

# 塩害水田における地表根イネ系統の有用性評価に向けた土壌環境計測

半澤 栄子（東北大学大学院生命科学研究科）

HANZAWA Eiko : Measurement of the soil environment is being used to elucidate the mechanism by which soil surface roots are useful traits in saline paddy fields.

In this presentation, as a first step to elucidate the usefulness of surface roots in salt-affected paddy fields, we investigated the differences in soil environments between salt-affected and normal paddy fields by monitoring salt concentration and redox potential in the soil and by analyzing bacterial flora. We hope to share the results of this study, as well as information on the technical innovations we made in conducting the survey and points to keep in mind when conducting similar surveys.

## 1. 目的

インドネシアの Bulu 型イネ品種群が有する特異的な形質「地表根」に着目し、地表根形成を担う量的形質遺伝子座 qSOR1 の同定した (Uga, Hanzawa et al. 2012)。地表根を発生させないササニシキの機能型 qSOR1 に対し、地表根を発生させる Gemdjah Beton の非機能型 qSOR1 に置き換えた準同質遺伝子系統 (以下、qsor1-NIL) は、塩害水田においてササニシキと比較し収量低下が軽減することが分かった (Kitomi, Hanzawa et al. 2020)。したがって地表根は塩害水田での塩類や土壌還元などのストレス回避に寄与することが推測されるが、そのメカニズムは分かっていない。

本発表では、塩害水田における地表根の有用性を解明する第一歩として、塩害水田と通常水田における土壌環境の相違を、土壌内の塩濃度や酸化還元電位のモニタリングおよび菌叢解析などを駆使して調査した。それらの結果と共に、調査を行う際に技術的に工夫した点、また、今後同様の調査を行う場合の注意点について、情報を共有できればと思う。

## 2. 施設の紹介

本研究は、東北大学大学院生命科学研究科附属の湛水生態系野外実験施設 (宮城県大崎市鹿島台) 内にある塩害水田圃場にて実施した (図 1)。この水田に供給している塩水は、偶然掘り当てた海水混じりの水脈からポンプで地下水をくみ上げることにより簡便かつ安価に供給することが可能である。この地下水の塩分濃度は約 0.8~0.9w/v% (電気伝導度 EC 値 約 14.4~16.2dS/m) であり、塩を含まない農業用水と混合・供給することにより、田面水の塩濃度が約 0.35~0.4w/v% (EC 値 約 6.3~7.2dS/m) の範囲に調整管理している。また本施設では、イネ育成用の湛水条件の圃場以外にダイズや小麦、ミヤコグサなどの栽培試験のため畑作

条件での利用も可能である。その他の特徴としては、窒素肥料を 20 年以上投与していない低窒素圃場を管理しており、これまで学内外の研究プロジェクトに利用されてきた実績がある。有用形質の導入を目的としたバイオリソースのスクリーニングや関連遺伝子の同定・単離、有用形質の評価を進める上で、実験材料の栽培技術をはじめ、施設全体に関わる管理運営に関するスキルの継承が重要であると感じている。

## 3. 方法

【土壌センサによる塩濃度のモニタリング】塩害水田の土壌内において、根に影響を与える要因の一つとして塩物質の蓄積であると推測した。深度の異なる土壌内の塩濃度をモニタリングするため、村田製作所製の土壌センサ (SLT5006) および Gateway データ通信システムを採用し、田面水ならびに地表面から深度 5 cm および 10 cm の EC) 値を塩水処理前から落水までの期間についてデータを取得した (図 1)。土壌センサを埋設する際の注意点として、まずセンサ部分を上向きに挿入したあと、土壌センサの先端方向に向かって水平に約 10cm 移動することが重要である。水平移動させることにより、センサ部分に土壌が均一に接するため、安定したデータ取得が期待できる。



More information about Soil sensor created by Murata

図 1. 生命科学研究科附属 湛水生態系野外実験施設の塩害水田圃場における塩濃度モニタリングの様子および土壌センサ情報

【酸化還元電位の測定】塩害水田の土壌内の還元状態を評価することを目的とし、酸化還元電位を測定した。塩害水田の田面水に塩処理を行う前、そして、塩処理を行ってから毎2週間の計7回にわたり、地表面から5cm および10cm 深の位置に酸化還元電位計の電極部分が土壌に接するよう気泡が入らないようゆっくり挿入し、数値が安定するまでその状態で静止した。塩害水田と通常水田において3箇所、各調査箇所3反復ずつ測定し、各データの平均値を算出した。

【土壌内の菌叢解析】土壌環境内に生息する細菌類の分布情報から塩ストレスによる土壌への影響を調査するため、土壌内の菌叢解析を行った。塩害水田と通常水田において、8月上旬（出穂期前）と9月上旬（出穂期以降）の2回にわたり、地表面と地表から深度5cm および10cm の深度の異なる土壌サンプルを採取した。土壌サンプルを採取する際に、土壌の垂直方向に幅8cm 縦30cm の細長いスコップ状の器具を土壌に挿入し、回転しながら土壌を抜き取った状態で、地表面0cm、5cm、10cm の土壌をチューブにサンプリングした。そして、土壌サンプルから抽出したDNA から、16SrRNA アンプリコンシーケンス法によって16SrRNA を増幅し、次世代シーケンスデータから菌叢の系統分類解析およびPCA（Principal Coordinate Analysis）解析を行った。

#### 4. 結果および考察

塩処理開始前の塩害水田の5cm および10cm 深のEC値は、約2dS/m以上の値を示したことから、前年度の圃場試験で供給した塩水処理から土壌内に塩物質が浸透し、次年度まで蓄積したことが示唆された。塩水処理開始後のEC値は、田面水、5cm、10cm 深の順でEC値が上昇し、落水までの間、10cm 深は、5cm 深と比較し低い値を示したことから、塩水処理期間における土壌内の塩濃度は地表面近くの方が高いと考えられた。

次に、土壌内の酸化還元電位を測定した結果、塩害水田および通常水田の5cm と10cm 深共に、8月上旬に向けて徐々にORPが低下する傾向が観察された。一方、8月中旬以降は通常水田でORPが上昇したのに対し、塩害水田では上昇することなく低い値を維持していたことから、塩害水田の土壌内は、イネの生育前期から後期にわたり通常水田よりも還元状態であることが示唆された。

土壌サンプルにおける土壌菌叢解析を行った結果、通常水田から採取した土壌サンプルでは、サンプリング

時期および土壌深度の違いによって菌叢の種類および相対存在率に大きな差異は見られなかった。一方、塩害水田から採取した土壌サンプルでは、サンプリング時期および土壌深度の違いによって菌叢の種類や相対存在率が変化していることが分かった（図2）。

以上の結果から、塩害水田では、単に土壌内の塩濃度が高まるだけでなく酸化還元電位の低下や菌叢の変化、また土壌深度によっても菌叢に違いがあることが分かった。塩害水田において地表根形成が収量減少の軽減に寄与するメカニズムを解明するため、化学分析による土壌環境の評価や根の活性について調査を行い、さらに詳細な研究を進めていく予定である。

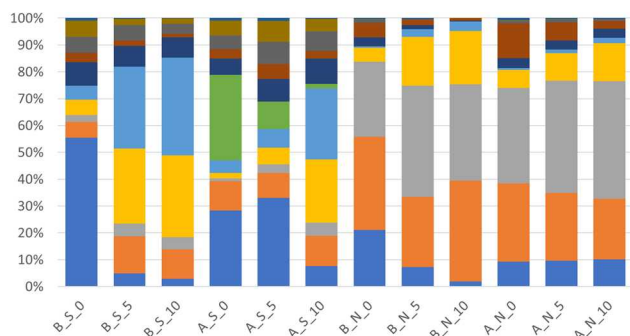


図2. 塩害水田および通常水田の土壌内における菌叢の系統分類解析の結果. 各土壌サンプルの表記は、B: 出穂期前 (Before heading)、A: 出穂期後 (After heading)、S: 塩害水田 (Saline paddy field)、N: 通常水田 (Normal paddy field)、0: 地表面 (0cm)、5: 地表面から5cm 深、10: 地表面から10cm 深、を示した。

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり、農研機構 宇賀優作氏、東北大学 佐藤修正教授、同 番場大助教、同 橋本駿助教、同 佐藤雅志学術研究員、村田製作所 大場義之氏に多大なるご指導ご協力を賜り、心より感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) Hanzawa E, Kitomi Y, Uga Y, Tadashi S. (2022) Quantification of soil-surface roots in seedlings and mature rice plants. *Bio-protocol*, 12 (9):
- 2) Kitomi Y, Hanzawa E, et al. (2020) Root angle modifications by the *DROI* homolog improve rice yields in saline paddy fields. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 117 (35): 21242-21250
- 3) Hanzawa E, Sasaki K, et al. (2013) Isolation of a novel mutant gene for soil-surface rooting in rice (*Oryza sativa* L.). *Rice*, 6: 1-11
- 4) Uga Y, Hanzawa E, et al. (2012) Identification of *qSOR1*, a major rice QTL involved in soil-surface rooting in paddy fields. *Theoretical and Applied Genetics*, 124: 75-86