

地下水流動・土壌水分を考慮した複合タンクモデルの検討 Study of complex tankmodel considering ground water flow and soil water

○野村 俊介* 松井 宏之**

Shunsuke NOMURA*, Hiroyuki MATSUI**

1. 研究の背景及び目的

流域環境の保全策を検討する上で、流域内の水・物質循環を適切に再現できるモデルが必要になる。代表的な SWAT や HSPF などの水・物質循環モデルでは物質動態が土壌水分に依存するため、土壌水分を計算できることが重要になる。しかし、これらは水田での水・物質動態を実装しておらず、構造的にも水田の水移動を反映させることが難しい。そこで、本研究ではまず流域スケールで土地利用ごとの土壌水分を考慮した複合タンクモデルを構築することを目的とする。

2. 研究対象地とモデル構造

(1)研究対象地 栃木県南西部に位置する思川水系(843km²)を研究対象とした。河川流量データは栃木県水位・流量年表、土地利用データは国土数値情報、標高データは基盤地図情報から入手した。降雨データは水文水質データベースやアメダスのデータを用いた。

(2)複合タンクモデル 流出解析を行うために Fig.2 に示す複合タンクモデルを用いた。本モデルは森林・水田・畑地・市街地の4つの土地利用を考慮した4段のタンクモデルで各土地利用の1段目には下記1)の土壌水分構造つきのタンクモデルを配置した。また、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、地下水流出量のパラメータを下記2)により求めた。

1)土壌水分モデリング 粗間隙(1次土壌)と微細間隙(2次土壌)間の水移動を考慮した菅原(1979)の土壌水分構造つきタンクモデルを各土地利用の一段目に組み込み、土壌間の水移動量 T1 を式 1)、1段目タンクと2段目タンクの水移動量 T2 を式 2)により求める。

$$T1 = \alpha \times (1 - XS/PS) \quad \dots(1)$$

$$T2 = \beta \times (XP/PS - XS/SS) \quad \dots(2)$$

α , β : パラメータ, PS , SS : 飽和容量(mm)

XP : 一次土壌(mm), PS : 二次土壌(mm)

2)地下水流出パラメータ 流域界の下流側に隣接するサブ流域に地下水流出するため、地

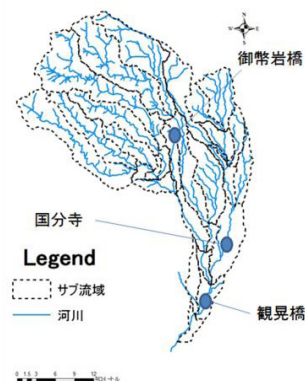


Fig. 1 対象流域
Study area

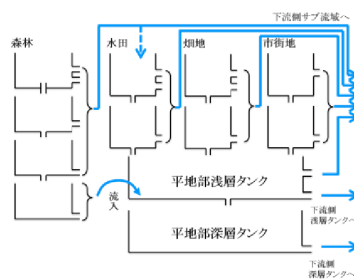


Fig.2 複合タンクモデル
Complex tankmodel

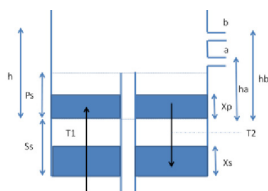


Fig.3 土壌水分構造つきタンクモデル
Schematic representation of the
soil tank model

* 宇都宮大学大学院 農学研究科(Graduate school of Agriculture, Utsunomiya University)

** 宇都宮大学 農学部(Faculty of Agriculture, Utsunomiya University)

キーワード:土壌水分, 複合タンクモデル, 流出解析

形図と照らし、流域間に山地や台地などがなく、地下水流出の発生が妥当なサブ流域に対し、地下水流出量を計算した。下流に位置するサブ流域への流出量は「土壌統計」別に定めた透水係数のうち当該サブ流域で多数で占める「土壌」の透水係数、サブ流域間の勾配、隣接長割合を考慮した(3)で求められる流出係数 a にタンクモデルの水深を乗じて求める。

$$\text{透水係数 } a = k \times \{I_i \times (L_i / \Sigma L)\} \quad \dots(3)$$

k :サブ流域ごとの透水係数, I :サブ流域間の勾配,
 L :サブ流域隣接長

3. 結果と考察

対象期間を 2006, 2007 年とし, 評価関数に相対誤差 MRE を用いてパラメータを同定した。なお, 降水量は流域に同一の値を与えた。森林の多い御幣岩橋と, 流域末端に位置する観晃橋の 2 地点の計算結果を Fig.4 に示す。

$$\text{MRE} = \Sigma(|q_c - q_o| / q_o) \times (100 / N) \quad \dots(4)$$

$$\text{ME} = 1 - \{ \Sigma(q_o - q_c)^2 / \Sigma(q_o - q_{ave})^2 \} \quad \dots(5)$$

q_o :実測流量, q_c :計算流量, q_{ave} :実測流量の平均値
 御幣岩橋における相対誤差は 34%, 観晃橋における相対誤差は 39% になり, 河川流量の変動波形が概ね再現できていることが確認できた。また, Nash 係数 ME を求めると, 洪水流量を過小に評価する傾向があり, 御幣岩橋で 0.68, 観晃橋で 0.79 と良好な値が得られなかった。土壌水分の計算結果の一例を Fig.5 に示す。全体的に各土地利用において右肩上がりの傾向があるものの, 灌漑期の水田土壌水分の上昇など, 土地利用ごとの特性を比較的表した結果となっている。さらに, 浅層地下水を観測していた国分寺を含むサブ流域における浅層地下水位の変化を Fig.6 に示す。1-2 月の地下水位の上昇から 4 月に向けての下降, 7-10 月への地下水位の上昇など過去の観測データと類似した変動パターンを示しており, サブ流域ごとの浅層地下水の挙動を表せる可能性が示唆された。

4. 結論

パラメータの同定や, 土壌水分構造つきタンクモデルの蒸発散の扱いに課題があるものの, 全体的な傾向については良好に再現できた。今後は, 流域内の水循環モデルに物質動態サブモデルを組み込むことで水・物質動態モデルを構築していく。

引用文献: 菅原正巳: 続・流出解析法, 共立出版, pp25-30, 1979

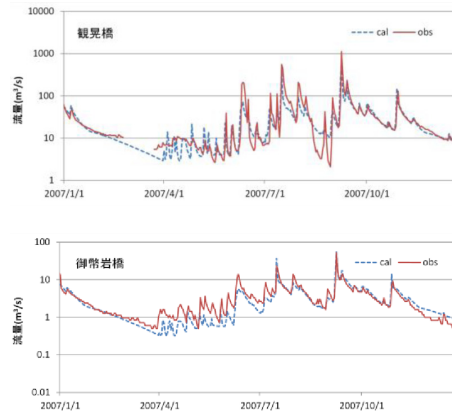


Fig.4 流量計算結果
 Calculated river discharge



Fig.5 土壌水分量の計算結果 (サブ流域 25)
 Calculated volumetric water content ratio
 (Sub watershed No.25)

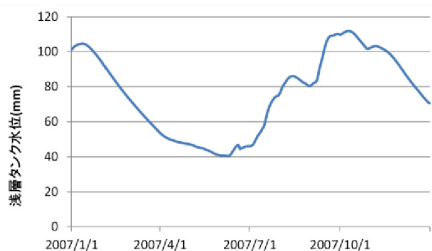


Fig.6 浅層地下水位の計算結果 (国分寺)
 Calculated volumetric shallow groundwater level
 (Sub watershed No.25)