

II-461

土地利用別タンクモデルによるボルトグラフシミュレーション

山口大学工学部 正員 ○浮田正夫
 正員 中西 弘
 正員 関根雅彦
 中日本建設コンサルタント 佐々木律朗

1. はじめに

演者らはこれまで流域の人間活動と河川の水質あるいは汚濁負荷との間をつなぐシミュレーションモデルの開発をてがけてきた。これまでのモデルでは堆積物の降雨時の掃流に重点をおき、晴天時の流出負荷と降雨時掃流負荷の合計に対応する濃度をバックグラウンド濃度に上のせする方法をとっていた。しかしこの方法では面源負荷の評価や、地下水経由の流出の表現が十分とはいえなかった。したがって、本研究ではこれらをより適切に表現するため、土地利用別タンクモデルの水の動きと合わせて、負荷の流出をモデル化することを検討した。

2. 研究方法 (1)対象河川 対象とした流域は、昭和54年7月から2年8ヶ月にわたって毎日水質データのある、山口県の二級河川厚東川ダム流域（328km²）である。

(2)ハイドログラフシミュレーション 山林原野、水田、畑、市街地の土地利用別にそれぞれ4段直列型のタンクモデルを適用した。諸係数は文献値やこれまでの経験値をもととして設定した。簡単化のため流域全体を上記の4土地利用区分に一括した。雨量は流域内の5測定局の平均を用いた。検証用流量としてはダム管理事務所のダム湖流入水量のデータを用いた。

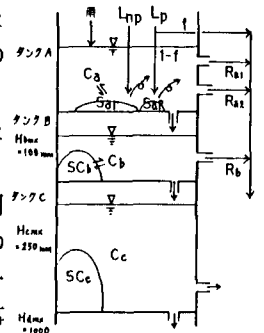


図1 汚濁負荷流出タンクモデルの概念図

(3)排出負荷量の算定 排出負荷量は従来の方法により求めたが、農地からの肥料流出には季節変化をもたせ、作物への吸収量を控除した見かけのN,P排出量の20%はタンクAに、80%はタンクBに分配した。

(4)汚濁負荷流出タンクモデル 図1に概念を、表1に基礎式を示す。雨、点源負荷、面源負荷から始まり地表面への堆積、掃流、地中への浸透、土壌内蓄積、溶脱を含む。堆積物、蓄積物には生産分解ないし減少を考慮した。掃流は面源由来の堆積物は表面流出高 R_a の2乗に（Nについてのみ1.5乗）、点源由来の堆積物については R_a に比例する。溶解性成分は水の動きとともに流出、浸透する。土壌内では液相、固相間で吸着平衡があり、平衡定数は高濃度になると液相側にずれるものとした。諸係数値は従来のモデルの値および底質モデルで用いている値より類推した。最終的に用いた値を表2にまとめている。

(5)ダム湖における水質変化 水質の検証用データはダム湖尻から取水され、導水された工業用水道の原水の分析値であるため、計算されたダム湖への流入水質から、沈澱と一次の減少を考慮した完全混合モデルにより流出水質を求めた。湖の容積 V はダム管理事務所の日々のデータを用い、平均水深 H もこれより計算した。またCOD, Nについては減少係数に季節変化をもたせた。

(6)計算および検証方法 計算は上記(2)・(4)・(5)の3つの部分に分け、陽形式の差分法により、 Δt はそれぞれ1/4日、1/10日、1日でパソコンを用いて行った。全検証用データのうち、はじめの1年間で係数の調整を行い、残りの1年8ヶ月を検証期間とし、計算値と実測値について、目視と相関係数により適合度を調べた。モデルの適用性を見るのが目的であるので係数の調整は十分には行わなかった。

3. 研究結果

(1)流量予測 相関係数は調整期間 0.93、検証期間 0.94と満足すべき結果が得られたが、平均流量は前者で計算値が3.6%実測値を上回り、後者では逆に計算値が4%下回っている。

(2)水質、負荷量予測 表3に検証期間の計算結果のまとめを示しているが、負荷量については相関係数は0.85~0.93と高く、一般に適合度の高い結果が得られた。ただ高流量時に計算値が実測値に比較してかなり低い傾向が見られ平均値では計算値が小さめとなっている。これは取水が満水位から19mの水深で行われて

いるため、サンプリングの不均一性にも関係するのではないかと考えられる。

一方、水質に関しては、相関係数 0.41~0.57 にとどまり、図2に CODについて示す程度の適合度となった。細かいところの不一致はあるが、大体の傾向は再現出来ていると考えられる。

(3)堆積量 総堆積量では土壤中の蓄積量の影響で夏に大きく春に小さい季節変化を示す。これは雨による面源排出負荷の地中への持ち込みを反映している。流出負荷量に対する影響はともかくとして存在量については地表堆積量の割合は大きくない。

表1 負荷流出タンクモデルの基礎式

〔運動式〕
晴天時点源流出負荷量 (kg/day) : $L_{po} = F \times L_p$
点源由来堆積物の排泄を含む面源流出負荷量 (kg/day) :
Tank-A : $L_a = C_a \times R_a \times A + k_{wp} \times S_{ap} \times R_a \times A + k_{wr} \times S_{ar} \times R_a \times A$
Tank-B, C, D : $L_x = C_x \times R_x \times A$
浸透負荷量 (kg/day) :
Tank-A $\rightarrow$ B : $L_{ab} = C_a \times R_{ab} \times A$ Tank-B $\rightarrow$ C : $L_{bc} = C_b \times R_{bc} \times A$
Tank-C $\rightarrow$ D : $L_{cd} = C_c \times R_{cd} \times A$ Tank-D $\rightarrow$: $L_{de} = C_d \times R_{de} \times A$
ここで、 L_p : 点源排出負荷量 (kg/day) A : 流域面積 (km²)
 C_i : Tank-i の貯留水濃度 (mg/l) K_{wp} : 点源由来堆積物の排泄係数 (1/mm)
 R_i : Tank-i の流出高 (mm/day) K_{wr} : 面源堆積物の排泄係数 (day/mm²)
 R_{ij} : Tank-i から Tank-j への浸透高 (mm/day)
 S_{ap} : 点源由来の堆積物 (kg/m²) S_{ar} : 面源由来の堆積物 (kg/m²)
〔連続式〕
〔堆積排泄過程 Tank-A〕
 $A \times d(C_a \times H_a)/dt = C_r \times R_a \times A - C_a \times R_a \times A - k_{a1} \times C_a \times H_a \times A + k_{a2} \times S_{ar} \times A - L_{ab}$
 $A \times d(S_{ap} \times H_{bm})/dt = k_{a1} \times C_a \times H_a \times A - k_{a2} \times S_{ar} \times A - L_{ab}$
 $A \times d(S_{ar} \times H_{dm})/dt = k_{a1} \times C_a \times H_a \times A - k_{a2} \times S_{ar} \times A - L_{ab}$
〔浸透・土壌内蓄積・溶脱過程 Tank-B $\rightarrow$ D〕
 $A \times d(C_b \times H_b)/dt = L_{ab} - L_{bc} - k_{b1} \times C_b \times H_b \times A + (S_{cb} + S_{cb0})/S_{cb0} \times S_{cb} \times H_{bm} \times A$
 $A \times d(S_{cb} \times H_{bm})/dt = k_{b1} \times C_b \times H_b \times A - k_{b2} \times S_{cb} \times H_{bm} \times A$
 $A \times d(C_d \times H_d)/dt = L_{cd} - L_{de} - k_{d1} \times C_d \times H_d \times A + (S_{dd} + S_{dd0})/S_{dd0} \times S_{dd} \times H_{dm} \times A$
 $A \times d(S_{dd} \times H_{dm})/dt = k_{d1} \times C_d \times H_d \times A - k_{d2} \times S_{dd} \times H_{dm} \times A$
ここで、 H_i : Tank-i の貯留水位 (mm) k_{di} : Tank-i の溶脱係数 (1/day)
 C_r : 降雨濃度 (mg/l) k_i : Tank-i の吸着速度係数 (1/day)
 R_i : 降雨量 (mm/day) S_{di} : Tank-i の土壌内蓄積量 (kg/m²)
 k_{a1} : Tank-A の吸着速度係数 (1/day) H_{imx} : Tank-i の貯留水位最大値 (mm)
 k_{a2} : Tank-A の脱着・可溶化速度係数 (1/day)
 $r \times (S_{ci} + S_{cio})/S_{cio}$: Tank-i の吸着平衡定数

表3 計算結果の比較 n=620

	流量 (10m ³ /day)	水質 (mg/l)		負荷量 (ton/day)
	COD	T-N	T-P	COD T-N T-P
実測平均値	1560	2.55	0.65	4.52 1.15 0.077
計算平均値	1460	2.47	0.56	3.86 0.90 0.062
相関係数	0.94	0.41	0.42	0.57 0.91 0.93 0.85

表2 汚濁負荷流出タンクモデルのパラメータ諸元

雨水水質: COD 0.5, T-N 0.5, T-P 0.01 mg/l
土地利用別面積と流出距離:
市街地 39.80 A(km) 流出距離 X(km)
山林 241.00 100.00
畑 7.4 100.00
水田 32.1 50.00

晴天時流出率と減少係数と堆積物の排泄係数等

	流出率 K ₁ (1/km)	減少係数 K ₂ (1/km)	点源堆積物 K _{wp} (1/mm)	面源堆積物 K _{wr} (day/mm ²)
市街地	0.15	0.10	0.015	0.0005
山林	0.20	0.04	"	"
畑	0.30	"	"	"
水田	0.40	"	"	"

吸着脱着速度係数等
Tank-A Tank-B, C, D
 k_{a1}, k_{a2} $k_{b1}, k_{b2}, k_{c1}, k_{c2}, k_{d1}, k_{d2}$ 定数
COD 0.2 0.2 0.0005 1.5
T-N 0.2 0.2 0.0005 1.5
T-P 0.2 0.2 0.0005 0.75

堆積物、土壌中蓄積物の減衰係数(1/day)等
Tank-A
 $k_{dp}, k_{dr}, k_{db}, k_{dc}, k_{dd}$ 面源堆積物
COD 0.00 0.00 0.01 2
T-N 0.00 0.00 0.01 2
T-P 0.00 0.00 0.01 1.5

ダム湖ボックスモデルにおける沈降速度、減衰係数
COD 0.15 (m/d) 平均 0.015 季節変動を考慮
T-N 0.06 平均 0.005 季節変動を考慮
T-P 0.20 通年において 0

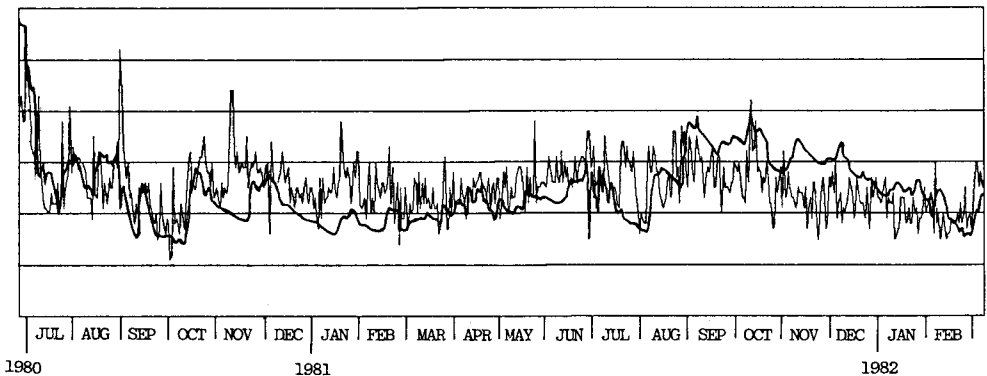


図2 COD濃度予測結果と実測値の対応

4. まとめ 以上述べたように、モデルが多くの段階を含むこと、徹底したモデルの修正や係数合わせを行っていないので不確定な点があるとはいえ、本モデルの有用性は期待できる。今後の課題としては 1)影響の大きい排出負荷や減少係数の与え方 2)地下水経由の負荷流出機構の吟味 3)複数地域を含む大流域への適用 4)より有効な貯水池モデルの開発等がある。

5. 謝辞 本研究は文部省科環境科学特別研究 (<61030079>代表国松孝男) の援助を受けた。また種々便宜を図って頂いた山口県環境部に感謝いたします。