

有限要素法による二次元水質予測

(株)大林組 技術研究所 環境生物研究室
○石垣衛, 喜田大三, 辻博和, 宮岡修二

福岡大学 理学部 応用数学科
小林錦子

1. はじめに

沿岸海域、河川・湖沼域ではここ数年、各種開発構想と共に水際における親水空間の創造が求められている。安らぎと潤いのある親水空間の確保には、良好な水環境の創造が不可欠であり、各種浄化・保全対策を施すことが望まれる。対策を施すにあたり、対象水域に対する適用技術の正否、効果・効率を確認することは重要であり、そのために水質予測技術を確認することが必要となる。水質をより精度よく予測するには、対象水域の水質現状や汚濁機構を基底とした予測モデルを構築し、様々な影響因子を考慮した解析が要求される。本文では、有限要素法を用いることで水域における流れ場を評価した上で、植物プランクトンを中心とした物質循環モデルを構築し、水質予測の一例を行った結果について述べる。

2. 水質予測モデル

2.1 モデル構造

本水質予測モデルは、植物プランクトンの活動による物質の生産・分解過程を考慮した生態系予測モデルである。予測モデルは、図-1に示すように植物プランクトン態を中心とした、溶存無機態、溶存有機態におけるリン、窒素、CODの物質循環に着目してモデルを構成し、水質予測指標として図-1に示す8項目を設定した。

2.2 物質循環経路

2.1で述べた予測指標の値を求めるにあたり、それぞれの指標における生産・分解過程を定義し、指標相互間を物質循環経路の特性値を基に関連づけた。本予測モデルでは、図-1に示すように、以下の8経路を定義することで関連づけを行った。

- ①植物プランクトンの光合成（被増殖速度）
- ②植物プランクトンの呼吸（呼吸速度）
- ③植物プランクトンの枯死（枯死速度）
- ④植物プランクトンの細胞外分泌（細胞外分泌速度）
- ⑤植物プランクトンの沈降（沈降速度）
- ⑥溶存態無機物の溶出（溶出速度）
- ⑦溶存態有機物の溶出（溶出速度）
- ⑧溶存態有機物の分解（分解速度）

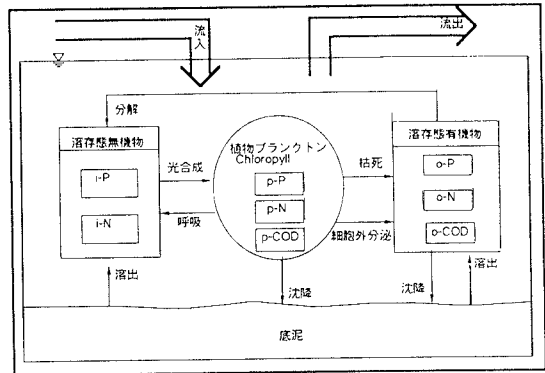


図-1 水質予測モデル構成

3. 基礎方程式

水域を支配する物質の挙動特性は、物質がその濃度勾配により拡散する現象と、水域の運動による移流現象を混在させ、記述した“移流・拡散方程式”にて表される。ここで、2に示した8項目の予測指標濃度を代表してCで、各々指標におけるの生産・分解作用をSで表すと、用いた基礎方程式は、

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} - \kappa \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) = S$$

で与えられる。ここに、

C: 予測指標濃度 S: 物質反応項
U: x 方向の流速, V: y 方向の流速
 κ : 拡散係数

である。また、濃度が規定される境界を Γ_c 、質量フラックスが規定される境界を Γ_q とし、次の境界条件を与える。

$$\Gamma_c \text{ 上では } C = C_B$$

$$\Gamma_q \text{ 上では } -\kappa \frac{\partial C}{\partial n} = q_B$$

上記の拡散方程式のU, Vに対して、本予測モデルでは、事前に計算した流れ場の流速を用いることで、対象水域の流況に合致した水質予測を可能としている

4. 解析事例

某海域において海水をポンプアップし、陸上部に設置した図-2に示す開水路に水を流したときの水路における水質挙動の予測を示す。解析に用いた物質循環諸係数は、被増殖速度、分解速度に関しては現地海水を用いた室内試験結果より定めた。枯死速度に関しては、室内試験結果に対して逆解析を行うことで数値的に求めた。その他の諸係数に関しては、一般的な文献値をもとに定めた。また、流入水質は、'93.8~'94.10までの間に現地計測を行った結果を使用した。

4.1 解析モデル

（領域形状）

東西方向：1.0 Km, 南北方向：0.1 Km

（境界条件）

AB : $Q=1000 \text{ t/day}$ $C=C(t)$

BC : $V_n=0$ $C_n=0$

CD : Open-Boundary

DA : $V_n=0$ $C_n=0$

ここに、

Q :流量, C :予測指標濃度, C_n :濃度の法線方向成分

V_n :流速の法線方向成分

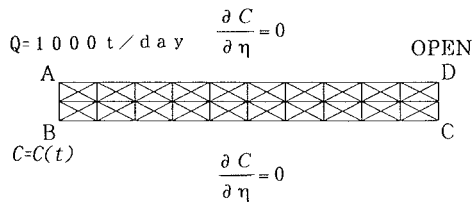


図-2 解析モデル

（物質循環諸係数）

①最適被増殖速度：1.816/day

②呼吸速度：0.065/day

③枯死速度：0.096/day

④細胞外分泌：0.045/day

⑤分解速度

$org-P$: 0.075/day

$org-N$: 0.08/day

$d-COD$: 0.06/day

4.2 解析結果

水域における水質評価を濁度として着眼したとき、本予測モデルにおいて懸濁成分は植物プランクトンに由来することから、以下に示す2ケースを結果と

して、図-3、図-4に示す。

①海水を直接水路に導水したときのChl. aの変動

②海水中の植物プランクトンを50%除去後、水路へ導水したときのChl. aの変動

ケース①



ケース②



図-3 開水路におけるChl. aの変動分布

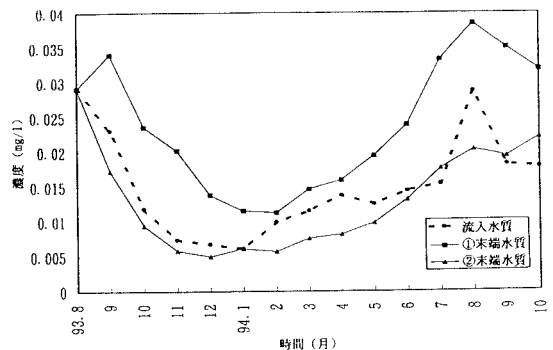


図-4 Chl. aの月別変動グラフのケース比較

5. 今後の課題

数値予測モデルの構築にあたって、より現実に近い予測を行うためには、詳細な現地計測データを基にモデル構築を進める必要がある。今後は現地踏査を含めた室内・外実験結果に対して解析結果を合わせることで、モデルの不足情報を補い、より現実的な問題に対応できる技術の確立を目指したい。

（参考文献）

- 1) 小林錦子, 拡散を含む潮流解析, 福岡大学研究処報抜粋(1992年)
- 2) 堀江毅, 海域の物質循環過程のモデル化と浄化効果の予測手法について, 港湾技術研究所報告 26 巻第4号 (1987年)
- 3) 宮岡修二, 石垣衛, 辻博和, 喜田大三, 閉鎖性水域における透明度と懸濁物質の実態, 大林組技術研究所報 No. 50 抜刷(1995年)