

平成20年度実施方針

バイオテクノロジー・医療技術開発部

1. 件名：プログラム名 生物機能活用型循環産業システム創造プログラム
(大項目) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発
(中項目) 微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発

2. 根拠法

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ハ

3. 背景及び目的・目標

(1) 背景及び目的

「生物機能活用型循環産業システム創造プログラム」は、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ることにより、生物機能を活用した高度モノ作り社会の構築を図りつつ、廃棄物、汚染物質等の生分解・処理技術の高度化を通じ、環境に調和した循環型産業システムの創造を図るものである。本プロジェクトは上記プログラムの一環として、「微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発/微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術」を開発する。

我が国が取り組むべき火急の課題である、環境負荷の低減と省エネルギー化の促進による循環型産業社会の構築には、物質生産プロセス（モノ作り）とその後処理の両面における技術開発が必要である。後処理においては、第3期科学技術基本計画（平成18年3月制定）における重点推進4分野の一つであるライフサイエンス分野において、「生物機能を活用した環境対応技術開発」が重要な研究開発課題として位置付けられる等、生物機能を活用した廃水、廃棄物の処理技術の高効率・高度化が求められている。

従来の産業における廃水・廃棄物処理技術は、①エネルギー多消費・廃棄物多排出、②低処理能力・対象廃棄物限定等といった課題を抱えている。例えば、①については、現行の廃水処理方法において、活性汚泥法が全体の約8割を占めており、その曝気に必要な電力量を石油換算エネルギーとして換算すると日本全体のエネルギー需要量の少なくとも約1.9%を占め、エネルギー消費量が多い。また、現在の廃水処理から発生する余剰汚泥や未利用有機性廃棄物の焼却・埋立処分に係るエネルギー・コストも相当なものになっている。現状のメタン発酵法においても、適用困難なものも含め年間発生する有機性廃棄物の総量約3億トンのうち、適用困難な対象の未利用食品廃棄物は年間約1,760万トンに上っている状況である。②については、産業が多様化する中、多種多様な産業廃水・廃棄物（高濃度廃水や難分解性物質を含む）に適用可能な処理技術の開発が必要とされている。

これまで、このような課題に対し様々な工学的アプローチによる高度化はなされてきたものの、微生物群自体については、依然としてブラックボックスのままであり、自然の摂理の域を出ていなかった。近年になり、我が国の関連研究開発プロジェクトをはじめ国内外において、廃水、廃棄物

の処理における主要な微生物群の分離、同定、機能解明及び主要微生物群のモニタリング技術等の開発が進められ、知見が集積されつつある。

そこで、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO技術開発機構」という。）は特定有用微生物（群）の人為的な安定的導入・維持技術、また空間配置・優占化技術（これらの技術を以下、「デザイン化技術」という）等を開発することにより微生物群の処理効率を大幅に向上させるなど、処理技術の課題を克服することを目指して本プロジェクトを実施する。

本プロジェクトでは、我が国の有する知見を活かしつつ、微生物群のデザイン化技術等を開発することにより、省エネルギーで余剰汚泥を大幅に削減し、コンパクトでメンテナンスが容易であり、あるいは多様な廃水・廃棄物への適用が可能になる高効率型廃水、廃棄物処理（主として活性汚泥法・メタン発酵法を対象）の基盤技術を確立し、微生物機能を活用した環境調和型産業システムの創造に資する技術を開発することを目的とする。

(2) 目標

中間目標（平成21年度）

① 好気性微生物処理技術における特定有用微生物（群）を人為的に安定的導入・維持するための技術の開発

特定有用微生物（群）を選抜・評価し、それらを集団を構成する微生物群に人為的に安定導入・維持するための技術面での見通しが確実に得られていること。また、以上の開発された技術とその機能を最大限発揮させるためのバイオエンジニアリング技術の成果とを合わせて、約3倍の高効率化の見通しが確実に得られていること。

② 嫌気性微生物処理技術における特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術の開発

特定有用微生物群を選抜・評価し、それらを、集団を構成する微生物群内において人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術面での見通しが確実に得られていること。また、デザイン化された微生物群の機能を最大限発揮させるためのバイオエンジニアリング技術を開発し、その成果を組み合わせ、従来のメタン発酵槽に比べて約50%のコンパクト化によりシステム効率の向上を実現する見通しが得られていることとともに、従来のメタン発酵法では対応が困難であった性状・組成の有機性廃棄物の種類への適用拡大の見通しが確実に得られていること。

最終目標（平成23年度）

① 好気性微生物処理技術における特定有用微生物（群）を人為的に安定的導入・維持するための技術の開発

特定有用微生物（群）を、人為的に安定導入・維持するデザイン化技術が開発されており、微生物群の処理機能の技術的有効性を評価する技術が開発されていること。また、デザイン化された微生物群の機能を最大限発揮させるためのバイオエンジニアリング技術を開発し、その成果を組み合わせることにより、従来の標準活性汚泥法の曝気処理プロセスの約3倍の高効率化を図ること。これにより、従来の標準活性汚泥法の曝気処理プロセスでのエネルギー使用量の約2/3の削減を図ること。

さらに、実用化に資するための検証可能なテストプラント規模にて評価を行うこと。

② 嫌気性微生物処理技術における特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占

化するための技術の開発

特定有用微生物（群）を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するデザイン化技術が開発されており、微生物群の処理機能の技術的有効性を評価するための技術が開発されていること。また、デザイン化された微生物群の機能を最大限発揮させるためのバイオエンジニアリング技術を開発し、その成果を組み合わせることにより、従来のメタン発酵プロセスの約3倍の高効率化を図ること。これにより、従来のメタン発酵槽容積に比べて約50%のコンパクト化によりシステム効率の向上を実現するとともに、従来のメタン発酵法では対応が困難であった性状・組成の有機性廃棄物の種類への適用拡大を可能とすること。

さらに、実用化に資するための検証可能なテストプラント規模にて評価を行うこと。

4. 実施内容及び進捗（達成）状況

高知工業高等専門学校 藤田 正憲 校長（大阪大学名誉教授）をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。着実に成果を得ることができており、プロジェクトは順調に立ち上がっている。

4. 1 平成19年度（委託）事業内容

① 好気性微生物処理技術における特定有用微生物（群）を人為的に安定的導入・維持するための技術の開発

集団を構成する微生物群に導入、維持するための特定有用微生物（群）として内生呼吸を低減した微生物や油脂分解能力を示す微生物等の候補を選抜できると同時に、内生呼吸の計測法の検討や安全性の確認など特性評価も併せて進めた。

また、集団を構成する微生物群へ特定有用微生物（群）を安定的に導入する技術として、包括固定の利用や高性能の各種担体の候補を選定でき、今後これら特定有用微生物（群）の安定的な優占化・維持の評価が可能となる。

[実施体制：株式会社日立プラントテクノロジー（再委託：中央大学）、名古屋工業大学大学院工学研究科（共同実施：愛知県産業技術研究所）、広島大学大学院工学研究科、日本大学生物資源科学部、北海道大学工学研究科、北海道大学大学院地球環境科学研究院、早稲田大学ナノ理工学研究機構]

② 嫌気性微生物処理技術における特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術の開発

高効率処理を実現するために、優占的かつ安定的に維持すべき微生物群として、有機性廃棄物（固形ゴミや有機塩素系化合物等）の分解微生物群の候補を集積、獲得でき、有機物の負荷の影響や獲得した微生物の組み合わせの効果など特性評価にも着手した。

また、有用微生物の特性に応じた各種担体利用の検討により、有機性廃棄物の分解速度の向上や有用微生物単独で分解困難な有機性廃棄物の分解等に寄与するような材質・形状の傾向を見出し、特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術開発の目途を得た。

[実施体制：電力中央研究所（共同実施：東京大学）、名古屋大学エコトピア科学研究所（再委託：基礎地盤コンサルタンツ）、北海道大学工学研究科、北海道大学大学院地球環境科学研究院、早稲田大学ナノ理工学研究機構]

4. 2 実績推移

	Fy19年度	Fy 20年度	Fy 21年度	Fy 22年度	Fy 23年度	合計
実績額推移 需給 (百万円)	188					188
特許出願件数	0					0
論文発表数	5					5
フォーラム等(件)	0					0

5. 事業内容

高知工業高等専門学校 藤田 正憲 校長 (大阪大学名誉教授) をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 平成20年度 (委託) 事業内容

省エネルギー効果が大きく高効率の廃水・廃棄物等処理を目指し、微生物群の構成や配置等を人為的に制御する技術等を開発するため、以下の技術開発を行う。

- ① 好気性微生物処理技術における特定有用微生物 (群) を人為的に安定的導入・維持するための技術の開発

下記研究開発テーマ：1)、2)、3)、4) 及び7)、8)、9) が該当する。

- ② 嫌気性微生物処理技術における特定有用微生物群を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術の開発

下記研究開発テーマ：5)、6) 及び7)、8)、9) が該当する。

1) 内生呼吸低減菌等の有用微生物群による高効率好気水処理技術の研究開発

曝気による酸素供給のかなりの部分は環境汚染物質の分解に使われておらず、生命維持のための内性呼吸に使用されている。そこで活性汚泥を構成する微生物のフローラに着目、フローラ菌種を人為的に限定し、内生呼吸低減菌などの菌群選定により内性呼吸量の低減を図り、曝気量に対する処理効率を向上させる。平成20年度には、この限定された菌種のフローラの機能を安定化させるための包括固定化に使用する高分子ゲルを設計する。この高分子ゲルを用いてフローラを包括固定化し、機能を向上させた固定化微生物担体を得る。

【実施体制：株式会社日立プラントテクノロジー (再委託：中央大学)】

2) 厨房廃水処理用油脂分解バイオフィルムの高機能化・安定化のための微生物製剤導入技術の研究開発

平成19年度に分離した油脂分解菌について、分解活性を長期間維持するために、凍結乾燥を主体とする製剤化技術を検討する。さらに、より高活性で長期安定性に優れた油脂分解微生物を環境および食品より分離する。16S rDNAのDGGE (denaturing gradient gel electrophoresis) 解析、リアルタイムPCRなどの分子生物学的解析による、微生物製剤・処理槽中の導入微生物のポピュレーションの定量技術についても検討する。

【実施体制：名古屋工業大学大学院工学研究科 (共同実施：愛知県産業技術研究所)】

3) 高濃度微生物保持DHSリアクターによる溶存メタン・亜酸化窒素温室効果ガスの処理およびリン回収技術の開発

排水処理に伴う温室効果ガス（メタンと亜酸化窒素）の放散防止とリン回収技術の基礎研究として、a. 溶存メタン酸化分解密閉型DHS(Down-flow Hanging Sponge)リアクターにおけるメタン酸化細菌の調査、b. 亜酸化窒素ガス生物分解の確認と微生物の同定および密閉型DHSリアクターによる分解実験の実施、c. チューブリアクターを用いてのポリリン酸蓄積細菌を優占化させる嫌気・好気時間等の影響を調べる。

【実施体制：広島大学大学院工学研究科】

4) 有用石油分解菌*Cycloclasticus*のデザイン化に関する研究開発

平成19年度に引き続き、i) 基質分解のための各種補助因子の獲得、およびii) 基質への吸着と安定した生育の場の確保という観点から検討を行う。プロテオームシステムの簡易化、高効率化を図るため、全自動タンパク質ゲル内消化装置を用いてタンパク抽出条件の検討等を行い、プロテオーム解析のルーチン化を目指す。続いて、i)、ii)の基本的な条件を設定し、プロテオーム解析等を行う。

【実施体制：日本大学生物資源科学部】

5) デザイン化微生物群を用いた高効率固定床メタン発酵の研究開発

平成19年度に取得した模擬廃棄物の分解に適した有用微生物群に関して、担体を導入して極相化した発酵槽内の微生物種（細菌、アーキア）をPCR-DGGE法やT-RFLP法を用いて解析する。また、担体の物理化学的及び電気化学的性質や微生物群の固着性あるいは保持能力などについて評価することにより、分解能に優れた担体の選定を行う。さらに、発酵槽内に設置した担体に通電し、担体上の微生物叢の変化などに対する通電の効果を確認する。

【実施体制：電力中央研究所（共同実施：東京大学）】

6) 嫌気性微生物群のデザイン化による芳香族塩素化合物の嫌気性完全分解技術の開発

多孔性無機資材を用いた微生物培養技術を元に、還元的脱塩素化を行う微生物群と嫌氣的酸化を行う微生物群の両者を共存させる反応系をデザイン化し、嫌気的な条件のままダイオキシン類等の芳香族塩素化合物の完全分解・無害化を達成する。

【実施体制：名古屋大学エコトピア科学研究所（再委託：基礎地盤コンサルタンツ）】

7) 嫌気性アンモニア酸化(ANAMMOX)プロセスを軸とした高効率窒素除去システムの開発

平成19年度に引き続き、部分硝化—ANAMMOX並列型リアクターを運転し、最適な NH_2OH とDO濃度の決定、最適HRTの決定、部分硝化に及ぼす有機物濃度の影響評価を行い、部分硝化リアクターとANAMMOXリアクターの容積比等を決定する。さらに、各種分子生物学的手法および各種マイクロセンサーを用いてバイオフィルムの微生物群集構造と*in situ*の活性を解析する。

【実施体制：北海道大学工学研究科】

8) バイオフィルム工学による微生物のデザイン化の研究開発

アンモニア酸化細菌と正あるいは負の相互作用をもつ細菌を活性汚泥から探索する。ANAMMOX菌の表層タンパク質を解析する。炭化水素類など環境汚染物質分解浄化細菌のスクリーニングとそのバイオフィルム化および水生植物根への付着による浄化効率を評価する。

【実施体制：北海道大学大学院地球環境科学研究院】

9) システム論的アプローチによる微生物コミュニティデザインの研究開発

本テーマで開発するシステム論的アプローチを、モデルケースとしてアンモニア除去および

窒素・リン同時除去型排水処理システム内の微生物グラニュールに適用するために、まず有用細菌群の増殖に関するパラメータを取得する。また、細菌間の相互作用、空間分布などを考慮したシミュレーションモデルを構築し、微生物コミュニティデザインの基盤技術として確立させる。

[実施体制：早稲田大学ナノ理工学研究機構]

5. 2 平成20年度事業規模

エネルギー対策特別会計（需給） 154百万円（継続・委託事業）

（注）事業規模については、変動があり得る。

6. その他の重要事項

（1）運営・管理

研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルを最大限に活用して効率的に研究開発を推進する観点から、研究体制には、研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省、プロジェクトリーダー及び実施者の責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、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、研究開発委員会を年3回程度実施し、運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

（2）評価

中間評価を平成21年度に予定。

7. スケジュール

（1）本年度のスケジュール

平成20年6月下旬・・・研究開発委員会開催（研究開発項目別第1回分科会）

11月下旬・・・研究開発委員会開催（研究開発項目別第2回分科会）

平成21年1月中旬・・・研究開発委員会開催（次年度研究計画検討会）

2月下旬・・・研究開発委員会開催（全研究開発項目合同）

(別紙) 本事業の実施体制図

「微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発」実施体制

