

II-454 汚濁負荷流出機構のモデル化に関する研究

（株）エーシーイー 正員 森田一也
岡山大学工学部 正員 河原長美

1. はじめに

閉鎖性水域においては、河川からの流出汚濁負荷量が大きな影響を及ぼす。それ故、このような水域の水質予測においては、まず最初に河川からの流出汚濁負荷量が推定される。しかしながら、この推定された流出汚濁負荷量については、比較的データがそろっている場合でも精度は必ずしも十分ではなく、データの十分でない場合には、大きな誤差を含んでいるものと考えられる。また、ある一つの流域を対象にして開発された十分な精度を有するモデルであっても、他流域に対して適用できるとは限らない。このような状況は、流出機構に立ち入ったモデル化が不十分であることに起因している。そこで、本研究では、旭川流域を対象として汚濁負荷流出機構をモデル化することを試みた。

2. 流域の概要と用いたデータ

流域の概要とブロック分割法を図-1に示す。また、同図には、用いた降雨ならびに水質観測地点も示されている。旭川は、流域面積1800km²、長さ150km、平水量約40m³/sの一級河川であり、人為的汚染源の比較的少ない河川である。旭川

には、総貯水量1億m³弱ならびに6000万m³弱を有する湯原ダムならびに旭川ダムが存在し、流量が比較的安定している。本研究では、COD、TNおよびTPを取り上げてモデル化を行った。なお、パラメータの決定に用いた日負荷量データは、1980年11月より1981年10月までであり、兵団において観測された水質値と日流量よ

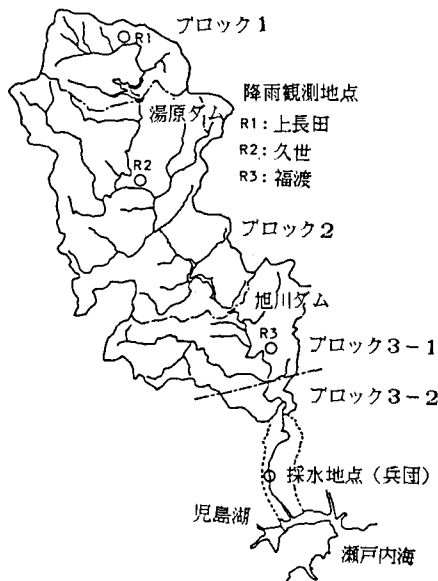


図-1 旭川流域

表-1 モデル式

モデル式
点源 $L = f \times N \times U$
面源（水田、畑、山林） $R = C \times A \times \{P - (D - f)\} \quad f = f_0 - N_0 \times r$ $S = A \times a \times N_0 + S_0 \quad dS/dt = -\lambda \times R \times S$ $L = S \times \{1 - \exp(-\lambda \times R)\}$
面源（宅地） $S(t) = S(t-1) \times \exp(-k) + a$ $L(t) = b_1 \times (A \times S(t))^{b_2} \times (P - r)$
ダム貯水池 $d(C_1 V_1)/dt = (C_{1-1} \times q_{1-1} - C_1 \times q_1) - k \times A_1 \times C_1$ $dV_1/dt = q_{1-1} - q_1$
河川流下過程 $L = \exp\{-(k_1 + k_3) \times T\} \int_0^x P \times \exp\{(k_1 + k_3) \times T\} dx$ $+ L_0 \times \exp\{-(k_1 + k_3) \times T\}$ $LL = L \times C \times Q$

表-2 変数とパラメータ

変数およびパラメータの説明
点源 L: 流出汚濁負荷量 (ton/day) f: 流出率 N: ブロック内人口 (人) U: 家庭排水原単位 (ton/day・人) 面源（水田、畑、山林） R: 雨水流出量 (m³/day) C: 流出率 A: 面積 (m²) P: 降雨量 (mm/day) D: 最大有効貯留量 (m/day) f: 貯留量 (m/day) (0 ≤ f ≤ D) f₀: 前回降雨後の貯留量 (m/day) N₀: 前回降雨からの無降雨日数 (day) r: 蒸発量 (mm/day) S: 降雨降り初めの汚濁物堆積量 (ton) S₀: 前回降雨終了時の残存汚濁物 (ton) a: 発生汚濁負荷量 (ton/day・m²) L: 流出汚濁負荷量 (ton/day) λ: 定数 面源（宅地） S(t): 汚濁物堆積量 (ton) k: 減衰係数 b: 係数 P: 降雨量 (mm/day) r: 蒸発量 (mm/day) a: 発生汚濁負荷量 (ton/day・m²) ダム貯水池 k: 係数 q: 流量 (m³/day) C: 濃度 V: 容積 A: 表面積 河川流下過程 L: 流出汚濁負荷量 (ton/day) k₁: 自己減衰係数 k₃: 沈殿または吸着によって汚濁物質が水中から除去される割合 T: 流下時間 (day) x: 流下距離 (m) P: 単位河川長あたりの汚濁負荷流入量 L₀: x=0の時L=L₀ LL: ブロック流出汚濁負荷量 (ton/day) C: バックグラウンド水質 Q: ブロック流出流量

り算定した。

3. 解析方法

本研究では、汚濁負荷流出機構のモデル化を、点源からの流出、面源からの流出、ダム貯水池での水質変化および河川流下過程での変化に分けて行い、これらを総合化して全体のモデルとした。ここで、点源として家庭排水を考え、面源として水田、畑、山林、宅地を考えた。また、水田、畑、山林と宅地とでは流出形態が異なるものと考えられるため、両者に異なった取り扱いを行った。表-1に用いたモデル式を、表-2に変数とパラメータの意味を示す。河川流下過程のモ

表-3 パラメータの推定値

水質指標	点源	水田	畑	山林
	f	λ	λ	λ
COD	0.9015	4.791×10^{-9}	9.4×10^{-7}	2.972×10^{-9}
TN	0.9553	9.633×10^{-10}	1.107×10^{-6}	3.004×10^{-9}
TP	0.6312	6.402×10^{-10}	1.063×10^{-6}	2.585×10^{-9}

水質指標	宅地			
	K	α	b_1	b_2
COD	0.4573	5.015×10^{-6}	1.214×10^{-1}	6.0×10^{-1}
TN	0.4194	2.632×10^{-6}	1.006×10^{-1}	2.5×10^{-1}
TP	0.4154	2.497×10^{-7}	2.848×10^{-2}	1.326×10^{-2}

水質指標	ダム	河川流下	水質温度
	K	K	C
COD	8.668×10^{-3}	5.441	0.7
TN	8.788×10^{-4}	5.757	0.1269
TP	3.062×10^{-4}	7.059	0.0155

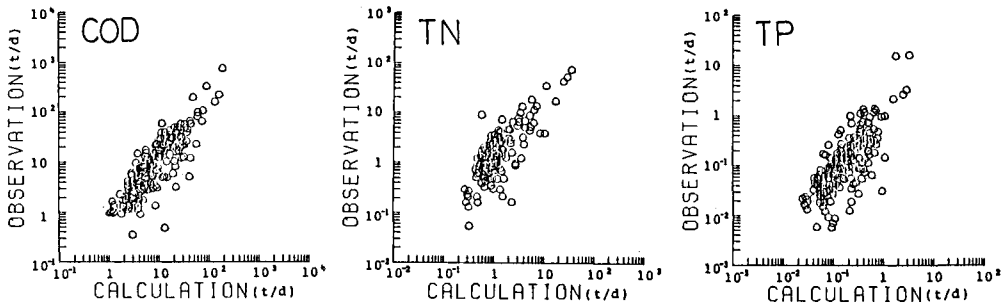


図-2 相関図

デルにおいては、 k_1+k_3 を一つの係数 k と考え計算を行った。モデル中のパラメータについては、非線形回帰により求めた。

4. 結果と考察

モデル中のパラメータの推定結果を表-3に、また、推定されたパラメータを用いて汚濁負荷量を推定した結果を図-2に示す。CODについては、全体的に、また、TN、TPについては低負荷量時を除けば比較的良好な再現性が得られている。次にモデルの再現性を1981年から1984年のデータを用いて検討する。表-4から表-6に観測値と計算値との相関性を示す。これらの結果は、水文学的なシミュレーションモデルによる再現性よりも良好であり、土木工事の影響があると推定される1982年を除けば、平均流量が通常の年の半分程度であった1984年を含めて良好である。

5. まとめ

本研究では、汚濁負荷流出機構のモデル化を試みた。本研究で示したモデルの細部については、検討の余地も多く残されているが、従来の水文学的シミュレーションモデルよりも良好な再現性を得ることが出来た。今後、よりモデルを改良する予定である。

表-4 相関係数R (COD)

($\ln y = a \ln x + b$ y:観測値 x:計算値)

年	R	a	b
1981	0.846	1.143	-0.276
1982	0.867	1.876	-1.250
1983	0.853	0.971	-0.188
1984	0.747	0.902	-0.470

表-5 相関係数R (TN)

年	R	a	b
1981	0.783	0.932	0.389
1982	0.868	1.787	1.021
1983	0.857	0.902	0.460
1984	0.823	1.080	1.254

表-6 相関係数R (TP)

年	R	a	b
1981	0.757	1.014	-0.364
1982	0.854	1.702	1.925
1983	0.797	1.210	-0.317
1984	0.745	0.936	0.522