

山林からの汚濁負荷流出モデルに関する研究

岡山大学大学院 学生員 ○西 彰一
岡山大学工学部 正 員 河原 長美
滋賀県立短大 正 員 國松 孝男

1. はじめに

わが国の国土は山林の占める面積比率が全国土の約70%と高く、ほとんどの河川は流域に山林を含んでいる。そのため、山林からの汚濁物質の流出を理解することは河川流域の水質管理、ひいては、下流の閉鎖性水域の水質管理上重要であると考えられる。しかし、山林内の生態系における物質の挙動に関する研究は、外部からの供給、林内における循環に重きがおかれており、流出に関してはあまり分かっていない。そこで、本研究では、山林内における物質循環について文献的考察を行い、負荷量は流量に依存して大きく変化すると考え、降雨流出モデル、および全窒素の汚濁負荷流出モデルを作成し、滋賀県油日岳での観測値に基づいて解析を行った。

2. 用いたデータの概要

本研究での対象集水域は、滋賀県南東部、鈴鹿山脈の南端に位置する油日岳の西斜面である。この山は、標高454m、平均斜度22度で、地質は粗粒花崗岩からなっている。調査定点には、量水堰と自記水位計が設置されており、定点までの流出河川の延長は約860m、集水面積は23.8haである。集水域は一部アカマツが混在したスギとヒノキの造林地で、人為的な汚濁負荷発生源はない。本研究で用いたデータは、滋賀県立短大の國松・須戸らが観測した、1989年4月22日～4月27日、1989年8月26日～8月30日、1989年10月15日～10月18日、1990年9月3日～9月4日、1990年10月25日～10月28日の5回の降雨時におけるデータである。

3. 解析方法^{1) 2) 3)}

本研究では、降雨流出を解析するため、4段階タンクモデルを用いた。タンクの特徴としては、1段目タンクでパイプフローを考慮した点と、浸透能を考慮して、1段目から2段目への流出が2段目タンクの水位により影響を受ける構造にした点、および、3段目タンクの浸透孔からの流出を系外への流出とし、側方孔からの流出が4段目のタンクへ流れ込む点が挙げられる。

次に、汚濁負荷流出モデルについては、先の降雨流出モデルを基に、全窒素を対象とし、これを浮遊性物質と溶解性物質とに分けて、浮遊性物質に関しては森林内に存在する有機態窒素の掃流に由来するとし、掃流については流量の指数乗に比例すると考えた。溶解性窒素は無機態窒素と有機態窒素の

表1 汚濁負荷流出のモデル

汚濁負荷流出のモデル式	
運動式： 流出負荷量	浸透負荷量
TANK A : $L_A = C_A(R_{A1} + R_{A2})A + aSQ^b$	TANK A → B : $L_{AB} = C_A(R_{AB})A$
TANK B : $L_B = C_B(R_B)A$	TANK B → C : $L_{BC} = C_B(R_{BC})A$
TANK D : $L_D = C_D(R_D)A$	TANK C → D : $L_{CD} = C_C(R_C)A$
連続式：	
TANK A : $\frac{d(C_A H_A)}{dt} = P_A - C_A(R_{A1} + R_{A2}) - K_s(C_A H_A) + K_s W_A - \frac{L_{AB}}{A}$ $+ \alpha_A \exp(\beta_A T G) W_A - \lambda(C_A H_A) - \mu(1 + \gamma T G)(C_A H_A)$ $\frac{dW_A}{dt} = P_A + K_s(C_A H_A) - K_s W_A - \alpha \exp(\beta T G) W_A - aSQ^b$	
TANK B : $\frac{d(C_B H_B)}{dt} = \frac{L_{AB}}{A} - C_B(R_B) - K_s(C_B H_B) + K_s W_B - \frac{L_{BC}}{A}$ $+ \alpha_B \exp(\beta_B T G) W_B - \lambda(C_B H_B) - \mu(1 + \gamma T G)(C_B H_B)$ $\frac{dW_B}{dt} = K_s(C_B H_B) - K_s W_B - \alpha \exp(\beta T G) W_B$	
TANK C : $\frac{d(C_C H_C)}{dt} = \frac{L_{BC}}{A} - C_C(R_C)$	
TANK D : $\frac{d(C_D H_D)}{dt} = C_C(R_C) - C_D(R_D) - K_s(C_D H_D) + K_s W_D$ $+ \alpha_D \exp(\beta_D T G) W_D - \lambda(C_D H_D) - \mu(1 + \gamma T G)(C_D H_D)$ $\frac{dW_D}{dt} = K_s(C_D H_D) - K_s W_D - \alpha \exp(\beta T G) W_D$	

内の可溶性成分に由来するとし、有機態窒素の無機化にはバクテリアによる分解を、無機態窒素に関しては脱窒菌による脱窒を、この他に植物による吸収を考慮し、タンク内でこれら現象が起こっている構造にした。表-1、2に、本研究で用いた汚濁負荷流出モデルを示す。

表-2. 汚濁負荷流出モデルの変数およびパラメータの説明

変数およびパラメータの説明	
A	: タンクの水面積(10a)
L_i	: タンク i の流出負荷量(g/hour) t : 時間(hour)
C_i	: タンク i の貯留水濃度(g/m ³)
R_i	: タンク i の流出高(mm/hour) TG : 水温(°C)
a, b	: タンク A での掃流に関する係数, a (1/m ³), b (無次元) λ : 植物による吸収率 (1/hour)
R_{ij}	: タンク i から j の浸透高(mm/hour)
L_{ij}	: タンク i から j の浸透負荷量(g/hour)
P_A	: 雨水中の溶解性物質質量(g/10a/hour)
P_F	: 雨水中の浮遊性物質質量(g/10a/hour)
K_s	: 吸着速度係数(1/hour)
K_d	: 脱着速度係数(1/hour)
H_i	: タンク i の貯水位(mm)
α_i, β_i	: タンク i での無機化速度に関する係数, α_i (1/hour), β_i (1/°C)
μ, γ	: 脱窒速度係数に関する係数, μ (1/hour), γ (1/°C)
Q	: 流量 (1/km ² /s)
W_i	: タンク i における有機物量(g/10a)
S	: 掃流されやすい有機物量(g/10a)

4. 結果と考察

紙面の都合上、2回の降雨時の結果しか載せていないが、他の場合についても、流量については比較的良い再現性が得られた。しかし、負荷量については、1989年4月22日～4月27日や1989年10月15日～10月18日のような、ピーク時流量が80～120 (1/km²/s) 程度の時には比較的良い再現性が得られたが、その他の200mm弱の降雨があった1989年8月26日～8月30日や、6mm程度の降雨であった1990年9月3日～9月4日などでは良い再現性が得られなかった。これは、浮遊性物質における掃流をうまく表せていないためと考えられ、今後、これらの点について更に検討を進め、その検討結果は講演時に発表する予定である。

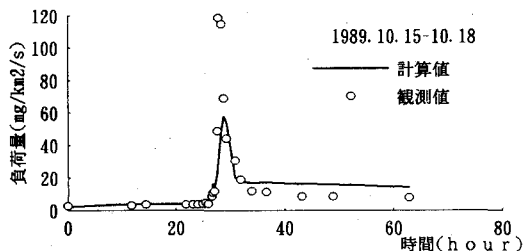
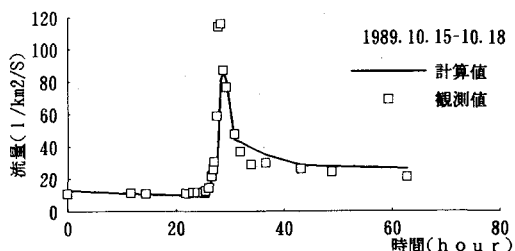
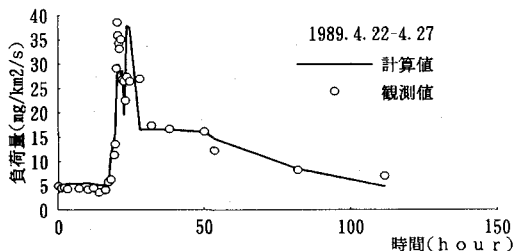
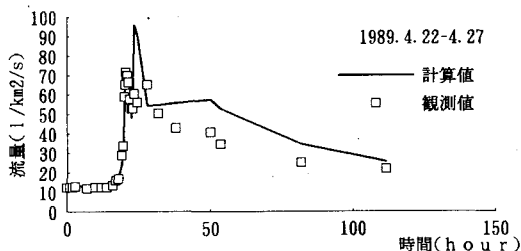


図-1 降雨流出モデルの再現性

図-2 汚濁負荷流出モデルの再現性

参考文献

- 1). 國松孝男、村岡浩爾：「河川汚濁のモデル解析」、技報堂出版、1989。
- 2). 小葉竹重機、石原安雄：タンクモデルおよび集中面積図を利用した洪水流出モデルの総合化、土木学会論文報告集、第337号、pp. 129～135、1983。
- 3). 角屋睦、永井明博：長短期流出両用モデルの開発改良研究、農業土木学会論文集第136号、pp31～38、1988。