

【竹山プロ】 土壤微生物叢アトラスに基づいた環境制御による循環型協生農業プラットフォーム構築

プロジェクトマネージャー（PM）：竹山 春子（早稲田大学 教授）

研究背景とありたい姿

【背景】 化学肥料・農薬・輸入資源に大きく依存した従来型農業には限界があり、土壌・微生物・作物・環境の相互作用を理解した食料生産システムへの転換が必要。

【ありたい姿】 持続性と生産性を両立した食料供給産業を確立する。

- ✓ 化学肥料・農薬への依存を極力低減
- ✓ 食料の安定供給と生産性の向上
- ✓ 環境保全と生物多様性の維持・回復
- ✓ 地域経済の持続性とWell-beingの向上
- ✓ 資源循環・カーボンニュートラルに貢献

主な研究成果、進捗状況

- ① 全国から収集した農業土壌を対象に、生物性を主体とする土壌の多様なデータ（細菌叢データ、メタゲノム、シングルセルゲノム、培養株ゲノム、土壌化学組成等）と解析ツールを組み込んだ機能的データベース「農業土壌微生物叢アトラス（ASMA）」を作成・公開した。また、これを用いてダイズ栽培に有用な微生物コンソーシアムを同定した。生物因子を活用した「土壌健康度」を機械学習によって評価する基本プロトコルを策定した。さらに、化学肥料の代替が可能なりサイクルリン資材を開発するとともに、ダイズの生育促進効果を示す微生物株を獲得し、農業微生物叢アトラスから選抜した菌株を用いた、機能性バイオ炭のプロトタイプを作出して、その効果を複数の圃場実験で検証中。👉 **主要成果 1**
- ② 「農業環境エンジニアリングシステム」について、演繹的アプローチと帰納的アプローチの双方を活用した「農業デジタルツイン」のプロトタイプを開発し、そのプロトタイプを基盤とするビジネスモデルを構築した。プロトタイプを利用したビジネスモデルについて富山・愛媛・福島の耕作放棄地でのダイズ栽培による実証、食農垂直統合による生産者への収益分配モデルの検討、統合土壌分析プラットフォーム「SOIL MEMORY」のモニター運用を実施中。👉 **主要成果 2**
- ③ 大型人工気象制御システムの開発し、多様な環境条件下でのダイズ栽培実験が可能となった。同時に、レーザー分光を用いた環境中の温室効果ガス（GHG）測定技術を開発し、大気、土壌中のGHGガス発生量の測定が可能となった。この技術を活用し、圃場でのデータを取集するとともに、①の「土壌健康度」と連結した農地格付けスコアリングとその標準プロトコルを策定中。👉 **主要成果 3**

社会実装の状況と今後の方向性

- ① ASMAから選抜した菌株を用いた機能性バイオ炭の効果検証、量産設計検討、収益モデル構築とともに、「土壌健康度」の社会実装を準備中。👉 **主要成果 1**
- ② 「農業環境エンジニアリングシステム」のビジネスモデルの検証を継続しながら、社会実装のための事業法人設立を準備中。👉 **主要成果 2**
- ③ GHG計測をベースとした農地格付けスコアリングとその標準プロトコルを策定するための有識者委員会で検討し、金融機関との連携を検討中。👉 **主要成果 3**



【竹山プロ】（主要成果1）農業土壌微生物叢アトラスを活用した化学肥料使用量削減農業の社会実装

西田亮也、鈴木淳夫、松本京平、佐久間哲（TOWING）

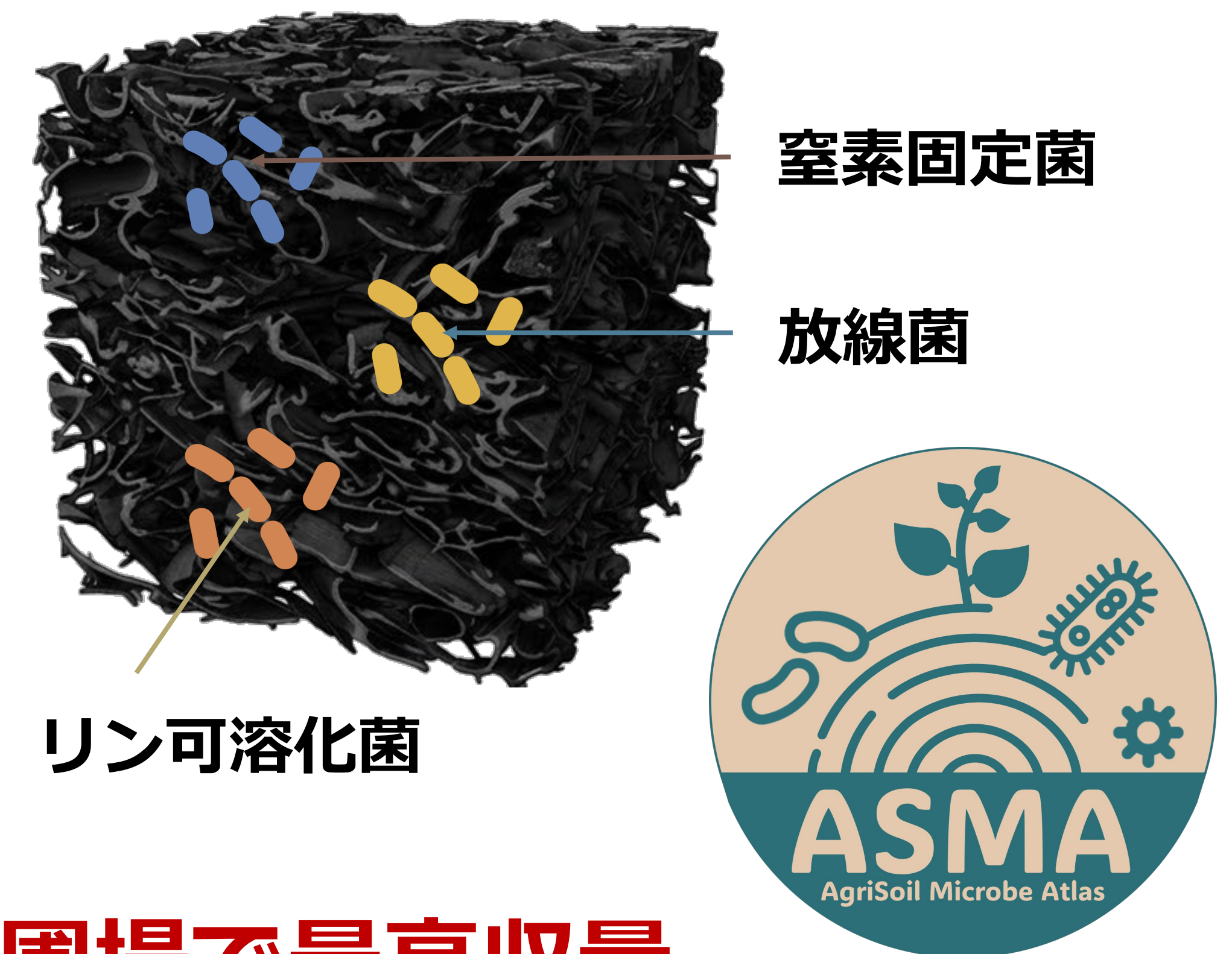
大津直子、新垣篤史、田中剛、本林隆、Habibi Safiullah、坂本真一、松川孝治（東京農工大学）

竹山春子（早稲田大学）、西川洋平（産総研）、花田晶子（太平洋セメント）

研究背景

- ・化学肥料の施用量を削減した持続可能なダイズ栽培法が求められている。
- ・土壌微生物叢アトラス(ASMA)から選抜した菌群を**バイオ炭に固定**し、化学肥料削減・脱炭素に貢献し持続可能な栽培を実現する資材を開発する。

選抜した微生物コンソーシアムを固定した
機能性バイオ炭を製造



具体的成果、進捗状況

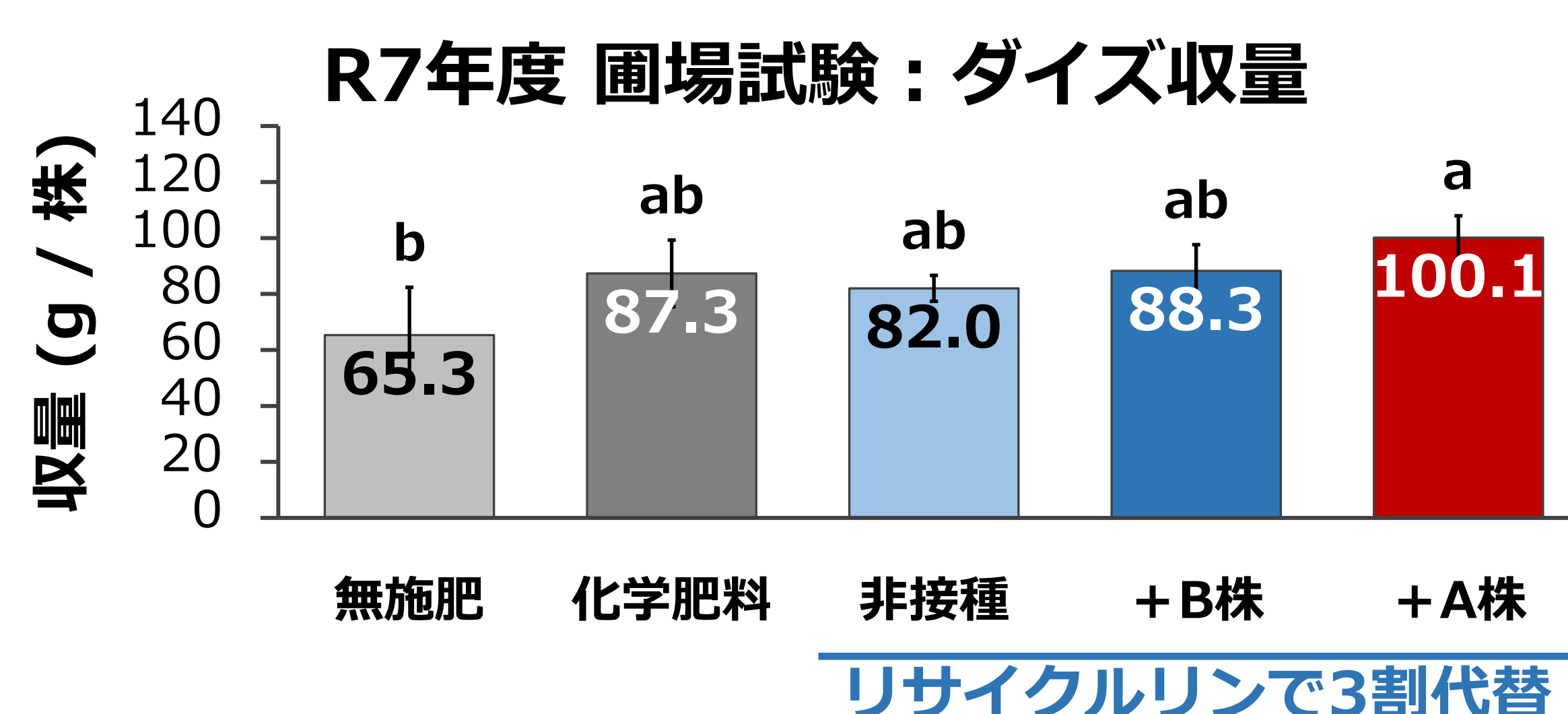
- ① 乾燥耐性を与える**A株**を高収量ダイズ圃場から単離。
リンの3割を排水からのリサイクルリンに代替しても**圃場で最高収量**。

A株接種

非接種



乾燥ストレス下のダイズ
A株接種で萎凋を回避

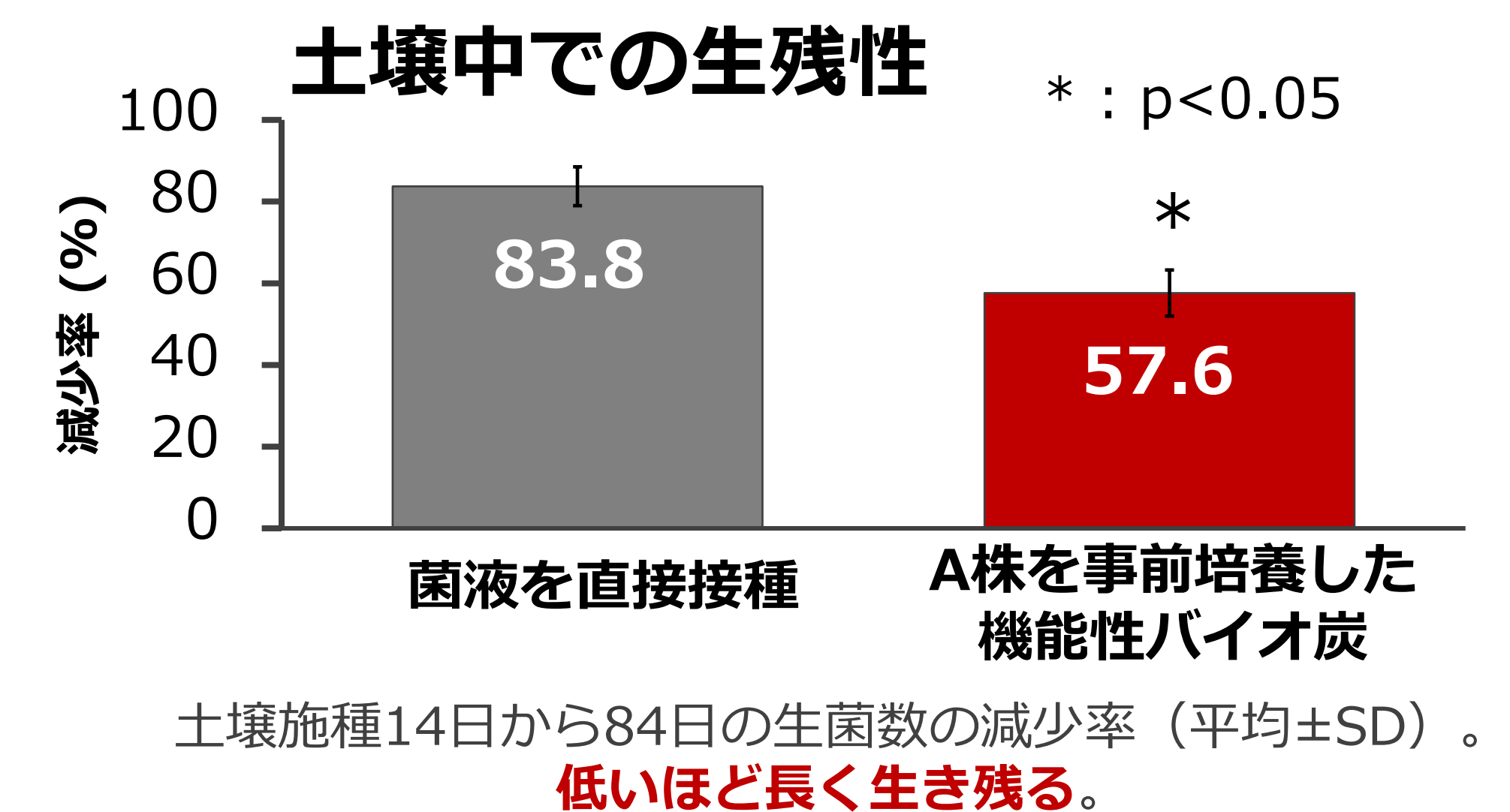
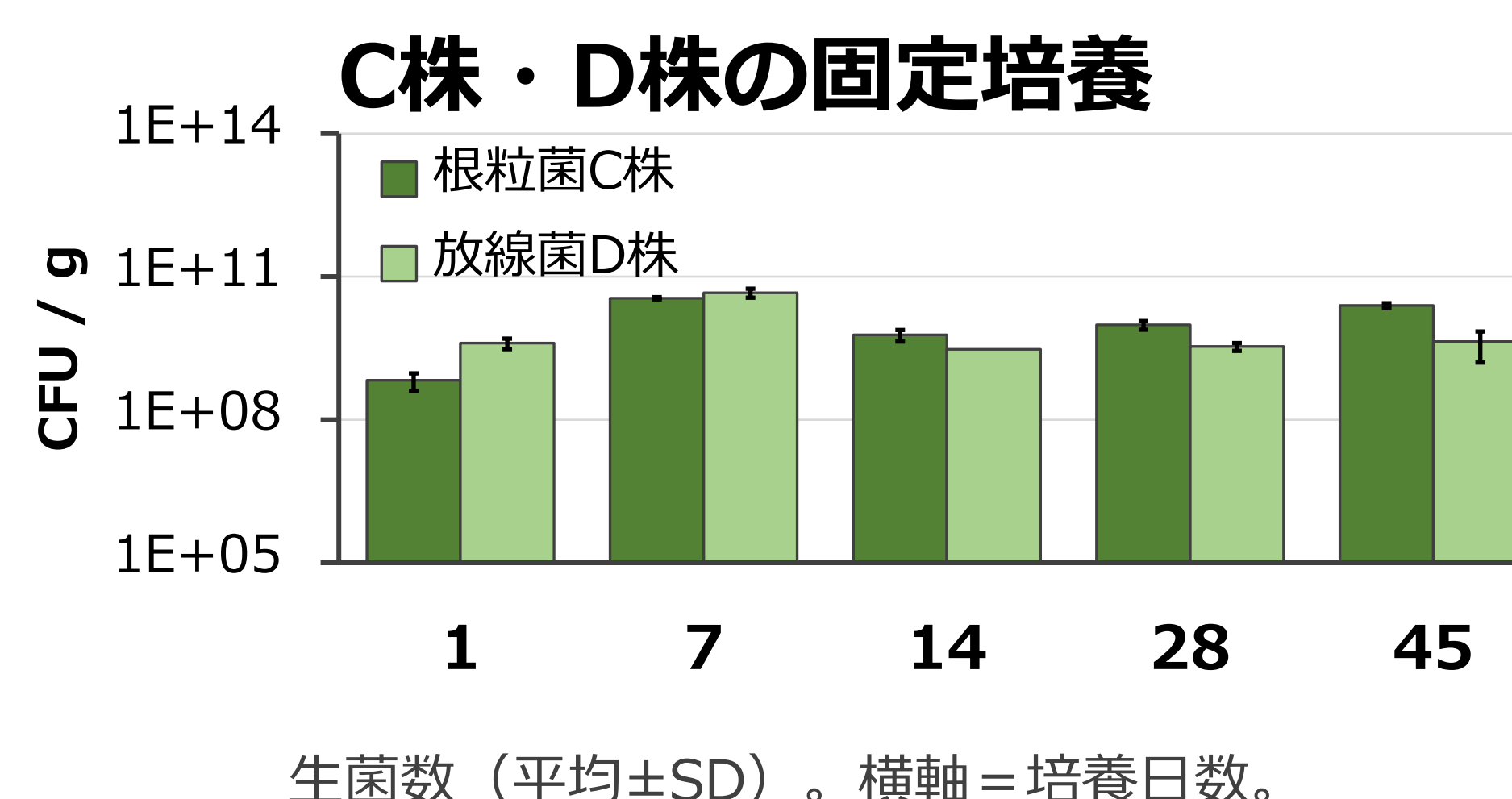
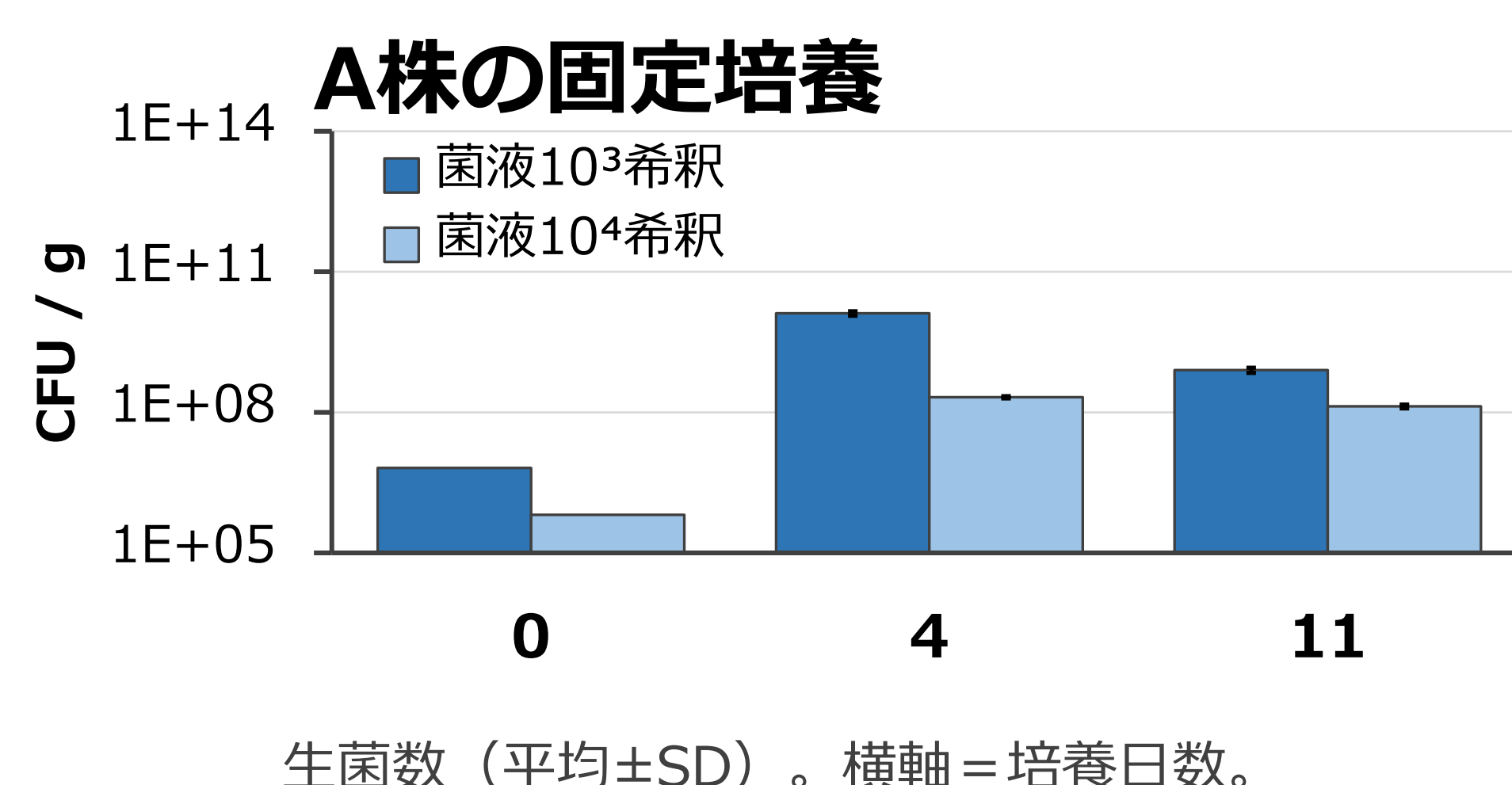


A株接種区 100.1 g/株

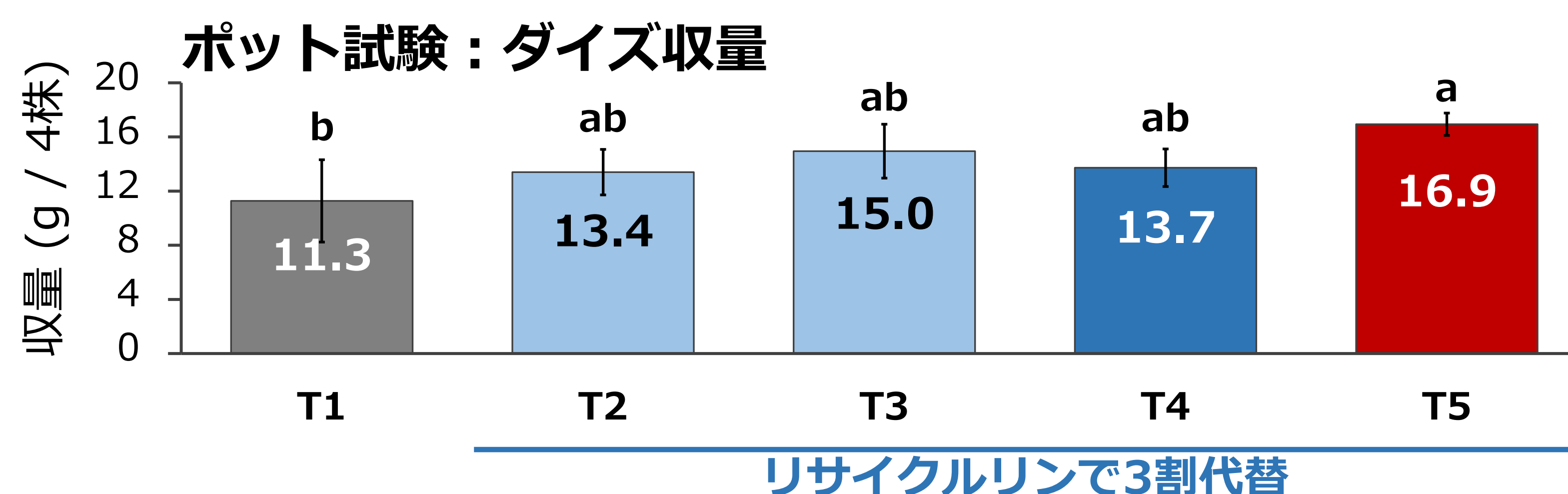
- ・無施肥比 + 53%
- ・化学肥料比 + 15%
- ・非接種比 + 22%

平均±SD (n=3)。異なる英小文字間に有意差あり。
リサイクルリンは太平洋セメント株式会社提供。

- ② 選抜した微生物をバイオ炭に**事前培養**する製造技術を確認。
10⁹~10¹⁰ CFU/g を維持し、土壌中の減少率を**84%→58%**へ。



- ③ C・D株を固定した機能性バイオ炭資材 (T5) なら、
リンの3割をリサイクルリンに代替しながら**収量 + 50%**。



T5 (開発資材) 16.9 g/4株 化学肥料区 (T1) 比 + 50%

T1 化学肥料 (対照) T2 リサイクルリンのみ
T3 バイオ炭あり微生物なし
T4 B株 (リン可溶化菌) + バイオ炭
T5 B株 + C株 (根粒菌) , D株 (放線菌) を固定した機能性バイオ炭
平均±SD (n=4)。異なる英小文字間に有意差あり。

現在の取り組み

- ・A・C・D株の資材で化学リン肥料の**5割**をリサイクルリンに代替する実証試験を、**R8年度に複数地点で実施中**。
- ・培養条件を最適化し、実規模製造へのスケールアップ検証を進めている。

【竹山プロ】（主要成果2） 農業環境エンジニアリングシステムの社会実装

市橋泰範（理化学研究所） 二瓶直登（福島国際研究教育機構/福島大学）、
三尾幸司（社会デザイン・ビジネスラボ） ほか多数

研究背景

【課題】 気候変動で圃場ごとの生育・収量が不安定

【目指す姿】 生産性と持続性を両立し価値を生産者へ還元

現実の圃場データとモデルを垂直統合させ、栽培から流通まで一体で最適化

具体的成果、進捗状況

学術基盤

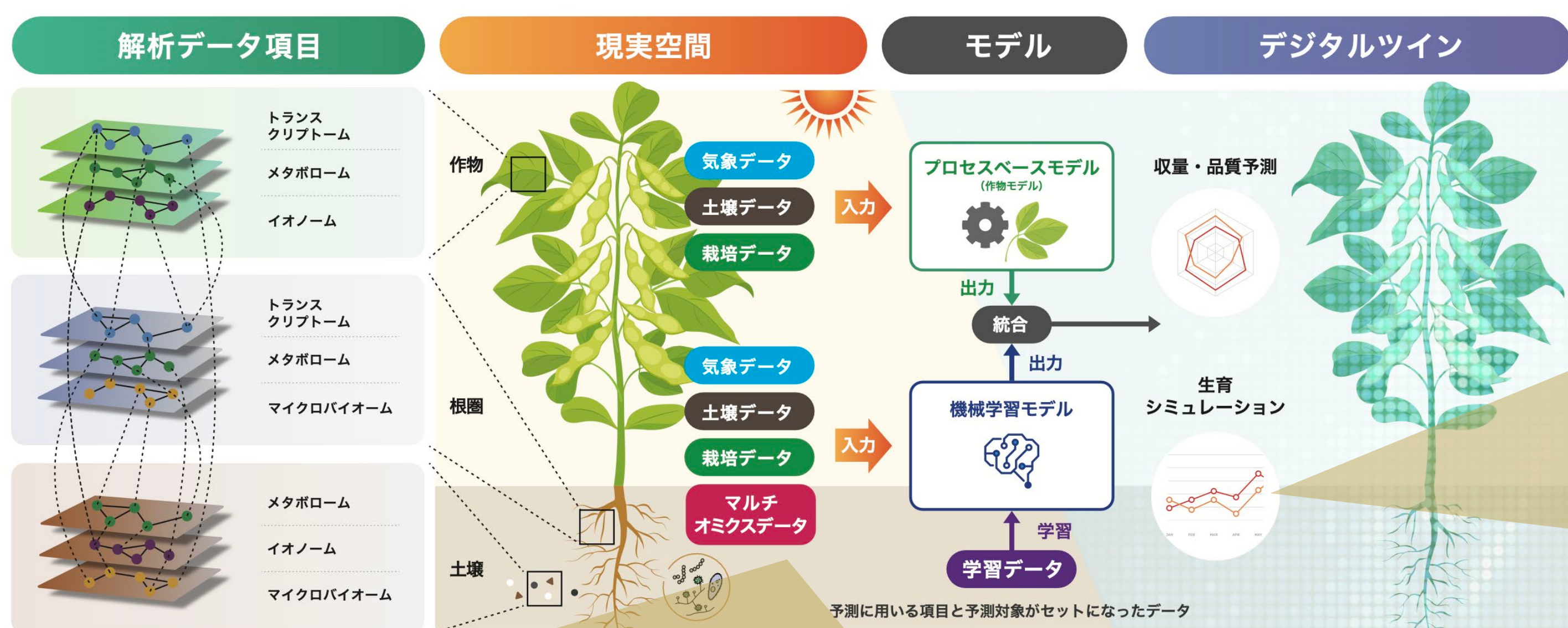
【農業生態系ネットワークの可視化】

特にマルチオミクスにより、堆肥連用によるネットワーク構造的変化による作物の生育促進メカニズムの一端を解明

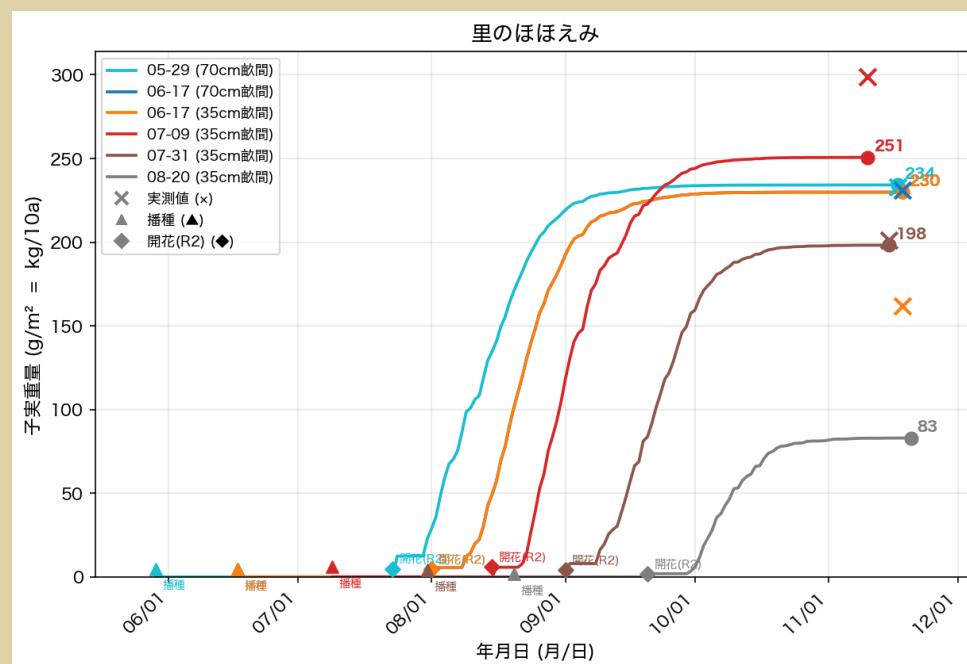
中核研究

【農業環境エンジニアリングシステム】

演繹アプローチ × 機械学習 × 現場データ



播種時期シミュレーション



土壌データの機械学習
モデルにより精度向上

予測誤差
35.8%減

今後の取り組み

論文化

技術検証中

昨年・今年で異なる播種時期シミュレーションの技術実証



社会実装

【ビジネスモデルの実証】

- プロトタイプを利用したビジネスモデルの実証
- 生産者への収益分配モデルの実証



富山・愛媛・福島の複数モデル圃場にて耕作放棄地から実証中

法人設立と事業化

土壌分析サービス



大豆を知るメディア



SOY
Mag.

場所・年変動に強いモデルを、事業として回る仕組みへ

【竹山プロ】（主要成果3） GHG排出量による農地の格付けGHG計測方法の標準化

守屋繁春、松山知樹、斎藤徳人、川田靖、坂下 亨男、小田切正人、小川貴代、和田 智之
(理化学研究所 光量子制御技術開発チーム)

研究背景

持続可能な食料生産には、その基盤となる農業環境の最適化が重要な課題となる。我々はこれまでにプロジェクトがモデルとする大豆栽培圃場を実験室内で再現可能な大型人工気象制御システムを開発し、これを用いて農業の持続可能性に大きく関わる温室効果ガス（GHG）の動態を可視化する事に成功すると同時に、「農業土壌健康度」の指標と連結し、グループと協調することで農業環境の見える化とそれによる問題解決に向けた研究開発を進めている。

開発した計測機器と大型人工気象制御システムを利活用することで、実際の農業環境における持続可能性をスコア化し、個々の農地の持つポテンシャルまでもを見える化する事を試みる。

「農地の格付け」の仕組みは、単なる農地の評価ではなく、スコアに応じた農家の経済状況の改善へ直結する仕組みへと昇華していくことで、全く新しい日本発の農業生産補償システムとしてパッケージングしていくことを目指す。



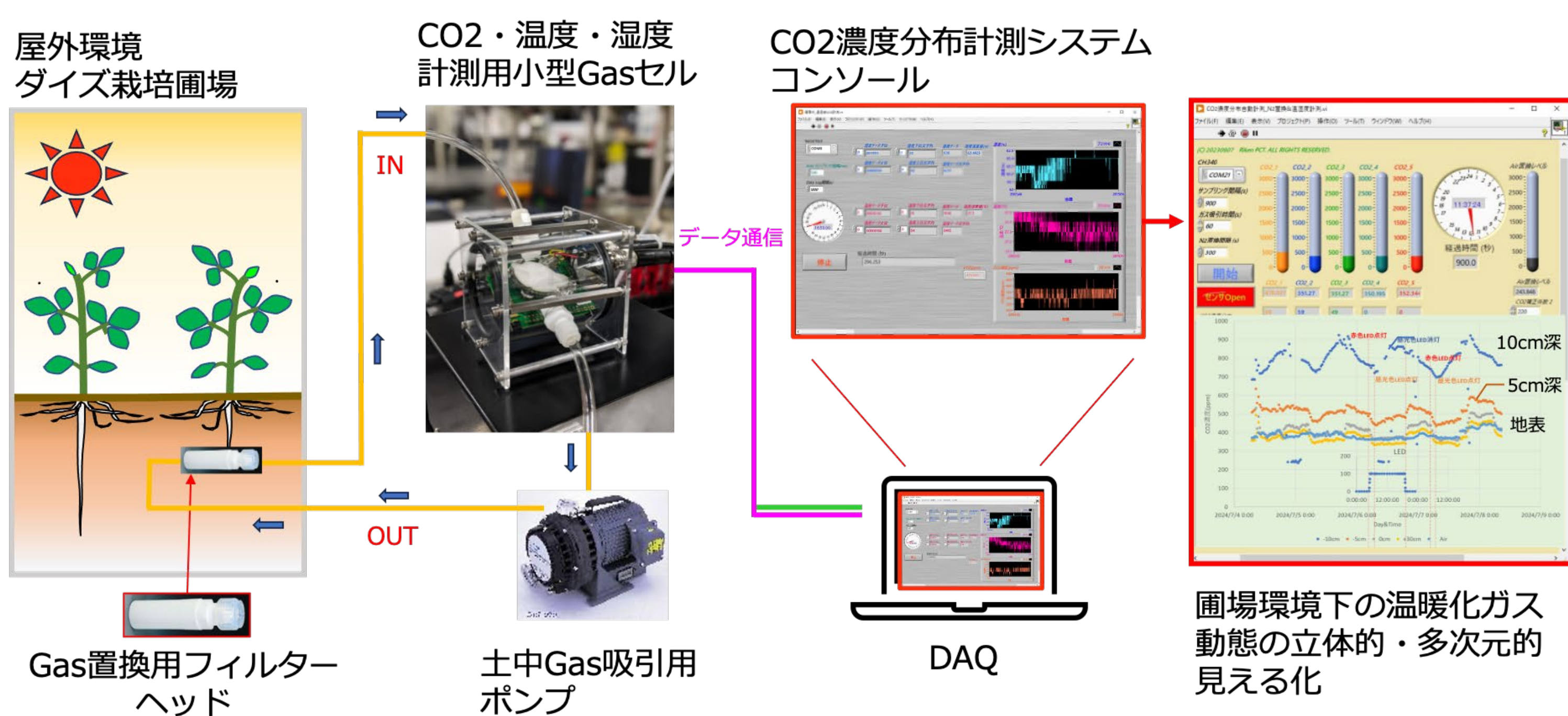
- ・ ASMAとの連結
- ・ 「農業土壌健康度」指標と連結
- ・ クループ内の多様な圃場での実証

具体的成果、進捗状況

農業生産持続可能性の見える化に向けた 温暖化ガスリアルタイム計測技術の開発

農地格付けシステムの確立に向けた 科学ベースの産官学金連携による検討

実農業環境下での温暖化ガス動態のリアルタイム計測による見える化



計測による見える化を農業生産の「価値」へ接続



今後の取組み

- ① プロジェクト内連携によるガス計測技術の検証を経たコモン化と炭素固定方向の可視化技術への展開
- ② 具体的格付けモデルのロールアウトと試験的運用
- ③ 総合的な農業政策への展開を見据えたチームビルディング