

# 研究領域「環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出」事後評価（課題評価）結果

## 1. 研究領域の概要

本研究領域では、フィールドにおける植物の環境応答機構の包括的な理解に基づき、実用植物を分子レベルから設計する技術の確立に資する研究を推進します。具体的には、環境変動にロバストに応答する植物の特性を定量的に把握し、生長や機能の人為的な制御を可能とする新技術の確立を目指します。また、出口戦略の観点から主として実用植物を対象とし、機能マーカーやDNAマーカーなどの生物指標の同定やそれらを活用した新しい植物の開発等を試みます。

具体的な研究開発は、分子レベルで得られた知見のフィールドまでの利用を念頭に置き、以下の3つを柱とします。1)植物の環境応答機構に関する高精度定量解析に関する研究、2)植物の環境応答機構に関するモデルの構築、3)遺伝子群の人為的再構築によって生じる植物の形質評価。

研究領域の推進では、植物の多様な機能の定量的な把握、各種大規模データの解析やモデル化とその実証が求められることから、植物生理学に加え、育種学、生態学、統計学、情報科学、そして工学等の様々な分野の参画を促します。また、これらを含む研究領域の総合的な運営により異分野連携を進めていきます。さらに、戦略目標の達成に向けた成果を最大化すべく、さきがけ研究領域「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」、および研究領域「情報科学との協働による革新的な農産物栽培手法を実現するための技術基盤の創出」とも連携した運営を行っていきます。

## 2. 事後評価の概要

### 2-1. 評価の目的、方法、評価項目及び基準

戦略的創造研究推進事業・CRESTにおける事後評価の目的、方法、評価項目及び基準に沿って実施した。

### 2-2. 評価対象研究代表者及び研究課題

#### 2017年度採択研究課題

- (1) 宇賀 優作（農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究部門 グループ長）  
ROOTomicsを利用した環境レジリエント作物の創出
- (2) 杉山 暁史（京都大学 生存圏研究所 准教授）  
根圏ケミカルワールドの解明と作物頑健性制御への応用
- (3) 中川 博視（農業・食品産業技術総合研究機構 基盤技術研究本部 研究管理役）  
ハイブリッドモデリングによる環境変動適応型品種設計法の開発

#### 2016年度採択研究課題（1年追加支援課題）

- (1) 岩田 洋佳（東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授）  
植物環境応答のモデル化に基づく発展型ゲノミックセレクションシステムの開発

### 2-3. 事後評価会の実施時期

2022年11月11日（金曜日）

2022年12月 各研究者からの研究報告書に基づき研究総括による事後評価（1年追加支援課題）

## 2-4. 評価者

### 研究総括

田畑 哲之 (公財) かずさDNA研究所 所長

### 領域アドバイザー

芦荻 基行 名古屋大学生物機能開発利用研究センター 教授

伊藤 隆司 九州大学大学院医学研究院 教授

太田 啓之 東京工業大学生命理工学院 教授

金子 俊一 北海道大学 名誉教授

木立 尚孝 東京大学大学院新領域創成科学研究科 准教授

酒井 隆子 ヴィルモランみかど(株) 外部顧問

佐藤 和広 岡山大学資源植物科学研究所 教授

高木 利久 富山国際大学 学長

田中 良和 サントリーグローバルイノベーションセンター(株) 研究部 上席  
研究員

福岡 浩之 タキイ種苗(株) 研究農場 副農場長

### 外部評価者

該当なし

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： ROOTomics を利用した環境レジリエント作物の創出
2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

宇賀 優作（農業・食品産業技術総合研究機構作物研究部門 グループ長）

主たる共同研究者

七夕 高也（（公財）かずさDNA研究所先端研究部 研究員）

川勝 泰二（農業・食品産業技術総合研究機構生物機能利用研究部門 上級研究員）

### 3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている
-------------

○総合評価コメント：

本研究課題は、重要性が高いにも拘らず観察が困難で研究が遅れていた根系を対象として、X線CTを用いたフェノーム解析やトランスクリプトーム解析等の技術の高度化とデータ収集・解析を行い（ROOTomics）、多様な環境に適応できる作物が持つべき理想根系のモデリング技術の開発、ストレスバイオマーカーの開発、さらには干ばつや高温に対して頑健な根系モデルの提案を目指し実施された。X線CTは土中の根の3D形状を非破壊で計測できる先端的技術であり、基礎研究や育種など幅広い分野で注目度が高く国際競争も激しい。本研究によって我が国で画像データの取得から高速画像解析に至る根系非破壊モニタリングプラットフォームが開発され、世界をリードするレベルにまで達したことは極めて高く評価できる。今後は、本システムの国際化や応用への実装に向けた活動へと発展することを期待したい。また、干ばつ・高温を再現する栽培制御ユニットの開発やこれを活用したストレスバイオマーカーの同定、さらにはPET技術との組み合わせによる転流動態の観察技術の開発など、当初目標を上回る成果も得られており、今後の更なる展開が待たれる。以上のようにさまざまな技術開発が順調に進んだ一方、ROOTomicsによる実データの取得やデータベース化、環境ストレスに強い根系形態のデザインなど応用面につながる研究開発は道半ばであることから、この方向での研究開発が継続されることを望みたい。

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 根圏ケミカルワールドの解明と作物頑健性制御への応用
2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

杉山 暁史（京都大学生存圏研究所 准教授）

主たる共同研究者

藤井 義晴（東京農工大学農学研究院 特任教授）

櫻井 望（国立遺伝学研究所 特任准教授）

小林 優（京都大学大学院農学研究科 准教授）

青木 裕一（東北大学東北メディカル・メガバンク機構 講師）

小野寺 武（九州大学大学院システム情報科学研究院 准教授）

伊福 健太郎（京都大学大学院農学研究科 教授）

三宅 親弘（神戸大学大学院農学研究科 教授）

細木 藍（富山大学学術研究部理学系 特命助教）

### 3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている
---------

○総合評価コメント：

作物の生育に重要である根圏域には、栄養となるミネラルや生物間相互作用を司るアレロケミカルが含まれる他、根粒菌や菌根菌など多数の根圏微生物が生息している。本研究課題は、解析が遅れ気味であった「根圏ケミカルワールド」に着目し、生産者の圃場で個別に発生する植物の頑健性のメカニズムを明らかにすることによって、環境変動下での頑健性を達成する技術を開発することを目指して実施された。多数のパラメーターの相互関係を解きほぐす難しいテーマに果敢に取り組む姿勢や大量オミックスデータの取得やマルチモーダル学習手法によって初めて可能となる解析手法の可能性を示すことができた点で本領域への貢献は大きい。具体的には、メタボローム解析によって重要な根圏ケミカルとしてオカラミンやトマチンを同定し、それらと根圏微生物叢との有効な組み合わせを示すことができた。このような手法を用いることにより、栽培体系や「理想的な根圏微生物叢」の概念が科学的に一般化することは、体験で伝承されてきた農業を次世代に伝えていくために重要であり、論文や学会発表を多数行い、積極的に成果を発表したことも高く評価できる。一方、相互作用の詳細な解明は現在進行中であり、複雑な相互作用の機構解明を通じた汎用性のある理論構築にまで至らなかったことは残念であり、今後、この方向での研究開発が継続・進展することを期待する。

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： ハイブリッドモデリングによる環境変動適応型品種設計法の開発

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

中川 博視 （農業・食品産業技術総合研究機構基盤技術研究本部 研究管理役）

主たる共同研究者

中崎 鉄也 （京都大学大学院農学研究科 教授）

青木 直大 （東京大学大学院農学生命科学研究科 教授）

山崎 将紀 （新潟大学農学部 教授）

3. 事後評価結果

○評点：

A 優れている

○総合評価コメント：

本研究課題は、遺伝学的情報、トランスクリプトーム/メタボロームデータ等の分子生物学的情報を入力変数とする新規な作物生育予測モデルを開発すること、およびそれを気象データベースに結合したシミュレーターによる品種設計法を開発することを目的としている。具体的には、イネの出穂期と穎果数を対象として、既存のイネ生育モデルに遺伝子ベースモデルを導入することによって、ハイブリッド生育予測モデルを構築することを目指した。全体として非常に緻密に計画されており、当初の目標は概ね達成されたと言える。本研究により、説明力の高い既存の作物生育予測モデルと複雑な非線形効果のモデリングに優れるニューラルネットワークをうまく組み合わせて実用的なシステムを構築することができた。これは、少なくとも基盤情報が充実したイネでは「デザイン育種」が可能であることを示しており、先進性、挑戦性の点で若干物足りないところはあるかもしれないが、社会的なインパクトは大きい。このようなアプローチが今後栽培研究者と遺伝育種研究者の双方から評価され、技術的にさらに発展していくことを期待したい。構築したモデルの検証や論文発表、ダイズへの応用の可能性検証については、今後の進展と早期の成果発表を待ちたい。

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 植物環境応答のモデル化に基づく発展型ゲノミックセレクションシステムの開発

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

岩田 洋佳（東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授）

主たる共同研究者

中園 幹生（名古屋大学大学院生命農学研究科 教授）

平井 優美（理化学研究所環境資源科学研究センター チームリーダー）

津田 麻衣（筑波大学生命環境系 助教）

辻本 壽（鳥取大学乾燥地研究センター 教授）

加賀 秋人（農業・食品産業技術総合研究機構次世代作物開発研究センター ユニット長）

3. 事後評価結果

○評点（2021年度事後評価時）：

A+ 非常に優れている
-------------

○総合評価コメント：

（以下、2021年度課題事後評価時のコメント）

本課題は、ダイズの干ばつ応答を対象に、大規模オミックス情報と環境データを用いて干ばつ下のバイオマスを予測する新規モデルの構築、およびそれに基づく育種技術の開発を目指して実施された。さまざまな形質関連データを大規模に取得するため、ドローンを用いたマルチスペクトル画像計測、自動撮影カートによる画像撮影、イオノーム、メタボローム計測などの技術が次々と開発・実装された。また、取得された大量のデータを解析する手法として、マルチカーネル法や近似ベイズ計算に基づく生長パラメーター抽出など先進的な取り組みが行われた。そして、これらの中間形質計測技術を用いて、鳥取の乾燥地で人工的に再現した干ばつ条件でダイズの大規模な形質評価が実施され、新たなバイオマーカーの開発や雑種集団における予測モデルの開発とその実証が行われた。さらに、イオノームとバイオマスとの相関やマルチスペクトルカメラ画像とバイオマスと相関など、中間表現型と収量関連形質の間の興味深い関連が見いだされた。膨大かつ高精度なデータを収集しそれを卓越した統計学的分析によって十分に活用して干ばつ時のバイオマスという農業上重要な量的形質の予測が可能であることを明確に提示できたことは、本領域の戦略の妥当性を示す重要な成果と言える。今後、最終年度の実証試験の結果を含む主論文をはじめインパクトのある論文を多数発表し、本研究開発の成果を広くアピールするとともに、成果の社会実装に取り組むことによって、当該分野の産学両領域における裾野の拡大を推進して頂きたい。

（2022年12月追記）

本研究課題の成果であるモデル化技術とシミュレーションによる選抜効果をより強く証明するため、1年追加支援によって、本研究課題で使用した RILsF2 世代をさらに展開した F3 世代について形質評価とオミックス解析を実施した。その結果、F2 世代と同様に、バイオマス関連形質および収量に明らかな選抜効果がみられた。また、F2、F3 世代における育種価および表現型の予測精度を比較したところ、一部形質を非常に高精度に予測できること、またイオノームデータを入力すると年次・干ばつ条件を入力しなくても育種価や表現型を予測できることが分かった。これら追加支援で得られたデータをより総合的に解析することによって、今後、新たな高精度モデル化技術を論文により公開することが期待される。