

食料安全保障に資する完全閉鎖型植物工場 の実現に向けた調査研究

研究開発とSociety 5.0との橋渡しプログラム (BRIDGE)

研究開発等計画書
(令和5年度様式)

令和5年10月
農林水産省

○実施する重点課題に○を記載 (複数選択可)

業務プロセス転換・政策転換に向けた取組	次期SIP/FSより抽出された取組	SIP成果の社会実装に向けた取組	スタートアップの事業創出に向けた取組	若手人材の育成に向けた取組	研究者や研究活動が不足解消の取組	国際標準戦略の促進に向けた取組
		○			◎	—

○関連するSIP課題に○を記載 (主となるもの)

持続可能なフードチェーン	ヘルスケア	包括的コミュニティ	学び方・働き方	海洋安全保障	スマートエネルギー	サーキュラーエコノミー	防災ネットワーク	インフラマネジメント	モビリティプラットフォーム	人協調型ロボティクス	バーチャルエコノミー	先進的量子技術基盤	マテリアルの事業化・育成エコ
○													

資料 1 「食料安全保障に資する完全閉鎖型植物工場の実現に向けた調査研究」の全体像

- **食料安全保障上重要な位置付けにある種子・種苗の確保**について、将来の不確実性を踏まえ、より盤石な安定供給体制の構築が必要。
- 近年、欧米や中国を中心に**垂直農業(Vertical Farming)**の研究開発や民間投資が加速する中、我が国では**スタートアップが一般的な植物工場の約5倍もの生産性を実現する完全閉鎖型植物工場の開発**に成功。
- 完全閉鎖型植物工場に高度な環境制御技術等を融合することで、**種子等の生産に対応可能な植物工場**を実現し、**国内展開及び海外市場の進出を目指す**上で必要な調査研究を実施。

現状と課題

穀類、果樹の種苗はほぼ全量国内で生産している。また、多種多様な品目の供給が必要になる野菜の種子については、複数の国に分散する形で海外生産・輸入するとともに、約1年分の種子を国内に備蓄することにより、安定供給が図られている。

近年の**社会情勢の変化や食料生産との競合、気候変動等**といった**将来の不確実要因が指摘**されている。

【野菜種子・種苗の輸入額(令和3年)】

野菜種子の輸入元国

国名	輸入額 (百万円)	数量 (トン)
チリ	5,294	511
アメリカ合衆国	2,012	1,195
南アフリカ共和国	1,940	221
イタリア	1,490	538
中華人民共和国	1,448	335
タイ	619	51
デンマーク	545	477
オーストラリア	531	146
大韓民国	519	49
インド	463	64
その他	2,070	447
合計	16,931	4,033

(資料：財務省「貿易統計」)

将来の不確実性を踏まえ、種子等のより盤石な安定供給体制の構築に資する、気象条件を精密コントロールできる植物工場の実現が必要

【ユニット式完全閉鎖型植物工場】

<特徴・メリット>

- ・完全閉鎖・狭小空間において**ユニット単位で精密に環境制御が可能**
- ・レタス等の野菜で海外製植物工場の**約5倍の生産性を実現**
- ・水や肥料の大幅削減、完全無農薬の実現が可能

調査研究

実現可能性の調査

食料安全保障に資する種子等の生産を行える植物工場の実現に向け、必要な設備・装置の性能や規模感、それらを維持するための高付加価値な作物生産や事業採算性の検証などについて、調査研究を行う。

- 必要な技術開発**
- ・種子等を高効率生産するための**環境制御技術**
 - ・有用物質を農作物に高発現させるための**植物デザイン技術**
 - ・種子等の高効率生産を可能とする**生産ユニットの試作**

最適な環境パラメータ設定

環境因子 (品種, 栽植密度, 日射量, 気温, 湿度, 培液濃度, 遺伝子A, 発現量) → 解析 → 形質・成分 (乾物量, 種子数, 種子サイズ, 有用成分, ...)

有用物質蓄積量等の改変

不要な目的外タンパク質を除去 → 高効率・高精度なゲノム編集技術で複数同時破壊

● 有用タンパク質
● 目的外タンパク質

高効率生産のためのセンシング技術等の検証

資料 2 - 1 「食料安全保障に資する完全閉鎖型植物工場の実現に向けた調査研究」の概要

【背景・現状・課題】

- 食料安全保障の観点から、不測時においても国民への食料の安定供給を維持するためには、食料生産に不可欠な種子等を緊急的に供給できる体制を確保する必要。
- 他方、欧米を中心に垂直農業（Vertical Farming、完全閉鎖型植物工場）への投資が加速。こうした動向を踏まえ、中国や欧米では、AIを駆使した閉鎖型植物工場に係る研究開発が加速化し、我が国のプレゼンスが徐々に低下していたが、スタートアップ（株）プランテックス社（2014年設立）が一般的な植物工場の約5倍の生産性を実現する、世界初のユニット式閉鎖型の植物栽培装置の開発に成功し、国内ビジネスを開始し今後世界市場を狙える状況にある。

【施策内容】

- 不測時において、（株）プランテックス社の完全閉鎖型植物工場の高生産性の強みを活かし、種子等を高効率生産できる技術を開発するとともに、必要な生産規模（ユニット数や面積等）を明らかにする。また、植物工場の設備・装置を維持して平時においても稼働させる必要があるが、植物工場を広く導入していくためには事業採算性の向上が必要である。このため、種子以外の多様な品目への適用のほか、高付加価値な有用物質（グリーンマテリアル）について、平時に閉鎖型植物工場において高効率生産するための技術開発を目指し、以下の開発項目に関するFSを実施する。

- 食料安全保障に資する完全閉鎖型植物工場に関する実現可能性調査
- 種子等を高効率生産するための環境制御技術の調査研究
- 有用物質を農作物に高発現させるための植物デザインの調査研究
- 2及び3を融合し、種子等の高効率生産を可能とする生産ユニットの試作及びシステム設計

【研究開発等の目標】

- 必要な設備・装置の性能や規模感、平時に設備装置を維持するための高付加価値な作物生産や事業採算性の検証などについて調査研究を行い、食料安全保障に資する種子等の生産を行える植物工場の実現可能性を探り、社会実装シナリオを策定。
- 植物工場で農作物の種子を高効率で生産できる精密環境制御技術や有用物質生産に最適化した植物デザイン技術を検証。加えて、生産性を更に向上させる専用ユニットを試作。

【社会実装の目標】

- 不測時に食料を安定供給するため、種子の供給体制を確保する。
- 「完全閉鎖型植物工場」を開発・事業化を推進することにより垂直農業市場における国際競争力の強化を図る。
- 農作物由来のグリーンマテリアルの新市場を創出するとともに、製薬企業等の協力を得て実用化を後押しする。

【対象施策の出口戦略】

- 不測時の種子の供給に資することで、食料安全保障の確保に貢献する。また、有機化学合成技術では製造できないようなグリーンマテリアルの新市場を創出する。さらに、開発された植物工場の強みを生かして国内外の展開を図る。

研究テーマ①. 食料安全保障に資する完全閉鎖型植物工場に関する実現可能性調査

調査項目

- ✓ 食料安全保障における完全閉鎖型植物工場の位置づけ
- ✓ 種苗業界から求められる種子・種苗の生産形態・品質の聞き取り調査
- ✓ 不測時に想定される種子・種苗の供給減少シナリオへの対応
- ✓ シナリオ対応に必要な面積・規模の試算
- ✓ 事業採算性の検証
- ✓ 平時に完全閉鎖型植物工場を安定稼働させる多様な手段の検証 等

食料安全保障に資する完全閉鎖型植物工場の実現に向けた社会実装シナリオを策定

【必要とされる技術調査研究】

1. 種子や有用物質を高効率生産するための環境制御技術の調査研究
2. 有用物質を農作物に高発現させるための植物デザインの調査研究
3. 種子等の高効率生産を可能とする生産ユニットの試作

研究テーマ②. 種子等を高効率生産するための環境制御技術の調査研究

研究開発目標

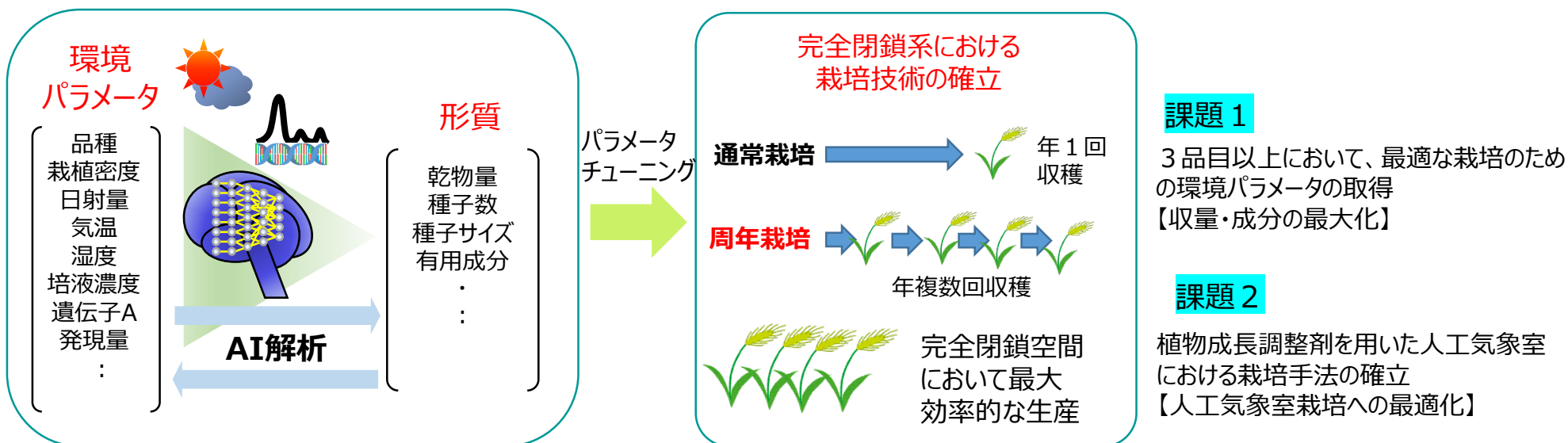
- ✓ 完全閉鎖型植物工場において、**多様な品目を高効率栽培するための環境パラメータ**（気温、光条件、肥料成分、植物成長調整剤等）を**特定**し、生育ステージに応じた**最適な環境制御法の確立**に向けて、FSでは栽培パラメータの取得と草型形質の制御方法を複数品種で検証。

研究開発の概要



農研機構

- ✓ 現行植物工場では、レタス等の野菜以外の栽培法は確立されておらず、**必要とされる子実収量と含有成分を確保**するためには、**環境パラメータを複雑に制御した、最適な環境制御法の確立**が必要。
- ✓ そのため、FS期間では、人工気象環境下で3品目以上において最適な環境パラメータ決定に向けた研究を実施する。また、完全閉鎖空間を想定した草型形質の制御方法を検証。



研究テーマ③. 有用物質を農作物に高発現させるための植物デザイン技術の調査研究

研究開発目標

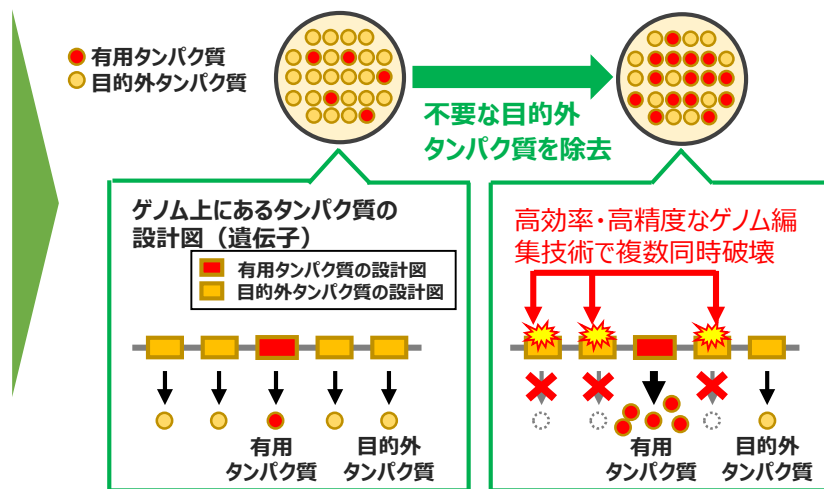
- ✓ 植物工場の効果的な利用のため、有用物質を植物中に高発現させる技術を開発し、**物質生産量を2倍以上に高める**とともに、完全閉鎖型植物工場に適した**草型改良技術を開発**することに向けて、FSでは複数の植物についてゲノム編集等による特性改変の予備実験を実施。

研究開発の概要



- ✓ ゲノム編集等の技術で有用物質を農作物に高発現させることができるが、屋外で安定した品質を確保して必要な量を供給することは困難な状況。
- ✓ そこで、本プロジェクトで開発される「完全閉鎖型植物工場」での栽培が期待されるが、**狭小空間で生産性を高めるには、有用物質の発現量を高めることや草型の改良が必要**。
- ✓ FS期間中にはゲノム編集等を利用し、**目的の有用物質の発現量を高める技術、草型を最適化する技術などの検証を行う**。

植物中のタンパク質が浪費している空間とエネルギーをまわすことで、**目的の有用タンパク質の蓄積量を増加!**



完全閉鎖型植物工場に適した草型を付与する遺伝子型をゲノム編集または交配等に導入

研究テーマ④. 種子等を高効率生産を可能とする生産ユニットの試作及びシステム設計

研究開発目標

- ✓ プランテックス社のユニット式完全閉鎖型植物工場への併設を想定し、**種子等の効率生産が可能な生産ユニットの開発**に向けて、FSでは生産ユニットの可能性や生産効率化技術の検証を実施。

研究開発の概要

- ✓ 種子等を高効率生産するユニットの実現に向け、**FS 期間中に基本技術の実現可能性についての検討**を行う。具体的には以下の3点について検討。
 - 多様な品目が可能となるよう、ユニットの高さ等を改良した**生産ユニットを試作し、試験栽培を実施**。
 - 生産の効率化に向けて、**狭小空間における植物体センシング技術の設計、レーザー光照射技術を効果検証、有用物質の高発現や開花期制御のためのストレス付加の可能性を検証**。
 - 研究テーマ②の高効率生産のための環境制御技術と、上記センサー・制御技術を組み合わせた**システムの設計**。

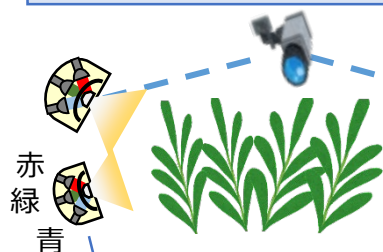
PLANTX



農研機構

生育ステージに応じた照射強度制御

狭小空間植物体センシング



狭小空間植物体センシング
レーザー光照射技術

レーザー光照射制御

生育ステージをセンシングし、
光強度・波長制御で徒長を抑制



ユニット式完全閉鎖型植物工場

生育ステージに応じたストレス源付与制御

ストレス源

低温(5℃) UV-A(5W)
高濃度窒素灌水(EC2.0)



ストレスセンシング (蛍光、葉温、色素量)

ストレス源データ駆動型AI制御

○統合イノベーション戦略や各種戦略等との整合性

- ・ 経済財政運営と改革の基本方針2023において、「食料安全保障の強化を進めることとしている。
- ・ 統合イノベーション戦略2023において、「自動化、省エネ等を追求した植物工場等の生産力強化に関する研究開発を推進する。」の他、「植物やカイコ等の生物機能を活用した原料等の高機能バイオ素材の創出」等、食料・農林水産業について官民連携により推進することとしている。

○重点課題要件との整合性

- ・ 世界的な食料争奪の激化等、食料安全保障上のリスクが高まる中で、食料安全保障の強化が求められている。
- ・ 中国や欧米では、AIを駆使した完全閉鎖型植物工場に係る研究開発が加速化し、世界トップレベルの技術力を保持していた我が国のプレゼンスが徐々に低下している状況。
- ・ 完全閉鎖型植物工場の開発は、食料のみならず有用物資生産技術として様々なビジネスを誘発するほか、精密な環境制御が可能となるため、生物のゲノム情報やオミクス情報の統合解析データの創出等、科学技術・研究活動分野においても重要なツールとなり得る。
- ・ また、SIPにおいて、有用物質生産に活用可能なゲノム編集技術を開発しており、その成果を活用して社会実装を図る。

○SIP型マネジメント体制の構築

- ・ PDの下で実現可能性調査を推進しつつ、必要な技術開発調査研究に資金配分を行いFS実施後の研究開発成果の最大化につなげる。また、成果の社会実装を想定し、農林水産省の関係部局においてFS実施後の進捗に合わせた支援策等を検討する。

○民間研究開発投資誘発効果、財政支出の効率化

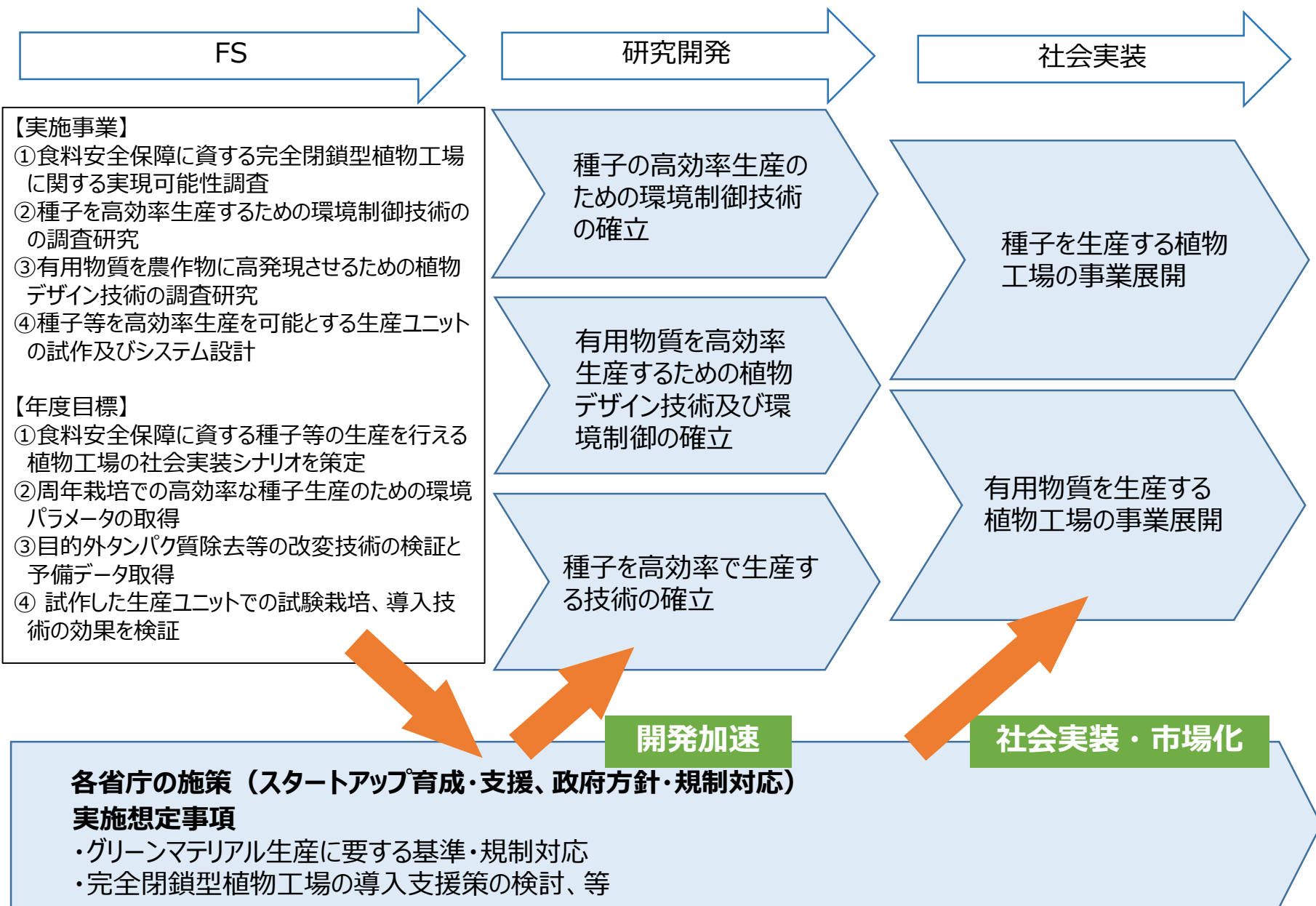
- ・ 2030年を目標年度として、植物工場分野における民間研究開発投資額として年間約20億円を見込む。

○民間からの貢献額（マッチングファンド）

- ・ 令和5年度の民間からの貢献は、施設、人材、技術提供等により見込む。FS後、BRIDGE課題として研究開発が始まれば、実証の本格化とのマッチング等により民間からの貢献額を明らかにして取り組む。

○想定するユーザー

- ・ 本研究開発を担う（株）プランテックス社をはじめとする植物工場関係企業や垂直農業の事業展開を図る企業、種苗メーカーのほか、都市農業やグリーンマテリアル生産等の事業展開を図るスタートアップ等を想定する。



農林水産省事業やスタートアップとの連携により
 自動化等の社会実装を促進
 グリーンマテリアル新市場を創出

実施体制

各省PD候補
千葉大学 中野明正

◆ 対象施策実施体制

① 実現可能性調査
千葉大学・園芸学研究院
特定非営利活動法人植物工場研究会

研究代表
農研機構・ロボ研・中川潤一

② 環境制御技術の調査研究
農研機構・農業情報研究センター

農研機構・農業情報研究センター
高効率栽培技術の検証

東京農工大学・農学研究科
人工気象室における形質制御法の検証

③ 植物デザイン技術の調査研究
農研機構・生物機能利用研究部門

農研機構・生物機能利用研究部門
・有用物質の安定・高発現制御技術の検証
・有用物質生産植物予備系統の作出

④ 生産ユニットの試作及びシステム設計
(株) プランテックス

(株) プランテックス
植物工場ユニット試作

農研機構・ロボティクス研究センター
生育センシング技術、レーザー光照射技術、ストレス源付与制御技術の検証

東京工業大学・工学院
データ駆動制御モデルの設計

○施策全体の目標 食料安全保障に資する完全閉鎖型植物工場のシナリオを策定(①)するとともに、完全閉鎖型環境における種子や有用物質高蓄積生産のための環境パラメータを取得する(②)。また、不要な目的外タンパク質を除去するゲノム編集等の改変技術(③)を開発する。さらに、プランテックス社の先端植物研究所(川崎市)に試験用ベースプラントの整備や生産・制御システム開発を開始する(④)。

テーマ等(※個別に目標を設定している場合)	当年度目標	目標の達成状況(年度末報告)
①実現可能性調査	<ul style="list-style-type: none"> ・食料安全保障に資する種子等の生産を行える植物工場の実現に向け、必要な設備装置の性能や規模感、設備装置を維持するための高付加価値な作物生産や事業採算性の検証を行いシナリオを取りまとめる。 	—
②環境制御技術の調査研究	<ul style="list-style-type: none"> ・3品目以上について、効率的な種子生産のための環境パラメータの取得 ・対象とする有用物質を大量に生産するための各種環境パラメータの取得 ・人工気象器において効率的に栽培を行うための植物成長調整剤利用法の検証 	—
③植物デザイン技術の調査研究	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の種子貯蔵タンパク質遺伝子を同時に破壊できることを検証 ・ゲノム編集により元品種を短稈化できることを検証 ・目的外タンパク質を除去して、有用タンパク質を高蓄積できることを検証 	—
④生産ユニットの試作及びシステム設計	<ul style="list-style-type: none"> ・種子・種苗の生産試験用ベースプラントの整備 ・狭小空間で作物の生育をセンシングするための超広角画像キャリブレーション技術の精度検証 ・レーザー光照射による光合成能解析 ・有用物質を高発現・安定化させるためのデータ駆動制御モデルの設計 	—