Ｐ１１００６

平成２６年度実施方針

ロボット・機械システム部

１．件　名：　プログラム名 ： エネルギーイノベーションプログラム・ロボット・新機械イノベーションプログラム

（大項目）社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト

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２号

３．背景及び目的・目標

センサネットワーク技術により、人やモノの状況、その周辺環境等を認識し、利用者の状況に即した様々なサービスを提供可能となる。現在、環境計測、農業、エネルギー、医療等の分野でユビキタスシステム、センサネットワークが導入され始めているが、予期されたほどの普及は見られていない。

社会にセンサネットワークが普及しない理由として、以下が指摘されている。

・現状では、センサの大きさ、設置面積等による設置箇所や設置個数の制約が大きい。
・電源や通信を有線で配線すると、設置工事で大きな負担が必要となる。
・また電池を内蔵して無線にする場合、現状のセンサや送信技術では電力消費が多く、電池交換等のメンテナンスが必要である

したがって、センサネットワークの普及のカギとなるポイントは、センサの設置面積が小さく、センサネットワーク端末が無線通信機能を有し、低消費電力で、電池交換が不要もしくは圧倒的に少ないこと、などがあげられる。

日本企業は電子部品で約４割の世界シェアを持つといわれているが、センサの種類別にみると、欧米メーカに大半を占められているものもある。また、汎用品ではアジア勢もシェアを伸ばしており、世界で激しい技術開発競争が行われている。

このような状況において、無線通信機能、自立電源機能及び超低消費電力機能等を付与した革新的センサの開発は、主要各国と比べても技術的優位性を保ちうる先駆的な取り組みであり、ユーザを含めそれぞれの得意分野を有する企業の英知を用いて、いち早く成果を創出することで、我が国のセンサ及びセンサネットワーク産業の国際競争力の向上が大いに期待される。

本事業では、センサネットワークに使用されるセンサデバイスの共通的な課題である、無線通信機能、自立電源機能及び超低消費電力機能の搭載を実現する革新的センサの開発を行い、センサネットワークの導入による、環境計測やエネルギー消費量等の把握（見える化）及びエネルギー消費量の制御（最適化）により、低炭素社会の実現に寄与する。

［共同研究事業（ＮＥＤＯ負担率：２／３）］

研究開発項目①　「グリーンＭＥＭＳセンサの開発」

最終目標（平成２６年度）

以下のセンサを開発する。

・ＭＥＭＳセンサの大きさは、２ｃｍ×５ｃｍ以下

・すべてのセンサについて、消費電力は１００μＷ以下

研究開発項目②　「無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発」

最終目標（平成２６年度）

各種電子電気機器、空調機器、さらに製造装置や配電盤などに特別な追加工事等を伴うことなく設置できる以下のグリーンセンサ端末を試作する。

・ＭＥＭＳセンサからの信号を収集・処理する機能、及び計測データを無線で通信する機能を備えた３ｍｍ角の端末本体部チップを開発

・温度５～３５℃、室内照明下等研究開発項目③の実証実験で設定する環境下で、グリーンセンサ端末に必要な電力供給として、平均出力１５０μＷ以上の電力供給が可能な発電・蓄電一体型デバイスを開発

・ＭＥＭＳセンサ部、端末本体部チップ、発電・蓄電一体型デバイスを含めたグリーンセンサ端末の大きさを、面積２ｃｍ×５ｃｍ以下で開発

・少なくとも３００ＭＨｚ帯と９００ＭＨｚ帯の２つの周波数帯が同時受信可能であり、同時接続端末１０００以上、受信感度－１３０ｄＢｍ以下の受信機を開発

研究開発項目③「グリーンセンサネットワークシステムの構築と実証実験」

最終目標（平成２６年度）

グリーンＭＥＭＳセンサ、グリーンセンサ端末及び高感度受信機を用いたネットワークシステムを構築するとともに、店舗、製造現場及びオフィス環境等に適用できるシステムを開発する。

４．実施内容及び進捗（達成）状況

技術研究組合　ＮＭＥＭＳ技術研究機構　グリーンセンサネットワーク研究所　所長　前田龍太郎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。

４．１　平成２５年度（委託、共同研究）事業内容

研究開発項目①「グリーンＭＥＭＳセンサの開発」（実施体制：技術研究組合ＮＭＥＭＳ技術研究機構－再委託国立大学法人東京大学、国立大学法人信州大学）

（１）電流・磁界センサ

クランプ型電流センサの構造を提案し、本構造を試作・評価した。結果、取付誤差を含め精度±５％以下で、かつ環境磁気ノイズの影響を１／２０に低減できる見込みを得

た。無線と自立電源を搭載した端末設計・評価を実施した。ＩＦ回路を含むクランプ型電流センサが平均消費電力２１μＷで動作して、電流センサに自立電源と無線を接続して動作することを確認した。また、スマートファクトリにおいて上記構造での実証実験を開始して、有線端末で機器の消費電流計測ができることを確認した。

（２）塵埃量センサ

トリガーセンサの試作を行い、想定するセンサ使用環境であるクリーンルームで生じる圧力変化を検出できる感度を実現した。２ｃｍ×５ｃｍの塵埃量センサ端末を作製し、目標である想定クラス１０万下での動作検証を行い、平均消費電力１００μＷ達成のための見通しを得た。

（３）ＣＯ２濃度センサ

平成２３、２４年度に得たセンサ原理を基に、ＣＯ２濃度０～３０００ｐｐｍの範囲において、繰り返しセンシングでのＣＯ２濃度に対してインピーダンス値の変化を確認した。また、試薬購入直後のイオン液体の状態と、充放電を十分に繰り返した後のイオン液体の状態で、インピーダンス値の再現性を比較したところ、充放電を繰り返したイオン液体のほうがインピーダンス値のばらつきが大幅に低減されることを確認した。

（４）ＶＯＣ濃度センサ

平成２４年度に開発したＶＯＣ濃度センサの繰り返しセンシングの再現性評価を終え、ＶＯＣ濃度センサの実用化の見通しを得た。また、ＶＯＣ濃度センサと低消費電力回路を搭載した最終形態と同じ形態のＶＯＣ濃度センサモジュールを試作し、実用化を想定したＶＯＣ濃度センサのセンシングデータを取得した。

（５）赤外線アレーセンサ

平成２４年度に開発した赤外線アレーセンサチップを用いて、２ｃｍ×５ｃｍ以下のセンサモジュールを開発。間欠動作・可変フレームレートの機能を搭載することにより、平均消費電力１００μＷを実現した。加えて、センサモジュールの信頼性評価を実施し、真空キャビティの経時変化についても、実用上問題なきことを確認した。

研究開発項目②「無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発」（実施体制：技術研究組合ＮＭＥＭＳ技術研究機構－再委託国立大学法人信州大学）

（１）超小型高効率ナノファイバー構造光電・熱電変換自立電源の開発

平成２５年度開発した有機薄膜太陽電池を用いて、蓄電機能を備えた電源モジュールの開発・改良を進め、最終年度目標である２ｃｍ×５ｃｍ以下のサイズで、室内環境下出力１５０μＷ以上の見通しを得た。さらに、開発した電源モジュールを搭載したセンサ端末を試作し、実証環境（スマートファクトリ：植物工場）での動作を確認した。

（２）超小型高効率低照度環境用自立電源の開発

これまでに開発してきたＤＳＣとＥＤＬＣとＤＣＤＣコンバータ等を用いて、２ｃｍ×５ｃｍサイズで平均出力１３０μＷの自立電源（３Ｖ出力型）を試作した。自立電源の高出力化においては、ＤＳＣの有効発電面積比率の改善（７０％→８５％＠２セル）、及びＤＣ/ＤＣ昇圧効率の改善（７０％＠２セル直列ＤＳＣ→８２％＠４セル直列ＤＳ

Ｃ）が大きく貢献した。

電磁コイル給電が可能となるフレキシブルコイルセンサについては、センサ構造の決定を行い、センサの試作及び要素評価を行った。５ｃｍ×２ｃｍのフレキ基板上にスークリン印刷およびマスクレスメッキによりフレキシブルコイルを試作し、量産プロセスの確立を得た。

（３）グリーンセンサ端末機能集積化および低消費電力無線通信技術の開発

平成２４年度に試作したグリーンセンサ端末用ＬＳＩのチップレベル評価を行い、端末エネルギーマネジメント回路技術、および、高速起動・時分割動作アナログフロントエンド回路技術のシステム低電力化性能を検証した。集積化の取り組みとして、トレンチキャパシタを内蔵したシリコンインターポーザを試作した。大容量キャパシタを試作し、所望の電気的特性（容量・耐圧）が得られた。電気的特性の検証を実施し、超臨界成膜装置の最適化を行い、トレンチ（アスペクト比５２）へのＣｕ成膜を確認し、最終目標であるボイド発生率１０％以下の見通しが得られた。また、これまでのトレンチエッチング条件を元に、加工技術として難易レベルの高いホール形状にてアスペクト比１０以上のエッチングプロセス開発を行った。さらに、３００ｍｍ ＴＳＶの量産実現に向け、ＣＭＰ等のプロセス条件最適化を進めた。

受信機については、周波数帯域を使用した多値化による低消費電力通信を可能にする受信機を実現し、－１３０ｄＢｍの受信感度の実現の見込みを得た。

（４）グリーンセンサコンセントレータの開発

スマートコンビニ、スマートオフィスの実証テーマに対してグリーンコンセントレータの提供を行った。また、マルチホップ、アクチュエート通信技術の仕様検討、方式設計及びアプリケーションの開発を実施。これら機能をグリーンコンセントレータに実装、各実証テーマへ適用し評価する見込みを得た。

研究開発項目③「グリーンセンサネットワークシステムの構築と実証実験」（実施体制：技術研究組合ＮＭＥＭＳ技術研究機構）

（１）スマートコンビニのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発

省エネに資する環境情報(室内温度分布、冷蔵・冷凍ショーケースのドアの開閉、店員行動など)の抽出を行い、その情報を電力情報と合わせて取得できるセンサーシステムの仕様を明らかにした。また、次世代スマートコンビニに実装するクランプセンサ（２チャンネル、借電型）の実証実験を行い、その成果をもとにプロトタイプセンサを試作した。

（２）スマートオフィスのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発

抽出仕様に基づいて（対象：赤外線アレーセンサ端末とＧＣＯＮ＋クラウド)、分析機能と自動制御機能のアルゴリズム開発を行い、クラウドへの実装を進めた。また、試作センサ端末の動作確認を行い、確認結果を端末開発側へフィードバックした。

また、大規模商業ビル３棟にグリーンセンサネットワークシステムを構築し、大規模業務用ビルでの省エネ効果を検証するためのグリーンセンサ端末及びネットワークシ

ステムの仕様を抽出した。
（３）スマートファクトリのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発
一般機械、金属製品、食料品等の各種工場において、センサネットワークの構築による省エネ効果の検証を行った。また、スマートファクトリ実現に必要となるグリーンセンサ端末の構成・仕様検討及び試作を行った。

研究開発項目④　研究開発成果等の他分野での先導的研究
社会インフラ、農業及び健康医療分野へのセンサシステムの応用を検討し、これらの社会課題において寄与し、広く普及するためのセンサシステムに求められる課題を抽出するとともに今後の本格的な研究開発に向けた検討を行った。

４．２　実績推移

	２３年度	２４年度	２５年度	
	共同研究	共同研究	委託	共同研究
需給勘定（百万円）	７３０	９３４	－	－
一般勘定（百万円）	－	－	２２３	６７１
特許出願件数（件）	２	１１	５	８
論文発表数（報）	０	４	１	８
学会発表数（件）	６	５２	８	４１

５.事業内容
技術研究組合　ＮＭＥＭＳ技術研究機構　グリーンセンサネットワーク研究所　所長前田龍太郎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２６年度（共同研究）事業内容
研究開発項目①「グリーンＭＥＭＳセンサの開発」（実施体制：技術研究組合ＮＭＥＭＳ技術研究機構－再委託国立大学法人東京大学、国立大学法人信州大学）
（１）電流・磁界センサ
（２）塵埃量センサ
（３）ＣＯ２濃度センサ
（４）ＶＯＣ濃度センサ
（５）赤外線アレーセンサ

最終目標の面積２ｃｍ×５ｃｍ以下、平均消費電力１００μＷ以下を達成する。

研究開発項目②「無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開

発」（実施体制：技術研究組合ＮＭＥＭＳ技術研究機構－再委託国立大学法人信州大学）

（１）超小型高効率ナノファイバー構造光電・熱電変換自立電源の開発

（２）超小型高効率低照度環境用自立電源の開発

（３）グリーンセンサ端末機能集積化および低消費電力無線通信技術の開発

（４）グリーンセンサコンセントレータの開発

最終目標の平均出力１５０μW以上の自立電源、面積２ｃｍ×５ｃｍ以下のセンサ端末及び受信感度－１３０ｄＢｍ以下の受信機を達成する。

研究開発項目③「グリーンセンサネットワークシステムの構築と実証実験」（実施体制：技術研究組合ＮＭＥＭＳ技術研究機構）

（１）スマートコンビニのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発

（２）スマートオフィスのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発

（３）スマートファクトリのためのグリーンセンサネットワークシステムの開発

センサの設置場所・個数の最適化、必要なセンサの詳細仕様抽出を行い、見える化・制御による省エネ効果を実証する。

５．２　平成２６年度事業規模

一般勘定　　６００百万円（継続）

事業規模については、変動があり得る。

６．その他重要事項

６．１　評価の方法

ＮＥＤＯは、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義、競合するソリューションに対しての本技術の優位性並びに将来の産業への波及効果等の観点から、外部有識者による研究開発の事後評価を平成２７年度に実施する。

６．２　運営・管理

ＮＥＤＯは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

６．３　複数年度契約の実施

平成２５～２６年度の複数年度契約を行う。

７．実施方針の改定履歴

（１）平成２６年２月、制定
（２）平成２６年４月、組織改編に伴う部署名の変更

（別紙）「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」実施体制図

ＮＥＤＯ

協議

プロジェクトリーダー
所属：技術研究組合　ＮＭＥＭＳ技術研究機構
役職名：グリーンセンサネットワーク研究所　所長
氏名：前田　龍太郎

推進委員会

協議

共同研究（ＮＥＤＯ負担率２／３）

指導

技術研究組合　ＮＭＥＭＳ技術研究機構

・研究開発項目①グリーンＭＥＭＳセンサの開発

・研究開発項目②無線通信機能および自立発電機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発

・研究開発項目③グリーンセンサネットワークシステムの構築と実証実験

研究実施場所：つくば研究センター

実験場所：オムロン株式会社、株式会社デンソー、株式会社アルバック、ローム株式会社、大日本印刷株式会社、ダイキン工業株式会社、株式会社セブン−イレブン・ジャパン、東京電力株式会社、東光電気株式会社、高砂熱学工業株式会社

：大岡山研究センター

実験場所：住江織物株式会社、日清紡ホールディングス株式会社

再委託

国立大学法人東京大学
研究開発項目①グリーンＭＥＭＳセンサの開発

国立大学法人信州大学
研究開発項目①グリーンＭＥＭＳセンサの開発
研究開発項目②無線通信機能および自立発電機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発