

森林伐採をとまなう流出水の 水量・水質変化とその定量的評価

京都大学防災研究所 正員 池淵周一
日本気象協会関西本部 友村光秀
京都大学大学院 学生員 ○田中 尚

1. はじめに 今日、リゾート開発やゴルフ場建設等の様々な形で森林開発が行われており、その開発後の環境への影響といったものが注目されている。その一方で、酸性雨、富栄養化等の環境問題が話題として挙がってくるようになってきた。そこで、森林及び森林土壌が開発行為・酸性雨等の汚染物質によってどのような質的・量的影響を受けるのかを森林からの流出水をきめ細かく明らかにしていく事により捉える必要がある。そのための手法として、分布モデルとして開発された多層メッシュモデルを用いて降水などの気象データを基にして、河川への流出までの土壌中の水及びそれにとけ込んでいる負荷の様子をシミュレートする。

2. モデルの概要 池淵¹⁾らは図1の様な概念図に基づいて多層メッシュモデルを開発し、比奈知水文試験場に適用している。このモデルは分布モデルの一種であり水平方向には流域を複数のメッシュ(25m×25m)に分割して、鉛直方向には土壌をA0, A, B, C, D層の5層に分割した複数のタンクモデルの合成体である。また、現象面からみると降雨遮断モデル、地表面浸透モデル、蒸発散モデル、地中流モデル、河道モデルからなる。本研究では、この多層メッシュモデルを用いて行われていた、水量についての考察をさら一步進めて水質についての考察も行うべく、図2の様な概念図に基づいて負荷量モデルをつけ加えた。

負荷量とは水中に溶け込んでいる水質項目の事であり貯留水に含まれる滞留負荷量と土壌中に蓄積されている蓄積負荷量とに分類されるが、ここでは水の流れを検証する事から滞留負荷量を考える。流下方向への流入・流出負荷量、浸透水の流入・流出負荷量にそれぞれ次に示すように流送能力供給型関数、流送能力型関数を用いた。

$$L_{out} = k1 \times S^m \times Q_{inf}^{n-1} \times (Q_{out} - Q_c) \quad \text{-----} \quad \textcircled{1}$$

$$L_{inf} = k2 \times Q_{inf}^a \quad \text{-----} \quad \textcircled{2}$$

$$\frac{dS}{dt} = L_{out} + L_{inf} - L_{out} - L_{inf} - k3 \times S \quad \text{----} \quad \textcircled{3}$$

3. 対象流域と解析資料 本研究では比奈知水文試験地を対象とした。この試験地は名張川の上流にあり流域面積は4.07haである。また、量水堰水位、気温、降水量、地下水位、日射量が1時間おきに測定されている。さらに、pHや各種イオンなど10数種類の水質項目データが観測されている。なお、本試験地において1991年5月末頃に全流域の60%にあたる流域が伐採された。本研究では1990年1月～9月、1991年1月～7月までのデータを用いた。また水質項目については、T-P(総リン)のデータを用いた。

4. 解析結果 伐採行為については伐採後の期間があまりにも短いせいもあり目立った変化を見いだすまでは至らなかった。しかしながら、負荷量モデルの導入における検討においては、ある程度の適用性を見いだせた。まず、適用にあたって文献²⁾より $m=1, n=1, a=1.22$ とした。文献では $m=1 \sim 3$,

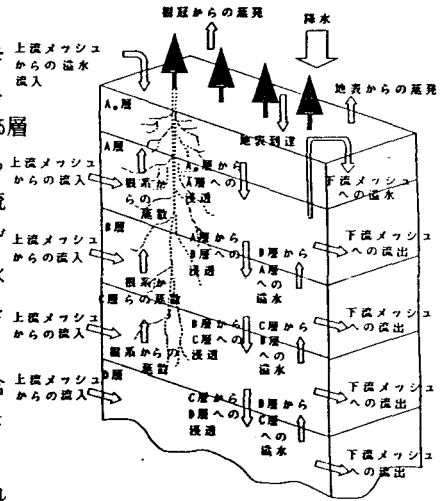


図1 多層メッシュモデルの概念図

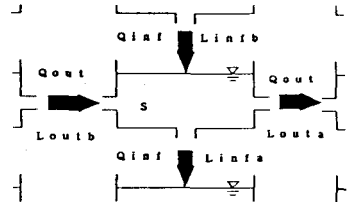


図2 負荷量モデルの概念図

表1 式①～③の変数名

L_{out}	: 流出負荷量 (g/hour)
L_{inf}	: 流入負荷量 (g/hour)
L_{out}	: 浸透流入負荷量 (g/hour)
L_{inf}	: 浸透流出負荷量 (g/hour)
Q_{inf}	: 流出流入量 (l/hour)
Q_{out}	: 地下浸透水流入・流出量 (l/hour)
Q_c	: 表面流出開始流量 (l/hour)
S	: タンク貯存負荷量 (g)
$m, n, a, k1, k2$	: タンク流出係数
$k3$	: 減衰係数

Syuichi IKEBUCHI, Mituhide TOMOMURA, Takashi TANAKA

n=1.5~3との記述があったが、A層における流入・流出を考えた場合に浸透流入は降水時に突発的に入ってくるのに対して、浸透流出は連続的にほぼ一定であるので無降水時に負荷量の安定を図るためこのような設定にした。そして本研究ではタンク流出係数k1, k2, 減少係数k3についての感度分析を行うことによりモデルの適用の検討を行った。また、A層における先のような理由によりA層とB, C, D層においてはk1, k2, k3を変えてみるという試みも同時に行った。

以上のような設定により、k1, k2に関しては式の意味から言っても言えることだが相対的な挙動を示した。これに対して、k3に関しては先に述べたm, nの設定により効力の薄い関数となってしまった。ただ、k3に関して言うとき式③において、水の流入・流出が全くないときに残存する負荷が $S - k3 \times S$ となることから感度分析によって求める係数ではないと判断した。よって、森林土壌と負荷項目との関係によって推測されるべきものと言える。

また、A層とB, C, D層それぞれの違いについて検討した結果、A層のk1, k2は降水時に大きく影響し、B, C, D層のk1, k2は無降水時に強い影響を示した(図3~5)。

負荷流出について観測値と計算値とを比較すると、3回ほどランダムに採水された無降水時にはあまり一致は見られなかったが、比較的連続して採水された降水時にはかなりの一致を見るに至った。設定の関係でピークが少し遅れるが小さな範囲にとどまった。

表3 降水時のT-Pの流出濃度(90 8/22)

観測時間	0:40	1:40	4:15	5:40	7:45	8:15	8:48	9:40
観測流出位向	0.244	0.120	0.104	0.086	0.292	0.282	0.174	0.093
計算時刻	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00
case 1	0.25842	0.28794	0.22889	0.17500	0.08583	0.04434	0.02178	0.03818
case 2	0.20823	0.21278	0.15847	0.11529	0.03086	0.02782	0.02542	0.03947
case 3	0.23568	0.31781	0.20754	0.14312	0.04205	0.01943	0.01768	0.04165
case 4	0.22226	0.22821	0.16520	0.12104	0.05184	0.02725	0.02469	0.03983
case 5	0.25352	0.25378	0.18371	0.10184	0.05152	0.02259	0.01545	0.01682
case 6	0.21081	0.23574	0.18564	0.14450	0.07160	0.03741	0.01813	0.02435

伐採後の影響については、伐採後のデータの不足と、伐採行為が開発を目的としたものではなく、ダムの残土処理のために行為が木を切り倒すことにとどまり、土壌そのものにまで手を加えられることがなかったことにより水量・水質両面において目立った変化を見いだすに至らなかった。

5. おわりに 水質項目についての考察を多層メッシュモデルを用いて行うことについては導入段階ながらある程度の有効性を見いだせたが、これからさまざまな水質項目についての考察を進めていく必要がある。また、伐採効果についてはさらに多くのデータの蓄積を待つて再度考察を行う必要があるだろう。

参考文献 1) 池淵周一・久保和幸：多層メッシュモデルによる流出再現と感度分析 京都大学防災研究所年報 第33号 2) 関根雅彦：汚濁負荷流出・流下モデルに基づく河川水質予測に関する研究 京都大学学位論文 平成3年3月

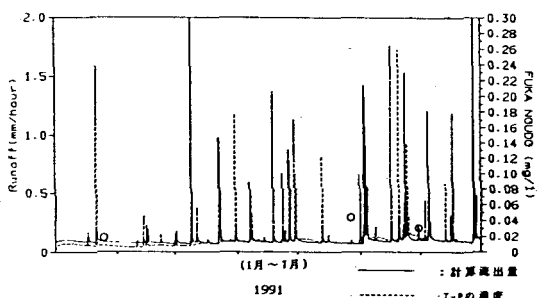


図3 溪流地点におけるT-Pの流出濃度(case2) (降水時は除く)

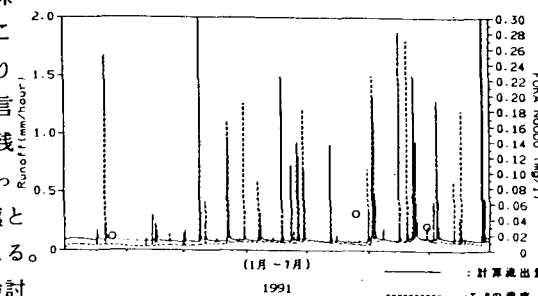


図4 溪流地点におけるT-Pの流出濃度(case6) (降水時は除く)

表2 感度分析の表(case1~6)

	k1	k2	k3	k4	k5	k6
case1	0.00030	0.00030	0.3	0.00042	0.00030	0.5
case2	0.00027	0.00027	0.4	0.00003	0.00040	0.4
case3	0.00025	0.00035	0.4	0.00024	0.00023	0.3
case4	0.00020	0.00018	0.4	0.00015	0.00015	0.4
case5	0.00030	0.00030	0.4	0.00024	0.00036	0.5
case6	0.00027	0.00027	0.3	0.00017	0.00031	0.3

k1, k2 : A層のタンク流出係数
k3 : A層の減少係数
k4, k5 : B, C, D層のタンク流出係数
k6 : B, C, D層の減少係数