

## II-20 山地森林流域からの SS 及び SiO<sub>2</sub> の流出機構と流出量の評価

徳島大学大学院 学生員 ○高橋 純也  
徳島大学工学部 フェロー 端野 道夫

徳島大学工学部 正員 田村 隆雄  
大倉建設(株) 中尾 貞治

1. はじめに 山地森林流域から供給される SiO<sub>2</sub> (珪酸) と SS (浮遊粒子状物質) が下流域や沿岸の生態系の保全に貢献しているという指摘がある. しかしこれらの流出機構をモデルで評価した事例は少ない. 本研究では短期間に山地から多量の負荷量が流出する洪水時における SiO<sub>2</sub> と SS の流出機構を物質流出タンクモデル<sup>1)</sup>を用いて検討する.

2. 物質流出タンクモデルの概要 物質流出タンクモデルの構造を図-1 に示す. モデルは表層土壌 (土壌 A 層, B 層) を表した表層タンクと, 地下水層を表した地下水タンクで構成される. そして各タンクの水収支と物質収支を計算して, 雨水成分量 (図中の  $f_g, q_o, q_s$  等) と物質濃度 ( $C_s, C_x$  等) を計算し, 渓流水濃度を算定する. SiO<sub>2</sub> は流出起源が鉱物であることから, 鉱物からの溶出過程と, 雨水流動にともなう移流過程の 2 つを考慮して物質収支式を構築した (式-1(a)~(d),  $L_{E,x}$  と  $L_{E,g}$  が鉱物からの溶出項). 溶出量は土壌中での雨水滞留時間が長いほど大きくなると考え, タンクの貯留水深に反比例する形で定式化している (講演時に詳細を説明する). 一方 SS の流出起源は土壌表層の土砂や落葉が細分化されたもので粒子径が大きく, 表層土壌から土壌深層への移動はほとんど無いと考え, 物質収支式は構築せずに表層タンクから発生する表面流出成分と早い中間流出成分に濃度係数を乗じる形で流出負荷量を直接算出する負荷量算定式を構築した (式-2(e)~(g),  $a, b$  が SS 濃度に関する係数).

3. 渓流水濃度の再現 徳島県白川谷森林試験流域 (流域面積 0.23km<sup>2</sup>, スギ人工樹林) で得られた 1992 年 9 月 24 日~26 日 (平成 4 年台風 19 号) における水文・水質観測資料にモデルを適用した結果を図-2 に示す. 図は上から順にハイエトグラフ, SiO<sub>2</sub> 濃度, SS 濃度, ハイドログラフであり, 観測値と計算値を比較したものである. まず SiO<sub>2</sub> 濃度の計算値をみると, 25 日 12 時~20 時において観測値より大幅に小

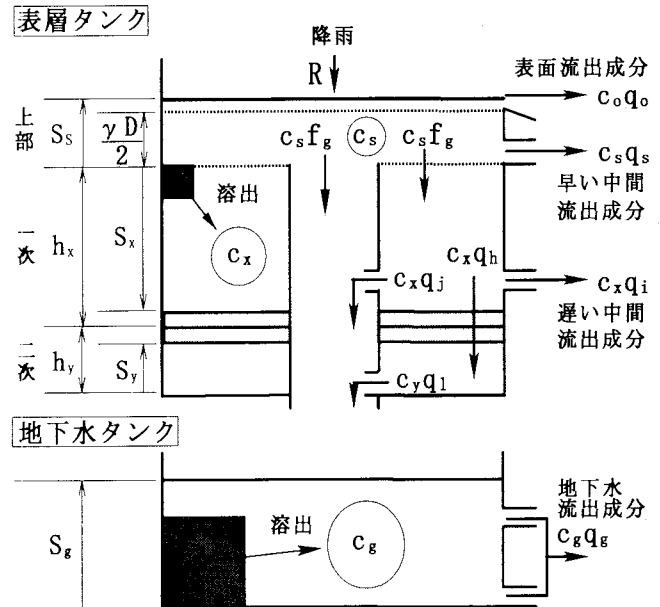


図-1 物質流出タンクモデル

$$\text{上部タンク: } \frac{d(C_s S_s)}{dt} = -L_o - L_s - L_{fb} - L_{fg} \quad (\text{a})$$

$$\text{1次土壌水分タンク: } \frac{d(C_x S_x)}{dt} = L_{E,x} + L_{fb} - L_i - L_h - L_j \quad (\text{b})$$

$$\text{2次土壌水分タンク: } \frac{d(C_y S_y)}{dt} = L_h - L_l \quad (\text{c})$$

$$\text{地下水タンク: } \frac{d(C_g S_g)}{dt} = L_{E,g} + L_{fg} + L_j + L_l - L_g \quad (\text{d})$$

式-1 SiO<sub>2</sub> の物質収支式

上部タンク

$$L = \begin{cases} a \left( \frac{S_s}{\gamma D/2} \right)^b \cdot q_o + a \left( \frac{S_s}{\gamma D/2} \right)^b \cdot q_s & (S_s \geq \gamma D/2) \quad (\text{e}) \\ a \left( \frac{S_s}{\gamma D/2} \right)^b \cdot q_s & (0 < S_s < \gamma D/2) \quad (\text{f}) \\ 0 & (S_s = 0) \quad (\text{g}) \end{cases}$$

式-2 SS の負荷量算定式

さくなくなった。この原因はハイドログラフの表面流出成分の再現性にやや難があるためと考える。具体的には、表面流出成分量の計算値が観測値より大きいいため、 $\text{SiO}_2$ の濃度が希釈されたと考える。次に濃度変化と流量変化を照らし合わせて見てみると、遅い中間流出の発生に伴って徐々に濃度が低くなり、早い中間流出が発生すると濃度は急激に下がっている。次にSSの濃度再現性は高い。表面流出成分の増加とともに濃度が高くなっていることから、表面流出成分がSSの搬送主体であることが分かる。

**4. 物質流出負荷量の算定** 表-1に期間中の $\text{SiO}_2$ 及びSSの流出負荷量を示し、表-2に各流出成分の流出負荷量と流出負荷量全体に占める割合を示す。

$\text{SiO}_2$ は観測値と計算値との間に0.24kg/haの差が見られ、相対誤差は7%であった。 $\text{SiO}_2$ はその流出起源から推定されるように、地下水流出成分と遅い中間流出成分に含まれて流出する負荷量が全体の過半数(56%)を示しているが、流出成分の中では早い中間流出成分の役割が39%で最も大きいことがわかる。つまり平時の $\text{SiO}_2$ の搬送主体は深層から発生する地下水流出成分や遅い中間流出成分であるが、出水時においては土壌表層部から発生する流出成分の影響を強く受けることが分かる。一方、SSは観測値と計算値との間に4.29kg/haの差が見られ、相対誤差は18%であった。 $\text{SiO}_2$ の相対誤差に比べると大きな値を示しているが、原因はハイドログラフにおけるピーク流量付近の再現性不良にある。図-2ではわかりにくいですが、流量ピークの1時間後の観測値と計算値の流出高を比較すると、前者は8.4mm/hr、後者は5.0mm/hrであり、3.4mm/hrもの差がある。SSは $\text{SiO}_2$ と異なり表面流出成分が搬送主体であるので、負荷量の算定にあたっては表面流出成分が卓越する流量ピーク付近のハイドログラフ再現性の影響を強く受けてしまう。

**5. おわりに** 洪水時の $\text{SiO}_2$ とSSの渓流水濃度の再現と流出負荷量の検討を行い、物質流出タンクモデルを用いた濃度の推定、流出負荷量の算定、及び流出機構の評価が可能であることが分かった。今後は $\text{SiO}_2$ とSS流出量の長期解析を行い、下流域への影響評価に結びつけたいと考えている。

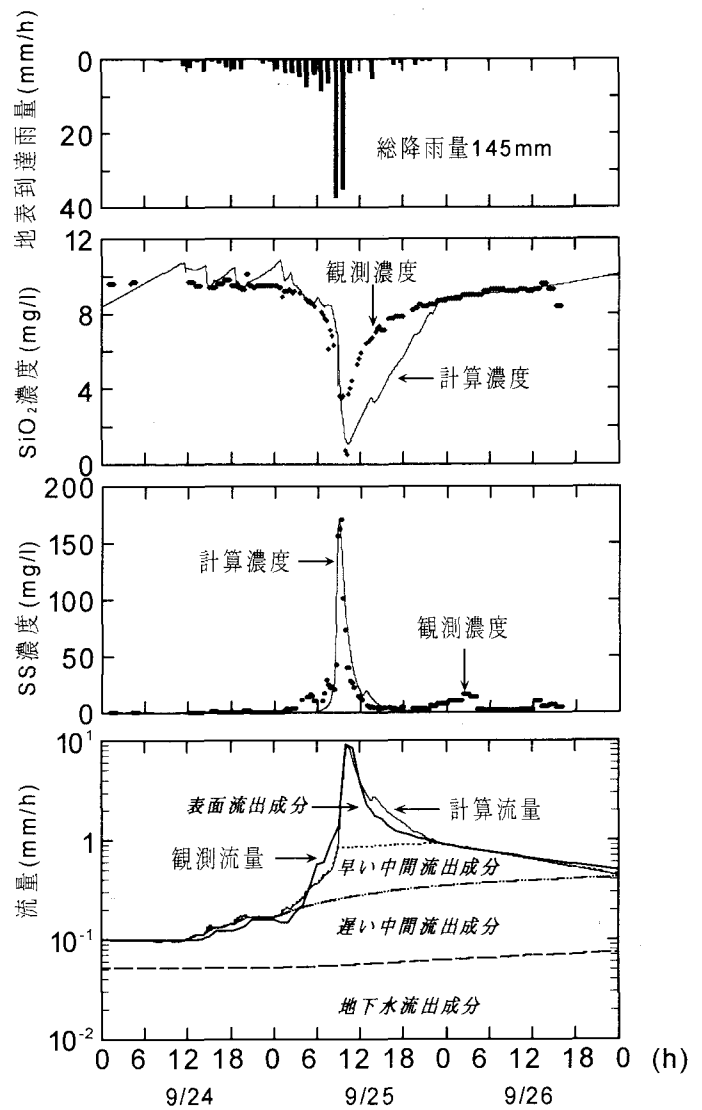


図-2 モデルによる再現結果

表-1 流出負荷量の精度

	$\text{SiO}_2$	SS
観測値	3.56	28.00
計算値	3.80	23.08
誤差	0.24	-4.92

単位: kg/ha

表-2 流出成分別負荷量とその割合

	$\text{SiO}_2$	SS
表面流出成分	0.16 (5%)	22.66 (98%)
早い中間流出成分	1.31 (39%)	0.42 (2%)
遅い中間流出成分	0.83 (25%)	0.00 (0%)
地下水流出成分	1.02 (31%)	0.00 (0%)
計	3.32 (100%)	23.08 (100%)

単位: kg/ha

**参考文献** 1) 吉田弘・田村隆雄・端野道夫, 森林流域における物質流出機構の数値モデル化に関する基礎的検討, 水工学論文集, 39, pp. 1-6, 1995.