

II-434 水生植物が河川水質に及ぼす影響の評価 ～モデルによる解析の試み～

山口大学工学部 学生員 豊田商久
山口大学工学部 正 員 関根雅彦
山口大学工学部 正 員 浮田正夫
山口大学工学部 正 員 中西 弘

1. はじめに

著者らの研究室では、閉鎖性水域に流入する河川における汚濁負荷制御を目的として汚濁物質流下機構のモデル化を試みてきた。モデルに現状で考え得る全ての機構を取り入れ、精度の高い実測値を用いてモデルの係数値を探索することにより、直接測定の大変な水塊内部の物質移動量が推定できる。そこで本研究では、河床に繁茂している水生植物が河川水質に与える影響の解析に本法を適用することを試みた。

2. 研究方法

係数探索に用いる実測値は、山口県宇部市の真締川に於いて途中流入のない区間を選定し、水生植物の活動があまり活発でないと考えられる春期（1989年4月24、25日）、水生植物の成長が最も活発な初夏（7月3、4日）と河道清掃のための水草刈（7月17日）が行われた後（7月24、25日）、および浚渫後でかつ低温のため生物の活動が低下すると思われる初冬（12月6、7日）の計4回の24時間連続調査より得た。既往の研究では、約一ヶ月程度の日平均水質データを用いて河川内の物質移動量を解析してきたが、今回の調査では、水生植物が河川水質に与える影響を昼夜の差をも含めて検討することをも目的としていたため、1時間毎の水質濃度データを収集した。そのため既存のモデルを日単位計算から時間単位計算に変更した。図1に24時間調査時のデータの一例を示す。これによれば、上流で16～17時にあるピークが、20時に下流に到達した時点では非常になだらかになっている事がわかる。このことから、時間単位の水質変動のモデル化では拡散の影響を無視できないことがわかる。このため、基礎式に拡散の項を取り入れた。使用したモデルの概念を図2に、基礎式を表1に示す。モデルのプログラム化にあたっては、ボックス数200、時間刻み0.0025hrの槽列モデルとした。

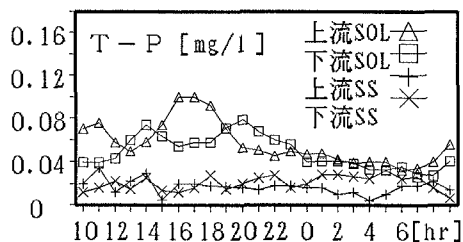


図1 連続調査結果の1例（12月6日）

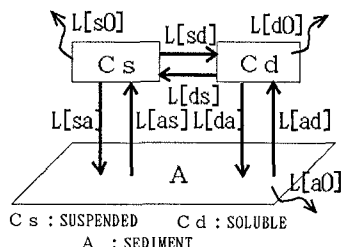


図2 モデルの概念

表1 モデルの基礎式

$V \frac{dC_s}{dt} = Q \cdot C(s, n-1) - Q \cdot C(s, n) + difs + Las - Lsa + Lds - Lsd - Ls0$	
$V \frac{dC_d}{dt} = Q \cdot C(d, n-1) - Q \cdot C(d, n) + difd + Lsd - Lds + Lad - Lda - Ld0$	
$A \frac{dC_s}{dt} = Lsa - Las + Lda - Lad - La0$	
$Lsd = ksd \cdot C(s, n) \cdot v \quad Lda = kda \cdot C(d, n) \cdot v \quad Lsa = ksa \cdot C(s, n) \cdot v$	
$Lds = kds \cdot C(d, n) \cdot v \quad Lad = kad \cdot C(a, n) \cdot A \quad Las = kas \cdot \tau \cdot A$	
$Ls0 = ks0 \cdot C(s, n) \cdot v \quad Ld0 = kd0 \cdot C(d, n) \cdot v \quad La0 = ka0 \cdot C(a, n) \cdot A$	
$difs = D' \cdot v \cdot (C(s, n-1) - 2C(s, n) + C(s, n+1)) / X^2$	
$dofd = D' \cdot v \cdot (C(d, n-1) - 2C(d, n) + C(d, n+1)) / X^2$	
C: Box内濃度 [mg/L] L: 負荷量 [g/hr] R: 径深 [m] X: 流下距離 [m] V: Box内水量 [m ³] D': 拡散係数 [m ² /hr] A: 河床面積 [m ²] n: n 番目 Box k: 係数 [1/hr] (ksaは [g/(m(11/3)・s ²)/hr]) s: 懸濁態 d: 溶存態 a: 堆積 但し式の結果、dt後のsの存在量が負になってしまう場合、存在量は0とし、不足分は負となった形態から他の形態に移行したもののうちからその量に応じて差し引く。	

3. 拡散係数の設定

滞留時間調査（1989/9/4、10/5、12/4の計3回）で食塩をトレーサーとして上流・中流採水地点から放流し、中流・下流採水地点に到達する塩素イオン濃度の時間変化データを得た。食塩放流点からX[m]下流における塩素イオン濃度変化は次式で表される。

$$C = R s \cdot M \cdot \exp \left(- (X - u t)^2 / 4 D t \right) / (2 A \cdot \sqrt{(\pi D t)}) \quad \cdots(1)$$

ここにC：塩素イオン濃度[g/l]，M：投入量[g/l]，D：拡散係数[m²/hr]，t：食塩投入からの経過時間[hr]，Rs：食塩回収率，A：流路断面積[m²]，u：平均流速[m/hr]である。実測塩素イオン濃度変化に対し式(1)をカーブフィッティングすることにより拡散係数Dを求めた。

さらに、拡散係数は流速、水深により変化するため、次式より無次元化拡散係数dを求めた。

$$d = D / (u_x \cdot h) \quad \cdots(2)$$

ここで、u_x：摩擦速度[m/sec]，h：平均水深[m]である。3回の滞留時間調査におけるdの平均値17.8を真縮川における代表値とした。

一方、図3のD=0[m²/hr]の場合に見られるように、槽列モデルでは拡散係数を0としてもボックス内完全混合の仮定により計算上の数値拡散が起こり、実測値よりも過大な拡散の効果が起こってしまう。上述のモデルのボックス数、時間刻みは、C.F.L.条件とともに、数値拡散が実際の拡散より大きくならないことをも考慮して定めたものである。そこで、モデルで用いる拡散係数D'を

を求めるにあたっては、まずモデルで食塩放流をシミュレートし、図3に示すように、モデルシミュレーションによる計算値が実測値と最もよく合う最適拡散係数D'（図では742[m²/hr]）を各流下時間調査毎にトライアンドエラーにより求めた。次に、D' / Dとu_x・hの関係を直線回帰し、次式を得た。

$$D' / D = 39.98 \cdot u_x \cdot h + 0.215 \quad \cdots(3)$$

24時間調査時の拡散係数D'は、dを用いて(2)式より得られたDとu_x・hを(3)式に代入することにより得られる。D' / Dとu_x・hが直線関係かどうかは疑問のあるところであるが、今回の連続調査時におけるu_x・hは流下時間調査時のそれとさほど変わらないところから、本解析の範囲では問題ないと判断した。

4. 計算結果

水生植物による吸収、溶出、生産はL[d0]により表現できるとの考えから、準ニュートン法を用いてkd0の最適係数値の探索を行った。基本となる係数値は昭和60年11月の真縮川における連続調査から得られたものである。図1の濃度変化に対応する計算結果を図4に示す。モデルによる計算の結果、12月のリンのL[d0]として20.3[mg/m³/hr]を得た。12月は水生植物量がきわめて少ないと考えられるところから、これは、浚渫にともなう昭和60年度からの河床状態の変化による物理的吸着と考えられる。また、水生植物の繁茂する7月3日も同様の解析を行った結果、8.9[mg/m³/hr]を得た。7月と12月では水生植物の他に河床状態の違いもあるが、水生植物の存在する7月の方がリンの浄化速度が小さいということは、減少係数による解析結果とも符合している。

5. おわりに

モデルに拡散係数を取り入れ、内部物質移動量を求める事が出来た。今後はモデルに水温や水生植物量を組み込み、より詳しい解析を行う予定である。

最後に、（財）河川環境管理財団に助成を受けて行われものである。ここに付記して謝意を表する。

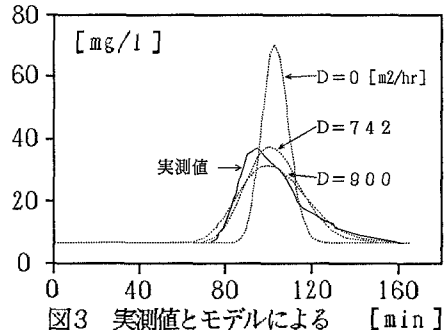


図3 実測値とモデルによるC1イオンの拡散

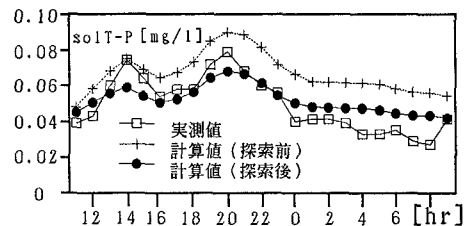


図4 実測値と最適係数による計算値