

諫早湾干拓排水門開門による農地への塩水遡上に関する数値解析 Numerical Study on Saltwater Intrusion by Opening of Drainage Gate at Isahaya Polder

○三上悠美* 濱上邦彦** 弓削こずえ***

○MIKAMI Yumi HAMAGAMI Kunihiko YUGE Kozue

1. はじめに

近年、有明海の水質悪化が問題となっている。この問題の原因として、湾に作られた潮受堤防が有明海の潮流に変化を与えている可能性が指摘されており、開門の是非が検討されている。しかし排水門を開門すると調整池に海水が浸入するため調整池の水位上昇や塩水化等が考えられ、農地塩害の被害等が懸念される。そこで本研究では、開門した際に発生すると予想される干拓地内排水路における塩水遡上に関する数値解析を行った。

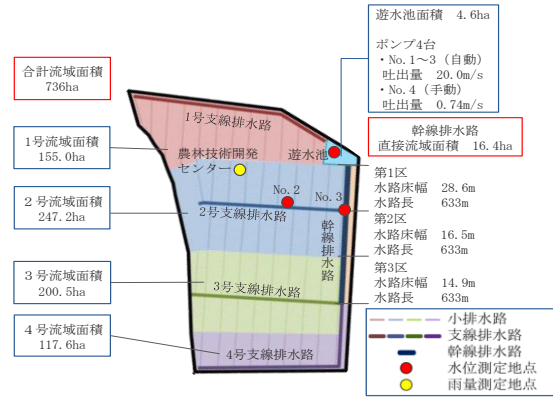


図-1 中央干拓地調査地点測定項目
Investigation spots and measurement items at Central polder

2. 調査対象地と調査項目

対象地は九州地方の有明海に位置する諫早湾内の中央干拓地(面積 580ha, 流域面積約 730ha)である。潮受け堤防(全長 7km)によって湾内に淡水の調整池(2600ha)をつくり、そこから水を引いて農業が行われている。干拓地の排水は遊水池に集められている。調査地点は3点設け各地点において一時間間隔で水位の測定を行った。調査地点、測定項目は図-1に示す。本研究では短期間での経時変化をとらえるために、図-2に示すように全データ期間から8月24日、25日を抜き出して解析に用いた。

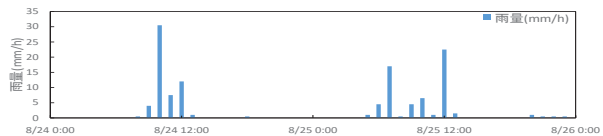


図-2 降雨量 Rainfall depth

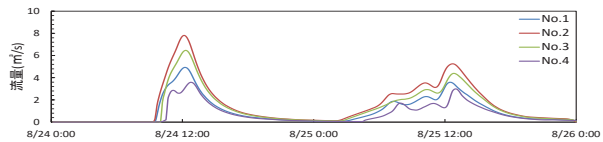


図-3 各支線排水路の流出量の時間変化
The variety of the outflow in each branch canal

3. 解析に用いた基礎式

塩水遡上の予測を行う上で排水路での流量や水位等の状態を考慮する必要があるため、はじめに各支線排水路における流出量の解析と幹線排水路水位計算を行った。幹線排水路は遊水池と直接つながっているため遊水池の水位変化の影響を受けやすく、また上端からは三・四号支線排水路からの流入があり、さらに二号支線排水路からの横入れ流入がある。そのため、幹線排水路水位計算は支線排水路流出解析の結果を境界条件とし、開水路の一元非定常流の基礎式を使用して計算を行った。

3-1. 支線排水路流出量解析

計算にはキネマティックウェーブ法を用いて小排水路毎に流域を分割し計算を行った。(1)~(4)の基礎式を用いて一時間間隔で計算を行った。

$$(斜面流) q = k \cdot h^p \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e \quad (0 \leq x \leq L) \quad (2)$$

$$(河道流) Q = K \cdot W^P \quad (3)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = I \quad (0 \leq x \leq L_c) \quad (4)$$

r_e :有効降雨強度(mm/h), I :河道単位長さあたり横流入量(m³/s), k, p :斜面定数, K, P :河道定数, L :斜面長(m), L_c :河道長(m), t :時間(s), x :

*岩手大学大学院総合科学研究科 Graduate School of General Scientific, Iwate University, **岩手大学農学部 Faculty of Agriculture Iwate University, ***佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture Saga University

流体力学一般, 開水路流れ, 河口・感潮域の水理, 流出特性, 数値解析

距離 (m) である。二号支線排水路途中の No.2 地点で実測流量と計算流量を比較したところ、おおよそ実際の流量を再現できた。そこで、各支線排水路からの流出量 (図-3) を幹線排水路水位計算に用いた。

3-2. 幹線排水路水位の推定

開水路の一次元非定常流の基礎式(5)(6)を用いて幹線排水路の水位推定を行った。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = I \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial uQ}{\partial x} + gA \frac{\partial z_s}{\partial x} = -gA \frac{\tau_0}{\rho g R} \quad (6)$$

ここで、 A :水路の流水断面積(m^2)、 Q :水路の流量(m^3/s)、 I :単位長さ当たりの横流入量(m^3/s)、 t :時間(s)、 x :距離(m)、 u :断面平均流速(m/s)、 z_s :基準面からの水位 (m)、 τ_0 :路面に作用する応力ベクトルの x -方向成分、 ρ :密度(g/m^3)、 g :重力加速度(m/s^2)、 R :径深(m)である。幹線排水路途中にある No.3 地点で実測水位と計算水位を比較したところ、計算値は全体的に実測値より低くなったが水位変動の様子は概ねよく再現できた。そこでこの計算で得た No.3 地点での水位計算結果を用いて塩水遡上の予測を行った。

3-3. 塩水遡上の検討

水路内に二層密度流が存在するとし、定常状態を考え塩水層の速度と内部フルード数を 0 と仮定し運動方程式を変形した(7)(8)式によって淡水部と塩水部の水深を求めた。

$$\frac{dh_1}{dx} = \frac{(1-\beta_2)i - i_{f1} + \beta_2 i_{f2}}{\beta_1 - (1-\varepsilon)\beta_2} \quad (7)$$

$$\frac{dh_2}{dx} = \frac{-(1-\varepsilon-\beta_1)i - (1-\varepsilon)i_{f1} + \beta_1 i_{f2}}{\beta_2 - (1-\varepsilon)\beta_2} \quad (8)$$

ここで、 ε : $(\rho_2-\rho_1)/\rho_2$ 、 g : 重力加速度(m/s^2)、 h_1 : 上層水深、 h_2 : 下層水深、 i :流路底勾配、 i_{f1} :上層の摩擦勾配、 i_{f2} :下層の摩擦勾配である。係数 β_1 、 β_2 はエネルギー補正係数 $\alpha=1$ とおき $Q_1=v_1h_1$ 、 $Q_2=v_2h_2$ とした場合の内部フルード数を運動方程式に導入し導いた。

4. 結果

図-4 は 2 号支線排水路における塩水楔形状を示している。塩水遡上距離は 12 時から 15 時までの 3 時間の間で約 800 メートル大きくなっていることが確認でき、短時間で遡上距離が大き

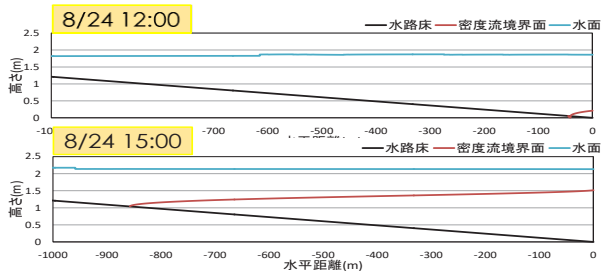


図-4 塩水楔形状の時間変化

The variety of the shape of the salt wedge

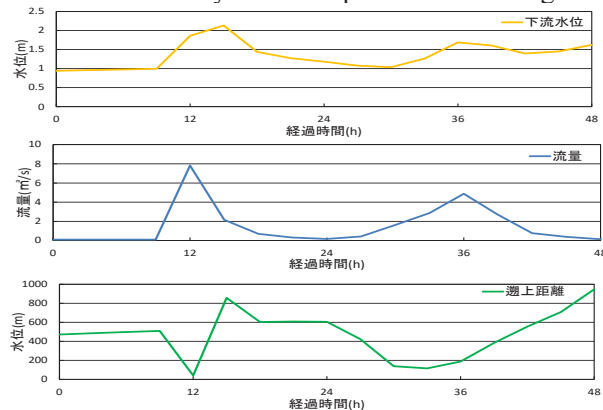


図-5 下流水位・流量・遡上距離の時間変化

The variety of the downstream water level, the outflow and the distance of the saltwater intrusion

く変動することが分かった。図-5は塩水楔の遡上距離を示しており、塩水遡上距離の変動と流量・下流水位の継時変化を見ると、流量が増加し最大となると遡上距離は最小となる一方、流量が減り下流水位が最大となると遡上距離が大きくなり最大となっている様子が確認できた。このことから、塩水遡上距離は流量が大きいときは下流水位がある程度大きくても流量が制限要因となり遡上距離は伸びず、流量が小さくなると下流水位の影響を受けて遡上距離が大きくなり、その変動は短時間で起きることが分かった。

5. まとめ

諫早湾の排水門開閉による農地塩害のリスク検討を行うために排水路の塩水遡上予測を行った。排水状況確認のためにまず、流出解析と幹線排水路水位計算を行いその結果を用いて塩水遡上予測を行った。短時間でも塩水遡上距離は大きく変動すること、遡上距離は下流水位の影響を大きく受けるが流量が大きい場合は制限されて遡上距離は小さくなることが分かった。

参考文献：吉岡幸男,(2012),水理学の基礎(第二版),pp.4-6