

Ⅱ-6 硝化過程を考慮に入れた森林流域からの硝酸態窒素流出機構モデルに関する基礎的検討

徳島大学大学院	学生員	○小西	敏雄
高松高専	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 硝酸態窒素は Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^{+} などの陽イオンの流出現象を支配する物質である。また、土壌中の硝酸態窒素の量は植物の吸収や微生物による硝化、脱窒の影響を受けるので、溪流水の硝酸態窒素濃度には季節変化が生ずる。その中でも、土壌中での硝酸態窒素濃度の形成過程においては、硝化の影響が大きいと考えられる。よって、本報告では特に硝化のモデル化を行い、溪流水の硝酸態窒素濃度の季節変化についてモデルによる再現を試みた。

2. モデリングの方針 硝化に関する土壌内微生物の活動には地温と土壌水分が影響を与えている¹⁾が、特に地温の影響が大きいと考えられる。ところが地温の観測事例は少なく地温データを硝化モデルに直接利用することは難しい。そこで、まず容易に観測できデータの蓄積も進んでいる気温データから地温を推定する地温モデルを構築し、硝化モデルに適用して、物質流出タンクモデル²⁾に組み込んだ。

3. 地温モデル 気温データを用いて日平均地温の季節変化を再現するために、土壌中での熱伝導を考慮に入れて大まかな年変動を再現した項と、短周期の変動を自己回帰式であらわした項からなる地温モデル（式(1)）を考案した。自己回帰式には当日から5日前まで、6項の気温残差を用いた。

$$\theta_g = \overline{\theta_g} + A_a e^{-\alpha} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + P_a - \alpha\right) + \beta_\varepsilon \sum_{n=0}^5 \varepsilon_a (i - n \cdot \Delta T) \quad (1)$$

ここで、 θ_g : 日平均地温 (°C), $\overline{\theta_g}$: 年平均地温 (°C), A_a : 気温の振幅 (deg), P_a : 気温の位相 (rad), T : 周期 (1/rad), $\varepsilon_a(t)$: 気温残差 (°C), α : 温度伝播率, β_e : 残差補正係数, i : 1月1日を基準としたときの経過日数(日), n : 次数, ΔT : 計算時間単位(1日)である.

4. 物質流出タンクモデル 本研究で用いた物質流出タンクモデルを図-1に示す。モデルは深さ方向で異なる透水係数の違いを考慮して4つのタンクからなる。各タンクには土壌間隙水に含まれ直接流出する溶存態物質と、密な土粒子骨格に取り込まれて直接流出しない吸着態物質の2つを設けている。モデルでは、微生物による硝化、溶存態物質と吸着態物質の間でおこる溶質交換、浸透降下と側方移動を表現した移流をそれぞれ定式化して取り入れた。各タンクの硝化量、溶質交換量、移流量は以下に示す式(2)~式(4)で表される。

$$L_{n\xi} = \alpha_{\xi} \exp\{\beta_{\xi}(\theta - \theta_0)\} \quad (2)$$

$$L_{ex\xi} = v_{\xi}(k_{\xi} \cdot S_{a\xi} - C_{\xi}) \quad (3)$$

$$L_{q\xi} = C_{\xi} \cdot q_{\eta} \quad \text{or} \quad L_{q\xi} = C_{\xi} \cdot f_{\eta} \quad (4)$$

ここで、 $L_{q\xi}$ ：移流量(mm/hr)， $L_{ex\xi}$ ：溶質交換量(mm/hr)， $L_{n\xi}$ ：硝化量(mm/hr)， C_{ξ} ：溶存態物質濃度(mg/mm)， $S_{a\xi}$ ：吸着態物質濃度(mg/mm)， q_{ξ} ：雨水移流成分(mm/hr)， k_{ξ} ：溶質交換係数， γ

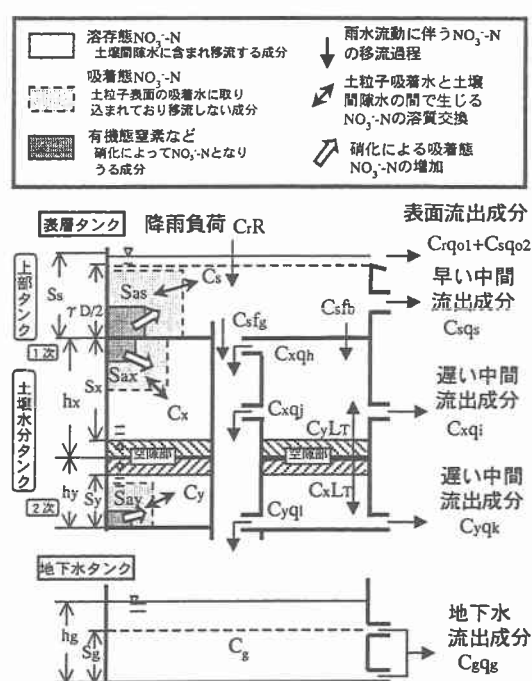


図-1 物質流出タンクモデル

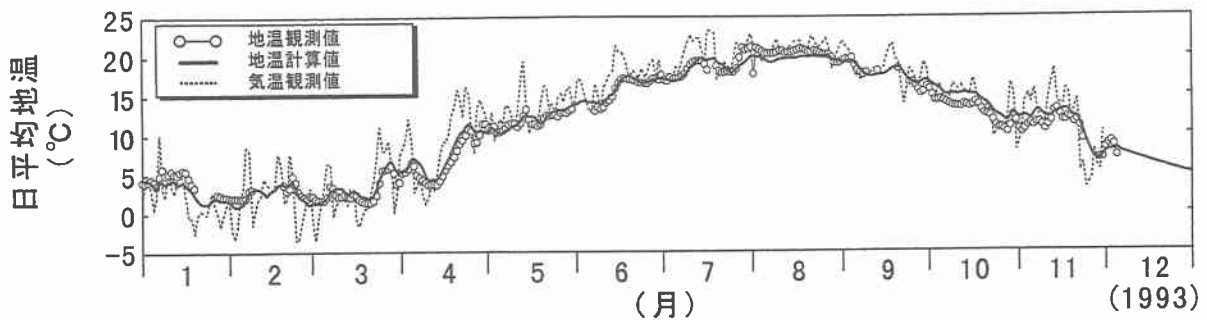


図-2 地温計算結果(1993年)

β_s : 温度係数($^{\circ}\text{C}$), θ : 日平均温度($^{\circ}\text{C}$), θ_0 : 閾値($^{\circ}\text{C}$), ξ (=s,x,y,g) : タンクを表す添字, η (=o,s,h,i,j,k,l,g) : 流出成分を表す添字である.

4. 地温モデルによる再現結果 徳島県白川谷森林試験流域で得られた 1993 年の気温と地温の観測資料に地温モデルを適用した結果を図-2に示す. 地温モデルは1年を通してほぼ正確に観測値を再現できていることがわかる.

5. タンクモデルによる硝酸態窒素の流出解析結果 実測気温とモデルによる計算地温の2通りで硝化量を計算し, 渓流水の硝酸態窒素濃度の再現性を比較検討した結果を図-3に示す. 地温が低く硝化が不活発であると考えられる1月~5月にかけてはモデル間の差異はほとんど認められないが, 6月では地温を用いた場合, 7月では気温を用いた場合の再現性がよい. 8月~12月にかけては地温を用いた方が気温を用いるよりも再現性は良好である. したがって, わずかではあるが地温を用いることで気温を用いるより良い再現結果を得ることができる. 両者に有意な差が認められなかった理由として, 白川谷の土壌層厚が薄く気温と地温に位相差がでなかったことが挙げられる. また, 4月~5月の過大評価については, 成長期の植物による窒素の吸収の影響が, 6月~7月の過小評価については, 梅雨期における硝化菌の活動に対する土壌水分環境の影響がそれぞれ考えられる.

5. おわりに 渓流水の硝酸態窒素濃度の再現性は気温を用いた硝化モデルと比べて地温を用いた硝化モデルの場合に若干ながら改善される. ここで, 土壌層厚の薄い白川谷森林試験流域では硝化モデルに直接地温を用いても事実上問題はないが, 関東以北のように土壌層厚が厚い地域では地温モデルの導入がより有効であると考えられる. 今後は, 梅雨期の再現性を向上させるために, 土壌水分量を考慮に入れた硝化モデルを構築する予定である.

参考文献 1)田村ら: 気温と土壌水分量の変化にともなう渓流水硝酸態窒素濃度の季節変化について, 土木学会 51 回年次学術講演会講演概要集第 7 部, 2)田村ら: 硝化を考慮した森林土壌からの硝酸態窒素流出過程の数値モデル化に関する基礎的検討, 水工学論文集, 第 42 巻

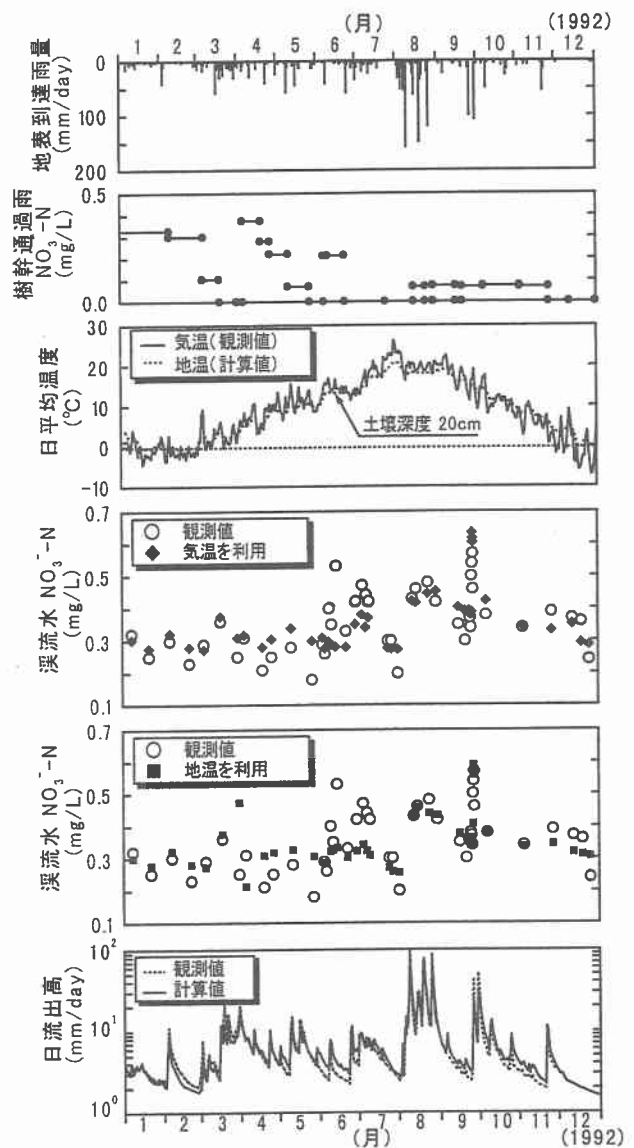


図-3 物質流出タンクモデル計算結果(1992年)