

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 21 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「人体機能コンペー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 21 年度における研究の実施概要

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」棟を建設し実験施設等を整備する。研究施設建設までの期間は、既存の施設にて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」に関する以下の研究を実施した。

＜環境保全バイオテクノロジーの研究＞

重金属および有機系塩素化合物等の環境汚染の状態を低減するために、これらの汚染物質を分解浄化するために有効と考えられる環境浄化関連遺伝子を標的として、環境浄化微生物の存在種およびその多様性を解析する研究を開始した。また、廃棄物（固形廃棄物および排水）の各種生物処理プロセスにおける温室効果ガスである亜酸化窒素（ N_2O ）の発生メカニズムを解明するために、コンポスト試料および活性汚泥試料から抽出した環境 DNA を用いて、窒素化合物の代謝に関わる微生物群集の解析とモニタリングを行った。さらに、波長 20kHz～100kHz 帯の電磁波による DNA 損傷の可能性の有無について、*umu* 損傷遺伝子修復発現・レポーターシステムによる環境電磁波の人体影響の評価方法の開発に着手した。

＜生体センシングテクノロジーの研究＞

生体組織の能動運動性とその制御機構の解明に関するデータの収集・解析を行うとともに、室温動作の薄膜磁界センサを開発して、健常者心磁界計測に有効な磁界を媒体とする生体用センシング技術の開発を行った。

＜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常化を図る工学的技術の確立を目指している。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、そのモデル化を行った。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）を行うこととし、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得ことにしている。本年度は、上記のテーマに関連した研究の基盤的研究となる成果を得ることができた。

なお、本研究プロジェクトの目的とする学術研究基盤を構築する拠点となる研究施設として、研究施設・装置・設備の年次計画にしたがって、平成 21 年度においては「バイオテクノロジー・リサーチ・コモン」棟を建設し、実験施設等を整備した。

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。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、重金属耐性菌、といった単離した細菌を研究対象とし、それぞれの機能を担う遺伝子の単離と解析、またその発現の制御メカニズムの解析をおこなった。これら特定細菌を環境へ加えた際の挙動については、細菌捕食性の原生動物の存在が大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。上記のような研究をおこなうにあたって、環境サンプルから直接 DNA を単離して解析する手法は非常に有効であるが、同手法は今年度の他の研究、例えば水銀汚染土壤中の水銀耐性遺伝子の多様性解析、コンポスト製造中の細菌群の多様性と動態解析、特殊脱窒細菌添加後の同細菌の挙動解析にも使用されている。これらの研究によって、台湾の水銀汚染土壤中の水銀耐性遺伝子が多様性に富んでいること、コンポスト製造における硝化過程においてはある種のアンモニア酸化細菌が優先化していること、硝化脱窒槽に加えた特殊脱窒細菌を安定に存在させるための運転条件が明らかとなった。また、我々を取り巻く磁界による生体特に DNA への影響を、細菌を用いて検出するために、検出システムを作製した。コントロール実験において、このシステムが有効であることを確認した。

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) 室温動作の薄膜磁界センサを開発し、健常者心磁界計測に成功した。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、主として顎運動計測、生体内挿入チューブの位置検出に応用した。
- (2) マボヤ被嚢組織の能動運動性とその制御機構を明らかにすると共に、3次元運動を示す細胞の特徴を解明した。

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常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) 高次脳機能における情報処理機構の解明と応用

本研究は、音、光といった環境要因がヒトの脳機能の情報処理に及ぼす影響を解析するものである。今年度は、脳の認知機能と音刺激の関係、および、動画映像の持つ空間

周波数成分と脳内処理部位の関係について解析，考察した．前者に対しては，空間性課題において音刺激が高次脳機能であるワーキングメモリ機能に影響を与えることが示唆された．一方，後者においては，空間的な高周波成分が，高次脳機能に関与していることが推察された．

(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

本研究は，人間上肢運動の解析とそれを基にした運動代替，補助機器の開発を行うものである．今年度は，手指関節運動制御方策の解析，関節剛性可変機構の開発を行った．前者においては，関節運動と筋電位活動の関係解析から，動的な作業においては骨格筋の弾性的な性質および，関節運動と剛性の協調制御を巧みに行うことが確認された．後者では，弾性クッションを駆動部に挿入する方式の指関節機構を試作し，これを搭載したロボットハンドにより人体を安全な接触作業を実現できることを確認した．

(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，薄膜およびナノ粒子作成装置，およびその運用環境の整備に着手した．また，これと並行して金属ナノ粒子がカーボン薄膜のナノ構造に与える影響について，モデル実験を通して検討した．その結果，金属の種類によりカーボン材料の構造に異なる変化を生じさせることを明らかにした．