

短期洪水イベントにおける地質条件の差異がカルシウムイオン及び硝酸の流出機構に与える影響の比較検討

徳島大学大学院 学生員 渡辺 康之
徳島大学大学院 正員 田村 隆雄

1.はじめに：近年,流域生態系の保全という観点において,森林から流出する微量物質に注目が集まっている。しかし現状では,例えば地質条件の差異が物質流出機構に与える影響のような事についてよく分かっていない。これを議論するには,その他の森林条件,例えば植生や気候などの条件がほぼ等しい複数の流域を対象にした水質観測が必要となる。そこで本研究では,植生条件,降雨条件がほぼ等しく,地質条件のみが異なる2つの森林流域の水質調査と物質流出機構の評価を行う。具体的には,図-1に示す砂岩・泥岩からなる香川県東かがわ市の西谷流域,花崗岩からなる香川県さぬき市の長尾谷流域を対象に2007年台風4号で発生した降雨イベントの渓流水質観測を実施し,物質流出タンクモデルを適用し,渓流水濃度の再現を行い,パラメータ同定値を比較することで,地質の差異が物質流出機構に与える影響について定量的な検討を試みる。対象物質はカルシウムイオン(Ca^{2+}),硝酸(NO_3^-)である。

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概要を図-2に示す。このモデルは,上部タンクと地下水タンクからなり,土壌内の溶質の移流過程,生物学的作用(硝化や吸収),土粒子表面の吸着水と土壌間隙水との溶質交換過程(風化溶出も含む)という溶質流出に関する3つの素過程を表現している¹⁾。

3.渓流水濃度の再現結果：渓流水濃度の再現結果を図-3に示す。(1) Ca^{2+} :西谷流域と長尾谷流域の両流域において,モデル計算で観測値の傾向を良好に再現できた。西谷流域に比べ,長尾谷流域のピーク流出高は1.8倍程度大きい。出水時の渓流水濃度の減少は同程度となった。出水に伴い濃度が減少し,出水後には回復したことから, Ca^{2+} は主に基岩層に起源があり,鉱物からの風化溶出により系外に流出していると考えられる。(2) NO_3^- :西谷流域と長尾谷流域の両流域において,モデル計算で観測値の傾向を良好に再現できた。両流域において,出水後に濃度が減少したことから,地下水の NO_3^- 濃度は低いと考えられる。なお,阿讃山地の渓流水 NO_3^- 濃度は,総じて高い傾向にある。

4.パラメータ同定値の比較：物質流出タンクモデルにおける土粒子吸着水・土壌間隙水の交換量を式(1)に示し,地下水タンクの風化溶出成分量を式(2)に示す。 Ca^{2+} , NO_3^- の溶質交換及び風化溶出過程に関わるパラメータ同定値を表-1に示す。パラメータ $s_s, k_s, E_g \times h_g$ について比較検討する。 s_s は,貯留水深の増減で生じる土粒子吸着水から土壌間隙水への溶出のしやすさを表し, k_s は,土粒子吸着水と土壌間隙水の濃度勾配で生じる溶出の

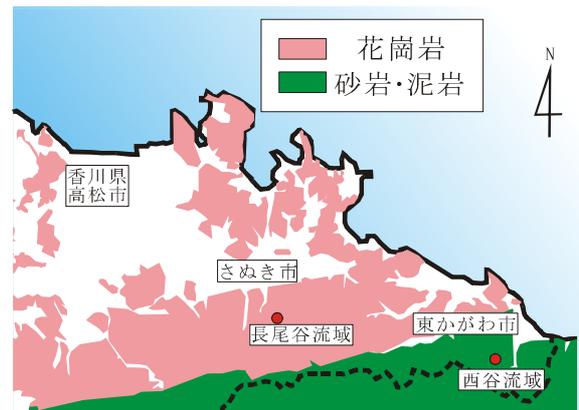


図-1 対象流域

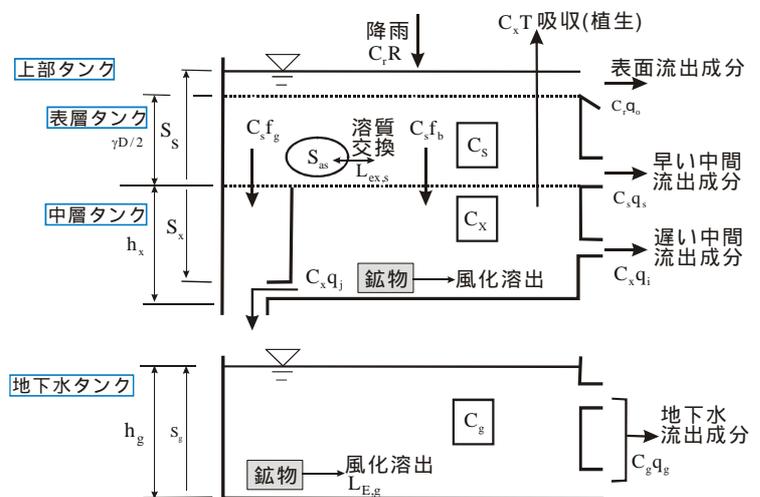


図-2 物質流出タンクモデルの概要

キーワード 物質流出タンクモデル,山地森林流域,短期洪水イベント,カルシウムイオン,硝酸

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 田村隆雄 TEL088-656-9407

しやすさを表す.

$$L_{ex,s} = \begin{cases} (k_s \cdot S_{as} - C_s) \cdot (\gamma \cdot D / 2)^{v_s} & (S_s > \gamma \cdot D / 2) \\ (k_s \cdot S_{as} - C_s) \cdot S_s^{v_s} & (\gamma \cdot D / 2 \geq S_s > 0) \\ 0 & (S_s = 0) \end{cases} \quad (1)$$

ここで, $L_{ex,s}$:表層タンクの土粒子吸着水・土壌間隙水の交換強度(mg/hr), k_s :交換濃度係数, S_{as} :表層タンク土粒子吸着水濃度(mg/mm), C_s :表層タンクの土壌間隙水濃度(mg/mm), γ :表層タンクの土壌間隙率, D :表層タンクの層厚(mm), v_s :交換強度係数, S_s :表層タンクの貯留水深(mm)である.

$$L_{E,g} = E_g / (S_g / h_g) \quad (2)$$

ここで, $L_{E,g}$:地下水タンクからの風化溶出負荷量(mg/hr), E_g :地下水タンクにおける溶出負荷係数(mg/hr), S_g :地下水タンク貯留高(mm), h_g :地下水タンク内の飽和容量(mm)である. 西谷は $h_g = 7.5$ mm, 長尾谷は $h_g = 46.0$ mm である.

(1) Ca^{2+} : s を比較すると, 表層タンクは表層土壌を想定しているの, 岩石由来の Ca^{2+} 溶出量は少なく流域間の違いはほとんどないと予想されたが, 長尾谷流域の s は西谷流域のそれより約2倍大きくなった. これは, 長尾谷流域の表層付近まで風化花崗岩(まさ)が存在し, Ca^{2+} が多量に流出していることを示唆している. 地下水タンクにおいて, 風化溶出に関わるパラメータである $E_g \times h_g$ を比較すると, 砂岩・泥岩の西谷流域に比べ花崗岩の長尾谷流域の方が大きくなった. このことから, 砂岩・泥岩よりも花崗岩の方が風化しやすいという一般的な知見と一致する. モデルパラメータから, Ca^{2+} は長尾谷流域が西谷流域の約11倍溶出しやすいことが推察された. (2) NO_3^- : NO_3^- は土壌上層部に多く含まれる溶質である. 各流域の s と k_s についてみると, s の方が大きくなった. このことから NO_3^- は, 貯留水深が流出要因で大きな比重を占めていることが分かった. また, 西谷流域と長尾谷流域で大きな違いは見られなかった.

5. 結論: 本研究では, 地質の異なる2つの山地森林流域で洪水時に観測された Ca^{2+} , NO_3^- 濃度をモデルを使って再現し, パラメータを比較することによって地質の差異が物質流出機構に与える影響を考察した. その結果, 西谷流域よりも長尾谷流域の方が, Ca^{2+} を11倍程度供給しやすいと考えられた. しかし, 長尾谷流域の方が西谷流域より雨水が流出しやすいことから, 濃度変化としては顕著な差が現れなかった. NO_3^- については, 西谷流域と長尾谷流域でパラメータ同定値に大きな違いは見られず, 地質の差はほとんど影響しないことが分かった.

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理モデル化に関する基礎的検討, 水工学論文集, 39, pp. 1-6, 1995.

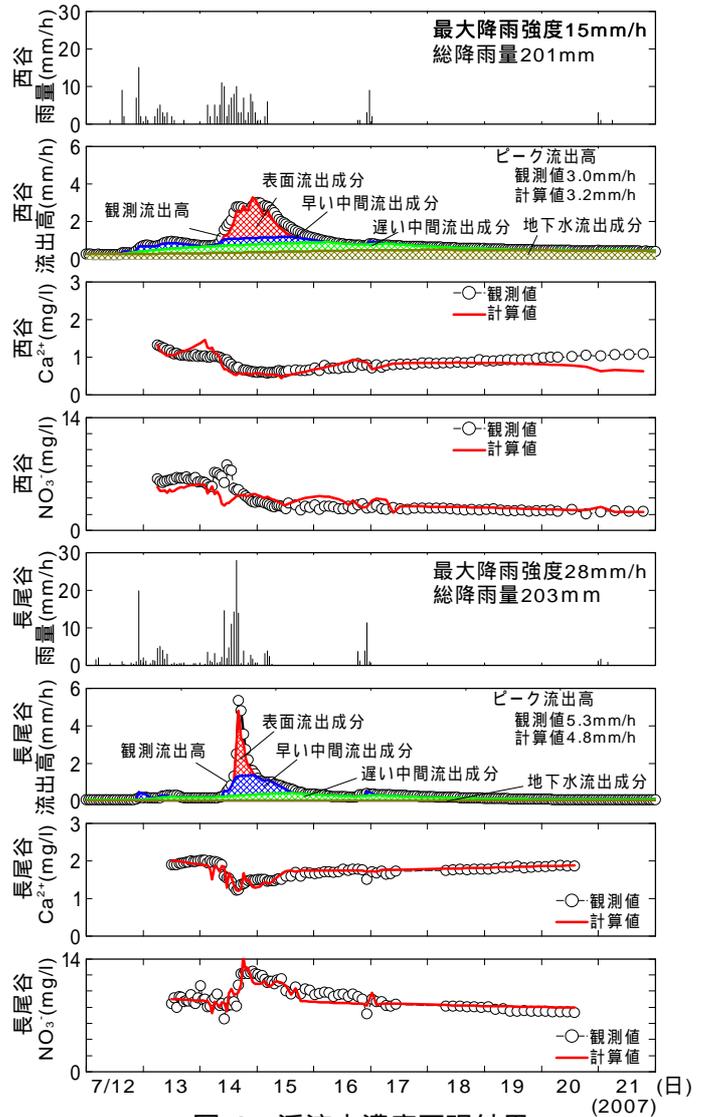


図-3 渓流水濃度再現結果

表-1 溶質交換過程に関わるパラメータ同定値

記号	説明	Ca^{2+}		NO_3^-	
		西谷	長尾谷	西谷	長尾谷
物質濃度初期値(mg/mm)					
$S_{as\ ini}$	表層タンク土粒子吸着水濃度初期値	0	0	205	518
$C_s\ ini$	表層タンク濃度初期値	0.1	1.2	8.8	11.2
$C_x\ ini$	中層タンク濃度初期値	0.4	1.8	2.1	5.0
$C_g\ ini$	地下水タンク濃度初期値	6.4	2.2	8.4	8.1
移流に関わる係数					
s	表層タンク溶質交換強度係数	1.1	2.3	2.1	2.3
k_s	表層タンク溶質交換濃度係数	0.03	0.03	0.03	0.03
E_x	中層タンク溶出負荷係数(mg/hr)	9.3	0.1	0	0
E_g	地下水タンク溶出負荷係数(mg/hr)	0.07	0.12	0	0