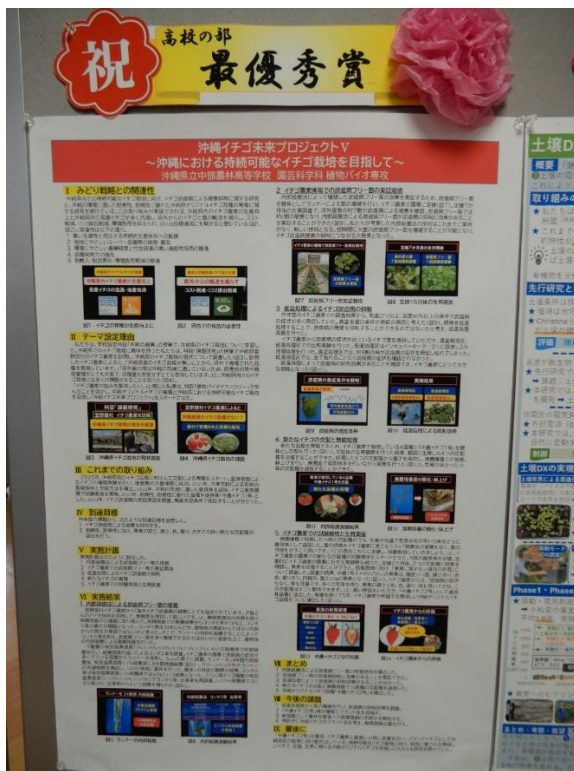


令和8年度 第1回「消費者の部屋」特別展示

◆第2回みどり戦略学生チャレンジ沖縄ブロック大会◆ ～受賞作品展～

開催日： 令和8年5月11日 ～ 5月15日 5日間開催

内容： 令和7年度に実施された第2回みどり戦略学生チャレンジ沖縄ブロック大会において、受賞した沖縄県内の高校生・大学生等の取組を紹介しました。
「みどり戦略学生チャレンジ」とは、全国の高校生や大学・専門学校生が環境にやさしくかつ生産性の高い持続可能な食料・農林水産業の実現を目指す「みどりの食料システム戦略」に基づく活動を実践する機会として開催しています。
高校の部では、沖縄県立中部農林高等学校園芸科学科植物バイオ専攻が最優秀賞を受賞しました。
また、大学・専門学校の部では、沖縄工業高等専門学校ゆがふあーむfromミヤギ農家が最優秀賞を受賞しました。



高校の部 最優秀賞
受賞者：沖縄県立中部農林高等学校
園芸科学課植物バイオ専攻
取組：沖縄イチゴ未来プロジェクトV～沖縄における持続可能なイチゴ栽培を目指して～

大学・専門学校の部 最優秀賞
受賞者：沖縄工業高等専門学校
ゆがふあーむfromミヤギ農家
取組：土壌DXと発電菌が拓く環境再生型農業への挑戦

沖縄イチゴ未来プロジェクトV ～沖縄における持続可能なイチゴ栽培を目指して～ 沖縄県立中部農林高等学校 園芸科学科 植物バイオ専攻

I みどり戦略との関連性

沖縄県内での持続可能なイチゴ栽培に向け、イチゴ炭疽病による被害抑制に関する研究と、沖縄の環境に適した耐暑性、耐病性に優れた沖縄県オリジナルイチゴ品種の育種に関する研究を続けている。この取り組みが実現できれば、沖縄県内のイチゴ農家の生産向上と沖縄県内に県産イチゴが多く流通し、県外からのイチゴと苗の輸送を減らし、コスト削減、CO2排出削減、環境負荷を抑えられ、SDGs目標達成にも繋がると感じている(図1、図2)。関連性は以下の通り。

- 1 高い生産性と両立する持続的生産体系への転換
- 2 地球にやさしいスーパー品種等の開発・普及
- 3 環境にやさしい農業経営と付加価値の高い農産物販売の推進
- 4 品種開発力の強化
- 5 脱輸入・脱炭素化・環境負荷軽減の推進



図1 イチゴの育種が生産向上に



図2 県内での育苗の必要性

II テーマ設定理由

私たちは、学校設定科目「沖縄の農業」の授業で、沖縄県のイチゴ栽培について学習した。沖縄県でのイチゴ栽培に興味を持った私たちは、科目「課題研究」の授業で沖縄県宜野座村のイチゴ農家を訪問し、沖縄県のイチゴ栽培の現状について調査した(図3)。訪問したイチゴ農家によると、「沖縄県産のイチゴ品種が無いことから、県外で育種された品種を栽培しています。」「県外産の苗は沖縄の気候に適していないため、病害虫対策や栽培管理がとても大変で、収穫量も安定せずとても苦労しています。」と、沖縄県内でのイチゴ栽培には多くの課題があることを知った(図4)。

「イチゴ農家の悩みを解決したい。」と感じた私達は、科目「植物バイオテクノロジー」で学んだことを活かし、沖縄オリジナルイチゴの育種と沖縄県における持続可能なイチゴ栽培を目指し「沖縄イチゴ未来プロジェクト」をスタートさせた。



図3 沖縄県イチゴ栽培の現状調査



図4 沖縄県イチゴ栽培の課題

III これまでの取り組み

2020年、沖縄県初のイチゴ品種に向け人工交配による育種をスタート。茎頂培養によるイチゴの増殖実験を行い、培養苗の大量増殖に成功。2021年、冷凍花粉による花粉の長期保存と交配方法を確立。2022年、沖縄の気候に適した優良株を選抜。イチゴ農家圃場で試験栽培を実施。2023年、耐病性、耐暑性に優れた品種を優良株「中農イチゴ1号」とした。2024年、イチゴ炭疽病の発症原因を調査。高温多湿条件で発症することが分かった。

IV 到達目標

昨年度の課題から、次のような到達目標を設定した。

- 1 イチゴ炭疽病による被害を抑制する。
- 2 耐病性、耐暑性に加え、果実の甘さ、硬さ、色、香り、大きさの良い新たな交配種の選出を行う。

V 実施計画

実施計画は次のように設定した。

- 1 内部殺菌法による炭疽病フリー苗の培養
- 2 イチゴ農家での炭疽病フリー苗の実証栽培
- 3 低温処理によるイチゴ炭疽病の抑制
- 4 新たなイチゴの育種
- 5 イチゴ農家での試験栽培と生育調査

VI 実施結果

1 内部殺菌法による炭疽病フリー苗の培養

宜野座村イチゴ農家から「毎年イチゴ炭疽病の被害にとっても悩まされています。」「皆さんのバイオ技術を活用して、無病苗を提供して欲しいです。」と、無病苗提供の依頼を受け、組織培養での増殖に取り組んだ。組織培養での実験結果からコンタミ率が78%と、コンタミ率の高さが課題となった。コンタミ発生のおよそ半分以上が、植物体の表面からではなく内部からの発生が原因ではないかと考えた。そこで、ランナーの内部も殺菌することによってコンタミ率を抑え、炭疽病フリー苗を多く増殖できるのではないかと仮説を立て、植物体の内部殺菌による無菌培養を行った。

7種類の有効塩素濃度(0%,0.01%,0.05%,0.1%,0.2%,0.3%,0.4%)の殺菌液で内部殺菌を行い、殺菌濃度の違いによるコンタミ率を調査。イチゴ農家の圃場で炭疽病の症状が多くでている品種からランナーを採取し、5cmの長さで調整。ランナーを24時間内部殺菌後、有効塩素濃度0.5%殺菌液に8分間表面殺菌(図5)。クリーンベンチ内でランナーの先端組織を摘出し、1/2MS培地に置床を行った。置床1カ月後の観察の結果、コンタミ率は有効塩素濃度0.1%殺菌液では50%という結果となった。さらに細かく3種類の有効塩素濃度(0.125%,0.15%,0.175%)でコンタミ率、出芽率を再調査。0.175%殺菌液でコンタミ率20%、出芽率80%という結果を得られた(図6)。



図5 ランナーの内部殺菌



図6 内部殺菌実験結果

2 イチゴ農家圃場での炭疽病フリー苗の実証栽培

内部殺菌法によって増殖した炭疽病フリー苗の効果を実証するため、炭疽病フリー苗を親株としてランナーによる苗の増殖を行い、イチゴ農家の圃場に定植(図7)。定植7カ月後の生育調査で、県外産苗の約7割が炭疽病による被害を確認。炭疽病フリー苗では約1割の被害となり、内部殺菌法による炭疽病フリー苗が炭疽病の抑制に効果があることを実証することができた(図8)。私たちが考案した内部殺菌法の技術はこれまでに事例がなく、新しい技術となる。短時間に大量の炭疽病フリー苗を増殖することが可能となり、イチゴ炭疽病被害の抑制につながる大発見となった。



図7 炭疽病フリー苗実証栽培



図8 定植7カ月後の生育調査

3 低温処理によるイチゴ炭疽病の抑制

昨年度のイチゴ農家での調査結果から、気温27℃以上、湿度80%以上の条件で炭疽病の症状が多く発症していた。高温多湿の条件が発症の原因と考えた(図9)。親株を低温処理することで、炭疽病の発症を抑制することができるのではないかと考え、低温処理実験を行った。

イチゴ農家から炭疽病の症状が出ているイチゴ苗を提供していただき、温室栽培区、低温処理区での比較実験を行った。低温処理区はインキュベーターで-2℃に設定し3カ月間処理を行った。温室栽培区では、約9割の株が炭疽病の症状を発症し枯れてしまった。低温処理区では、全て枯れることなく炭疽病の症状も確認されなかった。

低温処理によって炭疽病の抑制効果があることを確認でき、イチゴ農家にとって大きな朗報となった(図10)。

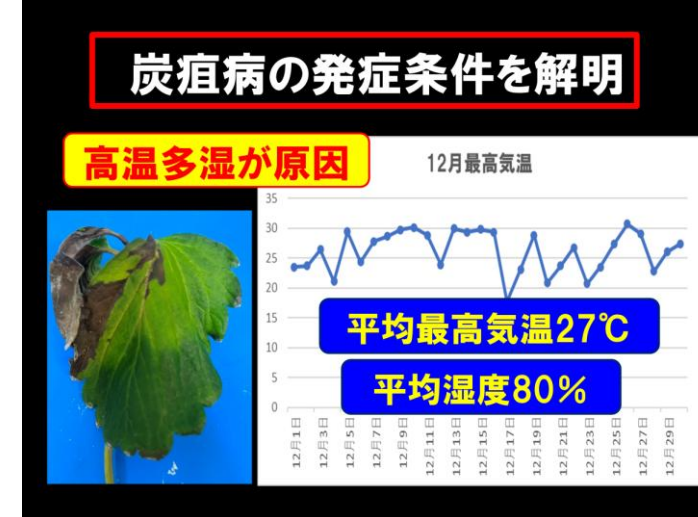


図9 炭疽病の発症条件



図10 低温処理による抑制効果

4 新たなイチゴの交配と無菌培養

新たな品種を育種するため、イチゴ農家で栽培している4品種と「中農イチゴ1号」を親株とし交配を行った(図11)。交配後の生育観察を行った結果、順調に生育した4つの交配種を収穫することができた。収穫した4つの交配種から種子を採取し、無菌培養での培養、鉢上げを行い、無菌室で底面給水を行いながら育苗を行った(図12)。生育が良かった19株の交配種を選抜することができた。



図11 内部殺菌実験結果



図12 無菌培養の順化・鉢上げ

5 イチゴ農家での試験栽培と生育調査

無菌培養で培養した19株の交配種のうち、生育が旺盛で花芽分化が早い5株をさらに優良株として選抜した。苗の状態をイチゴ農家に見てもらおうと「病害虫の被害もなく、苗の状態もすごく良いです。」「この苗をこちらに定植し、試験栽培していきたいです。」と、イチゴ農家の圃場での新たな交配種の試験栽培をスタートさせた。5株の優良株を定植。定期的にイチゴ農家の圃場に行き生育観察を続けた。定植2カ月後、2つの交配種に結実を確認し、果実を収穫することができた。品種登録に向け、「果実に関する11項目の形質」について調査した。調査の結果、中農1号♀×SN♂No1の果実は、糖度10.5度、硬さあり、赤色、香りあり、円錐形、重さ20gの果実となった(図13)。イチゴ農家からは、「炭疽病の症状もなく、株も旺盛です。多くの花芽を持ち、果実の硬さと形、色、香り、味も良いですね。この交配種はすごく期待できます。」と、高い評価をいただき、「中農イチゴ2号」として優良株品種に選定した。育種を続けて5年、イチゴ農家が希望する美味しい沖縄オリジナルイチゴ品種をついに確立した(図14)。



図13 中農イチゴ2号の形質



図14 イチゴ農家からの評価

VII まとめ

- 1 内部殺菌法による炭疽病フリー苗の培養技術を確立した。
- 2 炭疽病フリー苗が炭疽病抑制に効果があることを実証できた。
- 3 低温処理によって炭疽病の抑制効果があることが分かった。
- 4 新たなイチゴの交配と無菌培養で19品種の交配種を選抜した。
- 5 沖縄オリジナルイチゴ品種「中農イチゴ2号」を確立した。

VIII 今後の課題

- 1 低温処理株から苗の増殖を行い、炭疽病の抑制効果を調査。
- 2 「中農イチゴ2号」株の増殖とブランド化を目指す。
- 3 新品種として農林水産省への品種登録の手続きを開始する。
- 4 特許庁に沖縄イチゴのブランド名を考え、商標登録出願を行う。

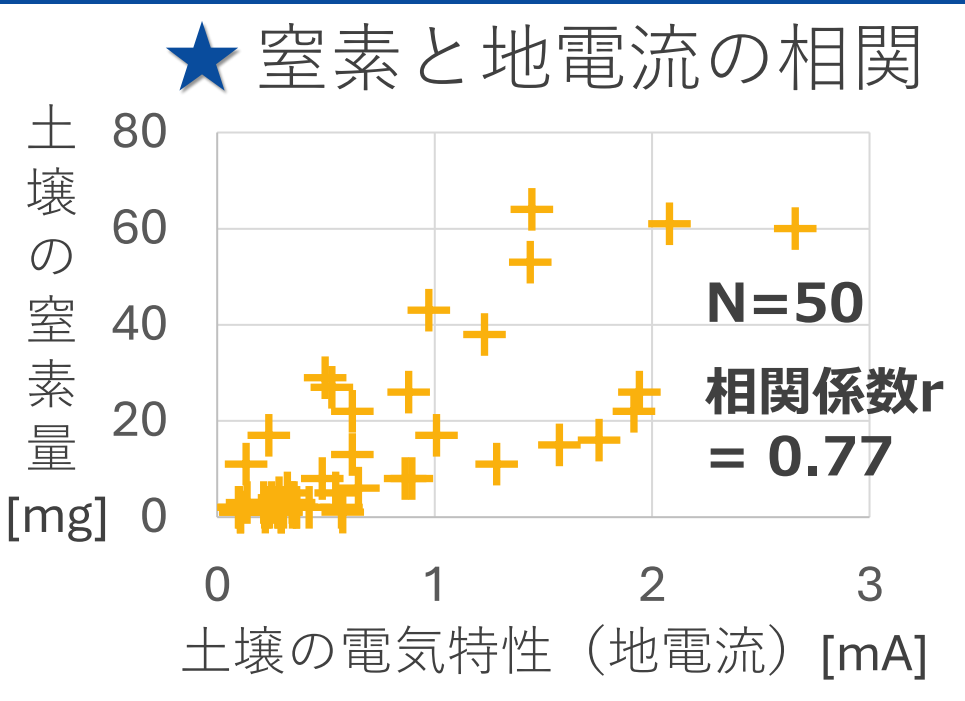
IX 最後に

「中農イチゴ2号」は現在、イチゴ農家と連携し10月に定植を行い、ブランドイチゴとして沖縄県初の販売に向け動き出している。持続可能なイチゴ栽培に向け、県民に愛される美味しいイチゴ、全国、世界に誇れる沖縄オリジナルイチゴを目指しこれからも研究を続けていく。

概要 「健康な土」を土台とする持続可能な農業の推進を目的とし、①土壌微生物、②デジタル技術、③土壌の電気的環境制御技術を統合した三位一体型の土壌DX基盤を創出する点に独自性がある。これにより、有機農業が抱える「生産効率の低さ」「栽培管理の不確実性」という本質的課題に挑む。

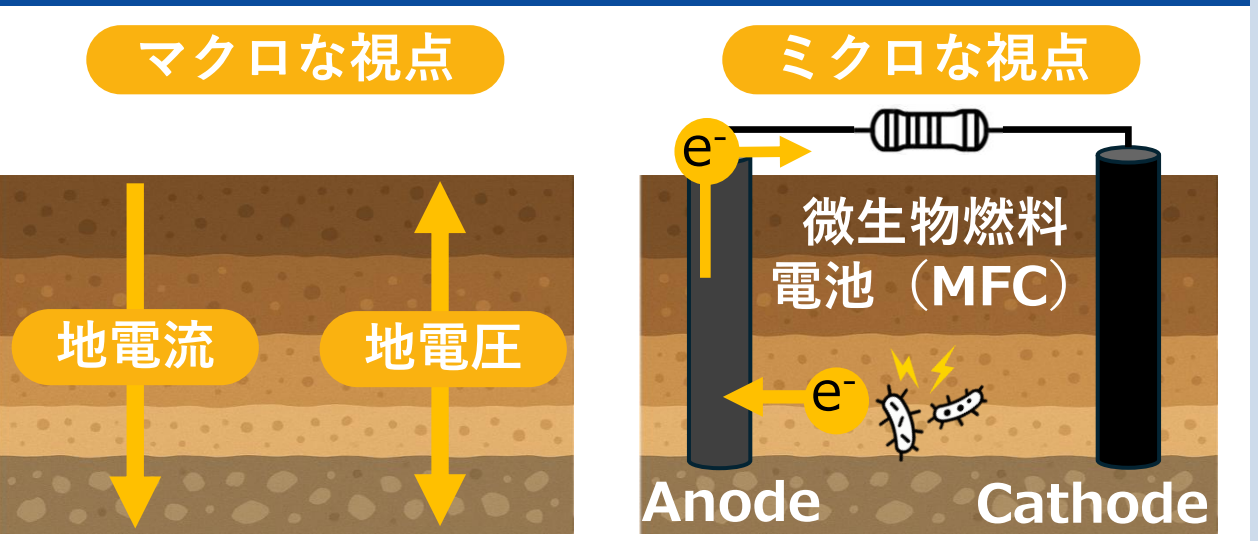
取り組みの背景 - MOONSHOT 目標5『微生物機能のフル活用』に向けて -

★ 私たちは沖縄高専のアグリカルチャー同好会に所属 (情報通信システム工学科・生物資源工学科の合同チーム)
★ これまでの活動を通じて、土壌の栄養素量と電気的特性が正の相関を示すことに気づいた
★ 土壌の電気的特性を人為的に制御できれば土壌の健全性を高められるのでは! ?
★ 有機物を分解する際に電子を放出する発電菌に着目



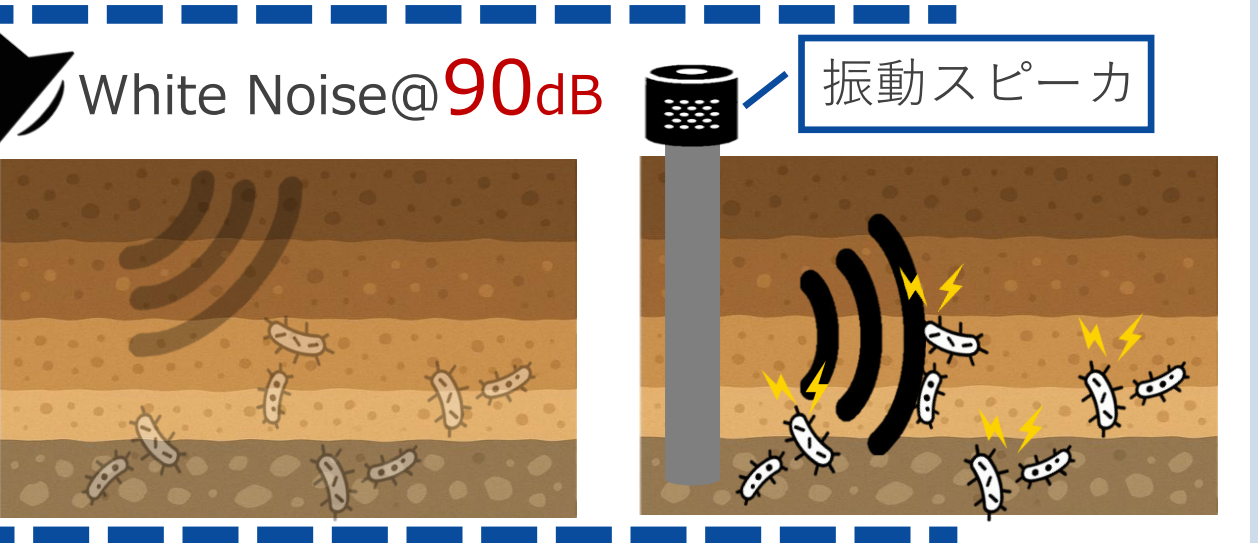
先行研究と独自性 - 断片的に扱われていた先端技術を学際的視点から再構築 -

土壌条件は極めて多様・複雑であり、普遍的な評価指標は未だ確立されていない [Van, Science, 2023]
★ 檜崎は地電流や電圧の流向や大きさから土壌の健全性を3段階に分類 [檜崎, 静電三法, 1958] (図左)
★ Christinaらは土壌を生物電気化学反応器として捉え、発電菌の代謝に由来する電気信号が土壌の健全性を評価する指標になり得ると報告 [Christina et al., ScienceDirect, 2024] (図右)

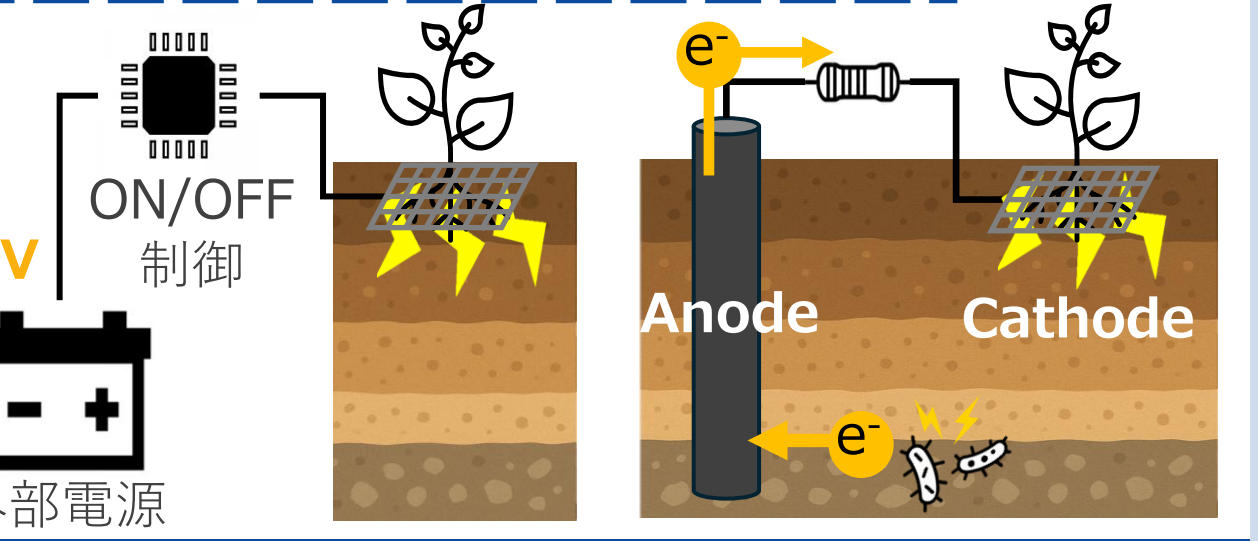


評価 独自性: マクロ×ミクロの両視点により土壌の健全性を評価する新指標を構築

音波が微生物 (トリコデルマ菌) の増殖を促進する事例が報告されている [Jake et al., Biol Lett., 2024]
★ 先行研究では、主に空気中での音波伝播を前提としているが、土壌中では急速に減衰
→ 課題: 土壌深部 (嫌気的環境) を好んで生息する発電菌への適用は困難 (図左)
★ 本研究では、土壌内部の固有振動モードに着目し、深部に直接振動刺激を与える新規手法を開発 → 土壌内部で生じる倍振動スペクトルの変動を通じて発電菌を活性化 (図右)



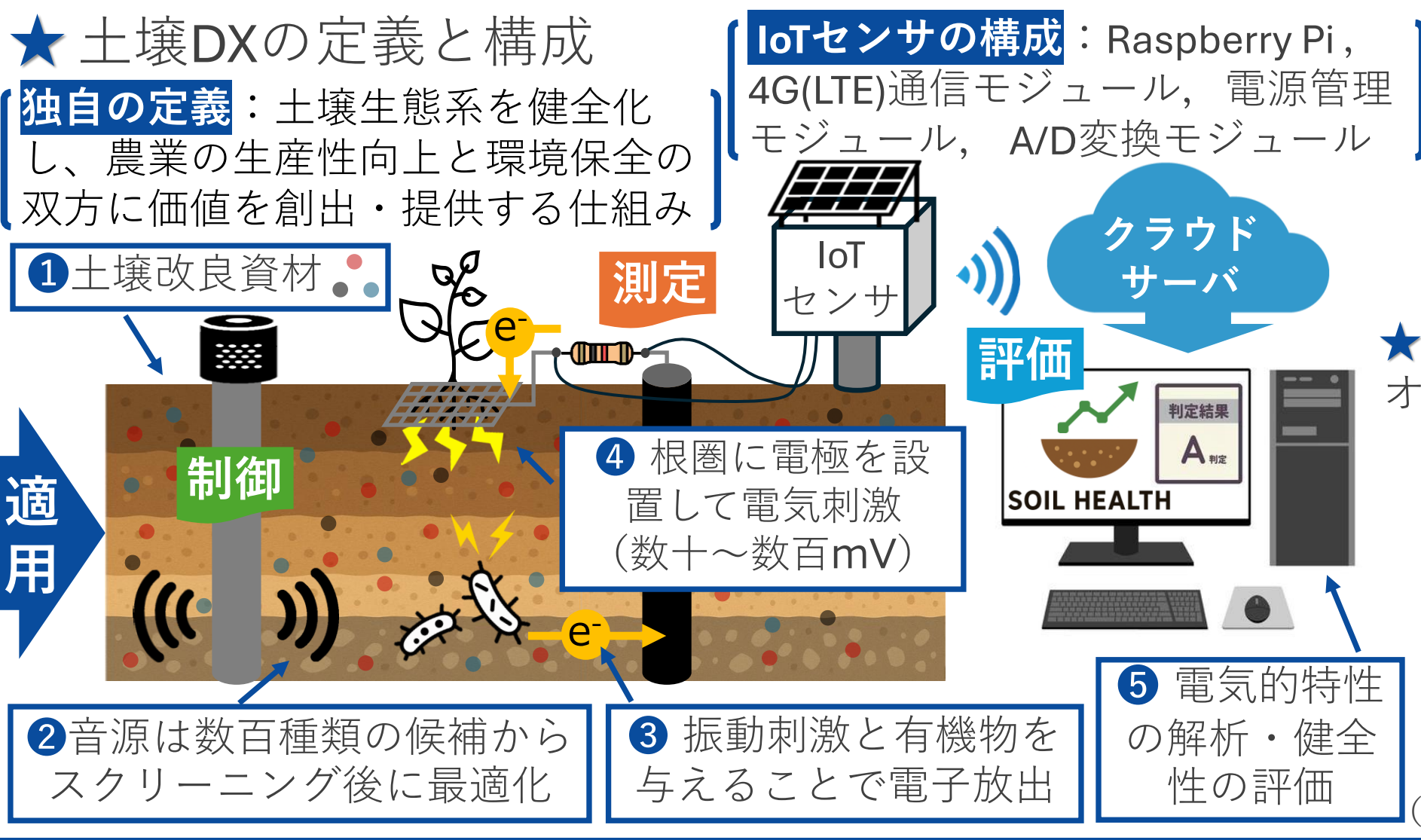
低電圧の電気刺激による作物 (大麦) の生育促進効果が報告されている [VK Oikonomou et al., PNAS, 2024]
★ 外部電源 (0.5V) と刺激のON/OFF制御が必要 → 課題: 導入・運用コスト大 (図左)
★ 本研究では、微生物燃料電池 (MFC) を電源とし、発電菌の代謝や天候などに応じて自然に変動する電力を直接、植物へ供給することで自律的な電気刺激を実現 (図右)



制御 独自性: 振動刺激×電気刺激による土壌の電気的環境制御技術の開発

土壌DXの実現方法 - 農業と環境の双方に価値を提供する仕組みを目指して -

★ 土壌改良による最適化: 電子移動を高める無機資材 (バイオ炭や酸化鉄・酸化マンガン等の産業副産物) の配合量を調整した計40パターンで生育を検証 → 適切な配合量を特定
★ 副産物の利用で資源循環型の農業を推進
★ 炭素クレジットとして収益化が可能
★ 無機物は分解されにくい効果を持続
★ 振動モードの調査
★ 振動刺激の最適化: 土壌内部の固有振動モードに着目した最適化手法を考案 → 土壌特性に応じて振動刺激を最適化



IoTセンサは最大8チャンネルの計測が可能

MFC電極は・低コスト・高耐久・高効率を目指して独自に開発

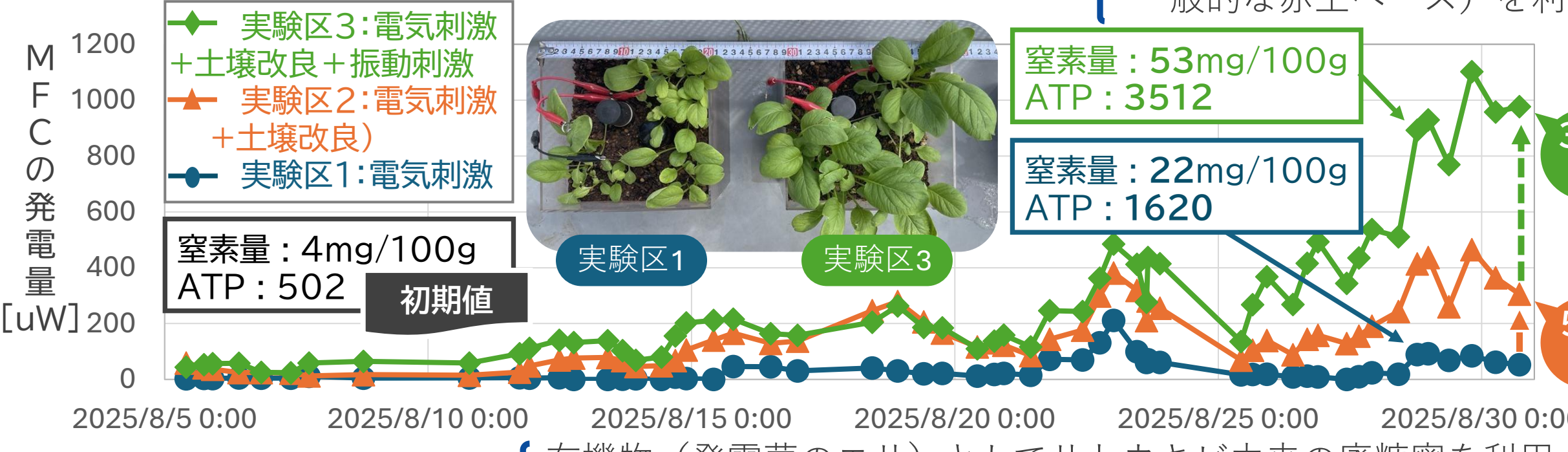
★ 電極構成 (グラファイト×オガ炭×酸化ステンレス) ★ 実験の様子 (間欠動作で省電力化)

★ 基礎実験用の小型ポット (20cm×20cm×25cm) ★ 屋外検証用の大型プランタ (1m×2m×0.5m) ★ 有機栽培専用の実験圃場 (10a)

Phase1・Phase2の実験結果 (TOYOTAの支援を受けて実施) と農家へのヒアリング

★ 振動・電気刺激が土壌の電気特性と生育に及ぼす影響の評価: Phase1
→ 小松菜の葉面積: 対照区 (未処理) と比べ実験区1 (●) は平均1.6倍、実験区3 (◆) は平均2.9倍に増加 [実験には市販の培養土 (沖縄で一般的な赤土ベース) を利用]

★ 土壌の電気的特性 (地電流) と作物重量の関係: Phase2
→ 沖縄伝統野菜シマナー (■) と小松菜 (●) で評価



発電量の増加が窒素やATP (微生物活性) の増加、作物の生育向上に寄与することを明らかにした

★ 農家へのヒアリング

化学肥料が高騰しているため、現在は堆肥と併用している。化学肥料のコストを減らせるなら使ってみたい。ただ、費用対効果が知りたい (慣行農家)
振動で微生物を活性化できるなんて素晴らしい! 実験に協力してもいい (有機農家)
また、JAおきなわでは、有機農産物の取り扱いがほとんど無く、販路の確保が課題である事も分かった

まとめ・考察・展望 実験から、ミクロ視点では①MFC発電量と生育が比例し、マクロ視点では②土壌に形成される電位勾配が生育に寄与する事が明らかとなり、①と②の相乗効果で生育は最大化した。これは独自の評価指標となる。一方、電位勾配が不適切な条件下では発電量を高めても生育の改善が殆ど認められなかった。このことから、電位勾配の形成に強く関与する土壌改良も重要な要素技術として位置づけられる。また、発電菌が放出する電子は他の微生物のエネルギー源となる。この連鎖的相互作用により微生物叢の多様性を豊かにする可能性がある。今後は、①土質の違いによる影響の評価、②生物多様性に及ぼす影響の評価、③電気的特性と環境因子 (温度・湿度など) を統合的に解析するAIの開発を進める。そして、沖縄から農業・環境再生分野で起業し、土壌DX (農業の効率化×土壌環境の再生) の社会実装を目指す。