

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 Development of physically based nitrogen catchment model using complex tank model

野村 俊介* ○松井 宏之**
NOMURA Shunsuke* MATSUI Hiroyuki**

1. はじめに

流域水環境の保全策を検討するため、流域内の水・物質循環を適切に再現できるモデルが求められている。その代表的な水・物質循環モデルとして SWAT (Soil and Water Assessment Tools) がある。SWAT は水田のモデリングが課題となっていたが、pothole として扱うことで課題が解消されつつある。しかし、表流水・地下水の水量・水質を管理する総合水資源管理の支援ツールとしては、SWAT は地下水流動のモデリングが不十分である。そこで、本研究では、複合タンクモデルに SWAT の物質動態を組み込んだ、流域スケールでの窒素動態モデルの開発を試みた。

2. モデルの構造

サブ流域単位で土地利用ごとの土壌水分量を算出できる複合タンクモデル（水循環サブモデル）を構築し、土壌水分量と地温に基づく窒素動態サブモデルにより各土層の窒素量を計算する。最後に、各サブモデルの出力値を用いて硝酸態窒素の流出量・濃度を求める構造とした。

2.1 水循環サブモデル 森林・水田・畑地・市街地の 4 つの土地利用を考慮した複合タンクモデル (**Fig.1**) であり、各土地利用の 1 段目には菅原 (1979) の土壌水分構造付のタンクモデルを配置した。なお、畑地では栽培されている作物ごとにタンクを配置した。

水田・畑地・市街地の 3 段目を共通の浅層地下水タンク、4 段目を共通の深層地下水タンクとし、地下水流動が想定される流域間 (流域 $i \rightarrow$ 流域 j) におけるタンクからの流出係数 a_{i-j} は式 (1) により定めた。

$$a_{i-j} = k \times I_{i-j} \times \frac{L_{i-j}}{\sum L_i} \quad (1)$$

k : サブ流域の透水係数, I_{i-j} : 対象サブ流域間の勾配,
 L_{i-j} : 対象サブ流域間の隣接長, L_i : サブ流域間の隣接長

2.2 窒素動態サブモデル SWAT と同様に、土層内での窒素の無機化、揮発、脱窒、作物吸収、土層中の硝酸態窒素の移動などを実装した。これらの窒素動態は土層の地温と土壌水分量に基づき計算した。また、SWAT の生長サブモデルを適用し、対象作物の生長量を算出できるようにした。

3. 対象流域

栃木県南西部に位置する思川水系を対象流域とし、流域を 29 のサブ流域に分割した (**Fig. 2**)。対象流域面積は 857km² であり、その土地利用は、森林 (59%)、水田 (16%)、畑地 (10%)、

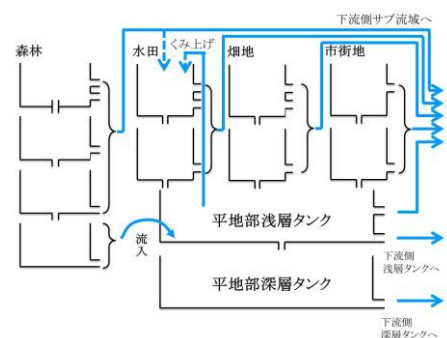


Fig.1 水循環サブモデル

* 宇都宮大学大学院 Graduate school of Agriculture, Utsunomiya University (現 農林水産省農村振興局)

**宇都宮大学 College of Agriculture, Utsunomiya University

キーワード: SWAT, 地下水流動, 流域水環境管理

作付面積は大豆が 71.2%で最大)、市街地 (15%) となっている。モデル計算に際し、各サブ流域における畑地栽培作物は、農作物統計などを参考に、大豆、タマネギ、トマト、レタス、ホウレンソウの 4 種を選択した。また、対象流域の土壌データは国土数値情報を参考にした。

4. 計算結果

4-1 河川流量 降雨は当該サブ流域付近の降雨観測所の合成データを入力値とし、蒸発散量は気象庁の宇都宮气象台データを用いた Penman 式により求めた。河川流量の対象期間を 2006-2007 年、浅層地下水の対象期間を 2005 年とし、平均相対誤差を評価関数として水循環サブモデルのパラメータを同定した。流域末端に位置する乙女大橋の計算結果を **Fig.3** に示す。対象流域の流量観測点 6 地点における平均相対誤差は 26% から 46% となり、その平均値は 39.3%であった。**Fig.3** に示すように、低水位の再現性に課題があるものの、全体的な傾向としては良好に再現できている。一方、浅層地下水位 (国分寺、計算結果省略) については、水田の灌漑期の再現性に課題の残る結果となった。

4-2 河川水の硝酸態窒素濃度 各作物の施肥量は栃木県の施肥基準、水田土壌での脱窒・無機化量は上地 (2011) のデータを参考に、河川水質の対象期間を 2006-2007 年とし、窒素動態サブモデルのパラメータを同定した。河川流量と同様に、乙女大橋における河川水の硝酸態窒素濃度の計算結果を **Fig.4** に示す。降雨直後に希釈による急激な濃度低下が認められるものの、全体的な傾向を再現でき、対象流域における硝酸態窒素流出を妥当に計算することができた。

5. まとめと今後の課題

本研究で開発したモデルは、地下水位の再現に課題はあるものの、河川流量の変動だけでなく、上流・末流における硝酸態窒素濃度の変動傾向を再現することができる。このことから、窒素動態モデルの枠組みを構築することができたと考えている。今後は市街地などの生活系からの排出負荷を考慮し、地下水変動をより再現できるモデル構造に改良し、総合的水資源管理に適ったモデルへと精度を高めていきたい。

【引用文献】(1)菅原正巳 (1979) : 続・流出解析法, 共立出版, (2)栃木県 (2006) : 農作物施肥基準, (3) 上地由朗 (2011) : 東京農大農学集報 56

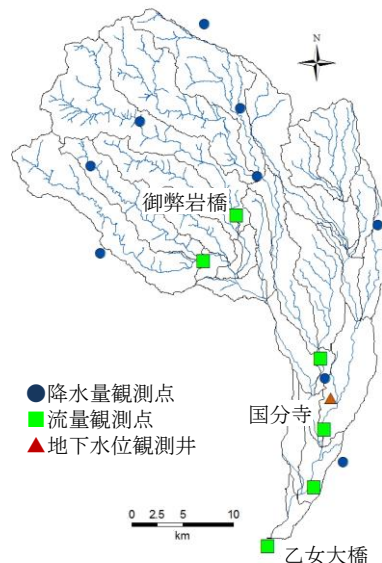


Fig.2 思川流域

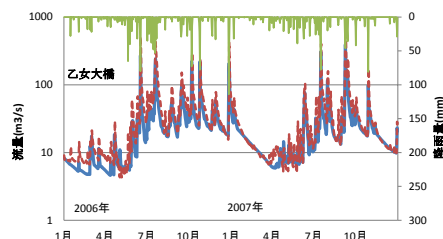


Fig.3 河川流量の再現性 (乙女大橋)

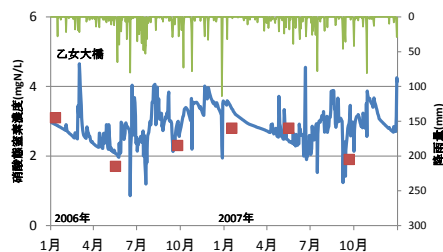


Fig.4 河川水の硝酸態窒素濃度の再現性 (乙女大橋)