

平成 23 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」の目的

本研究プロジェクトで取り組む研究は、人間個人および人間社会の福祉のために必須とされる環境保全および人体機能障害を補償するための生物・生体工学の融合学術領域分野の研究である。本プロジェクトを通して、東北学院大学工学部においてこれまで個別になされてきたこれらの学術研究をインテグレートし、さらに最先端レベルの研究成果として集成することを目指している。この研究事業によって、多様な環境問題を解決する科学技術である「環境保全バイオテクノロジー」と、健全生活の基盤技術となる「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」の学術研究基盤を確立することを目的としている。

2. 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

2. 1 本研究の全研究期間を通しての実施概要

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」棟が初年度において建設された。2年度以降は、研究基盤の形成に必要な研究設備等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と環境保全のためのバイオテクノロジーの開発、人体信号の計測センサ技術の開発、人体の力学的動作機構の解析とヒトの感覚・感性機能の解明による工学的補償技術の開発、等の研究を行ってきている。特に、清浄環境の維持に必要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を開発する研究を実施している。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、研究成果の取りまとめと公表によって研究成果の点検を行うとともに、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。その点検評価を通して、本研究プロジェクトで取り上げる生物・生体工学の学術研究の本学における今後の在り方と必要な取り組むべき課題を明確することとしている。

上記の研究は、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している。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。したがって、本事業によってインテグレートできたバイオテクノロジーの研究成果を工業界および福祉業界等に広く還元することを目標としてプロジェクトを実施している。

2. 2 平成 23 年度における研究の実施概要

前年度までに整備された研究施設および研究設備を駆使して、下記に示す 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および除外技術の開発、人間の感覚・感性機能の工学的解明、人間動作の特性解析等に関する研究を行った。また、清浄環境の維持に必用な新規バイオ浄化技術の研究、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およびそのための材料を開発する研究においては、多くの新しい研究成果を得ることができた。それらの詳細については、「平成 23 年度研究成果報告書」を参照いただきたい。

(1) 環境保全バイオテクノロジーの研究

本研究課題では、平成 23 年度においては以下の 4 つのテーマの研究を実施した。

- i) 重金属および有機塩素化合物による環境汚染の浄化システムの開発
- ii) 温室効果ガスとしての亜酸化窒素発生削減のための有用微生物群集および有用微生物遺伝子および酵素タンパク質発現抑制技術の確立に関する研究
- iii) 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特定細菌の挙動、特に捕食による生残性の減少とその回避方法に関する研究
- iv) 電磁波等による環境影響センシングシステムの開発と電磁界による生体への影響解析に関する研究
- v) 津波による無機有害物質土壌汚染の生物浄化方法に関する研究

(2) 生体センシングテクノロジーの研究

本研究課題では、平成 23 年度においては以下の 2 つのテーマの研究を実施した。

- i) 人体組織が発生する微弱電磁信号等のセンシング技術とそれに必要なセンサー素子の開発に関する研究
- ii) 中枢神経系の作動状態のセンシングおよび行動生理量とヒトの感性活動との関連解明に関する研究

(3) 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、人体の動作特性や知覚情報処理メカニズムの解析を基にそれらの機械工学的再現技術（ロボット工学、情報処理工学を含む）の開発と人間の健全な社会生活に必要な人体機能の障害の機械工学的補償機械や生活支援機械システム、さらには埋め込み型の医療デバイス（ナノ材料技術を含む）の開発に関する研究を行っている。平成 23 年度においては以下の 3 つのテーマの研究を実施している。

- i) 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
- ii) 道具を使用可能な生活補助ロボット実現に向けた知覚システムの構築
- iii) ナノ粒子の健康影響等に関する研究

3. 研究課題ごとの研究成果の概要

3. 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) 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、ヒ酸耐性遺伝子群の転写制御機構の解明、ヒ素耐性能が極めて高い菌株からの耐性に関与する遺伝子の単離と耐性への関与の調査を行った。水銀耐性菌に関しては、耐性菌を固定化したビーズを作製し、その水銀除去能を調べ、除去条件の最適化を試みた。また、東日本大震災を受けて、本年度から津波汚染地域のヒ素汚染等の調査を行った。その結果、ヒ素汚染地域の浄化のためにモエジマシダを用いたファイトエクストラクションを適用することとし、それに向けた準備を行った。

(2) 温室効果ガス発生削減の研究に関しては、これまで酸素存在下においても脱窒活性を失わない菌株である TR2 株の解析をおこなってきたが、本年度は TR2 株を硝化脱窒活性汚泥リアクターに導入して脱窒基質の違いによる生育の違いを確認した。亜酸化窒素存在下では TR2 株によるその減少が確認できた。コンポスト製造過程で発生する亜酸化窒素発生源の解析については、亜硝酸還元酵素遺伝子 (*nirS*, *nirK*) の存在量が亜酸化窒素還元遺伝子 (*nosZ*) の存在量に較べて高くなることが亜酸化窒素発生の原因の一つとなる可能性を示した。*nirS*, *nirK*, *nosZ* に関しては、それぞれの塩基配列から、コンポスト製造に伴うこれら遺伝子を持つ細菌群の多様性の変遷も明らかにした。

(3) 特定の微生物を汚染環境の浄化を目的として環境中に放出した際の挙動解析では、本年度はまず、細菌の捕食に関与すると考えられる原生動物の生育温度域が中温細菌と同様であることを明らかにした。次に、捕食を回避する能力をもつ *Chromobacterium* sp. KY14 株の捕食回避能力が、8 カ所の様々な河川水全てにおいて発揮されることを示した。KY14 株に有用遺伝子を保持させ捕食を回避させることを目指し、KY14 株にトリクロロエチレン分解能を持つ遺伝子を導入したが、分解能は発現しなかった。来年度は、捕食回避の原因であるバイオラセインの合成遺伝子群を汚染物質分解菌に導入することを試みる。

(4) 我々を取り巻く磁界による生体への影響解析においては、大腸菌を用いた検出系で、人工的に与えた磁界におけるその影響の検出を試みた。紫外線を用いたコントロール実験ではこの系が有効に働くことを確認した後、オールメタル対応のインダクション調理器具と同様な周波数 60 kHz で ICNIRP による防護指針値の $20\ \mu\text{T}$ の 75 倍の $1500\ \mu\text{T}$ の磁界に大腸菌を曝露し、それによる DNA 損傷を評価した。その結果、3 時間の曝露においても影響は見られなかった。今後は更なる高感度デバイスの開発をおこなう必要がある。

3. 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、生体情報センシングに基づく中枢神経系における感覚情報処理機能の解明を実施した。それらの研究成果の概要は以下の通りである。

(1) センサ素子全体を薄膜プロセスで作製した集積化薄膜磁界センサを開発した。また磁歪振動型のマーカおよび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) 事象関連電位に基づき空間周波数といった視覚的要因、および背景音といった聴覚的要因が認知活動に与える影響を測定し、高次脳機能における感覚情報処理機構についての考察を行った。

3. 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、生体信号の計測や知覚行動の観察を通して人の運動機能や学習機能等を解析し、

その成果を基に人体機能の健常化や知的な支援活動を行う工学的技術の確立を目指すものである。また、それら人体機能補償や日常活動支援機器の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等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) 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、筋電信号から人の関節剛性を推定するシステムの構築と推定値を基にしたロボットアームの関節運動と剛性制御を行った。まず、関節剛性の推定では、肘関節を対象とし、上腕二頭筋と三頭筋の筋電位と筋骨格の力学モデルを基に関節剛性の推定を行った。その結果、関節剛性の変化に追従する推定結果をオンラインで得ることができた。次に、関節剛性可変機構を搭載したロボットアームを用いて、肘関節運動サポートシステムを想定した、人の肘関節運動への追従実験を行った。上述の人の関節運動と関節剛性をオンライン推定の結果を基に、人の関節運動と剛性変化に追従できるシステムが構築できた。

(2) 道具を使用可能な生活補助ロボット実現に向けた知覚システムの構築

本年度は、ロボットによる物体識別を対象に研究を行った。高精度な物体識別を実現するためには、単に物体から受動的に得られる情報のみならず、ロボット自身が自ら物体に対して行動(以下、探索行動と呼ぶ)し、それにより、物体を識別するための有効な特徴を得ることが重要である。実験の結果、二つの物体を識別可能な探索行動の獲得が可能であることを確認した。また、学習により得られた探索行動の汎化性能についても確認することができた。

(3) ナノ粒子の反応、異常成長と健康・環境影響等に関する研究

今年度は、生体材料としてのナノ粒子の環境影響について検討するため、ナノ粒子と酸化ケイ素の反応によるナノ粒子の異常成長の観察を試みた。その結果、高温の条件であったが酸化ケイ素とPt, Pd, Coのナノ粒子が反応してひげ結晶が形成されることを明らかにした。これは金属ナノ粒子が絶縁材料などに付着して反応することで異常成長を起こし、生体内埋め込み回路のショートなどを引き起こす可能性があることを示している。

4. その他の成果概要

平成23年度においては、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と、各研究課題ごとに本プロジェクトにおける研究成果を研究分担者から公表してもらうために、「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、平成23年度においても平成22年度に引き続き学内における「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ったとともに、研究事業関係者以外にも研究発表会の開催を通知し、この研究事業に関心を持つ本学関係者に対しても研究成果を公表した。また、平成22年度に引き続き、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、青少年を対象とする実験を通して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ための機会を提供した。

東日本大震災復興関連の研究課題については、平成23年度途中に追加したものであり、その成果は平成24年度研究成果報告書以降の報告に含めることにする。