度を推定し、沼の内部作用として考慮した。なお、この関係は沼の水位安定時 (平水時) に適用し、水温 20°C 以下の時はその 4 分の 1 作用するとした。これら植物プランクトンによる作用以外に既往の研究から脱窒の影響を、底質の窒素含有量の変化から沈降作用を、植物群落の窒素固定量をそれぞれ設定した。これら沼内部のサブモデルを組み込んだ結果 (図 3)、 χ^2 値の低下 (表 1) が認められた ($p < 0.01$, 2013 年のみ $p < 0.05$)。これより沼の内部作用を表現するサブモデルを導入することで、沼の水質の予測精度が改善された。

4. まとめ

沼内部の作用として植物プランクトンの栄養塩類の固定作用や植物体への吸収をパラメータとして加味したところ、水質予測の精度が向上し将来の水質予測を行うのに十分可能であると判断された。今後は、本研究の予測モデルをもとに基盤整備が水質環境にどう影響しているか詳細に検討する必要がある。

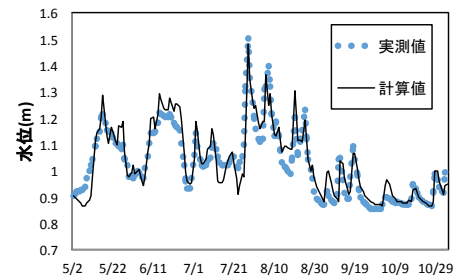


図 2 2014 年沼の水位予測

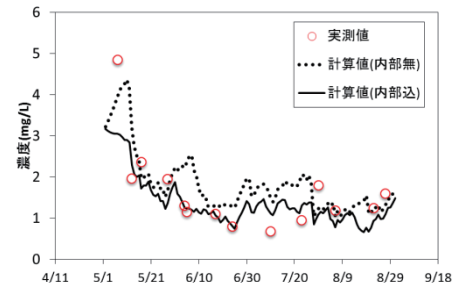


図 3 2014 年沼の T-N 濃度予測

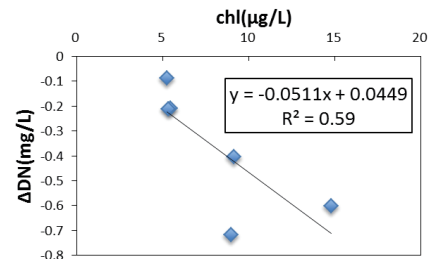


図 4 Chl.a と ΔDN 濃度の関係
表 1 χ^2 値比較

年	χ^2 値	
	(内部作用無)	(内部作用有)
2011	183.50	20.74
2012	73.10	23.82
2013	6.32	3.68
2014	5.76	2.14