

文部科学省 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業
「環境保全と健全生活のための先端バイオテクノロジーの統合的研究」

平成 22 年度研究成果報告・概要版

1. 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「環境保全と健全生活のための先端バイオテクノロジーの統合的研究」の研究実施の概要

1. 1 本研究の全研究期間を通しての研究実施計画および目標の概要

社会の発展に貢献する特色のある高度学術研究拠点を創成することを目的として、本研究の初年度においては、既存施設においてプロジェクト研究を実施することにより、「環境保全バイオテクノロジー」「生体センシングテクノロジー」および「人体機能コンペンセーションテクノロジー」の新規研究課題に着手する。また、研究事業初年度においては、本研究プロジェクトの目標とする学術研究基盤を構築するための拠点となる研究施設として、「バイオテクノロジー・リサーチ・コモン」棟を建設する。2年度目以降は研究設備の整備を行うとともに、環境汚染および環境リスクの生物機能を活用したセンシング技術の開発、動物組織の力学的動作機構の解析、ヒトの感覚・感性機能の工学的解明に関する研究を行うことにしている。特に、清浄環境の維持に必用な新規バイオ浄化技術確立の研究、生体組織の電気的および機構的特性を解明する研究、健全生活に必要な人体機能障害の電子機械的補償システムを開発する研究を行う。研究プロジェクトの最終年度においては、人間の生活環境の質的保証と人間の健全生活に必要なバイオテクノロジーの科学技術知情報をさらに集積するとともに、研究成果の取りまとめと公表によって自己点検し、本プロジェクトによる科学技術研究基盤形成の達成度を評価する。本研究プロジェクトで取り上げた生物・生体工学の融合学術領域分野の今後の展開に必要な課題の整理を行う。これらの研究は、工学部に設置されている4つの学科（機械知能工学科、電気情報工学科、電子工学科、環境建設工学科）の教員が協力して、環境バイオテクノロジー領域および生体バイオテクノロジー領域の研究を一つのプロジェクト研究として実施する。また、本研究プロジェクトは、単に学術分野における研究成果の集積にとどまるのではなく、地域社会および人類社会の持続的な発展を可能とするために必要な環境の質的保証や、人間の健全な社会生活のためのバイオテクノロジーの高度学術の研究拠点の確立を目指すものとして実施する。環境の正常化と人体機能の健全化は、環境災害による人体機能の損傷の防止と回復対策の例を挙げるまでもなく、社会福祉のための工学技術としてできるだけ総合的に研究開発がされなければならない、本研究によってインテグレートできた成果を工業界および福祉業界等に広く還元することを最終目標としてプロジェクトを実施する。

1. 2 平成 22 年度における研究の実施概要

平成 21 年度に建設されたバイオテクノロジー・リサーチ・コモン棟」に、実験機器類

の研究基盤となる研究設備等を整備したとともに、それらの施設・設備を駆使して以下に示す3つの研究課題に取り組み、環境汚染および環境リスクの生物機能を活用したセンシング技術の開発、動物組織の力学的動作機構の解析、ヒトの感覚・感性機能の工学的解明等に関する研究を行った。特に、清浄環境の維持に必用な新規バイオ浄化技術を確立する研究、生体組織の電気的および機構的特性を解明する研究、健全生活に必要な人体機能障害の電子機械的補償システムおよびそのための材料を開発する研究を行った。

<環境保全バイオテクノロジーの研究>

本研究課題においては、大きく分けて以下の4つのテーマの研究を行った。

- 1) 重金属および有機塩素化合物による環境汚染のバイオ浄化技術の開発に関する研究
- 2) 温室効果ガスとしての亜酸化窒素発生削減のための微生物利用技術の開発に関する研究
- 3) 汚染環境の浄化を目的として特定細菌を環境中に放出した際の挙動解析に関する研究
- 4) 電磁界による生体への影響解析に関する研究

<生体センシングテクノロジーの研究>

本研究課題では生体センシングテクノロジーの関連技術の開発を目的として、以下の2つのテーマの研究を行った。

- 1) セラミック基板を用いた生体内挿入チューブ位置検出用薄膜磁界センサの開発
- 2) マボヤ被嚢とその血球細胞組織を生体モデルとする能動的運動機能の解明に関する研究

<人体機能コンペンセーションテクノロジーの研究>

本研究課題では、生体信号の計測を基盤として、人の運動機能や感覚、感性機能などを解析し、その成果を基に人体機能の健全化を図る工学的技術の確立を目指している。また、生体信号の計測から脳の高次情報処理機能や運動制御機能の解明を行いそのモデル化を目指すとともに、そのモデルを基に人の運動機能を補償する機器開発（構造設計、制御系設計）を行う。さらに、機器構成材料として期待されるナノ材料について、人体の健康への影響について検討を行う。本年度においては、以下の3つのテーマの研究を行った。

- 1) 生体計測に基づく感覚情報処理機構の解明
- 2) 人間上肢運動特性の解析とその機能補助システムの開発
- 3) ナノ粒子の健康影響等に関する研究

なお、国外研究協力者2名及び国内研究協力者2名を招聘して関連研究に関する講演を行ってもらったとともに、研究分担者から各研究課題ごとに本プロジェクトにおける研究成果を発表してもらうために、国際的「公開シンポジウム」を開催した。この公開シンポジウムには本学のみならず本学外からも多くの参加者があり、本研究事業の成果およびその社会への情報公開を行うことができた。

上記に加えて、本年度から新たに学内における「研究事業研究発表会」を開催し、この研究事業に関係している研究分担者、特別研究員、学生の間で情報交換を行うとともに、研究事業関係者以外にも開催を通知しこの研究事業に関心を持つ本学関係者にも情報公開を行った。また、仙台圏の中学生・高校生を対象とする「公開講習会（バイオ広場実験セミナー）」を開催し、実験を通して青少年に科学技術としてのバイオテクノロジーのおもしろさを知ってもらう機会を提供した。

2. 研究課題ごとの研究成果の概要

2. 1 環境保全バイオテクノロジーの成果概要

環境保全バイオテクノロジーの研究課題においては、大きく分けて4つのテーマの研究をおこなった。

(1) 重金属および有機塩素化合物による環境汚染のバイオ浄化技術の開発に関する研究では、有機塩素化合物分解菌の分解遺伝子群の発現制御メカニズムの解析、農薬であるペンタクロロフェノール耐性菌の単離、水銀耐性菌の単離をおこなった。また、ヒ酸耐性能が極めて高い菌株から、耐性に関与する遺伝子の単離もおこなった。

(2) 温室効果ガス発生削減の研究に関しては、まず、コンポスト化における脱窒細菌群の挙動解析をおこなった。既に得られている硝化細菌の解析やコンポストサンプルの物理化学的性状解析によって、微生物のコンポスト化への関与について今後詳細な解析をおこなうことが可能になると期待される。また、通常の硝化脱窒における脱窒過程、すなわち微好気下においても脱窒活性を失わない菌株である TR2 株について解析をおこない、その至適生育条件を検討した。同時に、さらに優秀な脱窒細菌を求めてスクリーニングをおこない、候補株を単離した。これら候補株の脱窒能については、来年度解析をおこなう予定である。

(3) 汚染環境の浄化を目的として特定細菌を環境中に放出した際の挙動に関するこれまでの解析では、放出された細菌を原生動物が捕食することを明らかにしているが、本年度はこれらの原生動物を、遺伝子情報を用いて分類し、またそれぞれの捕食の特異性について明らかにした。さらに、原生動物を獲た環境サンプル中から、捕食を回避できる菌株の単離にも成功した。この成果は、特定細菌をある環境下で働かせるための技術に繋がる成果であるといえる。

(4) 特定の環境が生物に与える影響を調べる研究として、我々を取り巻く磁界による生体への影響解析をおこなっている。前年度までに構築した、細菌を用いた検出系に人工的に磁界を与え、その影響の検出を試みた。コントロール実験では差がみられたものの、さらに高い精度が必要であることが明らかになったため、微弱な影響を測定できるような測定機器、検出系を開発する予定である。

2. 2 生体センシングテクノロジーの成果概要

本課題では生体センシングテクノロジーの関連技術として、磁界を媒体とする生体用セ

ンシング技術の開発、およびマボヤを対象とするその動作機構解明を実施した。それらの研究成果の概要は以下の通りである（１）セラミック基板を用いた薄膜磁界センサを開発した。また高速サンプリングによる磁気モーションキャプチャシステムを開発し、人体模型を用いて生体内挿入チューブ位置を検出した。

（２）組織と細胞が示す能動的な運動について、マボヤ被囊とその血球細胞を用いて検証し、マボヤの血球細胞が細胞運動機構の解明において有用なモデルであることを示した。

２．３ 人体機能コンペンセーションテクノロジー成果概要

本研究分野では、生体信号の計測を基盤として、人の運動機能や感覚、感性機能などを解析し、その成果を基に人体機能の健全化を図る工学的技術の確立を目指すものである。生体信号の計測から脳の高次情報処理機能や運動制御機能の解明を行い、そのモデル化を目指す。さらにそのモデルを基に、人の運動機能を補償する機器開発（構造設計、制御系設計）を行う。また、機器構成材料として期待されるナノ材料について、人体の健康への影響について検討を行う。本年度は、上記のテーマに関連した研究を行い、以下のような成果を得た。

（１）生体計測に基づく感覚情報処理機構の解明

本研究は、音環境に対する中枢神経系の活動、および視覚環境に対する眼球運動計測から行動生理量と感覚情報機構の関係を解析するものである。前者では、空間性課題に対する音刺激が後頭部の γ 波帯域の脳波パワーを増大させること（ERS）、言語性課題においては、ホワイト変調音の呈示で F_z 、 C_z 、 P_z 、 O_1 の各部位で γ 波帯域のERSが観測されることが確認され、こうした神経活動が高次脳機能に関わる神経活動に影響を与えていることが示唆された。

一方、後者では、眼球運動に基づく注視点情報（生理量）と注視点近傍領域の画像特徴量の周波数スペクトルの傾き（物理量）の関連が認められ、本特徴抽出法が観察者の注視特性を評価できる方法としての期待が高まった。

（２）人間上肢運動特性の解析とその機能補助システムの開発

今年度は、まず、物体投げ上げにおける手指関節運動の解析を行い、各関節の役割と機能、および関節運動のスキルについて解析を行った。その結果、各関節の剛性特性および関節運動間の干渉を巧みに利用した動作を行なっていることが確認された。次に、前年度製作した関節剛性を調節できるロボットハンドの改良を行い、剛性調節の範囲を拡張と外力推定機能を加えた。機能検証実験により、より実用性の高いシステムとなったことを確認した。

（３）ナノ粒子の健康影響等に関する研究

本研究は、人体機能補償材料として期待されるナノ粒子の健康への影響について検討するものである。今年度は、ナノ粒子と皮膚間の反応をモデル化した TiO_2 ナノ粒子とステアリン酸膜の接触実験を行った。その結果、 TiO_2 ナノ粒子は長時間の接触によって皮脂を分解し、皮膚に影響を与える可能性が確認された。また、金属ナノ粒子が人体モデルとして使用したカーボン薄膜のナノ構造に影響を与えることを明らかにした。