

徳島大学大学院 学生員 ○小西 敏雄 徳島大学工学部 フェロー 端野 道夫
高松高専 正員 田村 隆雄 (株) エース 中尾 隼人

1.はじめに 本研究グループは森林土壌からの硝酸態窒素流出機構の数値モデル化を進めてきた。昨年度は、地温による硝化サブモデルと土粒子構造と土壌間隙水の間に生じる溶質交換サブモデル、そして溶存態物質の移流過程を表した移流サブモデルを内蔵した物質流出タンクモデルを現地観測データに適用して渓流水濃度の季節変化を再現した。しかし、植生が成長しはじめる春期と、温度とともに土壌水分も増加する梅雨期の再現性が悪かった。そこで、今回は硝化サブモデルを土壌水分量も考慮したものに改良するとともに、植生による吸収のサブモデルを新たに構築して物質流出タンクモデルに組み込んだ。

2.1.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¹⁾の構造を図-1に示す。モデルは、土壌間隙率、浸透能、微生物活性の異なる複数の土壌層を表現する4つのタンクからなっている。各タンクでは、土粒子構造に取り込まれて流動しにくい吸着態物質と、間隙水に含まれ雨水流動に敏感に反応して流出する溶存態物質を設けている。そして、この2つの物質態の間に生じる溶質交換過程、溶存態物質の移流過程、硝化過程、および植生による吸収過程をそれぞれ定式化して組み込んだ。

2.2.溶質交換サブモデル 溶存態物質と吸着態物質の間でおこる溶質交換を表す式を以下に示す。

$$L_{ex\xi} = v_{\xi} (k_{\xi} \cdot S_{a\xi} - C_{\xi}) \quad (1)$$

$L_{ex\xi}$: 溶質交換量 (mg/hr), C_{ξ} : 溶存態物質濃度 (mg/mm), $S_{a\xi}$: 吸着態物質濃度 (mg/mm), k_{ξ} : 溶質交換係数, v_{ξ} : 溶質交換速度係数 (/hr), ξ (=s, x, y, g) : タンクを表す添字である。

2.3.移流サブモデル 雨水流動に伴って移動する硝酸態窒素を以下の式によって表す。

$$L_{q\xi} = C_{\xi} \cdot q_{\eta} \quad \text{or} \quad L_{q\xi} = C_{\xi} \cdot f_{\zeta} \quad (2)$$

$L_{q\xi}$: 移流量 (mg/hr), C_{ξ} : 溶存態物質濃度 (mg/mm), q_{η} : 流出成分 (mm/hr), f_{ζ} : 浸透強度 (mm/hr), 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, ζ (=f, b) : 浸透成分を表す添え字である。

2.4.硝化サブモデル 硝化菌の活動は主として温度と土壌水分による。よって、硝化量は別途計算した地温とタンク内の土壌水分飽和度を説明変数とした指数関数とし、以下に示す。

$$L_{n\xi} = \alpha_{\xi} \exp \{ \beta_{\xi} (\theta - \theta_{0\xi}) + \gamma_{\xi} (S_{\xi} / h_{\xi} - \phi_{\xi}) \} \quad (3)$$

$L_{n\xi}$: 硝化量 (mg/hr), α_{ξ} : 硝化速度係数 (mg/hr), β_{ξ} : 温度係数 ($^{\circ}\text{C}$), θ : 日平均地温 ($^{\circ}\text{C}$), θ_0 : 地温閾値 ($^{\circ}\text{C}$), γ_{ξ} : 土壌水分係数, S_{ξ} : 貯留水深 (mm), h_{ξ} : 土壌層圧 (mm), ϕ_{ξ} : 土壌水分閾値, ξ (=s, x, y, g) : タンクを表す添字である。

2.5.植生による吸収サブモデル 植生による吸収は蒸散量に比例すると考え、蒸散がおこる1次土壌水分タンクの溶存態物質収支式に組み入れる。地温のみから硝化量を算定した以前のモデルでは春期の渓流水硝酸

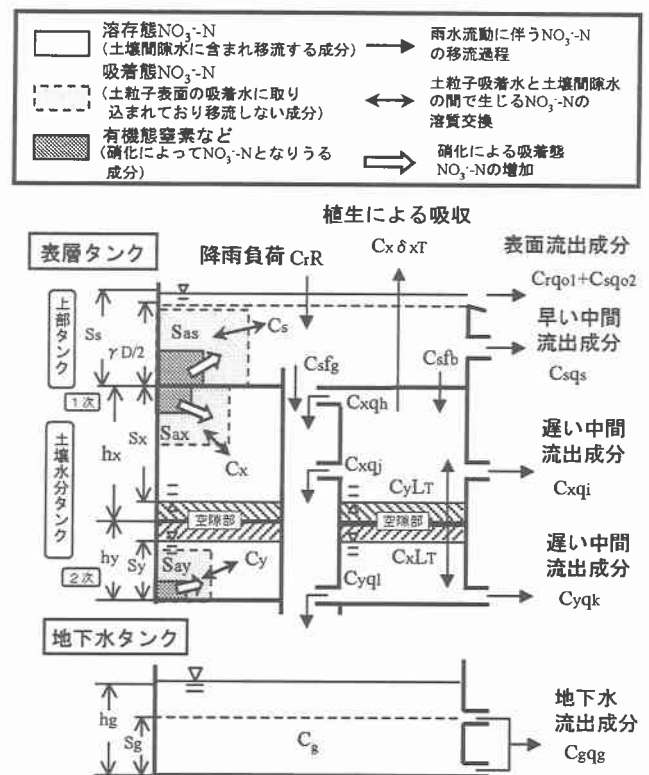


図-1 物質流出タンクモデル

態窒素濃度を過大評価していたことから、特に春期に吸収の影響が大きくなると考え、気温が10℃以上になると気温の二乗に反比例する形で吸収の強度を定める係数を乗じた。植生による吸収のモデルを以下に示す。

$$\begin{cases} L = C_x \cdot T \cdot \delta_x \cdot (10/\theta_a)^2 & (\theta_a \geq 10^\circ\text{C}) \\ L = 0 & (\theta_a < 10^\circ\text{C}) \end{cases}$$

(4)

L：植生による吸収量(mg/hr)，T：吸収強度(mm/hr)， δ_x ：吸収係数， θ_a ：日平均気温(℃)

2.6.物質収支式 以上の式からなる物質収支式を，1次土壌水分タンクを例にとって以下に示す。詳細については参考文献1)を参照されたい。

$$d(C_x S_x)/dt = L_{q\bar{x}} + L_{ex\bar{x}} - L$$

(5)

$$d\{S_{ax} h_x (1-f_x)/f_x\}/dt = -L_{ex\bar{x}} + L_{n\bar{x}}$$

(6)

3. 渓流水濃度の再現結果

徳島県白川谷森林試験流域で得られた1992年の観測データに物質流出タンクモデルを適用した結果を図-2に示す。渓流水硝酸態窒素濃度の図で，物質流出タンクモデルに従来の硝化モデルを組み込んだものをモデル1，地温と土壌水分飽和度から硝化量を算定する新しい硝化モデルと植生による吸収モデルを組み込んだものをモデル2として，渓流水硝酸態窒素濃度の観測値と比較する。硝酸態窒素濃度の計算値は，1月～5月の期間においてモデル2の再現性が向上している。特に，4月，5月は植生による吸収をモデル化して組み込んだ効果が現れている。また，6月後半部分の濃度上昇も再現できている。しかし，6月中旬，9月後半部分は若干過小評価気味の結果となっている。これらのことから全体としてはモデル2を用いることによって渓流水硝酸態窒素濃度の季節変化を再現できたと考える。

4. おわりに 渓流水硝酸態窒素濃度の季節変化を再現するにあたって，硝化に地温のみを考慮したモデルとくらべ，硝化に地温，土壌水分を考慮し，植生による吸収を加えたモデルを用いることによって季節変化が再現でき，これまでのモデルより春期の再現性を向上させることができた。しかし，渓流水硝酸態窒素濃度を左右する流出高の計算値の再現性，硝化量に関わる硝化モデルが指数型でよいかどうか，パラメータ値について考慮する余地が残されている。今後は，土壌特性や植生が異なる流域に適用し，モデルの妥当性を検討する必要がある。

参考文献 1)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理モデル化に関する基礎的検討，水工学論文集，第42巻，pp.229～234，1998

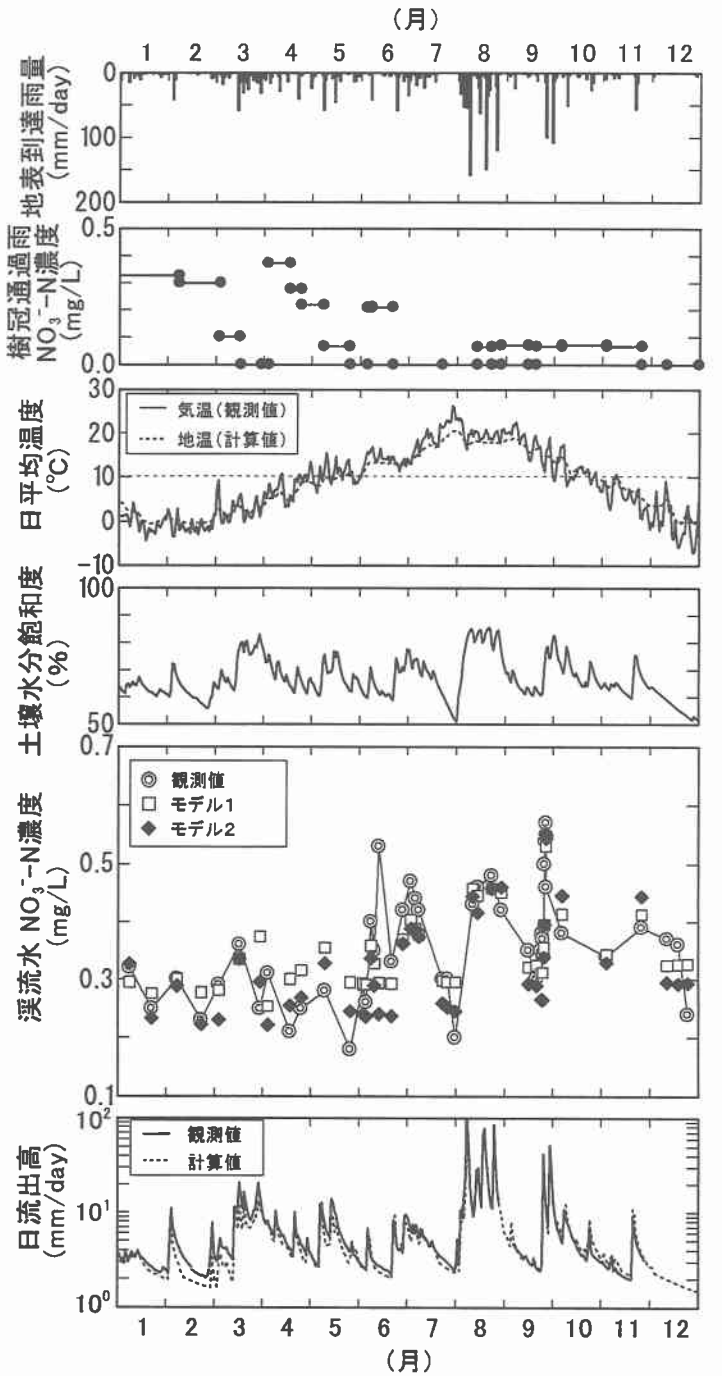


図-2 物質流出タンクモデル計算結果 (1992年)