

諫早湾調整池を対象とした浮遊懸濁物質の予測モデルの開発

長崎大学大学院工学研究科 学生会員 野副泰裕 長崎大学大学院工学研究科 正会員 鈴木 誠二
長崎大学工学部 学生会員 中島 俊 (株) PAL 構造 正会員 西田 渉

1. 背景と目的

本研究で対象とする諫早湾干拓調整池は閉鎖性の強い水域であり、効果的な水質管理手法を確立するために研究¹⁾や環境モニタリング調査が行われている。さらに、水質保全対策が実施されているが、設定された環境基準値を充足するに至っていないのが現状である。そのため、当水域で効果的な水質管理を実施するためには、流域から流入する汚濁物質(SS)が、水域内において、いかに物理的に循環するかを明らかにし、その循環特性に応じた水質管理手法を確立することが求められている。本研究では、諫早湾調整池内で広範囲の調査を行うとともに、観測結果を予測モデルによる計算結果と比較・検証を通して浮遊懸濁物質に関する予測モデルの向上を最終目標として考察を行っている。

2. 現地調査の概要

諫早湾調整池内の計測地点は図1のとおりである。まず、浮遊懸濁物質等の現地観測は、2015(平成27)年11月3日14時~4日6時に実施した。計測地点は、調整池内の4地点とし、本明川下流に1地点(St.1)、調整池北側に1地点(St.2)、調整池南側に2地点(St.3、St.4)を設けている。SSは各観測地点の水表面で採水を行い、帰船後に分光光度計(HACH社製 DR2010)を用いて測定された。濁度は直読式の多項目水質計(JFE社製 AAQ1183)を用いて計測している。また、現地観測日の前後を含めた期間の風特性は、地点1(堤防道路中央、図1参照)で長崎県県央振興局が計測しているデータを使用している。つぎに、底泥の採取については、同年11月6日にS2(図1参照)で実施した。底泥は、船上から自作の採取器を調整池底面に貫入させて柱状に採取され、その後、粒度分析等の土質試験を実施した。

3. 現地調査の結果と考察

3.1 SSと濁度

図2に濁度の鉛直分布を示す。図より水表面から鉛直下向きに概ね一様に分布していることがわかる。また、全地点の値は50.0FTUほどであり、調整池全体の濁度は水表面から中層付近までほぼ一様の値と判断される。さらに、SSと濁度の関係を図3に示す。図中には観測結果から算定された線形回帰式をも併記されており、濁度とSSの間には正の相関関係があると判断される。

4. 土質試験結果

図4はS2で採取された底泥の粒度分布である。試料は調整池底面から0.05~0.15mの深度で採取されたもの(試料長10cm)を対象に土質試験を行っている。試験結果に基づけば、S2の底泥表層では、粘土とシルトに分類される粒径の土粒子が多く、調整池中央付近は広い範囲で微細な土粒子で覆われているものと考えられる。また、平均粒径はメディアン径(d_{50})で $4\mu\text{m}$ であり、この値を数値モデルの粒径に採用した。

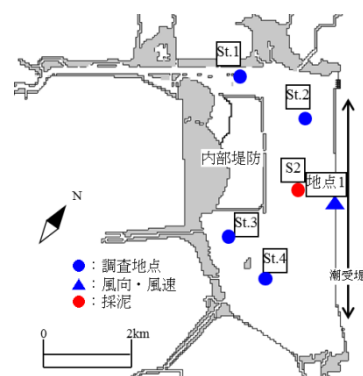


図1 諫早湾調整池の観測地点

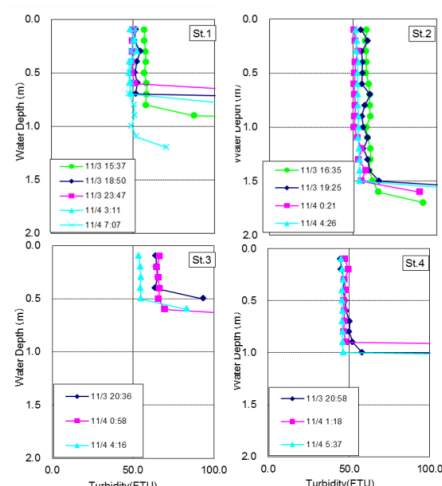


図2 濁度の鉛直分布

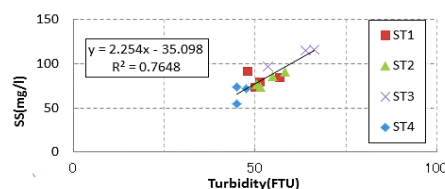


図3 濁度とSSの相関

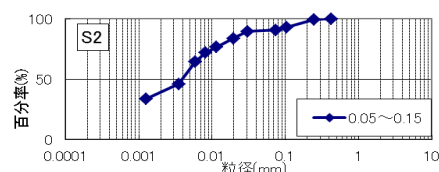


図4 S2における粒度分布

5. 浮遊懸濁物質の予測モデル

5.1 浮遊懸濁物質(SS)の収支モデル

流水中の浮遊懸濁物質を浮遊砂とみなしてモデル化を行った。したがって、流水中の濃度に関しては、移流拡散方程式として表現することが可能である。ここで、基礎方程式を示すと以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial SS h_l}{\partial t} + \frac{\partial (SS M_l)}{\partial x} + \frac{\partial (SS N_l)}{\partial y} + SS_{l+1} w_{l+1} \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x h_l \frac{\partial SS}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y h_l \frac{\partial SS}{\partial y} \right) - K_z \frac{\partial SS}{\partial z} \Big|_{l+1} + SS_r q + (source) \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、SS：浮遊懸濁物質の濃度、 h_l ：第 l 層の層厚、 M_l, N_l ：第 l 層の x, y 軸方向の流量フラックス、 SS_r ：河川の浮遊懸濁物質の濃度、(source)：単位時間、単位体積あたりのSSの生成量である。なお、浮遊懸濁物質の濃度は、掃流力の変化に伴って水底面からの“土粒子の供給”効果と、“沈降”による濃度減少の効果によって変化することから、右辺の生成項に巻き上げフラックスおよび沈降フラックスを与えている。

5.2 計算条件

計算対象領域は図1に示す本明川延伸区間と諫早湾干拓調整池の全域を含めたものである。空間差分間隔は水平方向に $\Delta x = \Delta y = 50\text{m}$ である。鉛直方向は $\Delta z = 0.1\text{m}$ とした。時間差分間隔は $\Delta t = 4.0\text{s}$ である。計算対象期間は、2015(平成27)年11月1日8時～4日7時であり、諫早(アメダス)で計測された気温や湿度、日射量および地点1で計測された風速を与えている。また、SSの初期状態は、鉛直方向に完全混合状態と仮定し、計算初期時刻での観測結果から調整池全体を 70mg/l と河川からの流入水を 50mg/l と設定した。

5.3 SSの計算結果と考察

図5は、St.1およびSt.3でのSSの鉛直分布を示している。同図には観測値も併記されており、実測1および実測2は、それぞれ11月3日19時頃および11月4日頃に計測されたものである。これらの図に基づけば、St.3の計算値は概ね一様な鉛直分布やSSの上昇傾向を再現計算されている。

図6は、地点1で計測された風速と水表面でのSSの時間変化を表している。比較のためSt.1およびSt.3での観測値もプロットされている。これらの図より、St.1では計算値と観測値は概ね同じ値である。一方、St.3の実測値は風速 2m/s 程度で増加していることがわかる。St.3の水深が浅く風速の影響を受けやすいため、計算値と実測値との間に相違が出たものと考えられる。

6. 結論

本研究では、諫早湾干拓調整池全域でのSSの時空間変化を明らかにするために、SSと濁度の現地観測を実施した。また、現地観測を実施した領域より広範囲でのSSの把握を目的としているため、SSに関する予測モデルを構築し、SSの変動特性について再現計算を試みた。

現地観測の結果との比較から次のことが明らかになった。当調整池内のSSは鉛直方向にほぼ一様であり、SSと濁度には高い相関関係がある。開発した数値モデルに関しては、SSの一様な鉛直分布および風速に伴うSSの上昇傾向の再現が可能となった。今後の課題として、水深が浅い地点のSSの再現性をより高めることで、当水域でのSSの全体像の解明に繋げたい。

参考文献

1)西田渉, 鈴木誠二, 池永雄太, 岩尾良太郎, 諫早湾干拓調整池の流れと物質輸送に風と洪水が及ぼす影響の数値予測, 土木学会論文集G(環境工学), Vol.67, No.7, III_383-III_390, 2011

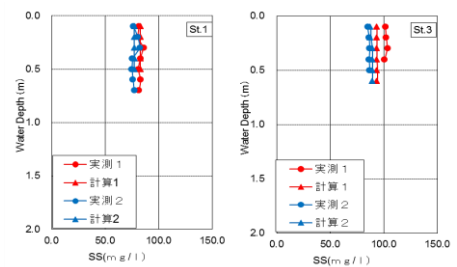


図5 SSの鉛直分布の比較

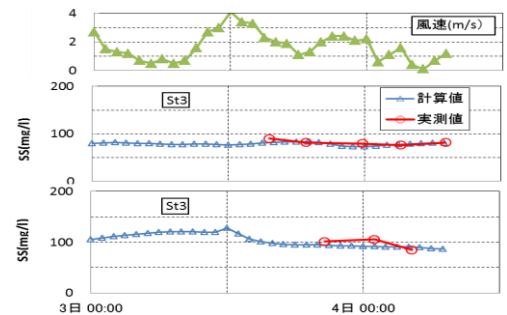


図6 SSの時間変化の比較