

II-574

物質循環モデルを用いた博多湾の水質浄化策の検討

九州大学工学部 正 員○朝位 孝二 九州大学工学部 正 員 小松 利光
 九州大学大学院 学生員 矢野真一郎 九州大学大学院 学生員 劉 容伶
 九州大学工学部 正 員 中村 由行

1. 緒言 内湾は閉鎖的な水域で外海水との交換率が低い上、人口や産業が臨海部に集中して陸上からの汚染負荷が多いため、有機汚染が著しい海域となっていることが多い。海域の有機汚染の主たる原因は陸上からの有機物質負荷によるが、底泥からの有機物の溶出や、海域内の基礎生産による負荷も大きいものと思われる。したがって精度の良い水質シミュレーションを行うためには物質の循環を考慮する必要がある。本研究は博多湾を対象海域として、物質循環を考慮した水質予測モデルを用いて水質浄化策の検討を行ったものである。

2. 水質予測モデル 海域の有機汚染の指標として用いられるCODの内部生産は光の届く表層(有光層)では活発に行われるが、光の届かない深い層(無光層)では行われない。このことを考慮して物質収支式は、有光層と無光層で上下2層に分割する2層レベルモデルを採用した。有光層の厚さは、湾奥の最もCODが高い海域で透明度が約2.0mを示すことから、補償深度として透明度の2倍をとり4.0mと設定した。博多湾におけるCODの生産を支配する栄養塩はリンであることから全リン濃度T-Pを制限栄養塩とした。潮流に関しては非定常平面2次元単層モデルにより計算を行った。水質予測モデル式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \frac{DP_1}{Dt} &= \frac{1}{h_1+\zeta} \left[\frac{\partial}{\partial x_j} \left(K(h_1+\zeta) \frac{\partial P_1}{\partial x_j} \right) - S_P SS_P P_1 + (Q_P - qP_1) \frac{h_1+\zeta}{h_1+h_2+\zeta} - K_d(P_1 - P_2) \right] \\ \frac{DP_2}{Dt} &= \frac{1}{h_2} \left[\frac{\partial}{\partial x_j} \left(K h_2 \frac{\partial P_2}{\partial x_j} \right) - S_P SS_P (P_1 - P_2) + (Q_P - qP_2) \frac{h_2}{h_1+h_2+\zeta} + K_d(P_1 - P_2) + \gamma_P \right] \\ \frac{DC_1}{Dt} &= \frac{1}{h_1+\zeta} \left[\frac{\partial}{\partial x_j} \left(K(h_1+\zeta) \frac{\partial C_1}{\partial x_j} \right) - S_C SS_C C_1 + (Q_C - qC_1) \frac{h_1+\zeta}{h_1+h_2+\zeta} - K_d(C_1 - C_2) + K_c P_1 - (h_1+\zeta) D_c C_1^2 \right] \\ \frac{DC_2}{Dt} &= \frac{1}{h_2} \left[\frac{\partial}{\partial x_j} \left(K h_2 \frac{\partial C_2}{\partial x_j} \right) - S_C SS_C (C_1 - C_2) + (Q_C - qC_2) \frac{h_2}{h_1+h_2+\zeta} + K_d(C_1 - C_2) - h_2 D_c C_2^2 + \gamma_C \right] \\ K &= \alpha V_m h \quad K_Z = \beta \frac{\kappa \bar{u}^* h}{6} \left(\frac{2}{h_1+h_2+\zeta} \right) \quad j=1,2 \end{aligned}$$

ここに、 P_i 、 COD_i は各層のT-PおよびCOD濃度($i=1, 2$ 、1は上層2は下層)、 h_i は平均層厚、 ζ は潮位、 K は水平方向分散係数、 K_Z は鉛直混合係数、 Q_P 、 Q_C はT-P、CODの流入負荷、 q は淡水供給量、 S_P 、 S_C はT-P、CODの沈降速度、 SS_P 、 SS_C はT-P中、COD中の懸濁態の割合、 K_c はCODの生産速度、 D_c はCODの分解速度、 γ_P 、 γ_C はT-P、CODの底泥からの溶出速度、 h は平均水深、 V_m は最大潮流流速、 $\bar{u}^*$ は一潮汐平均海底摩擦速度、 α 、 β は比例定数、 κ はカルマン定数(0.41)である。

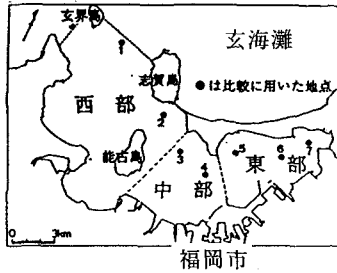
湾口における境界条件は、上げ潮時に $C_1=1.8\text{mg/l}$ 、 $C_2=1.3\text{mg/l}$ 、 $P_1=0.023\text{mg/l}$ 、 $P_2=0.016\text{mg/l}$ を与えて、下げ潮時には流出の条件を用いた。

水質予測モデル式に含まれている各パラメータの値を表-1に示す。 α および β については実測値とのfittingにより決定した。その結果 $\alpha=80$ 、 $\beta=0.04$ が博多湾における最適値と判定した。その計算結果を図-1中の黒点に沿って一次的に示したものが図-2～5である。

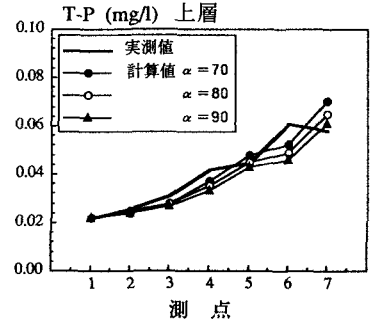
3. 博多湾の浄化策 博多湾は湾口が狭く奥行きが長い閉鎖性内湾であるため外海との海水交換率が低く、特に湾奥部での水質悪化が著しい。博多湾を浄化させる方法の一つとして湾奥部に玄海灘より外海水を導入し、海水交換を促進させることが考えられる。浄化用水として $COD=1.1\text{mg/l}$ 、 $T-P=0.016\text{mg/l}$ の水質の外海水を海の中道より5カ所から内湾に $2.0\text{m}^3/\text{sec}$ ずつ、計 $10\text{m}^3/\text{sec}$ 導入した場合のCOD分布をシミュレートした。

表－1 水質計算のパラメーター

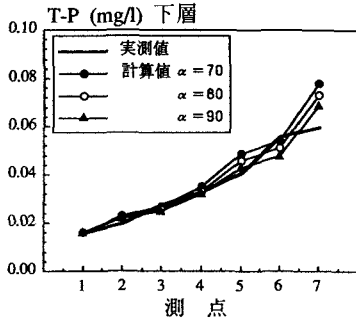
	西部海域	中部海域	東部海域
γ_c (mg/m ² /day)	16.4	15.1	16.7
γ_p (mg/m ² /day)	0.89	2.12	6.39
Sc (m/day)	0.17	0.17	0.17
Sp (m/day)	0.22	0.22	0.22
SSc	0.20	0.22	0.20
SSp	0.22	0.35	0.46
Kc (m/day)	55.2	55.2	55.2
Dc (m ³ /g/day)	0.053	0.053	0.053



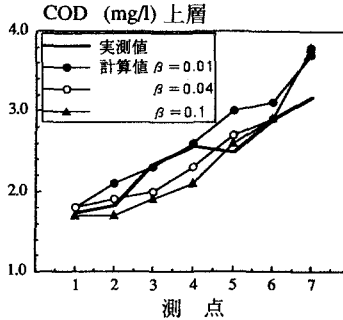
図－1 海域の区分と比較点位置



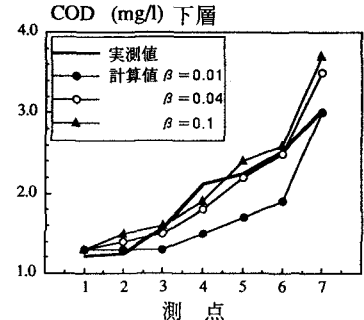
図－2 実測値と計算値の比較



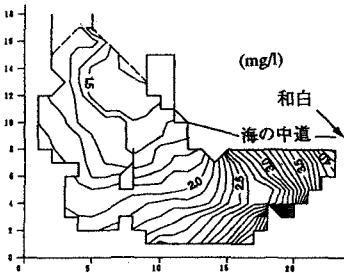
図－3 実測値と計算値の比較



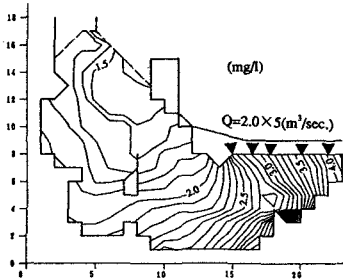
図－4 実測値と計算値の比較



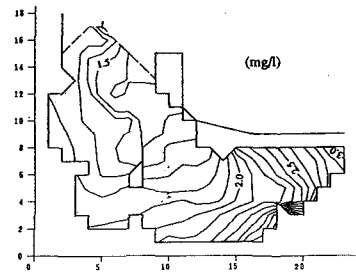
図－5 実測値と計算値の比較



図－6 現況のCOD分布



図－7 浄化予測



図－8 浄化予測

その結果を図－7に示す。図－6は現況のCOD分布の再現結果である。これらによると、この程度の導水だけでは浄化効果が期待できないことが分かった。次に外海からの導水は行わず、底泥からのCOD、T-Pの溶出をすべて削除し、陸域からの負荷流入を現況の2/3に減少させた場合について水質予測を行った。計算結果を図－8に示す。この場合では海の中道から和臼にかけてCODが0.5～1.3mg/l程度減少できることが分かった。なお図－6～8は上層と下層の平均値を示している。

4. 結語 内湾の浄化策としては浄化用水の導水よりも底質改良や下水処理施設の充実による負荷の軽減が効果的であることが分かった。さらにモデルを改良し水質予測の精度を向上させていく予定である。最後に本研究で使用した物質循環に関するパラメータ値および博多湾の水質実測値を提供された（財）九州環境管理協会に深甚なる謝意を表します。

【参考文献】

劉・小松・矢野・朝位：物質循環を考慮した博多湾のCOD拡散シミュレーション、平成4年度土木学会西部支部研究発表会、pp364～365、1993