

タンクモデルを基礎とした3つの溶質流出モデルの比較検討

徳島大学大学院 学生員 ○酒巻 和美

徳島大学工学部 正 員 田村 隆雄

徳島大学工学部 フェロー 端野 道夫

1. はじめに：本研究では、渓流水濃度・流出負荷量の計算手法であるタンクモデルC-Q法，タンクモデル濃度係数法，物質流出タンクモデルを用いて， Cl^- ， SO_4^{2-} ， NO_3^- -Nの渓流水濃度の長期変動計算と年間流出負荷量計算を行い，各溶質について簡便かつ必要十分な再現精度を得られる流出モデルを検討する．解析には1992年の徳島県白川谷森林試験流域（植生：スギ，土壌：褐色森林土，地質：三波川帯）の観測資料を使用する．

2. 3つの溶質流出モデルの概要¹⁾：

(1)物質流出タンクモデル：図-1に示すように物質流出タンクモデルは表層タンクと地下水タンクからなる直列2段タンクモデルを基本とし，土壌内の水収支と物質収支（溶質の移流，生物学的作用，土粒子表面の吸着水(S_{as} ， S_{ax} ：吸着水濃度)と土壌間隙水(c_s ， c_x ， c_y ， c_g ：土壌間隙水濃度)との溶質交換，土壌鉱物からの溶出)を計算し，表面流出成分(q_o)，早い中間流出成分(q_s)，遅い中間流出成分(q_i)，地下水流出成分(q_g)の各雨水流出量とそれぞれが発生する土壌層の溶質濃度の計算を行って渓流水濃度を推定する方法である．

(2)タンクモデル濃度係数法：物質流出タンクモデルで土壌内の物質収支計算を行わず，水収支だけを計算して得られる表面流出，早い中間流出成分などに，濃度係数を乗じて渓流水濃度の変動を計算する方法である．なお濃度係数は解析期間を通じて一定とする．

(3)タンクモデルC-Q法：直列2段タンクモデルにより計算された雨水の総流出量と濃度係数 a ， b を用いて次のように渓流水濃度を推定する方法である．

$$C_i = a \cdot Q_i^b \quad (1)$$

ここで，時刻 i における， C_i ：渓流水濃度(mg/l)， Q_i ：流出高計算値(mm/hr)， a ， b ：係数である．

3. 3つのモデルによる渓流水濃度の再現結果： (1)

塩化物イオン(Cl^-)：再現結果を図-3に示す．観測値には1年を通じて季節変化は見られない．計算が最も簡単なタンクモデルC-Q法でも十分な再現性が得られた．よって渓流水濃度の長期変動を推定するには，構造が複雑な他のモデルを用いなくても，タンクモデルC-Q法で十分あると考えられる．物質流出タンクモデルの計算値は，3月および10月から11月にかけて観測値より大きな値を示しているが，これは観測降雨濃度(図-1中の c_r)が高かった事がモデル中の物質収支に影響しているためである．

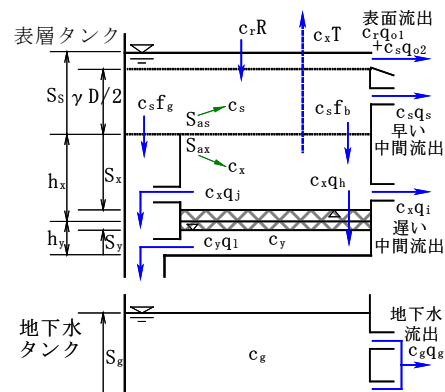


図-1 物質流出タンクモデル

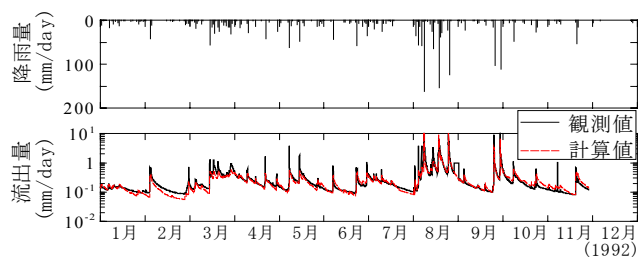


図-2 直列2段タンクモデルによる流出量の再現

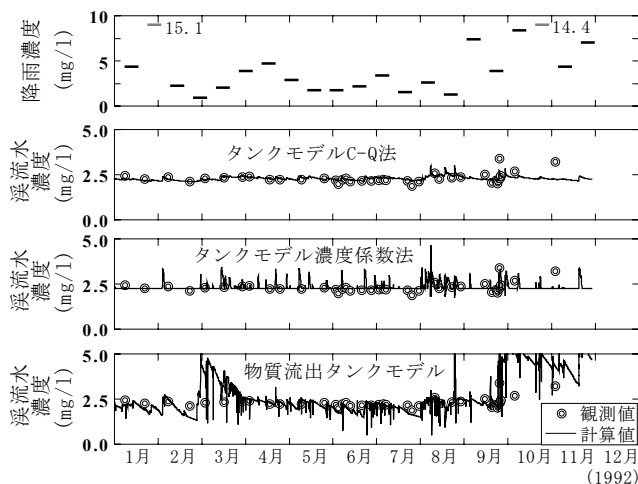


図-3 渓流水 Cl^- 濃度再現結果

キーワード 森林流域，渓流水濃度，流出負荷量，水質計算手法，タンクモデル

〒770-8506 徳島市南常三島町2-1 徳島大学工学部建設工学科 TEL/FAX 088(656) 7333

(2) **硫化物イオン (SO_4^{2-})** : 再現結果を図-4 に示す。 SO_4^{2-} の観測値は、 Cl^- 観測値の傾向より変動幅は大きいものの、1年間を通して見た場合に大きな季節変化は見られない。 C-Q 法と濃度係数法で十分に再現することができ、 SO_4^{2-} についても Cl^- と同様に簡便な水質計算法で渓流水濃度の長期変動を推定できることが分かった。 物質流出タンクモデルでは、 鉱物からの溶質過程を組み込んであるが、 C-Q 法や濃度係数法よりも再現精度が劣る結果となった。

(3) **硝酸態窒素 (NO_3^- -N)** : 図-5 に再現結果を示す。 観測値から NO_3^- -N 濃度は、 3 月から 4 月頃に一時的に減少し、 6 月から 8 月頃にかけて上昇するという季節変動が見られる。 この傾向を物質流出タンクモデルは再現できているが、 他の計算法では再現できていない。 渓流水 NO_3^- -N 濃度の推定に関しては土壌内の物質収支を考慮したモデルが必要不可欠であると考えられる。

4. 3つのモデルによる流出負荷量の算定結果 :

白川谷森林試験流域における流出負荷量を3つの手法で計算した結果を表-1 に示す。 Cl^- はタンクモデル C-Q 法とタンクモデル濃度係数法による算定値がほぼ同じ値を示したが、 物質流出タンクモデルによる算定値は、 他の2手法と比べて3倍近い値となった。 これは、 渓流水濃度の計算値が図-3 のように、 他の2手法に比べ過大に再現されたことが原因と考えられる。 SO_4^{2-} の算定値は手法の違いによる大きな差が見られなかった。 NO_3^- -N は1年間の渓流水濃度の季節変動を再現できた物質流出タンクモデルの算定値に比べて、 タンクモデル C-Q 法とタンクモデル濃度係数法は約3倍の差が生じた。

5. **まとめ** : 本研究では、 異なる3つの溶質流出モデルを用いて、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- -N の再現によりそれぞれについて最適なモデルについての要件を検討した。 その結果、 渓流水濃度について大きな季節変化の見られなかった Cl^- と SO_4^{2-} については計算が最も簡単な「タンクモデル C-Q 法」で十分な再現性が得られたが、 土壌内微生物や植生による吸収など生物学的作用を受けて、 渓流水濃度に顕著な季節変化を表す NO_3^- -N は土壌内での物質収支を組み込んだ「物質流出タンクモデル」でなければ適切な再現を行えないことが分かった。 また生物学的作用を強く受けにくい Cl^- と SO_4^{2-} の検討から、 良好な渓流水濃度を得るための基本要件は雨水流出高の再現性であり、 これを実現できる雨水流出モデルを基礎としたモデリングが必要不可欠であることが分かった。

参考文献 : 1) 田村・端野・岡田, 森林流域からの硝酸態窒素流出量の算定に関する3つの溶質流出モデルの比較検討, 土木学会水工学論文集, 49, pp. 115-120, 2005.

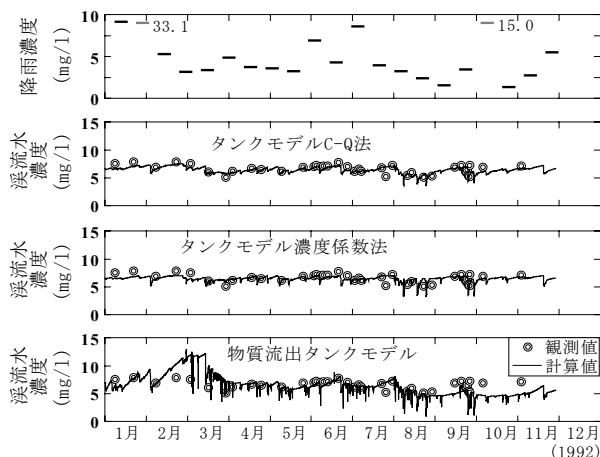


図-4 渓流水 SO_4^{2-} 濃度再現結果

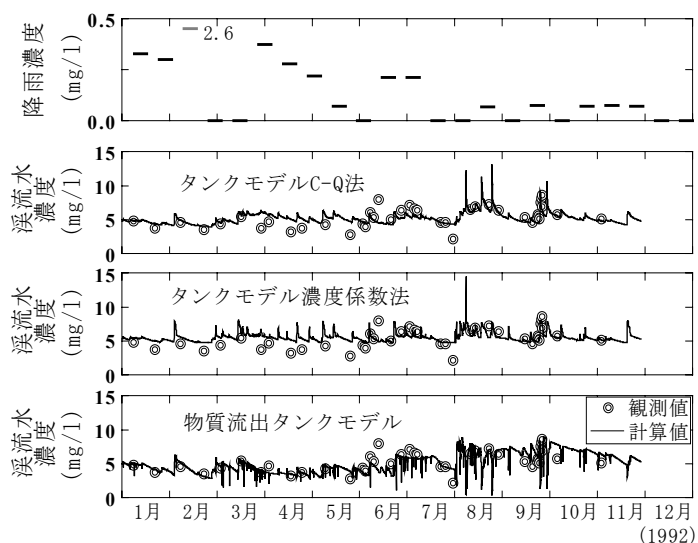


図-5 渓流水 NO_3^- -N 濃度再現結果

表-1 年間総流出負荷量 (kg/ha/year)

対象溶質	降雨負荷量	流出負荷量	
Cl^-	115.1	タンクモデル C-Q 法	53.4
		タンクモデル濃度係数法	52.2
		物質流出タンクモデル	144.6
SO_4^{2-}	110.7	タンクモデル C-Q 法	129.2
		タンクモデル濃度係数法	130.7
		物質流出タンクモデル	123.5
NO_3^- -N	2.0	タンクモデル C-Q 法	9.1
		タンクモデル濃度係数法	8.7
		物質流出タンクモデル	3.1