

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450345

研究課題名(和文) 沿岸農地における塩分ストレスのリスク予測と農業生産レジリエンスの向上

研究課題名(英文) Risk prediction of salinity stress and enhancement of resilience to agricultural productivity in coastal area

研究代表者

弓削 こずえ (Yuge, Kozue)

佐賀大学・農学部・准教授

研究者番号：70341287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：平坦で肥沃な沿岸農地は作業効率が良く、生産性も高いが、水路や地下水に海域から塩分が浸入することによって、塩害が発生するリスクも有している。本研究は、沿岸農地における塩分ストレスのリスクを予測し、これを踏まえて農業生産性を向上させるための具体的手法を提案することを目的とする。まず、干拓農地において水路網の流動解析を行い、水路の水位や塩分濃度の変動を予測した。この結果を境界条件とし、水路に隣接する農地の土壌水分および溶質輸送をシミュレートし、モデルの妥当性を確認した。シミュレーションの結果を用いて作物が受ける水分および塩分ストレスを予測し、これらのストレスを軽減するための具体策を提案した。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to predict the risk of salinity stress at crop fields in coastal agricultural fields and to suggest the water management methods for the stress reduction and enhancement of agricultural productivity. Current and solute analysis in canal network was performed in Isahaya Central Polder, Nagasaki Prefecture. A numerical model was introduced using SWAP (Soil Water Atmosphere Plant) model to predict the soil water and solute movements under various cultivation in a reclaimed field. The model accuracy were verified by result of measurement soil moisture condition at a agricultural field located in Isahaya Central Polder. Stresses due to wetness, drought and salinity were quantified using difference between potential transpiration rate and actual transpiration rate. The water and salinity stress were predicted under the scenario for drought year and groundwater salination and water management methods for reduction of the stresses could be devised.

研究分野：灌漑工学，利水工学

キーワード：土壌水分および溶質輸送 塩害 塩類集積 塩水楔 非定常流解析 干拓 蒸発散 暗渠

1. 研究開始当初の背景

平坦で肥沃な土壌条件の沿岸農地は作業効率が高く、生産性も高いことから、優良農地に位置づけられることが多い。その一方で、沿岸農地、特に干拓によって造成された農地では、河川、水路および地下水中への海水浸入による深刻な塩害リスクに常時曝されている。以上より、沿岸農地における持続可能な農業生産には適切な塩分ストレスのリスク予測が不可欠であると言える。そのためには、農地に隣接する水路などの流動および水質を考慮して、農地における作物・土壌・地下水系の塩分動態を解明することが必要ではないかという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、沿岸農地において、水路の流動を考慮に入れて作物・土壌・地下水系の塩分動態を解明し、農地における短期～長期の塩分ストレスのリスク予測を行うことを目的とする。この結果に基づいて、沿岸農地において塩害を回避し、農業生産性を向上させるための具体策を提案することを目指す。

3. 研究の方法

(1) 干拓地における水路の流動解析

対象地は九州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、干拓地の排水は遊水池に集められている。

調査地点および測定項目を図-1 に示す。干拓地における水路の流動および排水路開門に伴う塩水遡上の予測を行うため、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。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)  $q = k \cdot h^p$  (1)

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

(河道流)  $Q = K \cdot W^P$  (3)

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

ここで、 $r_e$ : 有効降雨強度(mm/h),  $I$ : 河道単位長さあたり横流入量( $m^3/s$ )  $k, p$ : 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),  $x$ : 距離(m)である。(1), (3)式は運動の式であるが、これは以下の Manning 式に書き換えたものに相当する。

$$Q = A \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (5)$$

ここで、 $A$ : 断面積,  $n$ : 粗度係数,  $R$ : 径深,  $i$ : 動水勾配である。いま、単位幅の流れを考え、 $A=h, R=h$  とすると、

$$q = h \cdot v = \frac{1}{n} \cdot h^{5/3} \cdot i^{1/2} \quad (6)$$

となる。(1)式と比較すると次式となる。

$$p = 5/3, \quad k = \sqrt{i}/n \quad (7)$$

上記の各支線排水路流出量計算結果を境界条件として、幹線排水路水位計算を行った。開水路の次元非定常流の基礎式(8)(9)を用いて、幹線排水路の水位推定を行った。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = I \quad (8)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial uQ}{\partial x} + gA \frac{\partial z_s}{\partial x} = -gA \frac{\tau_0}{\rho g R} \quad (9)$$

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),  $\tau_0$ : 路面に作用する応力ベクトルの  $x$ -方向成分,  $\rho$ : 密度( $g/m^3$ ),  $g$ : 重力加速度( $m/s^2$ ),  $R$ : 径深(m)である。(9)式右辺は Manning 則を用いて以下のようにあらわす。

$$\frac{\tau_0}{\rho} = \frac{gn^2 u |u|}{R^{1/3}} \quad (10)$$

ここに、 $n$ : 粗度係数である。境界条件としては、上端で 4 号および 3 号支線排水路流量の合算値を与えた。横流入としては 2 号支線排水路からの流入のみを考慮している。下流側の境界条件として遊水池の水位を与えるために、直接流入分を計算するために、雨量とポンプ流量、1 号支線排水路流量と幹線排水路流量から算出した水位を入力している。

塩水遡上の推定については、水路内において塩水と淡水の二層密度流が発生していると捉え、次元モデルとして地点ごとに塩水・淡水各層の水深を、次式の運動方程式を用いて塩水楔を想定する計算を行った。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\alpha v^2}{2g} \right) = - \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p}{\rho g} + z \right) - i_f \quad (11)$$

ここで、 $g$ : 重力加速度,  $v$ : 速度,  $\alpha$ : エネルギー補正係数,  $p$ : 水圧,  $\rho$ : 密度,  $z$ : 基準面からの高さであり、 $(p/\rho g + z)$  は上層, 下層について次のようになる。

$$\frac{p_1}{\rho_1 g} + z = h_1 + h_2 + z_0 \quad (12)$$

$$\frac{p_2}{\rho_2 g} + z = (1 - \epsilon) h_1 + h_2 + z_0 \quad (13)$$

ここで  $\epsilon = (\rho_1 - \rho_2)/\rho_2$ ,  $z_0$ : 流路底高である。したがって、上層および下層の流れに対する

運動方程式は、流路底勾配を  $i = -\partial z_0 / \partial x$  とすると次のようになる。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right) = i - \left( \frac{\partial h_1}{\partial x} + \frac{\partial h_2}{\partial x} \right) - i_{f1} \quad (14)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) = i - \left\{ (1-\varepsilon) \frac{\partial h_1}{\partial x} + \frac{\partial h_2}{\partial x} \right\} - i_{f2} \quad (15)$$

水路幅が広く側面の摩擦が無視されるとすると、

$$i_{f1} = \frac{\tau_i}{\rho_1 g h_1} = \frac{f_i}{8} \frac{|v_1 - v_2| (v_1 - v_2)}{g h_1} \quad (16)$$

$$i_{f2} = \frac{\tau_b - \tau_i}{\rho_2 g h_2} = \frac{f_b}{8} \frac{|v_2| v_2}{g h_2} - \frac{f_i}{8} \frac{|v_1 - v_2| (v_1 - v_2)}{g h_2} \quad (17)$$

となる。ここで、 $\tau_i$ ：内部境界面に作用するせん断応力、 $\tau_b$ ：底面に作用するせん断応力、 $f_i$ ：内部境界面の摩擦損失係数、 $f_b$ ：摩擦損失係数である。

二層流の不等流的な性質を調べるために、定常状態を考え、エネルギー補正係数は  $\alpha = 1$  とおく。上層、下層を流れる単位幅あたりの流量をそれぞれ  $q = v_1 h_1, q = v_2 h_2$  とすると、上層（淡水部）における内部フルード数は

$$F_{i1} = \sqrt{\frac{v_1^2}{\varepsilon g h_1}} = \sqrt{\frac{Q_1^2}{\varepsilon g (B + 2mh_2 + mh_1)^2 \cdot h_1^3}} \quad (18)$$

下層（海水部）における内部フルード数は

$$F_{i2} = \sqrt{\frac{v_2^2}{\varepsilon g h_2}} = \sqrt{\frac{Q_2^2}{\varepsilon g (B + mh_2)^2 \cdot h_2^3}} \quad (19)$$

ここで  $F_{i1}$ ：内部フルード数(上層)、 $F_{i2}$ ：内部フルード数(下層)  $v_1$ ：流速(上層)、 $v_2$ ：流速(下層)  $Q_1$ ：流量(上層)、 $Q_2$ ：流量(下層)  $\varepsilon$ ： $(\rho_2 - \rho_1) / \rho_2$ 、 $g$ ：重力加速度、 $B$ ：水路底幅、 $h_1$ ：上層水深、 $h_2$ ：下層水深である。これを導入すると運動方程式は次のようになる。

$$(1 - \alpha_1 \varepsilon F_{i1}^2) \frac{dh_1}{dx} + (1 - \alpha_2 \varepsilon F_{i1}^2) \frac{dh_2}{dx} = i - i_{f1} \quad (20)$$

$$(1 - \varepsilon) \frac{dh_1}{dx} + (1 - \alpha_3 \varepsilon F_{i2}^2) \frac{dh_2}{dx} = i - i_{f2} \quad (21)$$

$$\text{ここで、} \alpha_1 = \frac{B + 2mh_2 + 2mh_1}{B + 2mh_2 + mh_1},$$

$$\alpha_2 = \frac{2mh_1}{B + 2mh_2 + mh_1}, \quad \alpha_3 = \frac{B + 2mh_2}{B + mh_2} \text{ である。}$$

$\beta_1 = 1 - \alpha_1 \varepsilon F_{i1}^2$ 、 $\beta_2 = 1 - \alpha_2 \varepsilon F_{i1}^2$ 、 $\beta_3 = 1 - \alpha_3 \varepsilon F_{i2}^2$  とおくと

$$\beta_1 \frac{dh_1}{dx} + \beta_2 \frac{dh_2}{dx} = i - i_{f1} \quad (22)$$

$$(1 - \varepsilon) \frac{dh_1}{dx} + \beta_3 \frac{dh_2}{dx} = i - i_{f2} \quad (23)$$

ここで、 $i$ ：流路底勾配、 $i_f$ ：摩擦勾配である。上の両式を連立し  $v_2=0, F_{i2}=0$  と仮定して

$dh_1/dx, dh_2/dx$  を求めると、

$$\frac{dh_1}{dx} = \frac{(1 - \beta_2) i - i_{f1} + \beta_2 i_{f2}}{\beta_1 - (1 - \varepsilon) \beta_2} \quad (24)$$

$$\frac{dh_2}{dx} = \frac{-(1 - \varepsilon - \beta_1) i - (1 - \varepsilon) i_{f1} + \beta_1 i_{f2}}{\beta_2 - (1 - \varepsilon) \beta_2} \quad (25)$$

初期値である河口部の淡水水深として上層の流れのみ考慮したため、下層の速度  $v_2 = 0$ 、 $F_{i2} = 0$  とする。河口部における水の流れを想定すると河口から海に流出する淡水は薄い層となって流出するため河口部における淡水部は限界条件  $F_{i1} = 0$  が成り立ち、限界水深となる。河口部水深  $h = h_1 + h_2$  を定数とすると、以下のように表され、逐次近似法により求める。

$$h_1 = \sqrt[3]{\frac{Q_1^2}{\varepsilon g (B + 2mh - mh_1)^2}} \quad (26)$$

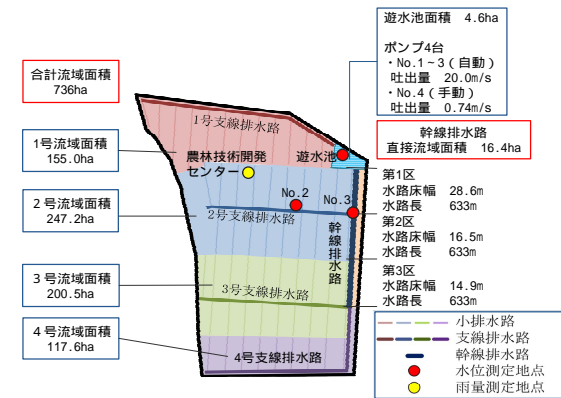


図-1 中央干拓地調査地点測定項目

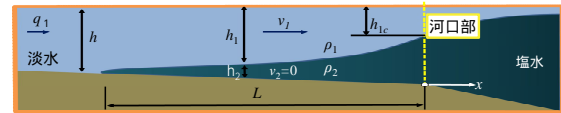


図-2 二層密度流モデル

## (2) 干拓農地における土壤中の物質動態の説明と塩害のリスク予測

本研究では、次式を用いて鉛直一次元場における土壌水分および溶質動態を評価した。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(h) \left( \frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] - S_a(h) - S_d(h) \quad (27)$$

$$\frac{\partial (\theta c + \rho_b Q)}{\partial t} = \frac{\partial (qc)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \theta (D_{dif} + D_{dis}) \frac{\partial c}{\partial z} \right] - \mu (\theta c + \rho_b Q) - K_r S_a(h) c \quad (28)$$

ここで、 $\theta$ ：体積含水率 ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )、 $t$ ：時間 (d)、 $K(h)$ ：不飽和透水係数 ( $\text{cm d}^{-1}$ )、 $h$ ：土壌水の圧力水頭 (cm)、 $S_a(h)$ ：作物根による吸水速度 ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ )、 $S_d(h)$ ：暗渠排水速度 ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ )、 $c$ ：溶質濃度 ( $\text{mg cm}^{-3}$ )、 $\rho_b$ ：乾燥密度 ( $\text{mg cm}^{-3}$ )、 $Q$ ：吸着量 ( $\text{g g}^{-1}$ )、 $q$ ：土壌水の平均フラックス、 $D_{dif}$ ：拡散係数 ( $\text{cm}^2 \text{ d}^{-1}$ )、 $D_{dis}$ ：分散係数 ( $\text{cm}^2 \text{ d}^{-1}$ )、 $K_r$ ：作物根吸収係数 (-) である。

本研究で構築したモデルの構造および境界条件を図-3に示す。土壌面の境界条件として蒸発量および降雨量を与えた。また、下端の境界条件としては地下水位を与え、暗渠からの排水量を設定した。

作物根のポテンシャルの吸水速度  $S_p(z)$  は深さごとに作物根の密度に応じて求め、土壌水分および塩分濃度を考慮して実際の根の吸水速度を求める。

$$S_a(h) = \alpha_d \alpha_w \alpha_s S_p \quad (29)$$

ここで、 $\alpha_d$ 、 $\alpha_w$ 、 $\alpha_s$ ：乾燥、湿潤および塩分ストレスによる吸水減少係数である。

図-3のモデルの妥当性を検証するため、中央干拓地の作物圃場において、土壌水分および土壌水のECを連続測定した。また、圃場に隣接する排水路および地下水の水位と水質を観測し、圃場近傍で気象要素を実測した。

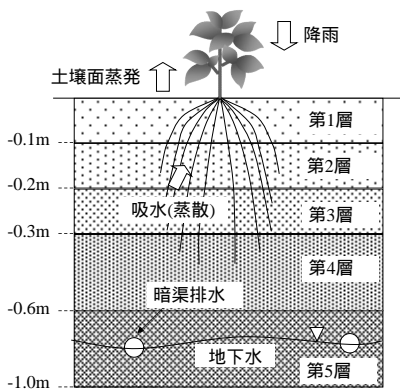


図-3 土壌中の水分および溶質輸送モデル

#### 4. 研究成果

##### (1) 干拓地における水路の流動

2号支線排水路No.2地点における流出量計算結果を図-4に示す。この図より、実測流量と計算流量は概ね一致している。各支線排水路末端流出量結果を用いて計算した各支線排水路流出計算結果を図-5に示す。

図-6は、幹線排水路の水位推定計算結果である。計算開始時は水位がほぼ一定であり、降雨に伴い水位は上昇し、遊水池のポンプが稼働すると水位が下降している。実測水位と計算水位を比較すると、水位の変動過程を概ね再現できている。図-7は、この結果を用いて求めた2号支線排水路における塩水遡上距離の時間変化である。短時間に幹線排水路水位の変動に伴って塩水の遡上距離は大きく変動している。また、流量が増大すると塩水の遡上距離が減少し、下流水位が増大すると遡上距離が増大する関係にある(図-8)。

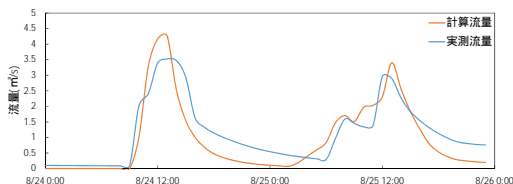


図-4 No.2における流量の時間変化

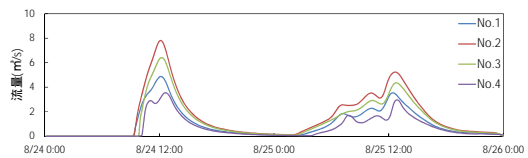


図-5 各支線排水路流出量の時間変化

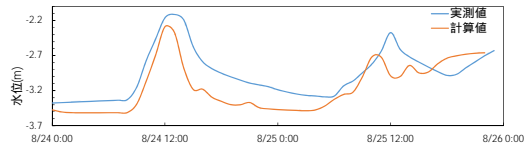


図-6 No.3地点における水位変化

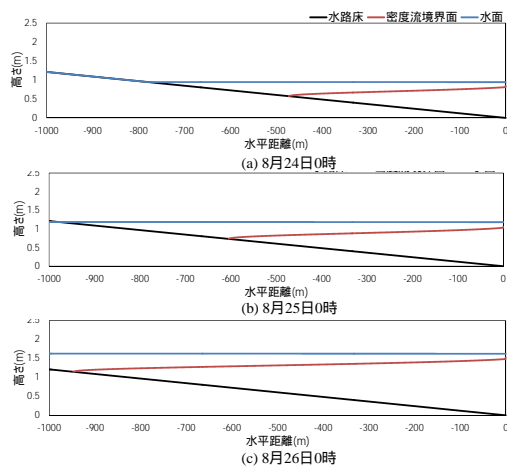


図-7 塩水遡上距離の時間変化

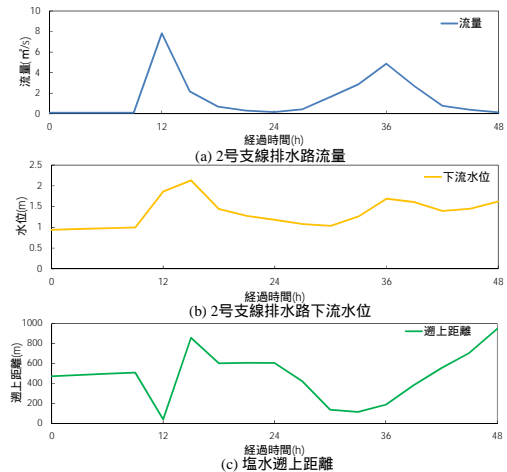


図-8 流量・下流水位と塩水遡上距離の関係

##### (2) 干拓農地における土壌中の物質動態モデルの妥当性の検証と塩害のリスク予測

図-9は圃場の深さ5cmにおける体積含水率の計算値と実測値を比較したものである。この図より、作物の作付期間を通じて計算値は実測値の変動傾向を概ね再現している。

図-10は解析結果を用いて求めた水分および塩分ストレスによる蒸散量の減少量である。この図より、現況では塩分ストレスの懸念は小さいと判断できる。まとまった降雨に伴って湿潤ストレスが発生するが、比較的速やかに解消されている。一方、連続干天時には乾燥ストレスが顕著であるといえる。

そこで、渇水および地下水塩水化が発生したシナリオを設定し、水分および塩分ストレスを評価した(図-11)。この図より、作物の作付期間を通して乾燥および塩分ストレスが顕著である。これらを軽減するためにリーチングを行った場合のストレス予測結果を図-12に示す。図-11と図-12を比較すると、リーチングによって塩分ストレスが軽減されることが明らかであり、沿岸農地の農業生産性向上には灌漑スケジューリングの最適化が有効であるといえる。

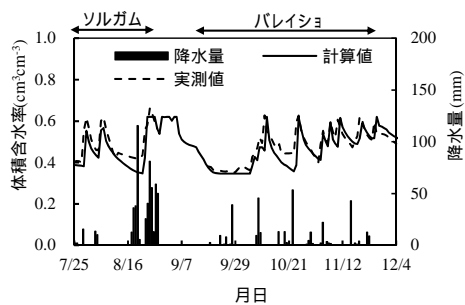


図-9 体積含水率の比較(5cm)

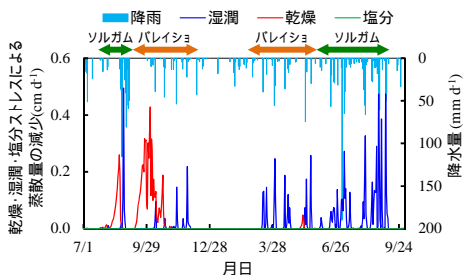


図-10 現状の水分および塩分ストレス

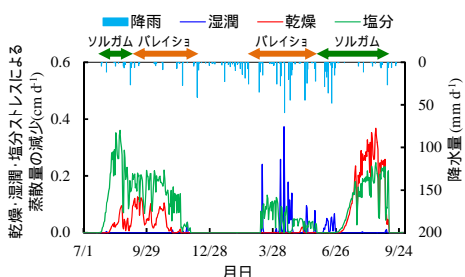


図-11 渇水および地下水の塩水化条件下における水分および塩分ストレス予測

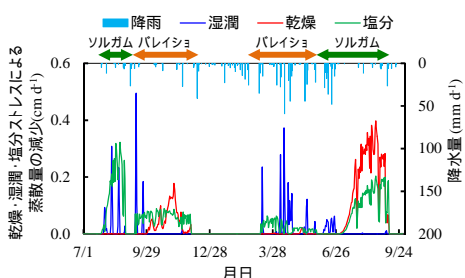


図-12 リーチング条件下における水分および塩分ストレス予測

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 9 件)

1. 弓削こずえ, 阿南光政: 畑地における作物根の分布と土壌面蒸発の変動を考慮

した土壌水分動態解析と消費水量の定量化, 土壌の物理性, 134, 17-24, 2016

2. 濱上邦彦, 小澤亮介, 菅原 立: 三陸河川の流出量と物質負荷量の関係 - 気仙川および盛川における定期観測に基づく検討 -, 雨水資源化システム学会誌, 査読有, 21(2), 7-12, 2016
3. Yuge K., M. Anan, K. Hamada: Evaluation of soil moisture movement and drainage ability of a shallow subsurface drain in a rotational rice paddy field, Journal of Food, Agriculture & Environment, 査読有, 13(3&4), 74-78, 2015
4. 濱上邦彦, 三輪式: 篠ヶ川原頭首工(北上川水系葛根田川)の取水口閉塞, 農業農村工学会論文集, 査読有, 296, \_3 ~ \_4, 2015
5. Yuge K., K. Hamagami, M. Anan, K. Hamada: Evaluation of effect of soil moisture condition and irrigation regime on bioelectric potential of crops with different growth stages, Journal of Food, Agriculture & Environment, 査読有, 13(2), 156-161, 2015
6. Hamada K., K. Yuge, M. Anan, A. Hirakawa, Y. Shinogi: Evaluation of the water saving effect of subsurface irrigation in Shimajiri Mahji soil fields, Journal of Food, Agriculture & Environment, 13(3&4), 査読有, 54 - 59, 2015
7. 阿南光政, 濱田耕佑, 弓削こずえ: 降雨および連続干天に伴う干拓農地の水ストレスのリスク予測, 雨水資源化システム学会誌, 査読有, 21(1), 37-42, 2015
8. 弓削こずえ, 濱田耕佑, 阿南光政, 平川晃, 凌祥之: 島尻マーヅ圃場における地中灌漑の適用と土壌水分動態の解析, 粘土科学, 査読有, 52(3), 123-128, 2014
9. 濱上邦彦, 三輪式: 可動堰敷上の堆砂フラッシュに関する水理模型実験, 農業農村工学会論文集, 査読有, 209, 67-72, 2014

〔学会発表〕(計 20 件)

1. 弓削こずえ, 阿南光政, 濱上邦彦, 濱田耕佑: 干拓地の作物圃場における地下水の塩水化および連続干天による複合ストレス予測, 2016年度土壌物理学大会, 2016年10月29日, 京都大学吉田キャンパス(京都府京都市)
2. 阿南光政, 弓削こずえ, 濱田耕佑, 平川晃: 島尻泥岩分布地域における地下水流動解析と地下ダム計画, 2016年度土壌物理学大会, 2016年10月29日, 京都大学吉田キャンパス(京都府京都市)
3. 濱田耕佑, 弓削こずえ, 阿南光政, 平川

- 晃, 凌祥之: 地中灌漑圃場における作物根域の形成および土壌物理性の空間分布, 2016 年度土壌物理学大会, 2016 年 10 月 29 日, 京都大学吉田キャンパス(京都府京都市)
4. 平嶋雄太, 牧野弘樹, 弓削こずえ, 宮本英揮: TDT センサーを用いた諫早湾干拓土中の塩分モニタリング, 2016 年度土壌物理学大会, 2016 年 10 月 29 日, 京都大学吉田キャンパス(京都府京都市)
  5. 草場篤慶, 弓削こずえ, 阿南光政, 濱田耕佑: 浅埋設暗渠圃場における地下水位および土壌水分状態の変動, 第 97 回農業農村工学会九州沖縄支部講演会, 2016 年 10 月 20 日-21 日, ジェイドガーデンパレス(鹿児島県鹿児島市)
  6. 濱田耕佑, 弓削こずえ, 阿南光政, 平川晃, 凌祥之: 灌漑手法の違いが作物根の空間分布および土壌物理性の変化に及ぼす影響, 平成 28 年度農業農村工学会大会講演会 2016 年 8 月 30 日-9 月 1 日, ハーネル仙台(宮城県仙台市)
  7. 濱田耕佑, 弓削こずえ, 田中宗浩, 阿南光政, 凌祥之: 不整形区画水田におけるメタン発酵消化液の空間分布の評価, 平成 28 年度農業農村工学会大会講演会, 2016 年 8 月 30 日-9 月 1 日, ハーネル仙台(宮城県仙台市)
  8. Yuge K., M. Anan, K. Hamada: Evaluation of drainage ability of a shallow subsurface drain in a rotational rice paddy field. CIGR-AgEng conference, 26-29 June, 2016, Aarhus, Denmark
  9. Hamada K., K. Yuge, M. Anan, A. Hirakawa, Y. Shinogi: Evaluation of soil moisture condition and water saving effect under subsurface irrigation in Shimajiri Mahji soil fields. CIGR-AgEng conference, 26-29 June, 2016, Aarhus, Denmark
  10. 弓削こずえ, 阿南光政, 濱田耕佑: 浅埋設暗渠を施工した転換畑における土壌水分動態と排水性の評価, 第 96 回農業農村工学会九州沖縄支部講演会, 2015 年 10 月 28 日-29 日, ANA クラウンプラザホテル沖縄ハーバービュー(沖縄県那覇市)
  11. 濱田耕佑, 弓削こずえ, 阿南光政, 平川晃, 凌祥之: 地中灌漑における土壌水分分布と消費水量の評価, 2015 年度土壌物理学大会, 2015 年 10 月 24 日, 佐賀大学本庄キャンパス(佐賀県佐賀市)
  12. 弓削こずえ, 濱上邦彦, 阿南光政, 濱田耕佑: 干拓農地における水分および塩分ストレスが作物生育に及ぼす影響評価, 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会, 2015 年 9 月 1~3 日, 岡山大学(岡山県岡山市)
  13. 濱田耕佑, 弓削こずえ, 阿南光政, 平川晃, 凌祥之: 島尻マージ圃場における地中灌漑の節水効果の定量的評価, 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会, 2015 年 9 月 1~3 日, 岡山大学(岡山県岡山市)
  14. 濱上邦彦, 安藤優樹, 村上千映: 成層化したため池における短期水質変動と藍藻の挙動の検討, 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会, 2015 年 9 月 1~3 日, 岡山大学(岡山県岡山市)
  15. 村上千映, 三浦早織, 濱上邦彦: アオコの発生するため池における栄養塩類の増加要因に関する検討, 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会, 2015 年 9 月 1~3 日, 岡山大学(岡山県岡山市)
  16. Yuge K., K. Hamada, K. Hamagami, M. Anan: Evaluation of the effect of groundwater condition on water and salinity stresses at crop field in Isahaya Central Polder, Japan. 36th IAHR World Congress, 28 June - 3 July, 2015, Hague, the Netherlands
  17. Hamagami K., C. Murakami: Effect of Aquatic Plants on Water Qualities in Small Closed Waters. 36th IAHR World Congress, 28 June - 3 July, 2015, Hague, the Netherlands
  18. 村上千映, 濱上邦彦: 小規模ため池の水質変動と水生植物の繁茂状況の関係に関する現地調査, 農業農村工学会東北支部第 57 回研究発表会, 2014 年 10 月 30 日~2014 年 10 月 30 日, ハーネル仙台(宮城県仙台市)
  19. Hamagami K., C. Murakami: Structure of thermal convection development in a closed water body with aquatic plants, 11th International Conference on Hydrosience & Engineering, 28 September - 2 October, 2014, Hamburg, Germany
  20. 濱上邦彦, 浅利健也: 可動堰ゲートフラッシュの成否に及ぼすゲート戸溝形状の影響, 平成 26 年度農業農村工学会大会講演会, 2014 年 8 月 26 日~2014 年 8 月 29 日, 朱鷺メッセ(新潟県新潟市)
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
弓削 こずえ(Kozue YUGE)  
佐賀大学・農学部・准教授  
研究者番号: 70341287
  - (2) 研究分担者  
濱上 邦彦(Kunihiko HAMAGAMI)  
岩手大学・農学部・准教授  
研究者番号: 20571699
  - (3) 連携研究者 なし
  - (4) 研究協力者 なし