

「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発」基本計画

材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

バイオテクノロジーは、経済活動の様々な分野で利用される技術体系となっており、近年欧米や米国を中心に、バイオテクノロジーを用いた経済活動を“Bioeconomy”と称して政策提言に取り上げられている。OECD では 2009 年に「The Bioeconomy to 2030: Designing a policy Agenda」というレポートを取りまとめ、2030 年にはこの“Bioeconomy”が OECD 諸国の GDP の 2.7% (約 192 兆円) に成長すると予想し、中でもこれまで中心であった健康・医療分野での利用から、物質生産などの工業利用の市場が拡大していくと見込んでいる。

このような“Bioeconomy”の成長見込みの背景には、次世代シーケンサーをはじめとした各種解析装置が急速に進化し、遺伝子情報や生産物情報を正確かつ高速に入手できるようになったこと、及び2000年代前半からゲノム上の遺伝子を能動的に組み替える、いわゆるゲノム編集技術が開発されたことが挙げられる。これらの技術により、例えば特定の物質の生産量が最大になる条件など、目的に適した遺伝子配列をコンピュータ上で設計し、更にその設計に基づき、様々な生物の遺伝子を能動的に操作することが可能になってきたことで、様々な物質生産への適用拡大に期待が高まっている。

しかしながら、このような取り組みは欧米が先行しており、我が国としても同分野での競争力強化が急務である。また、現状は基礎学理が構築され、コンセプトが上がってきた段階であることから、国として生物を利用した高機能品生産に寄与することを実証していくことも重要である。

②世界の取り組み状況

米国では、遺伝子配列の設計、構築、評価、学習に係るサイクルを圧縮するツール開発と、そのツールを用いて全く新しい物質の創製、既知物質の高効率生産を狙った Living Foundries program を立ち上げ、160 億円もの研究投資を行っている。

また、EU においても、Horizon2020 の枠組み等を活用し、生物資源の持続可能な活用による材料、化学薬品等の加工・生産に関する研究開発を産官学連携で推進しているところである。加えて、英国では、生物学的デザインに係る研究推進の場として 30 もの機関・企業が集まるセンターを設立し、最重要政策課題として本分野を推進している。

③我が国の状況

2010年度まで経済産業省で実施した「植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発」の成果により、ホクサン株式会社が世界で初めて遺伝子組換え植物による医薬品原料生産の事業化に成功するなど、組換え植物の栽培に必要な密閉型植物工場における生産技術を大きく進展させてきた。また、2012年度から開始した経済産業省の「革新的バイオマテリアル実現のための高機能化ゲノムデザイン技術開発」において、目的に応じた最適な遺伝子配列デザインに資する解析、合成手法等を開発し、要素技術を構築してきたところである。

しかし、前述のとおり、特定遺伝子の編集が容易なゲノム編集技術は米国に後れを取っている状況であり、また、遺伝子情報やその発現情報、生産物情報を統合的に解析する技術も未確立であることなど、実用化に向けた課題は多い。

④本事業の狙い

本プロジェクトでは、植物等の生物が持つ物質生産能力を人工的に最大限引き出した細胞“スマートセル”を構築し、化学合成では生産が難しい有用物質の創製、又は従来法の生産性を凌駕することを目的に、必要となる基盤技術を開発するとともに、特定の生産物質における実用化技術を確立する。なお、物質生産に係るコストや安全性の面から、本プロジェクトでは植物と微生物による生産技術を対象とし、それぞれの特性を踏まえて以下の技術開発を実施する。

植物については、植物自身が有する豊富な代謝系を最大限活用することを前提に、生産性向上に資するゲノム編集技術等の基盤技術の開発、代謝系遺伝子発現制御の基盤技術、及び人工栽培環境による代謝系の効率化技術開発を行うとともに、実用植物における高機能品生産の実用化技術を開発する。

微生物については、動物や植物に比べてゲノムサイズが小さく、実験的に全細胞レベルの観察が可能である。これらの特徴を活かして特定物質を生産する細胞プロセスをコンピュータ上で解析し、最適なプロセス設計を可能とする統合オミクス解析等の情報解析技術を開発する。また、細胞における物質生産プロセス解明のために必要なオミクス情報の取得に資する分析・評価手法や、解析結果に基づく遺伝子改変を効率的に行う長鎖DNA合成関連技術も並行して開発する。これら技術を複合的に活用する仕組みを構築し、具体的な高機能品生産の実用化技術を開発する。

以上の研究開発により、持続可能な社会の構築に資するスマートセルによるものづくり“スマートセルインダストリー”の実現を狙う。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

本プロジェクトを通じて、化学合成では生産が難しい有用物質の創製、又は従来法を凌駕する生産性の実現に資する基盤技術及び実用化技術の確立を目指す。

研究開発項目ごとの目標については、別紙1にて定める。

②アウトカム目標

本プロジェクトの成果により、化学プロセスから植物等による生産に代替されることで、2030年時に85.8万kl相当の原油削減に資する。また、OECDにおいて、2030年にバイオテクノロジーを用いたものづくり等の工業関連市場は世界で70兆円に拡大すると予想されており、その内1割となる7兆円市場の獲得に資する。

③アウトカム目標達成に向けての取組

研究開発と並行して、海外の知財動向やビジネス動向を調査し、開発成果の円滑な実用化・事業化に資する知財戦略及び事業化モデルを検討する。加えて、本プロジェクトで開発した成果を広く社会に普及させるために、ワークショップ等を通じた成果発信も積極的に行う。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施するとともに、国内外の関連情報の収集及び調査等を行う。研究開発事項は以下の通り設定する。

研究開発項目①「植物の生産性制御に係る共通基盤技術開発」

研究開発項目②「植物による高機能品生産技術開発」

研究開発項目③「高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発」

研究開発項目④「微生物による高機能品生産技術開発」

研究開発項目①、③については、実用化まで長時間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であるため、委託事業として実施する。

研究開発項目②、④については、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であり、助成事業として実施する（NEDO負担率：大企業1／2助成、中堅・中小・ベンチャー企業2／3助成）。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（PM）にNEDO 材料・ナノテクノロジー部 林 智佳子を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

本プロジェクトは、NEDOが単独ないし複数の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。）から、原則公募によって実施者を選定し実施する。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDOは研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を選定し、各実施者はプロジェクトリーダーの下で研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適切に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

①研究開発の進捗把握・管理

PMは、プロジェクトリーダーや研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に海外の技術動向も踏まえた評価を受け、目標達成の見通しを常に把握するとともに、必要に応じて研究開発の加速、中止を検討する。

②技術分野における動向の把握・分析

PMは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

③研究開発テーマの評価

研究開発を効率的に推進するため、研究開発項目①及び②を対象として、ステージゲート方式を適用する。PMは、外部有識者による審査を活用し、2019年度以降の研究開発テーマの継続是非を2018年12月に決定する。

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目

標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、適宜プロジェクトリーダーとともに事業の進捗について報告を受けること等により進捗の確認及び管理をものとする。

また、必要に応じて、ユーザーとの連携を促す等、成果の早期達成が可能になるよう努める。早期実用化が可能と認められた研究開発については、期間内であっても研究を完了させ、実用化へ向けた実質的な研究成果の確保と普及に努める。

3. 研究開発の実施期間

研究開発項目①及び②については、2016年度から2020年度までの最長5年間、研究開発項目③については、2016年度から2021年度までの最長6年間とする。

研究開発項目④については、2019年度から2020年度までの最長2年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は中間評価を2018年度、事後評価を2021年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、中間評価結果を踏まえ、必要に応じて事業の加速・縮小・中止等、見直しを迅速に行う。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

②研究開発項目間の連携

研究開発成果のうち研究開発項目①及び③の共通基盤技術に係るものについては、研究開発項目を超えてプロジェクト内で共有し、継続的に相互利用の可能性を検討すること。また、研究開発項目①と②並びに③と④については、①及び③で開発する共通基盤技術の有効性検証のために、必要に応じて秘密保持契約や共同研究契約を締結し、密接に産学官で連携すること。連携の枠組みはPMとPLが主導して構築する。

③標準化等との連携

得られた研究開発成果は、標準化等との連携を図るため、標準化に向けた評価手法の提案、データの提供等を必要に応じて実施する。

④知的財産権の帰属

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、プロジェクトの初期段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

⑤知財マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本事業は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ニ及び第三号、第九号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 2016年3月、制定。
- (2) 2016年8月、プロジェクトマネージャー交代に伴う改訂
- (3) 2018年3月、研究開発項目③の細目順序入替え及び記載表現の見直し等
- (4) 2020年10月、PRISM 予算執行に伴う期間延長

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目①「植物の生産性制御に係る共通基盤技術開発」

1. 研究開発の必要性

これまで医薬品原料や機能性食品、各種化学品などの有用物質が植物を利用して生産され、品種改良等により生産性向上が図られてきた。しかし、大きな機能改変は難しく、かつ、開発に相当の時間がかかることから、その効果は限定的であった。また、従来の遺伝子組換え技術も同様の課題を克服できているとは言えない。

このような状況下、特定の遺伝子を認識し、その遺伝子を能動的に操作可能なゲノム編集と呼ばれる技術が 2000 年代前半の ZFN 登場以降、TALEN、そして CRISPR と次々と開発されてきた。中でも 2013 年に開発された CRISPR は、扱いの簡便さや効率の良さなどから様々な分野の研究者がゲノム編集技術を活用するきっかけともなり、例えば 2013 年以降のゲノム編集関連論文数の伸びは目覚ましい。

これらゲノム編集技術は米国が主導権を握っており、我が国の技術開発は後塵を拝している状況である。しかし、CRISPR は、狙った遺伝子以外を編集してしまう Off-target の問題や分子の大きさから導入細胞がある程度限定されることなど、技術的な課題が残っている段階であることから、我が国技術が追い上げる余地も十分あるものと考えられる。

また、植物による生産性を高める上では、遺伝子ノックアウトを誘導するゲノム編集だけではなく、遺伝子ノックダウンを目的としたゲノムへの化学修飾を制御するエピゲノム編集技術や転写された RNA の機能を制御する技術、逆に代謝系遺伝子の発現を向上させる技術等も組み合わせて遺伝子発現を制御していくことが重要となる。加えて、これまで栽培環境、特にストレス付与が植物の二次代謝系を大きく変動させることが一部のストレス源と植物種では知られている。近年の人工環境栽培技術の進歩に伴い、遺伝子制御だけではなく、環境制御による生産効率向上技術の開発も期待される場所である。

そこで、これらの遺伝子制御技術及び環境制御による変動誘因技術を融合させた新たな有用化合物の効率的生産技術確立が求められているところである。

2. 研究開発の具体的な内容

(1) ゲノム編集技術

植物等による物質生産機能の制御・改変及びその産業化に向けて、既存のゲノム編集では対応できない新規の国産のゲノム編集関連技術を開発し、生物を利用した物質生産における我が国の産業競争力を向上させるための新たな技術基盤の形成を目指す。また、研究開発項目②と連携し、開発した技術の有効性を検証する。

研究開発と並行して、他国の特許動向等を調査し、開発した成果の実用化を睨んだ知財戦略を策定する。

(2) 代謝系遺伝子発現制御技術

生産効率の向上、コスト低減に向けて、目的遺伝子メチル化誘導技術や遺伝子発現の抑制を効率的に複数の遺伝子で制御する技術、目的代謝産物の蓄積機構を制御する技術等を開発する。また、研究開発項目②と連携し、開発した技術の有効性を検証する。

(3) 栽培・生育環境による発現制御技術

複数の栽培環境要因が代謝主要経路群に与える影響を各代謝系の主要遺伝子の発現レベルで解析し、目的代謝産物の効率的生産に効果的な栽培環境条件を利用可能にする技術を開発する。また、研究開発項目②と連携し、開発した技術の有効性を検証する。

3. 達成目標

【最終目標（2020年度）】

(1) ゲノム編集技術

- ・ 植物等による物質生産機能の制御・改変において、既存のゲノム編集では対応できない新しい機能を有する国産のゲノム編集関連技術（対象領域、精密性、ゲノム設計、細胞毒性、導入効率等）を確立する。
- ・ 研究開発項目②で対象とする実用植物において、開発した新規の国産ゲノム編集技術の有効性を示す。
- ・ ゲノム編集を産業利用するために必要な要素技術を戦略的に集約し、国産ゲノム編集技術基盤を確立する。

(2) 代謝系遺伝子発現制御技術

- ・ 目的代謝系遺伝子の発現を5倍程度増強又は1/10以下に抑制する技術を確立する。
- ・ 研究開発項目②で対象とする実用植物において、開発した遺伝子発現制御技術の有効性を示す。

(3) 栽培・生育環境による発現制御技術

- ・ 目的代謝系における主要遺伝子/産物の発現を5倍程度増強させる技術を確立する。
- ・ 研究開発項目②で対象とする実用植物において、栽培・生育環境による発現制御技術の有効性を示す。

【中間目標（2018年度）】

(1) ゲノム編集技術

- ・ 既存のゲノム編集技術では対応できない独自の新しい機能を有するゲノム編集関連技術（対象領域、精密性、ゲノム設計、細胞毒性、導入効率等）の基本技術を確立し、

その新規性、有用性を検証する。

- ・ 開発した成果の産業利用に向けて、他国の動向も踏まえた知財戦略を策定する。

(2) 代謝系遺伝子発現制御技術

- ・ メチル化誘導、遺伝子発現制御因子解析等の基本技術を確立する。
- ・ 目的代謝系遺伝子の発現を2倍以上増強又は1/5以下に抑制する。

(3) 栽培・生育環境による発現制御技術

- ・ 栽培環境因子と代謝系主要遺伝子の半数の解析を終了させる。

研究開発項目②「植物による高機能品生産技術開発」

1. 研究開発の必要性

これまで次世代シーケンサーや質量分析器を用いて、生物個々の遺伝子配列や代謝経路が解読され、特にモデル植物におけるトランスクリプトームやメタボローム解析の進捗に伴い、近年それら情報を基にした遺伝子発現制御により、代謝産物の生産制御が植物で可能となってきた。また、植物の栽培環境が代謝系に影響を与えることを利用し、栽培環境を自在に制御可能な密閉型植物工場を活用して、生産効率を向上させるノウハウも蓄積してきている。

しかし、実際には、植物内の代謝経路は複雑に絡み合っており、標的遺伝子を改変し、特定の代謝経路の促進・抑制を誘起したとしても、様々な因子が関連した副反応により、予想通りの結果が得られるとは限らない。また、植物によっては栽培方法が異なり、さらには現状ではモデル植物以外に遺伝子組換え手法が確立されていないものが多いといった課題があり、実用植物において遺伝子組換え技術を適用し、生産性を向上させるためには、植物に応じた栽培及び遺伝子組換え技術を開発する必要があるなど、実用化に向けては技術的なハードルが高い。

従って、本分野の産業応用を促進するためには、個々の実用植物種における特定物質の生産実用化技術を個別に開発・実証する必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

特定の生産ターゲットを設定した上で、生産させる実用植物の栽培、培養系の確立及び遺伝子組換え技術を開発するとともに、生産性向上に寄与する遺伝子の特定・改変、環境条件の最適化を行い、実用に資する生産性を実現する。

3. 達成目標

【最終目標（2020年度）】

- ・化学合成等による競合品と比較して、コスト、性能等の面で総合的に競争力があることを示す。

【中間目標（2018年度）】

- ・対象とする実用植物の栽培、培養系の確立及び遺伝子組換え技術を確立する。
- ・生産性向上に寄与する遺伝子を明らかにし、コスト、性能等の面で総合的に競争力があるとの見通しを得る。

研究開発項目③「高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発」

1. 研究開発の必要性

細胞は DNA、RNA、タンパク質、代謝物など多様な化学物質で構成されている。これまでの研究では、この細胞構成物質を明らかにすることを主目的にしており、過去にはゲノムプロジェクトやターゲットタンパクプログラムなどによって、多くの生体化学物質の存在やその構造を明らかにしてきた。しかし、これは生体細胞内におけるプレーヤーを明らかにしたに過ぎない。生体細胞を産業的に利用するためには、細胞の高次生命システムを理解し、細胞プロセスを制御することが求められる。高次生命システムの理解とは、細胞内で起こる現象のメカニズム解明に他ならず、同一階層又は異なった階層の細胞構成物質間の相互作用ネットワークを明らかにすることである。そのためには先の様々なプロジェクトによって明らかになった細胞構成物質群全体の挙動の観測が必要であり、事実これらの要望に呼応する形で、次世代シーケンサー（NGS）や質量分析器（LC-MS）などの科学技術が急激に進展してきた。最近では、NGS や LC-MS 等による DNA、mRNA、タンパク質、代謝物というそれぞれの階層の物質の細胞内全量測定が積極的に実施され、ゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボロームという各種オミクス研究が盛んに行われている。

今後は、これらオミクス情報を高精度かつ網羅的・体系的に取得し、機械学習等の情報科学的な手法によって階層縦断的なオミクスデータ解析を実施する統合オミクス解析技術の確立が期待されている。これにより、例えば主要代謝経路上にない転写因子間の相互作用、代謝物と転写因子との関係性など、従来の実験的知見では得られなかった重要因子が特定され、革新的な生産性の向上、全く新規の物質創製に貢献すると考えられる。

本研究開発項目では、これら統合オミクス解析を基盤とする情報解析技術を開発するとともに、オミクス情報の網羅的に取得に資する分析・評価手法の開発、解析結果に基づく遺伝子改変を効率的に行う長鎖 DNA 合成関連技術の開発を行い、高生産性微生物創出のためのプラットフォームを構築する。並行して、開発した各要素技術及びシステムを維持・運営するための知財戦略及び事業化モデルの検討を行う。

2. 研究開発の具体的な内容

(1) ハイスループット合成・分析・評価手法の開発

(2) において情報解析技術を用いて構築するシステムで提示される遺伝子配列の効率的な導入のために、DNA 断片の合成からプラスミドの構築、精製、長鎖 DNA 合成までをハイスループットで行う長鎖 DNA 合成技術を開発する。

また、メタボロームを高速に取得するために、前処理や解析の自動化、分析装置の改良等を行い、ハイスループット化した LC-MS を開発する。

その他、高生産性微生物設計システムを効率的に運用するために必要となるハイスループット評価技術を開発する。

膨大なサイズの微生物ライブラリーの構築・評価工程の一部自動化/遠隔化を行い、

遠隔操作による動作最適化のためのデータ統合を進める。

(2) 高生産性微生物設計システムの開発

同一サンプル、同一条件での各オミクス情報を体系的に取得・蓄積し、そのビックデータから機械学習等の情報解析技術を用いて DNA、mRNA、タンパク質、代謝物の階層内、階層間の制御ネットワークを推定する手法(方法論、アルゴリズム)を開発する。併せて、酸化還元バランス等も考慮した代謝流束推定手法や人工酵素設計手法を開発する。これらの解析手法を統合し、特定物質の飛躍的な生産性向上に資する重要因子、改変すべき遺伝子配列を提示する汎用的な設計システムを構築する。

また、上記システム構築のために、測定データの規格化、体系化されたデータベースの構築、公開データからの知識整理等も併せて実施する。

(3) 高生産性微生物創製に資する情報解析システムの有効性検証

(1)(2) で開発したシステムを用いて、将来事業化を想定する対象物質を設定の上、その大幅な生産性向上及び従来育種(例: 5年)と比較して開発期間の短縮化に資することを実証する。また、プロジェクト終了後も維持・運営するために必要となる知財戦略及び事業化モデルを検討する。

3. 達成目標

【最終目標(2021年度)】

- ・(1)(2) で開発したシステムを用いることにより、従来育種と比較し、物質生産株の開発期間を1/10に短縮することを実証する。また、微生物ライブラリーの構築プロセスの自動化により、さらなる開発期間の短縮化を図る。
- ・(1)(2) で開発した要素技術、システムを維持・運営するための事業化モデルを策定する。
- ・

【中間目標(2018年度)】

(1) ハイスループット合成・分析・評価手法の開発

- ・30kb 超の DNA 合成時間を従来の 1/2 に短縮する技術を確立する。
- ・LC-MS のハイスループット化により、現状と比較して 10 倍の分析速度を実現する。
- ・その他、高生産性微生物設計システムを効率的に運用するために必要となるハイスループット評価技術を確立する。

(2) 高生産性微生物設計システムの開発

- ・階層内、階層間の制御ネットワークを推定する階層縦断的な情報解析手法を開発する。

- ・上記解析手法や代謝流束推定、人工酵素設計技術等を統合し、特定物質の生産性向上に資する重要因子、改変すべき遺伝子配列を提示する汎用的な設計システムを構築する。

(3) 高生産性微生物創製に資する情報解析システムの有効性検証

- ・(1)(2)で開発したシステムを用いて、生産性の大幅な向上に資することを最低1つのターゲットで実証する。
- ・各国の類似事業・研究開発動向を調査し、我が国の優位性を生かした独自の知財戦略及び事業化モデル(案)を策定する。

研究開発項目④「微生物による高機能品生産技術開発」

1. 研究開発の必要性

微生物は、植物に比べて産出する代謝物は多くないものの、その単純さゆえに、大幅なゲノム改変を行い、目的とする遺伝子配列を人工的に設計することが容易である。また、一般的に培養時間も短く、コスト的に優位である。そのため、研究開発項目③で開発したシステムを用い、最適な遺伝子配列を設計し、微生物の細胞に導入することで、従来法と比べて圧倒的な生産性の実現、又は全く新しい機能を有する物質創製の実現に寄与する可能性があり、ものづくりの核となる技術として期待される。

2. 研究開発の具体的な内容

特定の生産ターゲットを設定したうえで、研究開発項目③で開発した高生産性微生物設計システム等を用い、目的物質の生産性向上を狙うとともに、量産化を見据え、宿主となる微生物の培養条件等を最適化する。

3. 達成目標

【最終目標（2020年度）】

- ・化学合成等による競合品と比較して、コスト、性能等の面で総合的に競争力があることを示す。

(別紙2) 研究開発スケジュール

中間評価
▽

事後評価
▽

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
研究開発項目①「植物の生産性制御に係る共通基盤技術開発」(委託)	国産ゲノム編集技術の開発		ステージゲート	実用植物への適合性の検証及び技術改良		
	代謝系遺伝子発現制御技術の開発					
	栽培・生育環境による発現制御技術の開発					
研究開発項目②「植物による高機能品生産技術開発」(助成)	代謝経路、鍵遺伝子の特定 形質転換技術の開発			栽培環境条件の最適化 生産性の実証		
研究開発項目③「高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発」(委託)	高生産性微生物設計システムの開発		有効性 検証	開発システムの改良及びパッケージ化		微生物ライブラリ 構築・評価工程 の自動化・遠隔化
	ハイスループット合成・分析・評価手法の開発					
研究開発項目④「微生物による高機能品生産技術開発」(助成)				システム活用による実用ターゲット開発		