

Ⅱ-24 改良型硝酸態窒素流出モデルによる渓流水濃度変化の再現性の向上

香 川 県 正会員 ○小西 敏雄 徳島大学工学部 正会員 吉田 弘
高 松 高 専 正会員 田村 隆雄 徳島大学工学部 フェロー 端野 道夫

1. はじめに 物質を一時的に土壌中に蓄えたり各種ミネラル成分を徐々に供給する森林の水質浄化・調節機能の定量評価を行うためには、硝酸態窒素の流出量を予測可能な方法論の開発が必要である。本研究グループでは、土壌間隙水に含まれ雨水流動にともなって移動する溶存態物質と土粒子吸着水に含まれ雨水流動によっては移動しない吸着態物質の間でおこる溶質交換のような物理化学的過程や、土壌内微生物による硝化や植生による吸収のような生物化学的過程について定式化を行い、森林流域からの硝酸態窒素流出機構について数理モデル化を行ってきた。渓流水の硝酸態窒素濃度については比較的精度よく再現できるまでになったが、異なる深さの土壌水濃度に対応すると考えられる各タンク内の濃度が定性的にすら再現できていないという問題が残った。そこで、タンク内部の物質の動きにまで踏み込んでモデルの再検討を行うことと、物理化学的、生物化学的素過程について見直しを行うことによってモデルの改良を行った。

2. モデルの改良点 既存のモデル¹⁾は、すべての流出孔から物質が流出する構造となっていた。また、表層タンク内の各タンクにおいて硝化と溶質交換の両方が、地下水タンクにおいて溶質交換が考慮されていた。既存のモデルでは、各タンクの濃度が的確に再現できていないということと、地下水タンクに本来おこることはないと考えられる溶質交換が考慮されているという二点の問題があった。白川谷森林試験流域における一降雨の観測結果²⁾を見ると、モデルの1次土壌水分タンクに概ね対応すると考えられる土壌深度20cmで急激な土壌水の濃度上昇が見られることから、1次土壌水分タンクで溶質交換を取り除き、硝化によって速やかに溶存態の硝酸態窒素が生産されるようにした。

そして、2次土壌水分タンクに対応すると考えられる土壌深度30cm以深では、雨水の浸透による硝酸態窒素濃度の増加があまり見られないことから、2次土壌水分タンクは物質の移動過程から切り離された。地下水タンクでは、溶質交換を廃止し、溶存態物質のみが存在するものとした。それにとまって、1次土壌水分タンクから定常的に地下水タンクへ流入する成分については水のみが移動するものとし、新たに渓流への物質の定常流出孔を設定した。また植生による吸収はタンク濃度に蒸散強度を乗じたものとした。以上の改良を施された硝酸態窒素流出モデルは図-1のようになる。物質に関する収支式は以下の式(1)~(4)で表される。

$$\frac{d(C_s S_s)}{dt} = L_R - L_o - L_s - L_{f1} - L_{f2} + L_{ex,s} \quad (1)$$

$$\frac{d\{S_{as}(1-\gamma)D\}}{dt} = -L_{ex,s} + L_{n,s} \quad (2)$$

$$\frac{d(C_x S_x)}{dt} = L_{f1} - L_i - L_j + L_{n,x} \quad (3)$$

$$\frac{d(C_g S_g)}{dt} = L_{f2} + L_j - L_g \quad (4)$$

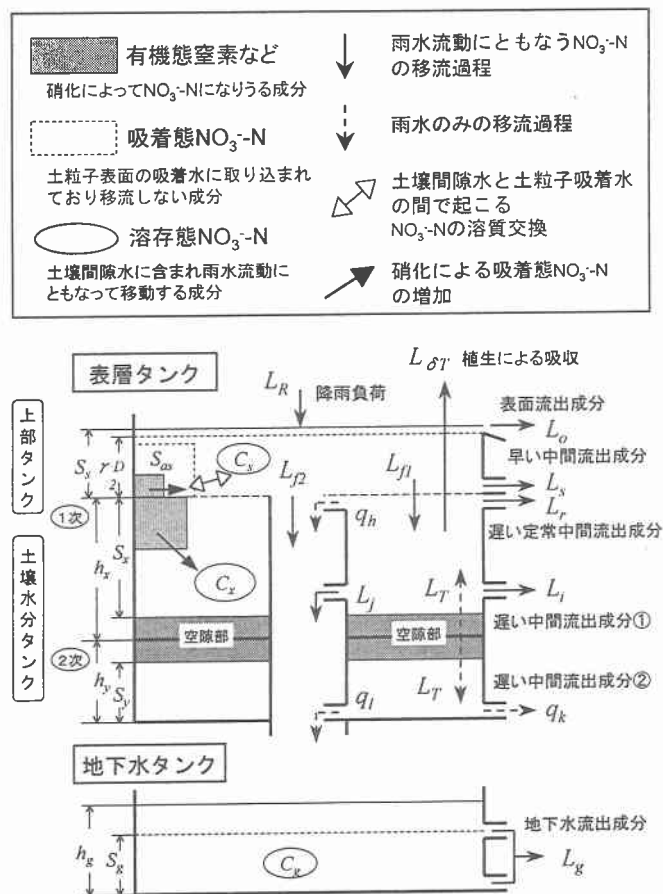


図-1 改良型硝酸態窒素流出モデル

ここで、 t : 時間(hr), L_{ξ} : 各流出負荷量成分 (添字 ξ の意味については図-1 を参照されたい), $L_{\delta T}$: 植生による吸収, $L_{ex,s}$: 上部タンクにおける溶質交換成分, $L_{n,i}$: タンク i における硝化成分, C_s, C_x, C_g : 溶存態物質濃度(mg/mm), S_{as} : 吸着態物質濃度(mg/mm), S_s, S_x, S_g : 貯留水深(mm), γ : 土壌間隙率, D : 表層の土壌層厚(mm)である.

3. 各タンク内濃度の再現結果 既存モデルと改良型モデルによる各タンク内濃度の経時変化を図-2 に示す. 既存モデルでは, 1 次土壌水分タンクの溶存態物質濃度(C_x), 2 次土壌水分タンクの溶存態物質濃度(C_y)ともに上昇するのみで季節による変化は見られなかった. また, 地下水タンクにおいては一見妥当な濃度の変化が見られる. しかし, これは溶質交換によって表層タンクから流入する物質が吸着されて地下水タンクに蓄積されてた結果であるので, 妥当ではない. 改良型モデルでは, 上部タンクの溶存態物質濃度(C_s)が発生した後で, 1 次土壌水分タンクの溶存態物質濃度が上昇しており, 基本的には上のタンクほど溶存態物質が高いというように観測結果を定性的に再現することができた. 地下水タンクについても, 1 次土壌水分タンクからの定常的な水成分の流入 (q_h) と重力水による負荷量成分 (L_j) を考慮したことにより無理なく季節変化の再現を行うことができた.

4. 渓流水硝酸態窒素濃度の再現結果 改良型モデルによる渓流水硝酸態窒素濃度の再現結果を図-3 に示す. モデル構造を変更しても, 渓流水硝酸態窒素濃度の季節変化を再現できていることがわかる.

5. おわりに 既存モデルにおいて, 各タンク内の濃度が再現できていないということが問題であった. これを解決するために, これまでのようにすべての雨水成分の移動にともなって物質が移動するのではなく, 雨水のみの移動成分を取り入れてモデルの改良を行った. その結果, 定性的ながら各タンク内の濃度の再現を行うことができた. 渓流水硝酸態窒素濃度についても, 既存のモデルと改良型硝酸態窒素流出モデルではほぼ同様の再現精度であった. 土壌水濃度の鉛直分布を各タンクにより定性的ながら再現した上で, 渓流水窒素濃度も再現できたことから, モデルを用いた負荷量の定量評価の見通しが立った.

参考文献 1)小西ら: 物質流出タンクモデルを用いた

渓流水硝酸態窒素濃度の季節変化の再現, 土木学会四国支部 第6回 技術研究発表会講演概要集, pp.192-193, 2000. 2) Yoshida ら: FORMATION PROCESS OF STREAMWATER CHEMISTRY IN SMALL FORESTED MOUNTAIN BASIN, Journal of Hydrosience and Hydraulic Engineering, Vol.13, No.2, pp.83-97, 1995.

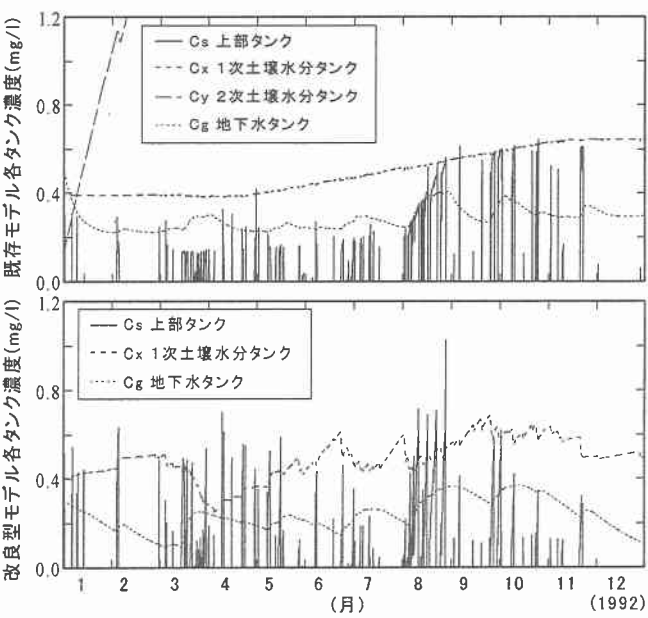


図-2 モデルによる各タンク内濃度の比較

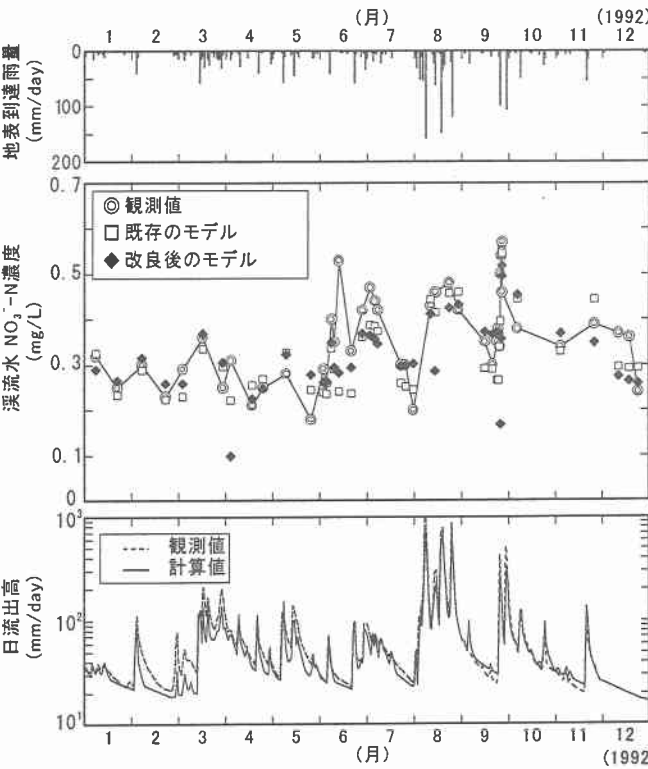


図-3 改良型硝酸態窒素流出モデルによる
渓流水硝酸態窒素濃度の再現結果