

長崎大学工学部 正 員 ○西田 渉
 長崎大学工学部 正 員 野口 正人
 ㈱清水建設 平田 知昭

1. まえがき

最近、国民の生活環境に対する関心が高まってきているなか、都市域で人々にうるおいや、安らぎを与える場として、水辺の環境整備が益々重要性を帯びてきた。本研究では、閉鎖性水域として長崎県諫早市を流れる本明川と、その河口である諫早湾について着目し、閉鎖性水域における水環境変化の予測手法について取り上げた。ちなみにここは現在、諫早湾防災干拓事業が進行中であり、計画によると、湾奥の約3550haを締切堤により締め切り、うち1840haを農地として干拓、残り約1710haが、水位-1m(水深で3m)で管理される調整池として利用されることになっている。

上述されたことから、本論では水質指標の溶存酸素(DO)とBODとを取り上げ、それらの相互の影響を考慮したモデルを提示すると共にその適用例について検討した。なお、計算結果は平成4年度に実施された2回の観測結果と対比された。

2. モデルの概要

閉鎖性水域に対するモデル化は、厳密には、水質のみならず水の流動のモデル化に対しても3次元的な取扱が必要である。しかし、現地適用例として取り上げた諫早湾奥及び、締切堤内の水深は比較的浅いため2次元的な取扱が可能であるものとし、流入河川に対し1次元解析法を、海域及び調整池に対して2次元解析法を適用した。

連続方程式

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \frac{\partial(\tau_{(x)} \rho M_1)}{\partial x_1} = \rho_{in} \cdot q_{in} \quad (1)$$

運動量方程式

$$\frac{\partial(\tau_{(x)} \rho M_1)}{\partial t} + \frac{\partial(\xi_{(x)} \rho M_1 M_2 / h)}{\partial x_1} = -\rho g h \frac{\partial H}{\partial x_1} - \tau_{ib} + U \rho q_{in} + g Y_1 \quad (2)$$

BODの収支式

$$\frac{\partial(L h)}{\partial t} + \frac{\partial(L M_1)}{\partial x_1} = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(E_1 h \frac{\partial L}{\partial x_1} \right) - K_1 L h \quad (3)$$

DOの収支式

$$\frac{\partial(D h)}{\partial t} + \frac{\partial(D M_1)}{\partial x_1} = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(E_1 h \frac{\partial D}{\partial x_1} \right) - K_1 L h + K_2 (D_{sat} - D) h \quad (4)$$

再曝気係数(村上の式による)

$$K_2 = 8.55 \cdot g^{3/8} \cdot \sqrt{\frac{\rho D}{\sigma}} \cdot \frac{n^{3/4} U_0^{9/8}}{H R^{1/2}} \cdot \nu^{3/8} \quad (5)$$

ただし、 K_2 :再曝気係数の評価には村上の式を用いたが、脱酸素係数については1992年9月14日、12月16日に実施された現地観測により得た値($k_{20}=0.2/\text{day}$)を用いることにした。

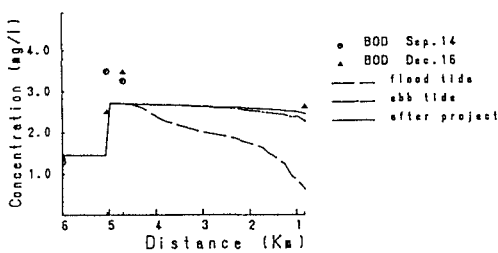
3. 計算条件

先にふれたとおり、今回のモデルを諫早湾及び、そこへの主流入河川である本明川に対して適用を試みた。計算手法は陽的な有限差分法を用いることにした。計算条件は、まず2次元計算領域に対しては、 $\Delta x = \Delta y = 200\text{m}$ の格子で分割し、粗度係数は全域で $n=0.026\text{s/m}^{1/3}$ を与えた。1次元計算領域に対しては、 $\Delta s = 147 \sim 52\text{m}$ に分割し、粗度係数は $n=0.040 \sim 0.021\text{s/m}^{1/3}$ とされた。上流端条件は、現地観測結果を参考にし、流量 $1\text{m}^3/\text{s}$ がBOD濃度 1.46mg/l 、DO濃度 9mg/l で定常的に流れているものとした。下流端条件は、周期12時間30分、振幅2mの正弦波を与えた。また、本明川への横流入として、流量 $0.030\text{m}^3/\text{s}$ 、BOD濃度 30mg/l 、DO濃度 4mg/l の放水口を1つ取り上げている。計算時間間隔は、C.F.L.条件から1次元解析区間に対して2秒を、2次元解析区間に対して4秒を採用した。

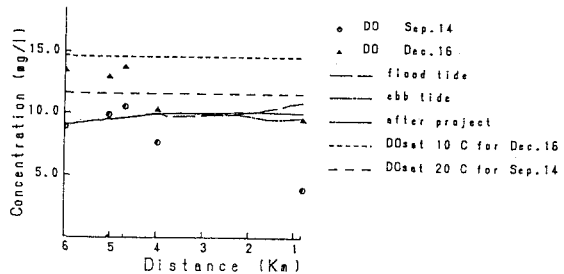
4. 解析結果

まず、【図-1】に1次元解析領域のBOD濃度の結果を、また、【図-2】には、同領域のDO濃度の結果が示されると共に、2回の観測結果も併せて表示されている。空間座標は追加距離で示されている。これらの図より、計算結果は、横流入として取り上げた放水口の存在する5Km地点直後に、BOD濃度の著しい増加がみられ、その後の区間では、締め切り以前のものが潮汐変化による濃度変化が大きいことが分かる。これは、干潮時、満潮時のそれぞれにおいて外海水の水質の影響を受ける度合いが異なることによるものであり、計算の境界条件に依存していることは言うまでもない。また、締め切り後の結果においてもBOD濃度は僅かに減少しているが、締め切り前の干潮時のものと対比すればその減少割合は小さくなっている。この原因としては、締め切り堤防の築造により清澄な外海水との交換が十分にはされないことが考えられる。すなわち、水質に影響する要因としては、流域からの汚濁負荷の流入、干満に伴う流出入による変化が支配的であり、水塊の滞留時間が短いこの区間においては、BODの自己分解による変動は顕著には現れていない。ただし、観測結果と比較すると、全ての放水口からの負荷を考慮していないために差が生じている。

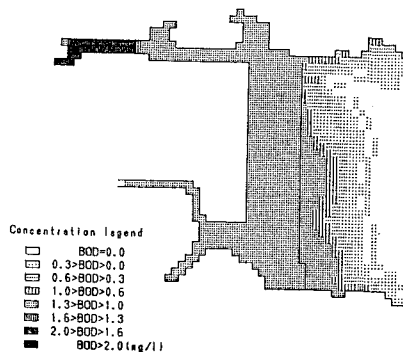
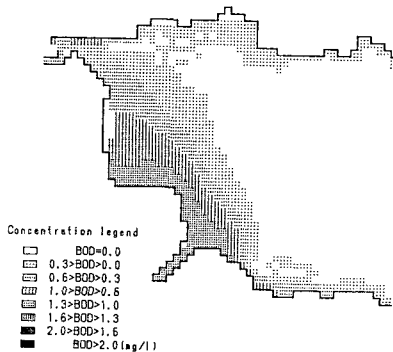
次に、【図-3】には2次元のBOD濃度の結果が示されている。締め切り前後の結果を対比すれば、締め切り堤防の有無によって湾奥部のBOD濃度に大きな違いがみられる。紙面の都合で空間的な流速分布等を示すことができないが、2次元領域においても締め切り前後のBOD、DOの濃度分布は、基本的には河川区域について述べられたことと同様なことがいえる。



【図-1】BODの流下に伴う変化



【図-2】DOの流下に伴う変化



【図-3】2次元領域でのBODの濃度分布（左：締め切り前、右：締め切り後）

5. あとがき

今回閉鎖性水域の水質変化を調べるために、流入河川からの影響をも考慮したモデルを提案し、その適用例を示した。目下、限られた観測しかされておらず直ちにモデルの妥当性を議論することはできないが、BODとDOとの相互の影響を考慮した水質予測がされるものと考えている。今後は、多くの観測を実施し、更なるモデルの予測精度の向上に努めたい。