

## 生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画

### 1. 目的

工業プロセスや環境関連分野へのバイオテクノロジーの利用を促進すべく、バイオマスの利用による再生可能資源への転換、バイオプロセスの利用による環境負荷の少ない工業プロセスへの変革、廃棄物、汚染物質等の生分解・処理の研究開発を行い、もって循環型産業システムの創造を図る。

### 2. 政策的位置付け

科学技術基本計画（2001年3月閣議決定）における国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化分野であるライフサイエンス分野、分野別推進戦略（2001年9月総合科学技術会議）における重点分野であるライフサイエンス分野に位置付けられるものである。

また、産業技術戦略（2000年4月工業技術院）における社会ニーズ（環境と調和した経済社会システムの構築）への対応、革新的、基盤的技術（バイオテクノロジー）の涵養、知的な基盤の整備への対応を図るものである。

さらに、バイオテクノロジー戦略大綱（2002年12月取りまとめ）において実現が期待される持続可能な快適社会の実現（よりよく暮らす）に対応し、「産業発掘戦略 - 技術革新」（「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2002」（2002年6月閣議決定）に基づき2002年12月取りまとめ）の健康・バイオテクノロジー分野における3つの戦略目標（「研究開発の圧倒的充実」、「産業プロセスの抜本的強化」及び「国民理解の徹底的浸透」）に対応するものである。

### 3. 目標

2010年度を目途に、安全性の確保や生態系の保全を図りつつ、バイオプロセスによって有用物質を生産し、廃棄物や汚染物質は微生物により処理又は再資源化するという、循環型の産業システムを実現するために必要な技術基盤の構築を図る。

### 4. 研究開発の内容

#### 【プロジェクト】

・生物機能活用型循環産業システムの創造

（1）植物機能利用工業原料生産技術開発

）植物利用エネルギー使用合理化工業原料生産技術開発（運営費交付金）

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、現在の化学工業プロセスに代わる、植物の有する有用物質生産能を活用した省エネルギー・低環境負荷型の工業原料生産プロセスへの変換を促進するため、以下の研究開発を行う。

a) 多重遺伝子導入技術開発

有用物質の生産能力の向上及び環境ストレス耐性の向上に関する遺伝子レベルの研究を行うとともに、これら複数の遺伝子を組み合わせると同時に植物に導入する多重遺伝子導入技術を開発する。

b) 生産プロセス制御等技術開発

工業原料の生産に関わる重要な物質生産プロセスに関する代謝系をゲノム情報に基づき解析するとともに、有用物質生産制御に必要な一連の代謝遺伝子群の発現を統一的に制御する技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

a) 多重遺伝子導入技術開発

2003年度までに、複数の遺伝子を同時に導入する多重遺伝子導入技術を確立するとともに、当該技術を用いて、植物の物質生産性や生産物の物性変化と環境耐性を向上、あるいは付加した植物体を作成する。

b) 生産プロセス制御等技術開発

2009年度までに、工業原料として有望なバイオマスとしてイソプレノイド、油脂などの有用物質生産に関わる代謝経路とその調節メカニズム及び生産物質の蓄積・移動に係るメカニズムの解析を行い、関連遺伝子情報を整備するとともに、統括的発現制御技術を開発する。

研究開発期間

a) 多重遺伝子導入技術開発 1999年度～2002年度

b) 生産プロセス制御等技術開発 2002年度～2009年度

中間・事後評価の実施時期

a) 多重遺伝子導入技術開発

中間評価を2001年度に実施。

なお、本技術開発の成果全般については「植物機能改変技術実用化開発」において活用されることとなるため、本事業の事後評価は当該中間評価において併せて実施。

b) 生産プロセス制御等技術開発

2005年度に中間評価、事後評価を2010年度に実施。

実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

) 生物機能利用砂漠地域二酸化炭素固定化技術開発

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、太陽光が豊富、広大な面積を有する等二酸化炭素を大量に固定するポテンシャルの高い砂漠地域を利用することを目的として、半乾燥、高土壌塩濃度、高塩分地下水等の厳しい環境下においても生育を可能とするため、細胞・遺伝子レベルで植物機能を向上させるための基盤技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2002年度までに、以下の技術的目標を達成する。

・耐塩性、耐乾燥性、耐強光性を向上させる遺伝子を取得する。

- ・複数の環境ストレスに対する耐性を獲得した植物体を作成する。
- ・環境ストレス耐性が向上した植物を実際に半砂漠地域で育成し、効果を定量的に把握する。

#### 研究開発期間

1993年度～2002年度

#### 中間・事後評価の実施時期

中間評価を1998年度に、事後評価を2003年度に実施。

#### 実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

### ）植物機能改変技術実用化開発

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、大気中の二酸化炭素を光合成により固定化し、各種の有用物質に変換して蓄積する植物の物質生産性を工業的に利用した、省エネルギー・低環境負荷型の工業原料生産プロセスを構築するため、有用物質生産や成長促進、環境耐性の向上などに関わる様々な遺伝子を連結し、植物に一度に導入し、安定した機能発現を可能とする多重遺伝子導入技術を実用化するとともに、当該技術を用いて有用物質生産植物を創製し、技術の実用性を確認する。

#### 技術目標及び達成時期

2005年度までに、植物の物質生産性や生産物の物性改変、環境耐性の向上・付加等に要する複数遺伝子導入（約30個）を可能とする植物機能改変技術の実用化を行う。また、当該技術を用いて機能改変した植物体を創製し、技術の有効性を確認する。

#### 研究開発期間

2003年度。

#### 中間・事後評価の実施時期

本事業の成果全般については、「バイオプロセス実用化開発プロジェクト（フォーカス21）」において活用されることとなるため、本事業の事後評価は当該事業の事後評価において併せて実施。

#### 実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

### （2）生物機能を活用した生産プロセスの基盤技術開発（運営費交付金）

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、微生物のゲノム情報を有効に活用し生産目的にあわせてプロセスの設計を行うことを可能とする細胞モデリング技術の開発、幅広い工業プロセスに利用することが可能な宿主細胞創製技術の開発及び新たな機能を有する生物遺伝資源ライブラリーを整備することにより、現在の化学工業プロセスに代わる省エネルギー・低環境負荷型の、生物機能を活用した生産プロセスの技術基盤を確立する。

[第1段階]

物質生産の実績が数多くあり、かつ、既にゲノム解析が進展している微生物（大腸菌、枯草菌及び酵母）を対象として、並行して開発する遺伝子機能解析技術やモデリング技術を利用し、汎用宿主細胞を開発する。

幅広い生産プロセスに生物機能を活用するため、新たな代謝経路や新規酵素などを有する生物遺伝資源を開発し、ライブラリーとして整備する。

[第2段階]

有機溶媒環境下や酸性環境下での物質生産等特殊な条件下で用いることが可能な汎用宿主細胞を開発する。

技術目標及び達成時期

[第1段階]

2005年度までに、大腸菌、枯草菌、酵母、コリネ菌をベースとし、物質生産に共通の要素を残し、あるいは強化し、有害な要素を削除した宿主細胞を造成するとともに、新たな機能を有する微生物を取得して、そのゲノム解析等を行い、生物遺伝資源ライブラリーを構築する。

また、主要エネルギー代謝系（解糖系、クエン酸回路、電子伝達系等）について、速度論的パラメーター及び代謝産物の濃度情報に基づき、代謝経路の最適化とプロセス効率の予測を可能とするシミュレーションモデルを構築する。

[第2段階]

2010年度までに、有機溶媒環境下や酸性環境下での物質生産等特殊な条件下で用いることが可能な汎用宿主細胞を開発する。

研究開発期間

第1期 2000年度～2005年度

第2期 2006年度～2010年度

中間・事後評価の実施時期

第1期について、中間評価を2003年度に、事後評価を2006年度に実施。

実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

(3) 生分解・処理メカニズムの解析と制御技術開発（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、エネルギー消費が少なく、廃棄物も少ないといった特徴を有するバイオプロセスの適用範囲をいわゆる静脈産業において拡大し、さらに高効率化する技術を開発することにより、循環型産業システムの実現を図るため、有機性廃棄物の嫌気処理や難分解性化学物質の分解プロセスなどにかかわる微生物群の構成やメカニズムの解析を行い、生分解・処理プロセスの制御技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2006年度までに、メタン発酵や難分解性汚染物質の分解プロセスなどに関わる微生物群の構成や分解メカニズムの解析を行い、分解・処理プロセスの制御技術を開発する。

研究開発期間

2002年度～2006年度

#### 中間・事後評価の実施時期

中間評価を2004年度に、事後評価を2007年度に実施。

#### 実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

### (4) 生物の持つ機能を利用した環境中化学物質の高感度検出・計測技術の開発(運営費交付金)

#### 概要

いわゆる環境ホルモンに対する事業者のきめ細かい自主管理の促進や環境汚染への適切かつ早期の対応を図るため、生物の持つ高感度な認識・応答機能を利用して、環境中の極微量のダイオキシン類及び環境ホルモンを高感度、広域的、高速、安価に測定できる技術の開発を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2004年度までに、以下の技術目標を達成する。

- ・ダイオキシン類及び環境ホルモンを検出するため、PPT( $10^{-10} \sim 10^{-12}$ g/ml)レベルの検出感度を実現する。
- ・測定にかかる時間を1日程度に短縮する。
- ・安価かつ広域的に測定することを可能とする。

#### 研究開発期間

2000年度～2004年度

#### 事後評価の実施時期

ミレニアム評価委員会(ダイオキシン類・環境ホルモン対策評価・助言会議)にて毎年度評価を実施。

事後評価を2005年度に実施。

#### 実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

### (5) バイオプロセス実用化開発プロジェクト

#### バイオプロセス実用化開発プロジェクト(フォーカス21)(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、バイオテクノロジーを活用することにより、工業原料生産及び工業プロセスにおける省エネルギー・省資源化を図り、環境調和型・循環産業構造への転換を可能とするため、以下のテーマを実施する。

#### a) バイオプロセス実用化開発

製造プロセスの省エネルギー化、新規高付加価値製品の製造等を可能とするバイオプロセスを製造工程に導入するための実用化開発を行う。

#### b) 植物機能改変技術実用化開発

有用物質生産や成長促進、環境耐性の向上などに関わる様々な遺伝子を連結し、植物に一度に導入し、安定した機能発現を可能とする多重遺伝子導入技術を実用化するとともに、当該技術を用いて有用物質生産植物を創製し、技術の実用性を確認する。

c)エネルギー使用合理化生物触媒等技術開発

再生可能なバイオマス資源を活用した原料生産技術や、微生物、酵素等の生物触媒等を利用したバイオプロセス技術等の要素技術の研究開発及びその技術の実証研究を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度において、物質生産プロセスのバイオプロセスへの転換、原材料の化石資源からバイオマス資源への転換等によるグリーンバイオ産業化の推進により、環境エネルギー分野における経済効果(市場規模)4.2兆円(バイオテクノロジー戦略大綱)、年間CO<sub>2</sub>の排出量0.5%削減(1999年度比)に資するため、以下の目標を達成する。

a)バイオプロセス実用化開発

事業終了後3年程度で技術を実用化するために、2006年度までに、高付加価値製品の製造工程へのバイオプロセスの導入、植物由来の原料からプラスチックの製造における技術課題等を克服する。

b)植物機能改変技術実用化開発

2005年度までに、植物の物質生産性や生産物の物性改変、環境耐性の向上・付加等に要する複数遺伝子導入(約30個)を可能とする植物機能改変技術の実用化を行う。また、当該技術を用いて機能改変した植物体を創製し、技術の有効性を確認する。

c)エネルギー使用合理化生物触媒等技術開発

2004年度までに、原油換算1万キロリットル/1テーマ以上の省エネルギー量を可能とする要素技術の研究開発及びその技術の実証研究を行う。

研究開発期間

- a)2004年度～2006年度
- b)2004年度～2005年度。
- c)2004年度。

事後評価の実施時期

- a)事後評価を2007年度に実施。
- b)中間評価を2004年度に、事後評価を2006年度に実施。
- c)事後評価を2004年度に実施。

実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

愛・地球博におけるバイオマスプラスチック利活用実証事業

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、バイオマスプラスチック等を使用した後に、再生資源として利活用するための新エネルギー創出・省エネルギーの実証試験を愛知万博で行い、来場者を始めとする一般消費者のバイオマスプラスチック製品に対する認知度の向上を図り、その普及に資する。

技術目標及び達成時期

2005年度までに、博覧会会場等における実証試験を行い、バイオマスプラスチックを用いたマテリアルリサイクルやエネルギーリサイクルなどの循環型システ

△構築の目途を得る。

研究開発期間

2004年度～2005年度

事後評価の実施時期

2006年度

実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

・生物遺伝資源の収集・知的基盤整備

(1) ゲノム情報に基づいた未知微生物遺伝資源ライブラリーの構築（運営費交付金）

概要

地球上に存在する180万種を超えていると言われている難培養微生物などの未知な微生物及びその遺伝子について、その探索・分離に必要な技術を開発するとともに、生物遺伝資源の収集、遺伝子機能解析などを行い、ゲノム情報に基づいた生物遺伝資源データベースを構築する。

技術目標及び達成時期

2007年度までに、以下の技術的目標を達成する。

- ・多様性が高く産業上有用と思われる未知微生物を収集し、可培養化し、保存する技術を開発する。
- ・得られた未知微生物が既知種であるかどうかを判定し、分類する技術を開発する。
- ・未知微生物の有用な機能をスクリーニングする技術を開発する。
- ・難培養微生物の遺伝資源を収集する技術を開発する。
- ・これらの技術を使用して、未知な微生物の収集、培養及び保存を行い、その微生物及び遺伝資源の関連する情報を整備する。

研究開発期間

2002年度～2007年度

中間・事後評価の実施時期

中間評価を2004年度に、事後評価を2008年度に実施。

実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

・遺伝子組換え体のリスク管理に関する基盤研究

(1) 遺伝子組換え体の産業利用におけるリスク管理に関する研究（運営費交付金）

概要

バイオセーフティ議定書を円滑に実施するため、国内担保措置（野外利用）での安全確保に必要なリスク評価手法の開発を行う。また、これまでに得られた科学的知見の整理を行うとともに、新たな手法によって解析された情報、遺伝子組換え体の安全性に関する現在までの議論等を分析し、データベースを構築する。

技術目標及び達成時期

2006年度までに、科学的知見に基づく安全性の評価基準の設定及び遺伝子組換え体の安全性に関するデータベースの構築を行う。

研究開発期間

2002年度～2006年度

中間・事後評価の実施時期

中間評価を2004年度に、事後評価を2007年度に実施。

実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

## (2) 環境中微生物の高精度・高感度モニタリング技術の開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、生物機能を利用した省エネルギー・低環境負荷型の生産プロセス等に用いる組換え微生物の産業利用上の安全性を評価するため、より高精度の実証的データを提供する解析技術の確立を目的として、多様な環境中における宿主及び組換え微生物、またそれらを含む微生物相の動的変化を定量的に解析する技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2005年度までに、以下の技術的目標を達成する。

環境中の特定微生物の検出・定量技術及び微生物相の定量解析技術

- ・特定微生物について、定量PCR法による環境水等微生物濃度の低い試料で試料1ml当たり1～10個程度、活性汚泥等濃度の高いもので同10～100個程度の検出感度、及びその他手法による簡便な定量技術の確立。
- ・環境試料中の特定微生物のDNAについて、抽出から定量まで4時間以内の終了。
- ・FISH法による低栄養環境に生息する微生物を含む環境試料中で5種類以上の微生物群の同時識別・定量、及び、その他手法による環境試料中で10種類以上の主要構成細菌の同時定量解析。

特定の微生物の環境影響評価試験手法の開発

- ・モデル微生物生態系の構築、それを用いた特定微生物の影響評価手法の開発。

研究開発期間

2001年度～2005年度

中間・事後評価の実施時期

中間評価を2003年度に、事後評価を2006年度に実施。

実施形態

民間企業、大学、公的研究機関等から、最適な研究体制を構築し実施。

## 5. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの(事業名に(運営費交付金)と記載したもの)は、運営費交付金の総額を算定する際に使用するものであることから、当該部分は、国の裁量によって実施されるものではなく、中期目標、中期計画等に基づき当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

【フォーカス21の成果の実用化の推進】

フォーカス 2 1 は、研究開発成果を迅速に事業に結び付け、産業競争力強化に直結させるため、次の要件の下で実施。

- ・技術的革新性により競争力を強化できること。
- ・研究開発成果を新たな製品・サービスに結びつける目途があること。
- ・比較的短期間で新たな市場が想定され、大きな成長と経済波及効果が期待できること。
- ・産業界も資金等の負担を行うことにより、市場化に向けた産業界の具体的な取組が示されていること。

具体的には、成果の実用化に向け、実施者による以下のような取組を求める。

- ・バイオプロセス実用化開発プロジェクト（フォーカス 2 1 分）
  - (a) 事業費の 1 / 2 負担により、バイオプロセスの実用化に必要な技術を確立する。
  - (b) 安定した機能発現を可能とする多重遺伝子導入技術や、有用物質生産植物の開発を同時並行的に実施し、早期実用化を図る。
  - (c) 事業費の 1 / 2 負担により、生物触媒等を利用したバイオプロセス技術等の実証を進め、早期実用化を図る。

なお、適切な時期に、実用化・市場化状況等について検証する。

## 6 . プログラムの期間、評価等

プログラムの期間は 2 0 0 0 年度～ 2 0 1 0 年度までとし、プログラムの中間評価を 2 0 0 4 年度、 2 0 0 8 年度までに、事後評価を 2 0 1 1 年度に行うとともに、研究開発以外のものについては 2 0 1 4 年度に検証する。また、中間評価を踏まえ、必要に応じ基本計画の内容の見直しを行う。

## 7 . 研究開発成果の政策上の活用

開発した汎用宿主細胞や取得した生物遺伝資源は、独立行政法人製品評価技術基盤機構に整備し、社会に幅広く提供する。

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。

## 8 . 政策目標の実現に向けた環境整備

生物多様性条約に基づく遺伝子資源へのアクセス促進事業

日本のバイオ関連企業の遺伝資源保有国（途上国）の遺伝資源に対するアクセスを促進するために以下を実施する。

- ・日本企業の途上国遺伝資源へのアクセスを容易にするための技術的環境整備
- ・日本企業の途上国遺伝資源へのアクセスの実施の調整

プロジェクト成果の事業化・実用化支援

一段と激化する特許競争への対応や成果実用化・効率的な研究開発推進のため、プロジェクト企画段階から、研究テーマ周辺の論文及び特許状況のサーベイ実施やプロジェクト実施段階における特許出願後の事業化構想等、特許に関する戦略的取組（プロパテントアプローチの導入）を実施する。

「グリーン購入法」の調達対象への登録

バイオマス由来プラスチック等、生物機能を用いた生産プロセスにより生産された製品は環境に配慮した製品であるため、グリーン購入法に基づく調達品目として位置付けられるべく検討を行う。

#### 8. 改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け制定。
- (2) 平成14年2月27日付け制定。生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画(平成12・12・27工総第15号)は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画(平成14・02・25産局第5号)は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画(平成15・03・07産局第3号)は、廃止。