

山口大学工学部 正員 関根雅彦
 東京設計事務所 神保士朗
 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 感潮河川の水質シミュレーションにあたって、潮の干満による河川水と海水の混合をどう表現するかが一つのポイントとなる。近年は計算機の発達により、より現実に即した微分方程式を時間・空間スケールを非常に小さく取って数値計算する方向にあるが、実用上は日平均水質の評価で十分な場合も多く、そのような意味では単純なボックスモデルもその意義を失っていない。当研究室では、取水計画にともなうA市における河川水質予測を行う機会を得、基礎式の拡散項の取り扱いに新たな検討を加えることによりボックスモデルを用いて一応の成果を得た。以下にその概要を報告する。

2. ボックスの設定と諸元 対象水域の概要を図1に示す。図中のSt.1～St.5は昭和60年8月9日～15日、同9月19日の実測調査地点である。A川は流域面積635km²、流路延長66.3km、計画高水量2000m³/sの2級河川で、河口部に三角州を形成し、B、C川に分岐している。B川の分岐点には堰が設けられ、平水時には流量の大半はC川に流入し、B川は洪水時のバイパスの役割を果たしている。通常はB川は堰の直下まで、またC川はSt.2付近まで潮を感じる。今回はB、C川を

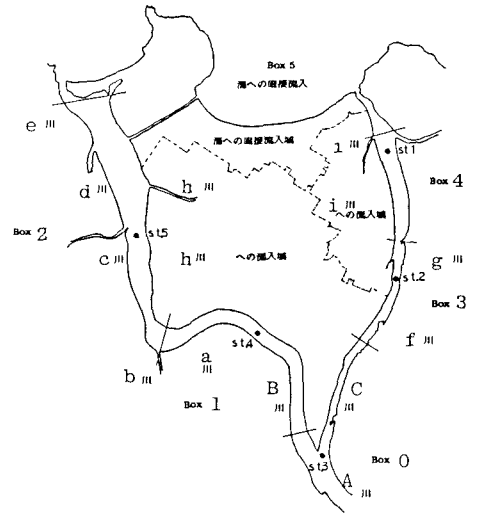


図1 対象水域の概要

表1 基礎式

Box 1. : $V_1 \frac{dC_1}{dt} = L_1 + Q_{01}C_0 - Q_{12}C_1 + K_{12}(C_2 - C_1) + R_1V_1$... (1)	
Box 2. : $V_2 \frac{dC_2}{dt} = L_2 + Q_{12}C_1 - Q_{25}C_2 + K_{12}(C_1 - C_2) + K_{25}(C_5 - C_2) + R_2V_2$... (2)	
Box 3. : $V_3 \frac{dC_3}{dt} = L_3 + Q_{03}C_0 - Q_{34}C_3 + K_{34}(C_4 - C_3) + R_3V_3$... (3)	
Box 4. : $V_4 \frac{dC_4}{dt} = L_4 + Q_{34}C_3 - Q_{45}C_4 + K_{34}(C_3 - C_4) + K_{45}(C_5 - C_4) + R_4V_4$... (4)	
L_i : Box i への支流からの流入負荷量(kg/日)	K_{ij} : Box i, Box j 間の拡散水量(m ³ /日)
Q_{ij} : Box i から Box j への流量(m ³ /日)	R_i : 沈降・溶出係数(kg/m ³)
C_i : Box i の水質濃度(kg/m ³)	V_i : Box i の容積(m ³)

それぞれ2 box に分割し、上流部、海域をあわせて6 box のモデルを構成した。ボックスモデルの基礎式を表1に示す。ここで、dt = 1日である。

ボックスへの支流からの流入負荷量は、a～g川については実測値、h、i川については流量データの不足のため原単位計算より求めた。ボックスiからボックスjへの流量 Q_{ij} は、分岐点での流量、B川、C川への分岐点からの分流量、各支流からの流量、各Boxの日平均水量を用い、水収支から求めた。各ボックスの日平均水量は、B、C川の横断面測量資料を用い、水位を与えると水量を返すプログラムを作成した。

分岐点での水質濃度(C_0)、海の水質濃度(C_5)は定数、また $C_2 \sim C_4$ は、シミュレーションの目的変数で、初期値は実測値より与えた。(表2)

表2 Box0～5の濃度初期値

	COD kg/m ³	N kg/m ³	P kg/m ³
C0	.00107	.000411	.000014
C5	.00353	.000322	.000024
C1	.00298	.000356	.000032
C2	.00305	.000305	.000032
C3	.00146	.000404	.000029
C4	.00178	.000458	.000030

3. 拡散項の取り扱い 従来、当研究室では感潮域におけるBox間の拡散は、そのBoxのみかけの遡上水量 Q_r に比例していると考え、 $K_{ij} = a \cdot Q_r$ (a : 係数) として取り扱ってきた。しかし、昭和60年8月9日～15日、同9月19日の実測調査において、遡上水量が計算上存在しないC川のBox3の採水点St.2でも塩素イオンの濃度がかかなり高く、下流のSt.1と比べても大差がなかった。これでは従来の方法に矛盾する。そこで、本研究では遡上がない場合でも拡散があると考え、拡散水量: K_{ij} を、海水の遡上に関わる拡散係数: $D\alpha$ と静水状態での拡散係数: D_o の2つの項に分割し、 $D\alpha$ は、Boxの遡上水量(日最高潮位時、日最低潮位時のBox水量の差)と日最高潮位時のBox水量の比に掛かるとした。これらの関係を、表3に示す。

表3 拡散水量式

$$K_{ij} = -\frac{A_{ij}}{L_{ij}} \left(\frac{V_{hi} - V_{li}}{V_{hi}} \cdot D\alpha + D_o \right) \dots (5)$$

A_{ij} : Box i , Box j の間の断面積(m^2)
 L_{ij} : Box i , Box j の重心距離(m)
 V_{hi} : Box i の日最高潮位時の水量(m^3)
 V_{li} : Box i の日最低潮位時の水量(m^3)
 $D\alpha$: 海水の遡上に関わる拡散係数(m^2 /日)
 D_o : 静水状態での拡散係数(m^2 /日)

	$D\alpha$ ($10^6 m^2$ /day)	D_o ($10^6 m^2$ /day)
B 川	7.27	2.652
C 川	27.12	3.688

	COD kg/ m^3	N kg/ m^3	P kg/ m^3
BOX1	-0.000848	.000838	-0.000003
BOX2	.000722	.000278	.000002
BOX3	.008035	.000607	.000110
BOX4	-.025460	.004290	-0.000030

(5)式を用い、実測調査における塩素イオン濃度および流量 Q_{ij} を既知、塩素イオンの沈降、溶出はないとし、各Boxとも定常と仮定して、式(1)～(5)より各調査日の $D\alpha$ 、 D_o を求め、これらの値を平均して $D\alpha$ 、 D_o とした。(表4)

これをB川、C川で比較すると D_o は比較的近い値となり、静水状態での拡散係数は一定であることが推察される。また、B川に比べC川の $D\alpha$ の方が大きいことは、C川の河川断面が小さいにもかかわらず、上流の塩素イオン濃度が予想以上に高かったことに起因すると思われる。

沈降溶出係数Rは、上記の $D\alpha$ 、 D_o 値を用い各ボックスとも定常として、同様の手法で求めた。(表5)ただし、ここではRは単に沈降・溶出・生産に関する係数というだけではなく、負荷量の評価等における誤差を吸収する作用も含まれている。

以上の諸係数を用い、取水を行った場合と行わない場合の分岐点流量を人力として、COD, TN, TPについて年間水質変動を計算した。図2に、計算結果の一例を示す。

4. まとめ ボックスモデルシミュレーションにおける新しい試みとして、拡散流量Kを、海水の遡上に関わる拡散係数 $D\alpha$ 、静水状態での拡散係数 D_o を用いてあたえ、それなりの成果を挙げた。しかし、このモデル機構を評価するためにはなお多くの箇所での実証が必要である。また、精度向上のためには分岐点や海の濃度を定数とするのではなく、例えば、流量との関係式で与えたり、季節変化を与えることも必要であろう。

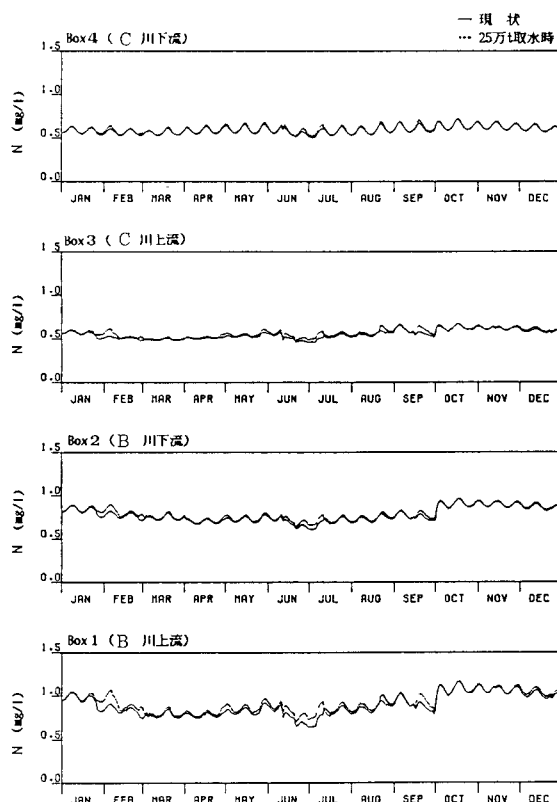


図2 昭和53年(渇水年) T-N濃度シミュレーション結果