

(45) 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

西田 渉^{1*}・鈴木 誠二¹・池永 雄太²・岩尾 良太郎²

¹長崎大学大学院工学研究科 (〒852-8521長崎県長崎市文教町1-14)

²長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻 (〒852-8521長崎県長崎市文教町1-14)

* E-mail: nisida@civil.nagasaki-u.ac.jp

諫早湾干拓調整池を対象に、風や洪水の流入が水域の流れや物質の輸送過程に与える影響を3次元数値モデルを用いて予測した。2010年の夏季に観測された気象条件下でのシミュレーション結果によると、当調整池は比較的浅い水域であるが、水面上を吹く風によって鉛直循環流が形成され、中層から底層で風向とは逆向きの補償流が現れることが予測された。水粒子追跡計算から、風成流の形成状況に応じた物質輸送が予測されたが、日成層が発生する場合の風の条件下では承水路において鉛直流動が小さく、底層付近の水の鉛直混合がなされにくいことが予測された。洪水期間には、洪水の流入と風に影響された流れが形成されるために、承水路とその周辺水域の物質は調整池の中央部付近まで流送されることが示された。

Key Words: Isahaya flood regulation pond, numerical simulation, wind and flood induced flow

1. はじめに

閉鎖性水域の水質は、流域からの流出水の水質に直接的に影響される共に、水や物質の滞留時間が長いことから、水域に固有の物質循環過程を経て複雑に変化する。そのため、水質管理を効果的に実施するためには、水域内での物質循環過程を物理学的、化学的等側面から明らかにしておく必要がある。

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る。当調整池の水質は、流入負荷削減対策や直接浄化対策が実施されているにも関わらず、設定された環境保全目標値を充足するには至っていない^{1,2)}。水質が改善されない理由については多面的に検討されなければならないが、ここで、当水域の物理的な物質循環に関連して北部承水路区間で観測された水温変化を述べておくと、当区間では水温の日成層が現れるが、夏季における成層の形成は風の時間変化に依存しており、とくに夜間から未明にかけて風が連吹すると水温成層の発達が弱められることが示されている³⁾。一方で、冬季夜間の放熱時には水温の逆列分布が現れることがあり、塩分の鉛直分布が密度成層を安定化させる要因になったものと推察された⁴⁾。水域内の流れ場に日成層が与える影響は強く、

また、浅い水域で日成層が持続する場合には水底付近の水が停滞、底泥の酸素消費によって嫌酸化し水質変化に影響を与えるとされる^{5,6)}。これらを考慮すると、諫早湾干拓調整池の水深は比較的浅いものの、汚濁原因物質の物理的な輸送過程を明らかにするには、成層の形成等起因した鉛直方向の物質輸送の変化を取り扱い得る解析手法の適用が不可欠であると考えている。

本研究では、著者らがこれまでに構築してきた3次元数値モデルの干拓調整池への適用性について検討すると共に、風および洪水の流入による物質の輸送過程を水粒子追跡計算によって予測・評価した。

2. 数値予測モデルの概要

本モデルでは、解析手法として三次元レベルモデルが採用されており、流体の密度は水温と塩化物イオン、浮遊砂濃度に応じて変化するものとしている。流体運動の基礎方程式は連続方程式と運動方程式である。水温と塩化物イオン、浮遊砂は、熱量並びに質量の収支式として生成項を有した移流拡散方程式の形式で表現されている。中間層1に適用される式は次のとおりである。

連続方程式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + w_{i-1} - w_i = 0 \quad (1)$$

運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(u \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial(v \cdot u)}{\partial y} + uw|_{i-1} - uw|_i = f_v h - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y h \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \varepsilon_z \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{i-1} - \varepsilon_z \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_i \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial(v \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial(v \cdot v)}{\partial y} + vw|_{i-1} - vw|_i = -f_v h - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x h \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y h \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \varepsilon_z \frac{\partial v}{\partial z} \Big|_{i-1} - \varepsilon_z \frac{\partial v}{\partial z} \Big|_i \end{aligned} \quad (3)$$

熱量・質量の収支式

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial(\theta \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial(\theta \cdot v)}{\partial y} + \theta w|_{i-1} - \theta w|_i = \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x h \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y h \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + K_z \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{i-1} - K_z \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_i \\ + (src) \cdot h \end{aligned} \quad (4)$$

ここに、 u, v, w : x, y, z 軸方向の流速(浮遊砂の収支式では、鉛直方向の流速に沈降速度が考慮される)、 h : 層厚、 P : 流体の静水圧、 ρ_0 : 水の基準密度、 f : コリオリの係数、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$: x, y, z 軸方向の渦動粘性係数、 θ : 水温または塩化物イオン、浮遊砂の濃度、 K_x, K_y, K_z : x, y, z 軸方向の乱流拡散係数、 (src) : 単位体積あたりの生成量、である。渦動粘性係数はPrandtlの混合距離モデルの形式で評価されている。なお、鉛直方向成分については、成層の形成による渦動粘性と乱流拡散の抑制を指数型のRichardson数の関数として次のとおりに表現されている。

$$\varepsilon_z = \varepsilon_{z0} \exp(-1.5 Ri) \quad (5)$$

$$K_z = K_{z0} \exp(-3.0 Ri) \quad (6)$$

ここに、 ε_{z0}, K_{z0} : 中立状態での渦動粘性係数と乱流拡散係数($K_{z0} = A \varepsilon_{z0}$ とおいた)、 Ri : Richardson数、である。水面の風応力はPavlek形式で表現し、この抵抗係数は風速に応じて変化するものとした⁷⁾。水底面の摩擦応力にはManning則が適用されている。計算では、この粗度係数を計算領域に一律($\nu = 0.0125 \text{ sec/m}^{1/3}$)に与えている。

水表面での熱収支としては、短波放射(H_S)、大気・水面からの長波放射(H_{Lw}, H_{Lw})、顕熱・潜熱による熱輸送(H_E, H_T)を取り上げており、各成分は以下のとおりに評価されている。

$$H_S = \beta(1-\alpha)H_{S0} \quad (7)$$

$$H_{Lw} = H_{Lw} - H_{Lw} = \varepsilon_a \sigma T_a^4 (1.0 + 0.17 C^2) - \varepsilon_w \sigma T_w^4 \quad (8)$$

$$H_E = \rho(L + cT_w)f(W)(e_w - \psi e_a) \quad (9)$$

$$H_T = B_o H_E \quad (10)$$

ここに、 α : (≈ 0.03) アルベド、 β : (≈ 0.3) 水表面での短波放射の吸収率、 H_{S0} : 全日日射量、 σ : Stefan-Boltzmann定数、 ε_a : 大気の有効放射率(Brunst型として $0.7 + 0.0037 e_a^{1/2}$ とおいた)、 T_a : 大気温、 C : 雲量、 ε_w : (≈ 0.97) 水の放射率、 T_w : 表層の水温、 ρ : 水の密度、 L : 蒸発の潜熱、 c : 水の比熱、 $f(W)$: 熱輸送量の水表面付近の風速(W)への依存性(Rohwer型⁸⁾とし $f(W) = 0.000231 + 0.00006W$ とした)、 e_w : 表層水温に相当する飽和蒸気圧、 e_a : 大気の蒸気圧、 ψ : 相対湿度、 B_o : Bowen比、である。水中を透過する短波放射の減衰はLambert-Beer則に従うものとした。

浮遊砂に関しては、粒子の水底からの供給量をPick up rate⁹⁾で表現している。

$$F_c = \begin{cases} \rho_s v_s P_s / a_s & (\tau_s \geq \tau_{cs}) \\ 0 & (\tau_s < \tau_{cs}) \end{cases} \quad (11)$$

$$P_s = 0.03 \tau_{cs} (1.0 - 0.7 \tau_{cs} / \tau_{cs})^3 \quad (12)$$

ここに、 τ_{cs} : 無次元掃流力、 τ_{cs} : 粒子の移動限界時の無次元掃流力、 v_s, a_s : 粒子の体積と水平投影面積、である。粒子の沈降速度はRubeyの式を用いて算定した。粒子の粒径は、底質が粘土・シルトが主であること¹⁰⁾を参考にして $10 \mu\text{m}$ としている。塩化物イオンについては、潮受堤堤体からの浸透による供給を取り上げ、堤体に接する格子の最下層に対して一定の浸透量¹¹⁾を与えた。各基礎方程式は陽形式の有限差分法で離散化されており、時間軸方向にLeap-Frog法が、空間方向にDonor Cell法と中央差分法が適用されている。

3. モデルの検証

成層の形成が水域の鉛直方向の物質輸送を支配する要因となることから、著者らは北部承水路での水温の観測値と計算値との比較をととして、本モデルの現地への適用性を検討してきている^{3,9)}。ここでは、まず、2010(平成22)年7月25日～8月5日に承水路の中間地点で連続観測された水温変化(以後、2010年夏季観測と称する)を対象に成層の消長過程の再現性を検討した。つぎに、諫早湾干拓調整池側へのモデルの適用性を検討する。当水域で同時多地点で測定されたデータとして、2002(平成14)年に行われた開門総合調査結果(以後、開門総合調査と称する)を用いてこれを行うことにした。

(1) 計算条件

a) 2010年夏季観測に対する条件

計算領域は図-1のとおりであり、諫早湾干拓調整池の全域と本明川の中流区間までを取り上げている。空間差分間隔は、水平方向に $\Delta x = \Delta y = 50\text{m}$ としており、鉛直方向には、表層をTP-1.4m以浅として、それ以深を

$\Delta t=0.1\text{m}$ とした。時間差分間隔は $\Delta t=2.0\text{s}$ である。流入河川として本明川を含む13本を取り上げ、各河川からの流入流量を河口格子に横流入として与えた。なお、降雨の流出は流出関数法で時間変化を求め、各河川の流域面積に応じて配分、基底流量に上乗せした。

気象に関する計算条件は図-2のとおりであり、全日射量は長崎海洋気象台の報告値¹³⁾とし、気温と風速は気象庁による諫早湾付近での数値予報値としている。降水量は国土交通省による諫早での報告値¹³⁾である。ここで、この期間の水温変化を述べておくと、観測期間の初めの二日間と終わりの三日間に水温の日周期変化と日中の水温の鉛直変化が明瞭であるが、それら以外の期間には昼間の水温の上昇が小さく、鉛直方向の水温差がほとんどない。7月28日には断続的な降雨が観測されており、河川からの雨水の流入や日射量の減少などが影響したものと考えられる。さらに7月28日～30日には、風速 2m/s の風が一日をとおして連吹しており、風応力による表層付近での乱れが鉛直輸送を保持させ、結果的に

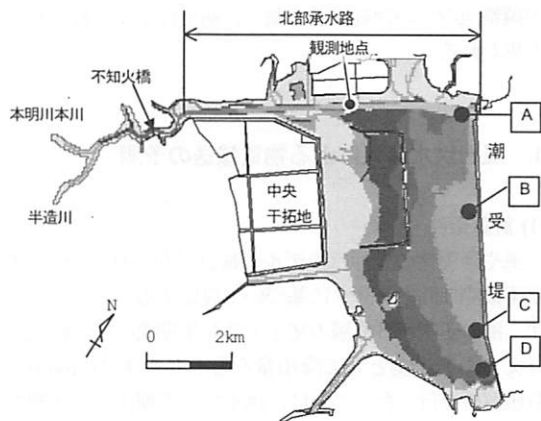


図-1 計算対象領域

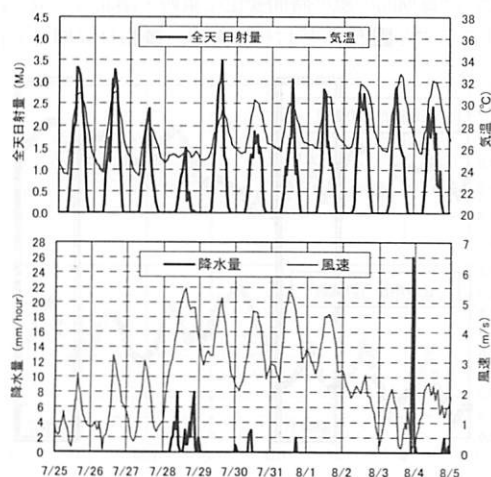


図-2 気象状態に関わる項目の時間変化

水深方向の水温差が小さくなったものと推察している。この計算では局所的な観測データを対象にするが、水温成層の連続的な消長過程の再現性の検討をとおして、水表面での熱収支や水域内部での熱輸送に関わるモデルの妥当性を評価することを目的とする。

b) 開門総合調査に対する条件

著者らが過去に行った熱収支・浮遊砂モデルを含まないモデルによる数値解析¹⁴⁾との比較を兼ねるため、計算条件はその際の条件と同一である。紙面の都合上、計算領域をここには示さないが、諫早湾干拓調整池を対象とし、差分間隔を水平方向に $\Delta x=\Delta y=200\text{m}$ 、鉛直方向には表層を T.P.-1.5m 以浅として、それ以深を $\Delta z=0.25\text{m}$ としている。時間差分間隔は $\Delta t=2.0\text{s}$ である。計算対象期間は開門調査開始から6日間(2002(平成14)年4月24日～29日)までとし、排水門の操作条件は公表資料¹⁵⁾に基づいて与えた。この期間の総降雨は 1mm (28日に観測)であったことから、排水門操作と気象条件によって生じた調整池内での時空間変化が検証できるものと考えられる。なお、この計算では、水温に加えて塩化物イオンの空間分布を取り上げ、公表資料の報告値の再現性を検証する。

(2) 検証条件に対する計算結果

a) 2010年夏季観測に対する計算結果

図-3にモデルから得られた水位と水温の時間変化を示す。同図には、それぞれの項目の観測値が併記されている。これらの結果によると、水位に関して計算値と観測値との間に $5\sim 10\text{cm}$ (全水深比で $3.3\sim 6.7\%$)、水温で 1°C 以上の違いが現れることもあり、モデルパラメータの詳細な推定は今後も引き続き検討されなければならないが、洪水の流入による水位の上昇や、排水門からの排水による急減とその後の再上昇がモデルで表現されてい

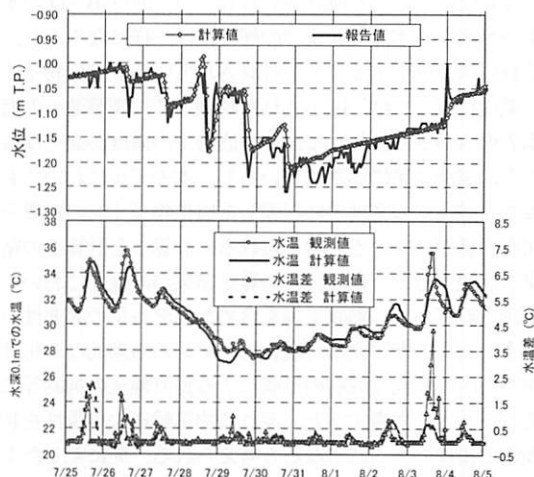


図-3 水位と水温の時間変化

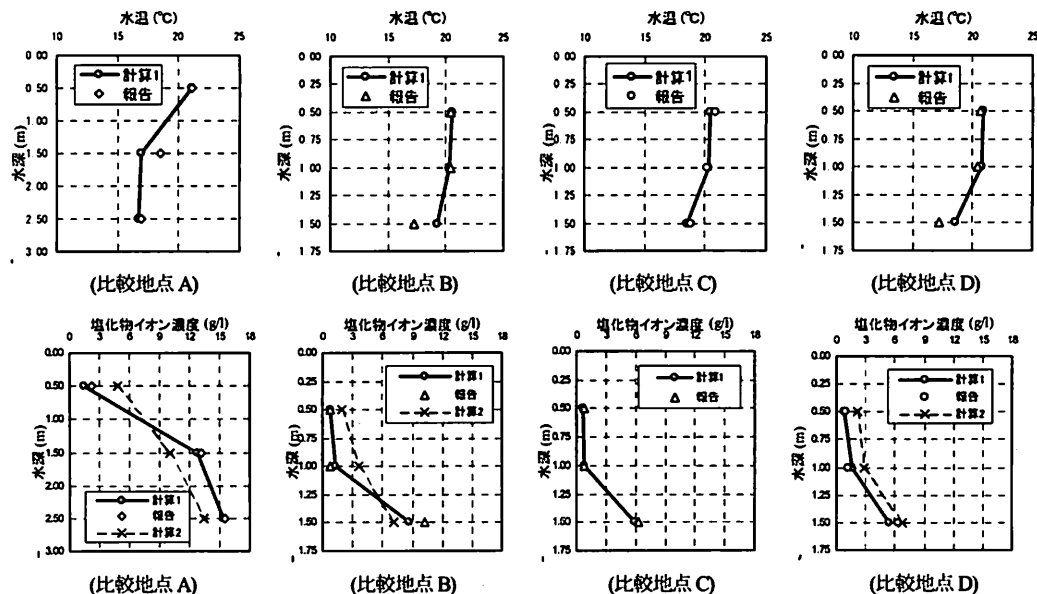


図4 水温と塩化物イオン濃度の鉛直分布

るものと思われる。また水温の時間変化に関しては、7月25日～26日と8月3日～4日に観測された水温の比較的大きな日周期変化や、7月28日からの水温低下と、その後4日間の水温差の減少が再現されており、各現象のモデル化は妥当になされていると思われる。

b) 開門総合調査に対する計算結果

図4は水温と塩化物イオン濃度の計算値と観測値との比較結果である。なお、塩化物イオン濃度の結果において計算1として表記されるものは本モデルによる結果であり、計算2は熱収支・浮遊砂モデルを含まない場合の計算結果である。また、各比較地点の位置は図-1中に示すとおりである。

これらの結果によると、水深1.5mでの水温が報告値と2℃程度高くなる地点があるものの、地点B～Dの水温が水面から水深1mまでの層でほぼ一樣になること、それ以深で低下することが計算されている。塩化物イオン濃度に関しては、図示された時刻までに調整池への海水の導入が5回行われており、底層での濃度が高くなることが実測結果に示されているが、本モデルにおいても海水と貯留水の密度差に起因した塩化物イオンの鉛直分布を評価できていると考えられる。計算1と計算2の結果を比較すると、鉛直分布の算定結果が計算1において改善されており、熱収支等を含めたモデル化の必要性が示されたものといえる。塩化物イオンの短期的な変化は、調整池内の流向や成層の形成による鉛直輸送の抑制等に応じることを考慮すると、流れや物質輸送の再現性を判断する指標の一つにもなると考えられる。先に記したように、モデルパラメータの設定に検討の余地が残されており、また検証計算例を増やす必要があるが、本モデル

の調整池内での物質輸送予測への適用性が示されたものと思われる。

4. 風と洪水流入による物質輸送の予測

(1) 計算条件

風や降雨等の条件はモデルの検証がなされた2010年夏季観測期間のデータに基づいて設定することとし、まず、風の連吹が日成層の発生・非発生期間の物質輸送へ与える影響予測として降雨量を零とした条件(Case-1)で数値解析を行った。つぎに、洪水の流入期間中の予測として降雨を考慮した条件(Case-2)での解析を行った。ここで、計算期間の風の時間変化を東西・南北方向成分に分けて示すと図-5のとおりであり、概ね日周期で変化

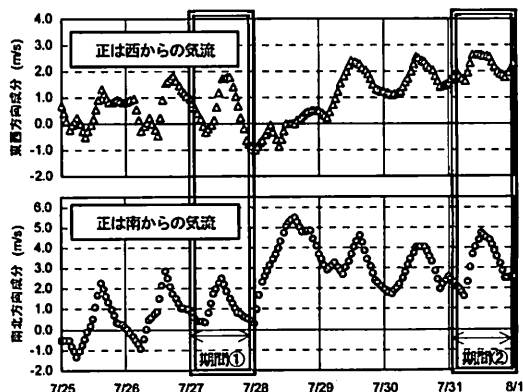


図5 風速の時間変化

している。風向は、25日と26日の深夜から未明に弱い北東側からの風となるが、それ以外は主に南西側からの風となっている。諫早湾干拓地周辺では夏季に南西系の風の出現頻度が高い傾向にあり¹⁶⁾、また、海陸風が現れるとの報告もある¹⁷⁾。本期間の風の出現傾向はこうした実測結果と類似している。なお、計算に用いた風の季節的な代表性については、日成層との関連性をとりながら吟味するには水温観測期間が十分ではない。詳細な検討は今後の課題としておく。

次節では、流れの予測結果と北部承水路の中・下流区間に配置された粒子の到達範囲を示す。粒子追跡計算についてはラグランジュ的粒子追跡手法によっている¹⁸⁾。粒子の水平方向の初期設置間隔は $\Delta x_p = \Delta y_p = 50.3\text{m}$ (一つの格子に九個)であり、水深方向には表層、中層、底層として水深0.3m, 0.95m, 1.45mに設定している。

(2) 予測結果と考察

a) Case-1 の結果

まず、モデルから算定された流れについて述べる。

図-6は、図-5の期間①と期間②における表層での24時間平均流の流速ベクトルと等流速線の空間分布である。二つの結果を比較すると、風の条件から予想されるように、期間②における流速が期間①に比べて1オーダー程度大きい。また、期間②の風は南西側から連吹する状態にあることから、多くの領域で内部堤防から潮受堤側へと向かう流れが現れる。一方、期間①については、風速が最大となる昼間に数cm/sとなる領域も見られるが、平均流速は1cm/s以下であり、全体的に弱い流れとなっている。流向に関しては、調整池の北部排水門寄りに反時計周りの水平環流が、また南部沿岸に西進する流れが現れており、期間②の結果と異なる。

図-6の地点Aと地点Bにおける流速の鉛直分布を示

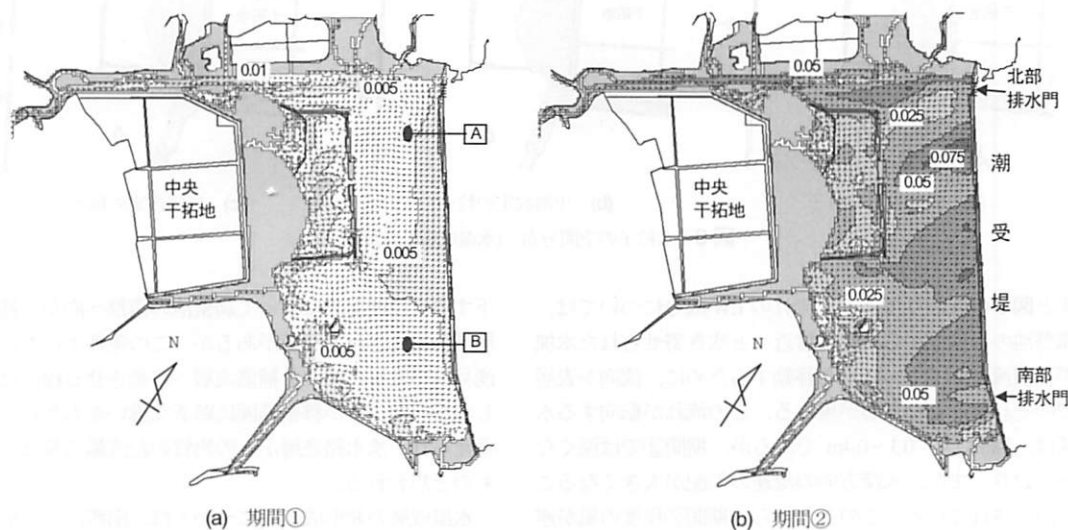


図-6 24時間平均流の流速ベクトルと等流速線の水平分布 (表層 単位: m/s)

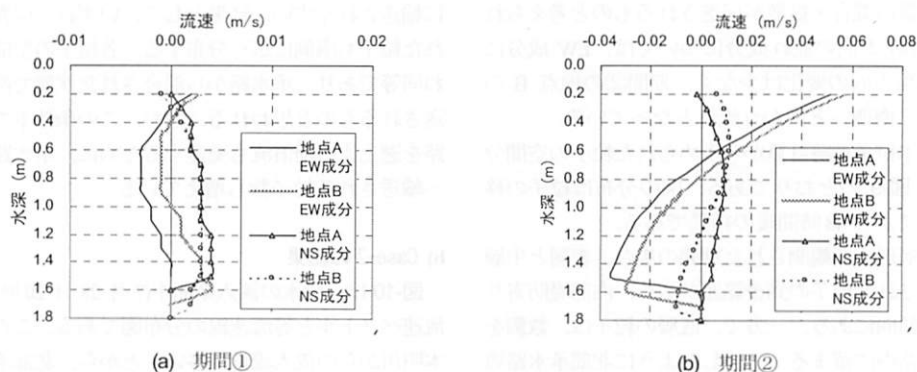


図-7 24時間平均流の鉛直分布

(EW成分の正は潮受堤方向、NS成分の正は南部水域方向)

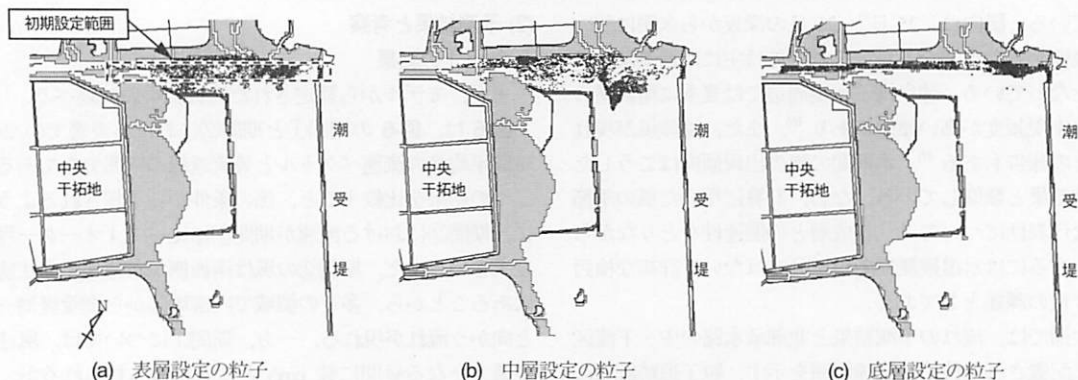


図-8 水粒子の空間分布 (水温成層の形成期)

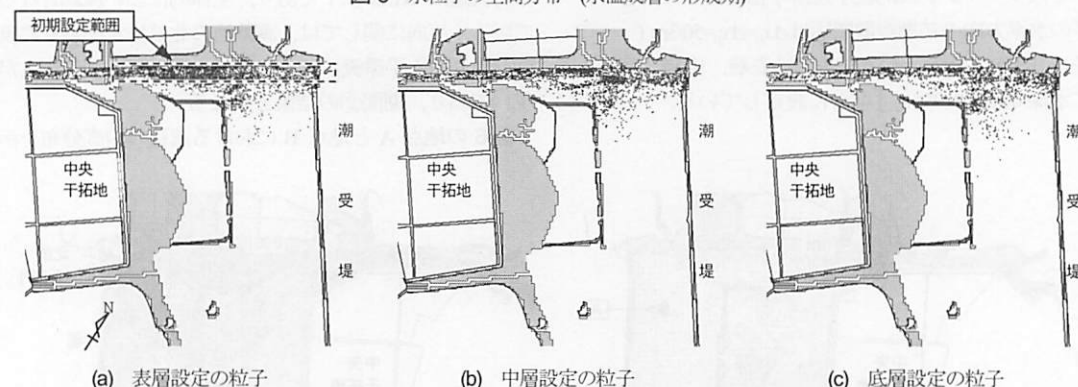


図-9 水粒子の空間分布 (水温成層の非形成期)

すと図-7のとおりである。流れのEW成分については、調整池の西岸側から潮受堤付近へと吹き寄せられた水塊が補償流として中・底層を移動するために、流向が表層でのそれと逆となる層が現れる。この流れが転向する水深は、期間①で0.3~0.4mであるが、期間②では深くなっており、また、水深方向の流速の勾配が大きくなることが示されている。このことから、期間②程度の風が連吹すると、EW方向の全水深において強い鉛直循環流が発生し、流速の鉛直分布によるシアが増加することで、流水中の物質の混合・拡散が促進されるものと考えられる。一方、NS方向の流れ成分については、EW成分に比べると水深方向の変化は少なく、期間②の地点Bの底層を除くと南側へと向かう流れとなっている。

つぎに、水粒子追跡計算から求められた粒子の空間分布は図-8と図-9のとおりである。図の分布は粒子の移動を許容してから48時間後の結果である。

水温の成層形成が観測された期間の場合、表層と中層に初期配置された粒子の到達範囲が広く、内部堤防寄りに南下する傾向にある。一方で、底層の粒子は、数個を除き、承水路内に留まる。先述したように北部承水路周辺は南西からの風によって水塊が吹き寄せられる領域であり、承水路の北岸側では下方へ沈み込む流れが、逆側では湧昇する流れが現れる。底層に設定された粒子が南

下するには湧昇流によって調整池の南部へ向かう補償流層域に輸送される必要があるが、この条件下においては、湧昇流が底層の粒子を補償流層へ移動させる程には発達しなかったことが移動範囲に顕著な違いをもたらしたと考えられ、承水路底層からの物質の鉛直輸送量は少ないものと思われる。

水温成層の非形成期間については、南西からの風が連吹する状態にあり、北部承水路周辺で鉛直循環流が発達する。そのため、底層の粒子も湧昇流によって補償流層に輸送されやすい。結果として、いずれの位置に設定された粒子も南側に広く分布する。各粒子の空間分布は概ね同等であり、承水路から混合された状態で南側へと流送されるものと思われる。なお、この条件下では、承水路を上流する補償流も発達するために、承水路の上流側へ輸送される粒子数も増えている。

b) Case-2の結果

図-10は、洪水の流入期間中(7月28日20時)における流速ベクトルと等流速線の分布図である。この時刻には、本明川からの流入流量が多いことから、北部承水路の上流から中流区間にかけて速い流下流が現れるが、一方で、調整池側では北向きの流れとなっている。これは河口から離れるにつれて、風が流れの形成に対して支配的にな

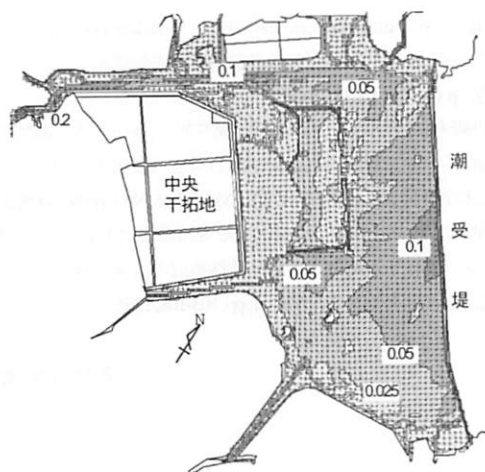


図-10 洪水流入期間中の流速ベクトルと等流速線の空間分布
(表層 単位: m/s)

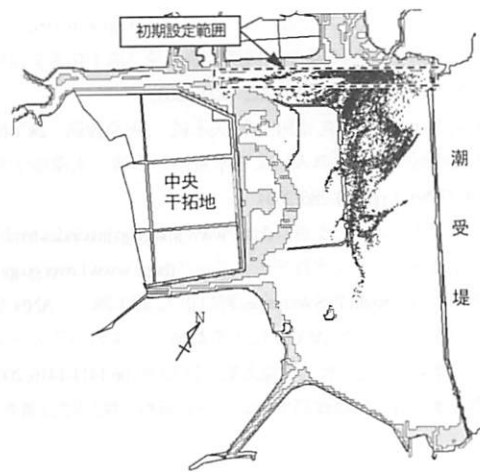


図-11 洪水流入による水粒子の移動予測結果

ってくるためであり、今回の計算条件下では洪水と風の影響を受けた流れが混在することが示された。図-11は、水粒子追跡計算で求められた7月29日零時における全粒子の空間分布である。なお、粒子は28日零時から移動を開始させている。承水路に設定された粒子は、本明川等からの洪水流によって下流側へと流送される。承水路の下流区間を含む調整池の北部水域では、風にも影響を受けた流れが形成されるために、粒子の多くは、中・底層に発生する南北方向の補償流等によって、主に内部堤防寄りに南下、中央水域付近まで到達することが予測された。

5. おわりに

本研究では、諫早湾干拓調整池における流れや物質の輸送過程に風や洪水の流入が与える影響を数値モデルを用いて予測・評価した。

モデルから得られた結果から、当調整池では今回の計算条件下において中層から底層に風向とは逆向きの補償流が現れ、この補償流によって北部水域から中央部へ物質輸送がなされることが予測された。一方で、北部承水路付近では、風の条件によって粒子の鉛直輸送量が変化することが示されており、成層形成期の条件下では水や物質の混合がなされ難く、底層では停滞気味になることが示唆された。洪水期間中にあっては、洪水の流入と共に、風にも影響された流れの発生が予測されており、北部承水路区間に存在していた物質は、下流区間へ輸送された後に、中・底層の補償流によって調整池の中央部付近まで輸送されることが示された。

ここでは、夏季の報告値に基づいてシミュレーション

しているが、当水域での水・物質の物理的循環過程をさらに明らかにするためには、各季節風に対する応答を把握する必要があると思われる。今後は、モデルパラメータの検討をはじめとして、代表的な季節風の抽出とそれを用いた解析を行うと共に、栄養塩類等の循環モデルを構築し、水質変化の解明につなげたい。

謝辞：観測にあたり計測装置の設置と結果の取りまとめに協力頂いた当時の学部4年生 赤嶺太郎氏、刀根宏和氏、山口慶直氏、若山光太氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 長崎県：第2期諫早湾干拓調整池水辺環境の保全と創造のための行動計画，p.21, 2008.
- 2) 農林水産省九州農政局：環境モニタリング調査結果，
(<http://www.maff.go.jp/kyusyu/n/isahaya/kankyo/monitoring.html>).
- 3) 西田 渉，鈴木誠二：本明川延伸区間における夏季の水温変化とその数値解析，水工学論文集，第55巻，pp.1249-S_1254, 2011.
- 4) 西田 渉，鈴木誠二：本明川延伸区間における夏季・冬季の水温変化とその数値解析に関する研究，環境工学研究論文集，第47巻，pp.49-56, 2010.
- 5) 田中昌宏，石川忠晴：日成層形成時の吹送流の特性について，土木学会論文集，第405号/II-11，pp.63-72, 1989.
- 6) 石川忠晴，田中昌宏，小関昌信：浅い湖の日成層が水質に及ぼす影響，土木学会論文集，第411号/II-12，pp.247-254, 1989.
- 7) 近藤純正：水環境の気象学，朝倉書店，pp.168-174, 1994.
- 8) Rohwer, C.: Evaporation from a Free Water Surface, U.S. Dept. of Agr., Tech. Bull. No.271, p.96, 1931.
- 9) 村上正吾，辻本哲郎，中川博次：河床砂礫のPick-up rateの推定

- 式について, 土木学会論文集, No.443/II-18, pp.9-16, 1992.
- 10) 諫早湾干拓地域環境監視機構監修: 諫早湾干拓事業環境モニタリング 平成 15 年度版, p.22, 2003.
- 11) 細谷裕士, 横井 紘, 富田友幸, 矢永純一, 梶原義範: 諫早湾干拓調整池への海水導入による水質への影響, 水環境学会誌, Vol. 27, No. 4, pp. 281-286, 2004.
- 12) 気象庁ホームページ資料(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)
- 13) 国土交通省: 水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp/>)
- 14) 西田 渉, Dimitri P. Solomatine, 野口正人, 鈴木誠二: ANN を誤差評価手法とした ACCO による数値モデルのパラメータ推定に関する研究, 水工学論文集, 第 52 巻, pp.1411-1416, 2008.
- 15) 農林水産省九州農政局ホームページ資料: 開門総合調査, (<http://www.maff.go.jp/kyusyu/nv/isahaya/chousa/kaimon01.html>).
- 16) 九州農政局: 諫早湾干拓事業 環境影響評価レビュー報告書, p. (4-8-7)(4-8-34), 2001.
- 17) 坪野考樹, 吉井 匠, 松山正史, 坂井伸一, 多田彰秀: 海陸風と海洋レーダで観測された諫早湾口周辺の表層の日周潮流速, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. B2-65, No.1, pp. 401-405, 2009.
- 18) 早川典生, 細山田得三, 西川 誠, 宝田盛康, 犬飼直之: ラグランジュ的粒子追跡による広島湾湾奥部の海水交換に関する研究, 海洋開発論文集, Vol. 11, pp. 103-108, 1995.

(2011. 5. 30 受付)

Numerical Prediction on Influences of Wind and Flood to Flow and Material Transport in Isahaya Flood Regulation Pond

Wataru NISHIDA¹, Seiji SUZUKI¹, Yuta IKENAGA¹, and Ryotaro IWAOKI¹

¹Graduate School of Engineering, Nagasaki University

Wind and flood inflow are main factors which give influences to flow and material transport in closed water body. In this study, flows induced by wind and flood in Isahaya flood regulation pond were simulated using a three dimensional model. Numerical predictions were done under the meteorological condition observed in summer. Although this flood regulation pond is shallow water area, it is predicted that the circulation flows are formed in vertical plane, and flows compensating the balance of waters are appeared at middle and bottom layers. Materials which are initially set at northern area are transported to the central and southern water area of this pond by wind induced flow. On the other hand, flows are developed by the wind as well as the inflow of flood during a flood. Thus, particles set around river mouths and cut-off channels are transported up to around the central area of this pond.