

大村湾における溶存酸素の変化予測シミュレーション

長崎大学工学部 学生会員 ○ 富永 昌伸 長崎大学大学院 学生会員 岡本 恵一
 長崎大学工学部 正会員 西田 渉 長崎大学工学部 フェロー 野口 正人

1. はじめに

閉鎖性の強い内湾では、汚濁物質の蓄積による有機汚濁、富栄養化の進行等が問題となっている。こうした水環境の劣化抑止と改善に対しては、流入汚濁負荷量の制御や水域の自浄機能の回復・強化に係る施策が、当該水域の環境改善効率を評価した上で、適宜、実施される必要がある。ここで取り上げる大村湾は、長崎県のほぼ中央部に位置する極めて閉鎖性の強い湾である。当湾は、1974 年に環境基準の水域類型を A 類型に指定されると共に、流域からの汚濁負荷量の抑制等によって、水環境の維持・改善が図られてきているが、化学的酸素要求量(COD)は 2.8 mg/l 程度であり¹⁾、長らく環境基準を上回った状態が続いている。また、溶存酸素(DO)については、夏季に海底付近で貧酸素化現象がしばしば発生することが報告されており²⁾、水環境管理上の大きな問題となっている。以上のことから、大村湾の水質変化機構を早急に明らかにする必要がある。本研究では、大村湾の水質変化について、3 次元数値シミュレーションモデルを作成し、とくに DO の変化に底泥中の酸素消費(SOD)の及ぼす影響を予測することにした。

2. 水質モデルの概要

潮流の評価については、著者らがこれまでに開発してきた三次元レベルモデルを用いることとし、この流動モデルに次の水質解析モジュールを追加した。すなわち、DO の収支として、水表面での再曝気と水中の有機態物質の分解による消費、そして水底での SOD を取り上げている。以下に DO の収支式を示す。

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial(C \cdot uh)}{\partial x} + \frac{\partial(C \cdot vh)}{\partial y} + Cw|_{l-1} - Cw|_l = \frac{\partial}{\partial x} (K_x h \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y h \frac{\partial C}{\partial y}) + K_z \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{l-1} - K_z \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_l + (source) \quad (1)$$

$$(source) = k_a \theta_a^{T-20} (C_{max} - C)h - k_L \theta_L^{T-20} f_a Lh - S + C_r q_r \quad (2)$$

ここに、 u, v, w : x, y, z 軸方向の流速、 K_x, K_y, K_z : x, y, z 軸方向の拡散係数、 h : 層厚、 C : DO の濃度、 k_a : 再曝気係数、 θ_a, θ_L : 反応速度の温度依存性を表すための係数、 T : 水温、 C_{max} : 飽和溶存酸素濃度、 f_a : 有機態物質の分解速度の DO への依存性、 L : 有機態物質の濃度、 S : SOD、 C_r : 流入河川の DO の濃度、 q_r : 流入河川の流量、である。なお、式(2)の右辺第一項の再曝気は表層のみで、また、第三項の SOD は底層のみで評価されることになる。SOD については、簡単のため、底泥中の酸素消費物質と溶存酸素の鉛直分布を放物線型に仮定して得られた次式を用いて評価することにした。

$$S = 0.6 D C_{btm} / z^* \quad (3)$$

ここに、 D : 底泥中の酸素の拡散係数、 C_{btm} : 底層での DO の濃度、 z^* : 酸化層の厚さ、である。ただし、SOD については、大村湾では、湾の中央部から南部に底泥の堆積が顕著であると報告されていることから、これに準じて空間的に変化させた。

計算領域は、大村湾とこれに隣接する佐世保湾とした。計算手法として陽形式の有限差分法を適用し、先の収支式を離散化している。計算領域の差分間隔は、水平方向に $dx=dy=250m$ とされ、鉛直方向には表層を T.P. -2.0m 以浅とした上で、それ以深を $dz=10m$ の厚さで分割された。計算時間間隔は $dt=4.0sec$ である。開境界条件は、佐世保湾の湾口部で与えられ、潮位変化として、佐世保湾の M2 潮に相当する振幅 0.8m、周期 12 時間 24 分の正弦波が与えられた。初期条件として、水温は表層で 20.0、それ以深で 19.0 とされた。DO については、各水温での飽和溶存酸素濃度が与えられている。流入河川については、大村湾に流入する 17 本の河川を取り上げ、各河川の DO と有機態物質濃度を既存の報告¹⁾をもとに与えた。

3. 計算結果と考察

ここで、先ず大村湾内の潮流の予測結果について述べておくと、図 1 に示される様に、大村湾の潮汐は佐世保湾の潮汐に応じて変化するが、潮位変化は佐世保湾に比べて 3 時間ほど遅れ、また、その振幅は約 0.30m

に減少している。湾内の流速ベクトルの空間分布は図2のとおりであり、針尾瀬戸付近で最も速くなる。これは、先述の様に、大村湾と佐世保湾の潮位の差が大きく、針尾瀬戸の幅が比較的狭いことから、湾に流入した水塊が噴流状に、急速に広がるためである。一方、湾の南部では、潮位の振幅が小さいこともあり、1潮汐を通じて速い流れは現れていない。これらの結果は、過去の研究で報告された大村湾の流れの特徴を概ね捉えており、本流動モデルによって大まかな流れはシミュレーションされたものと考えた。つぎに、計算開始から18日経過後のD0の飽

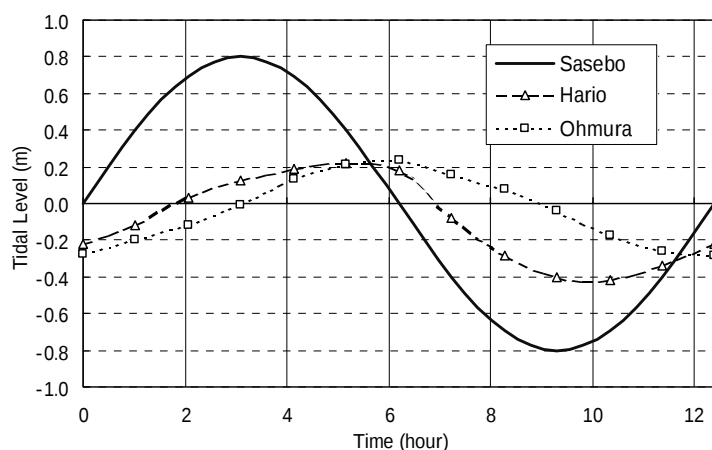


図1 佐世保湾と大村湾での潮位変化(計算結果)

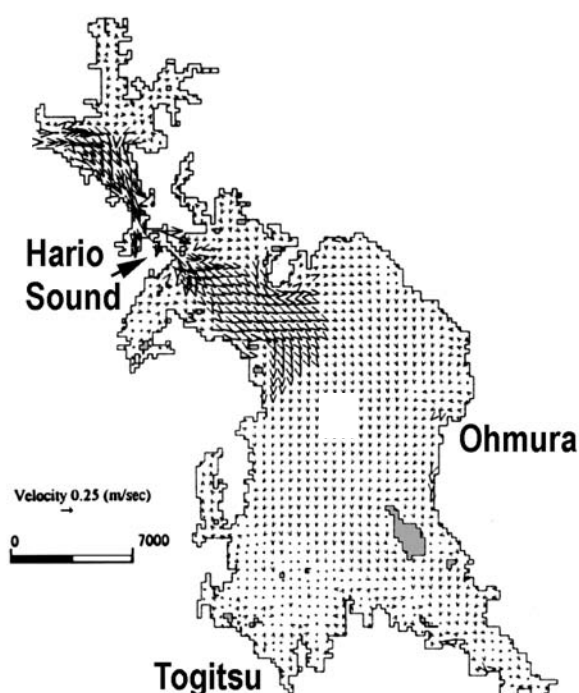


図2 上潮最大時の流速ベクトルの分布(表層)

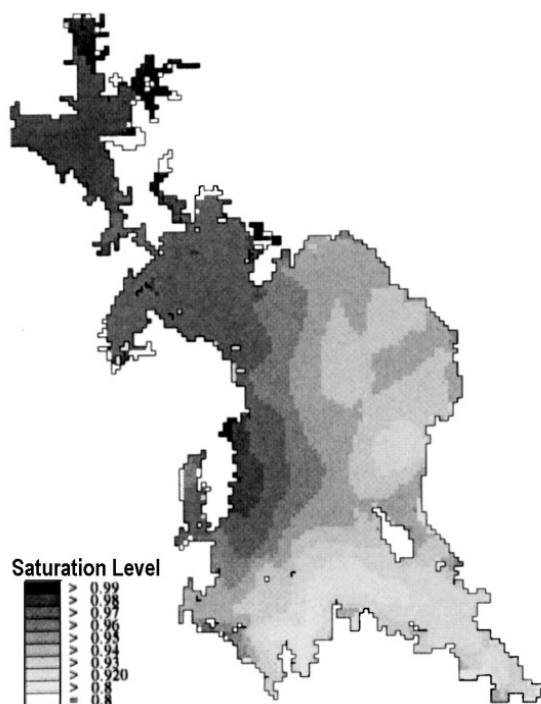


図3 D0の飽和度の空間分布(第2層)

和度について、その空間分布を示すと図3のとおりである。湾内のD0の変化について、表層では計算条件に考慮された河川からの有機態物質の流入による影響も無視できないが、佐世保湾から針尾瀬戸付近にかけては、流速が速いために海表面からの再曝気量が多く、また、鉛直方向の混合も強いことから、同領域のD0の濃度は図示された第2層でも高くなる傾向にある。一方で、とくに湾の中央部から東側並びに南部海域で濃度の低下が著しく、SODによる酸素消費がD0の変化に支配的な因子になるようである。これは、早崎瀬戸付近にあるD0濃度の高い水塊が、湾内に然程流入してこないことと共に、湾奥では鉛直方向の水塊の流動が弱く、SODが累積的に影響したことが主たる要因と推察される。

4. おわりに

本研究では、大村湾のD0の変化を評価するために、数値モデルを作成し、現地への適用を試みた。得られた結果から、作成した水質モデルの構成範囲で、SODのD0の分布に与える影響を予測できたものと思われる。今後は、物質循環や生物活動の影響を考慮したモデルの開発に取り掛かる共に、大村湾では、夏期の成層状態下での水質変化の解明について検討を進めたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 長崎県民生活環境部：平成14年度公共用水域及び地下水の水質測定結果, pp.247-335, pp.388-427, 2003.
- 2) 日本海洋学会 沿岸海洋研究部会編：日本全国沿岸海洋誌, 東海大学出版会, pp.846-850, 1985.