

# 「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」

## 事後評価報告書（案）概要

### 目 次

分科会委員名簿 .....	1
評価概要（案） .....	2
評点結果 .....	6

## はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき研究評価委員会において設置された「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」（事後評価）の研究評価委員会分科会（平成27年9月14日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第45回研究評価委員会（平成27年11月20日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成27年11月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」分科会  
（事後評価）

分科会長 大和田 邦樹

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会  
「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成27年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	おおわだ くనికి 大和田 邦樹	一般社団法人 次世代センサー協議会 専務理事
分科 会長 代理	むろ ひでお 室 英夫	千葉工業大学 工学部 電気電子情報工学科 教授
委員	あおやぎ せいじ 青柳 誠司	関西大学 システム理工学部 機械工学科 教授
	きまた まさふみ 木股 雅章	立命館大学 理工学部 機械工学科 教授
	み き のりひさ 三木 則尚	慶応義塾大学 理工学部 機械工学科 准教授
	みやけ つねゆき 三宅 常之	株式会社日経 BP 社 日経エレクトロニクス 副編集長

敬称略、五十音順

# 「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」(事後評価)

## 評価概要 (案)

### 1. 総合評価

本プロジェクトでは、今後の活用が期待されるセンサーネットワークについて、センサーそのものの機構や製作プロセス、センサーモジュール、さらにそれらを活用するためのセンサーシステムを開発し、さらにユーザーによる実証実験を行い、その有効性を示した。

国の新成長戦略、エネルギー基本計画等に沿った省エネに貢献できるセンサーネットワークをテーマとして設定したことは、戦略的に優れている。すなわち MEMS センサー及びそれをネットワーク化する技術の研究開発と、ネットワークの導入による環境計測、エネルギーの見える化を基にした省エネによる環境問題の解決の両者を実現できるような、秀逸なテーマ設定となっている。

本プロジェクトでは、目標達成のために革新的グリーンセンサー技術、自立電源技術、無線通信技術、超低消費電力技術等の開発が必要であり、民間活動のみでは資金面や各機関の利害に課題があり、公共性も高いことから、NEDO のプロジェクトとしてふさわしく、十分な投資対効果があるプロジェクトであった。

研究開発目標として定量的な目標値を設定しており、4年間の研究開発計画では、当初より実証実験から研究開発へのフィードバックを行い、研究開発実施体制も指揮命令系統及び責任体制が明確であるなど、適切な管理を実施していた。

技術開発はもちろん、本技術に関わるプレイヤー全てを網羅し、プロジェクトメンバーを構成し、4年という比較的短い期間内で、センサーの開発、通信システムの開発、コンビニエンスストアやビルでの実証実験まで行い、目標を達成するまで遂行したプロジェクト運営も高く評価できる。

センサーネットワーク市場拡大に向けた、センサーデバイスの共通課題である無線通信機能、自立電源機能、低消費電力機能の搭載を実現しており、将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながる事が期待できる。

今後はセンサー単体としても競争力のあるものを開発するよう努力を継続していただきたい。また、国際競争力強化という観点で開発した技術のブラッシュアップを続けていただきたい。

実用化・事業化においては、生産技術やマーケティングのみならず、技術の共通化と国際標準化が重要である。各社が協力してデファクトスタンダードをとるか、IEC/ISO 等の国際規格で日本が優位に立てるようにするよう、戦略的に推進してほしい。

### 2. 各論

#### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトでは、国の新成長戦略、エネルギー基本計画等に沿ったテーマが設定されている。革新的グリーンセンサー技術、自立電源技術、無線通信技術、超低消費電力技術の開発を行い、さらに実証実験まで含む幅広い領域を対象としている。ハード又はソフトを開発する企業、大学、研究所、モジュール化やシステム開発を行う企業、さらには技術を使用する側の企業が加わることにより、個々の企業だけでは実現できない規模の成果を効率良く達成することができる。また、省エネを通じた環境問題の解決という公共性の高さを考慮すると、NEDOの委託により行われることは妥当である。

革新的センサーの開発とセンサーネットワークの導入による環境計測、エネルギーの見える化はセンサーネットワークの普及に有効であり、ユビキタスネットワークの普及により大きな市場創出が期待されており、当該事業を実施することによりもたらされる効果は、投じた予算と比較して十分大きい。今後、広報、標準化などの効果的なフォローをとることにより、極めて高い投資対効果を実現できると期待される。

しいて言えば、センサーの基礎技術開発をもう少し手広くやっても良かったのではないかな。

## 2. 2 研究開発マネジメントについて

社会課題解決のためにセンサーネットワークの普及を図る上で戦略的でチャレンジングな研究開発目標が設定されている。それぞれの研究開発項目において、目標達成度を測定・判断できる具体的で定量的な目標値が設定され、研究開発目標は妥当である。

研究開発計画はかなり綿密に練られている。当初より実証実験から研究開発へのフィードバックを実施し、要素技術の開発を並行して進めるなど、スケジュールは妥当である。

研究開発目標を高い水準で達成するための事業実施体制が構築され、指揮命令系統及び責任体制が明確になっている。各種委員会、ワーキンググループ、研究会、イベントにより、関係者が一体的に活動するためのきめ細かい運営が実施されている。知財戦略（オープン／クローズ戦略等）や標準化戦略も知的財産権委員会、共通プラットフォーム委員会等の活動を通じて明確になっている。立場が違った 20 もの企業を巧く束ねて短期間で大きな成果が得られたことは高く評価できる。

しかしながら、全体としてプロジェクトからの要請よりも実施者の主体性を重んじている印象を受けた。プロジェクトとして一貫性をより重視した方がよいと思われる。

本プロジェクトでの技術を国内外で展開していくための、効果的な広報、標準化戦略を期待する。また、今後、海外の動向も十分把握して、国際的な競争力という観点からも技術のブラッシュアップを継続してほしい。

## 2. 3 研究開発成果について

各研究テーマともチャレンジングな目標を掲げ、切磋琢磨の未全ての項目について目標をクリアできている。

開発された電流・磁界センサー、CO<sub>2</sub>センサー、塵埃センサー、赤外線アレーセンサー、VOC濃度センサーは完成度が高く、既に製品化されていたり、サンプル出荷や製品出荷が数年内に予定されていたりすることは高く評価できる。さらに、光が利用できない配電盤内

部では漏れ磁界をクランプメータで測定して自己給電する等、アプリケーション毎にエネルギーハーベスティングの方式を適切に選択していることも技術的に高く評価できる。

中小オフィス、ファクトリ、大規模商業ビル、通信デバイスの各ビジネスモデルにおいても、ユーザーを巻き込んだ実証実験を行い、大幅な省エネ効果を検証できた。センサーネットワークの応用先として省エネ分野が適していることを確認でき、今後の MEMS センサーやセンサーネットワークの普及に確実な指針を与えたものと言える。

達成した成果は、センサーネットワーク市場拡大に向けたセンサーデバイスの共通課題である無線通信機能、自立電源機能、低消費電力機能の搭載を実現しており、将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながることを期待できる。

本プロジェクト成果の波及効果としてユビキタスセンサーネットワークの普及により大きな市場創出が期待できることから、投入された予算に見合った成果が得られている。

特許出願、学会発表、広報活動も積極的に行われたと評価する。効果的な広報や、標準化戦略により、開発した技術の国内外への幅広い普及を期待する。

しかしながら、本プロジェクトではデバイスからシステムまで様々な研究成果が得られているが、技術に優位性が不明の開発や海外ベンチマークが不十分のテーマもあったように思われる。共通基盤以外のデバイス開発についてはプロジェクトとしてももう少し絞り込んでもよかったのではないかと考える。

今後は、センサー単体としても競争力のあるものを開発し、センサービジネスの発展も図っていただきたい。関連する企業や研究機関のみならず一般家庭への情報発信も、マスメディアを通じて積極的に行ってほしい。

## 2. 4 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本プロジェクトでは、4年間という比較的短いプロジェクト期間内でユーザーを巻き込んだスマートコンビニやスマートオフィスなどの実証実験により、その有効性が示された。

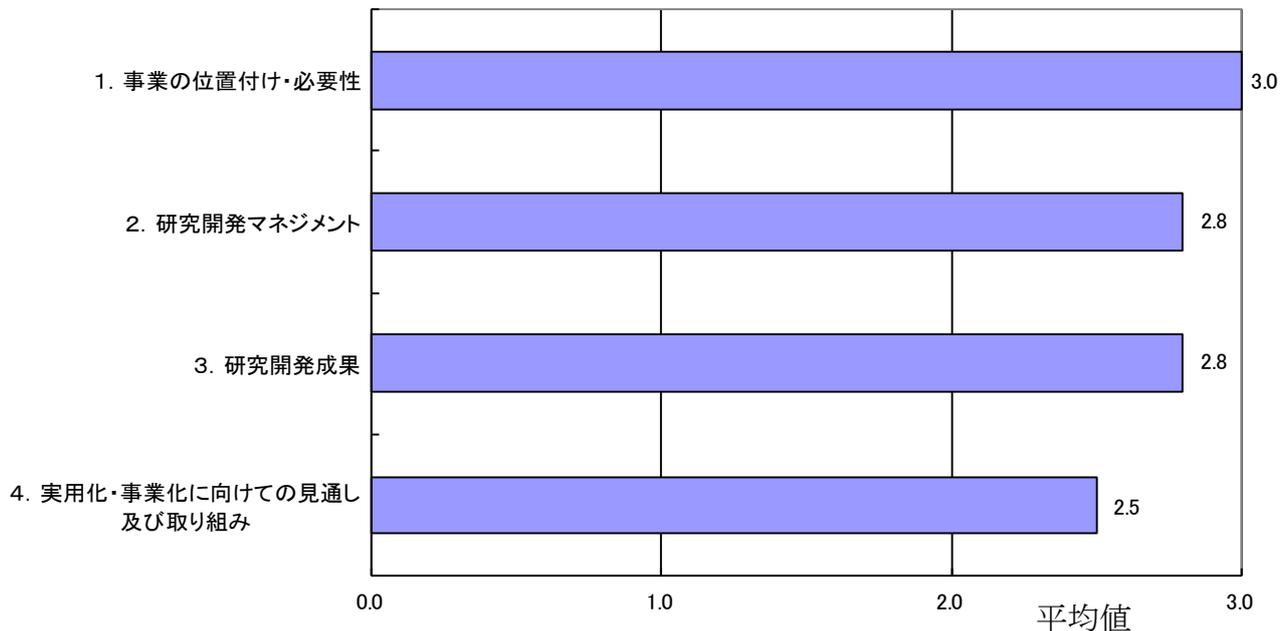
センサーの完成度も高く、赤外線アレーセンサーのようにサンプル出荷が始まっているものもある。中小オフィス、ファクトリ、大規模商業ビル、グリーンコンセントレータそれぞれについて、ビジネスモデルが検討され、システムの適用範囲が明確化され、産業技術としての適用可能性が明確に見極められており、量産化や、モジュール化、システム化についても既に技術が確立されている。

プロジェクト終了後において実用化・事業化に向けて取り組む会社は、グリーン MEMS センサー、自立電源、グリーンセンサー端末、グリーンセンサーネットワークシステムそれぞれについて明確で、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等の具体的な見通し等は立っており、実用化できた際の潜在市場は莫大と考えられる。また、センサーネットワーク研究会の設立や、インフラモニタリングプロジェクトの開始など、大きな波及効果を有するものとなった。

グリーンセンサーネットワークのような広範なシステムでは、ハードウェアだけではなく通信方式やインターフェースといったソフトウェアの部分が実用化の鍵となる場合が多い。今後企業ごとに知財を固めながらビジネスを推進していくのと並行して、日本としてこの技

術に対するデファクトスタンダードをとるか、IEC/ISO 等の国際規格で優位に立てるようになるなど、標準化・国際規格化への積極的な対応が望まれる。

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.8	A	B	A	A	A	A
3. 研究開発成果について	2.8	A	B	A	A	A	A
4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	2.5	B	B	A	A	A	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

### 〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当 →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

研究評価委員会  
「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」  
(事後評価) 分科会

日時：平成27年9月14日(月) 10:00～17:20  
場所：大手町サンスカイルーム(朝日生命大手町ビル27階) A室  
〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-1

議事次第

【公開セッション】

- |                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| 1. 開会、資料の確認                           | 10:00～10:05 (5分)  |
| 2. 分科会の設置について                         | 10:05～10:10 (5分)  |
| 3. 分科会の公開について                         | 10:10～10:15 (5分)  |
| 4. 評価の実施方法について                        | 10:15～10:30 (15分) |
| 5. プロジェクトの概要説明                        |                   |
| 5.1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発マネジメント」       | 10:30～10:50 (20分) |
| 5.2 「研究開発成果」及び「実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み」 | 10:50～11:10 (20分) |
| 5.3 質疑                                | 11:10～11:40 (30分) |

(昼食・休憩 50分)

【非公開セッション】

- |                                    |                   |
|------------------------------------|-------------------|
| 6. プロジェクトの詳細説明                     |                   |
| 6.1 研究開発成果                         | 12:30～13:50 (80分) |
| 1) 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       |                   |
| 2) グリーンMEMSセンサの開発                  |                   |
| 3) 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 |                   |
| 4) 共通プラットフォーム、特許戦略、成果普及活動          |                   |
| 6.2 質疑                             | 13:50～14:50 (60分) |

(休憩 15分)

### 6.3 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

6.3.1 全体説明 15:05～15:15 (10分)  
(説明8分、入替2分)

#### 6.3.2 個別説明

1) ダイキン工業株式会社 15:15～15:35 (20分)  
(説明10分、質疑8分、入替2分)

2) 東京電力株式会社 15:35～15:55 (20分)  
(説明10分、質疑8分、入替2分)

3) 高砂熱学工業株式会社 15:55～16:15 (20分)  
(説明10分、質疑8分、入替2分)

4) 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ 16:15～16:35 (20分)  
(説明10分、質疑8分、入替2分)

7. 全体を通しての質疑 16:35～16:55 (20分)

(入替・休憩 5分)

#### 【公開セッション】

8. まとめ・講評 17:00～17:15 (15分)

9. 今後の予定、その他 17:15～17:20 (5分)

10.閉会 17:20

# 概要

		最終更新日	平成 27 年 8 月 24 日
プログラム(又は施策)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		
プロジェクト名	社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト	プロジェクト番号	P11006
担当推進部/担当者	機械システム部/奥谷英司(平成 23 年 3 月～平成 23 年 9 月) 技術開発推進部/奥谷英司(平成 23 年 9 月～平成 26 年 3 月) ロボット・機械システム部/奥谷英司(平成 26 年 4 月～平成 27 年 8 月現在)		
0. 事業の概要	<p>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。</p>		
事業の位置付け・必要性について	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>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。</p>		
研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>研究開発項目 グリーンMEMSセンサの開発</p> <p>店舗、製造現場及びオフィスなどのアプリケーションでの共通的なセンシング機能として、その使用状況から特別な追加工事等を伴うことなく設置可能であることが重要であり、それを踏まえた以下のMEMSセンサ(検出部)の研究開発を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電流・磁界センサ</li> <li>・塵埃量センサ(空調・換気制御に影響を与えるもの)</li> <li>・ガス濃度センサ(空調・換気制御に影響を与えるもの)</li> <li>・赤外線アレーセンサ</li> <li>・その他</li> </ul> <p>上記の研究開発により以下のセンサを開発する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・MEMSセンサの大きさは、面積2cm×5cm以下</li> <li>・すべてのセンサについて、平均消費電力は100μW以下</li> </ul>		
	<p>研究開発項目 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</p> <p>マイクロシステム集積化技術、超小型高効率自立電源、超低消費電力無線通信技術等の開発を行い、無線通信機能を有する自立電源を搭載した超小型で超低消費電力なグリーンセンサ端末を開発する。また、通信に使用する電波帯域において、従来よりも高いS/N比で送受信が可能となる通信技術を開発するとともに、多元接続に対しても受信ができる高性能受信機技術を開発する。</p> <p>上記の研究成果により、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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・温度5~35℃、室内照明下等、研究開発項目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</li> <li>・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</li> <li>・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1,000以上、受信感度-130dBm以下の受信機を開発</li> </ul>		
	<p>研究開発項目 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</p> <p>(1) プロトタイプセンサ端末を活用したセンサネットワークシステムを試作し、店舗、製造現場及びオフィスなどの実環境下を想定した検証実験を行って、グリーンMEMSセンサ、グリーンセンサ端末及びグリーンセンサネットワークシステムの詳細仕様の抽出を行う。</p> <p>(2) グリーンセンサ端末群と高性能受信機により、グリーンセンサネットワークシステムを構築し、店舗、製造現場及びオフィスなどの実環境下で実証実験を行い実用に求められる機能を検証する。</p> <p>上記により、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</p>		

	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。					
事業の計画内容	主な実施事項	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	
	グリーン MEMS センサの開発	→				
	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	→				
	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	→				
	研究開発成果等の他分野での先導的研究			→		
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載)(単位:百万円)	会計・勘定	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	総額
	一般会計			894	593	1,487
	特別会計(需給)	730	894			1,624
	総予算額	730	894	894	593	3,111
	(委託)	-	-	223	-	223
契約種類:共同研究(NEDO負担率2/3)	(共同研究):負担率2/3	730	894	671	593	2,888
開発体制	経産省担当原課	産業技術環境局研究開発課				
	プロジェクトリーダー	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				
	委託先	技術研究組合 NMEMS 技術研究機構 (組合員) 1.株式会社アルバック、2.株式会社NTTデータ、3.オムロン株式会社、4.オリンパス株式会社、5.住江織物株式会社、6.セイコーインスツル株式会社、7.株式会社セブン-イレブン・ジャパン、8.ダイキン工業株式会社、9.大日本印刷株式会社、10.高砂熱学工業株式会社、11.株式会社デンソー、12.東京電力株式会社、13.株式会社東光高岳、14.日清紡ホールディングス株式会社、15.株式会社日立製作所、16.横河電機株式会社、17.ローム株式会社、18.独立行政法人産業技術総合研究所、19.一般財団法人マイクロマシンセンター、20.国立大学法人東京工業大学 (再委託先)国立大学法人東京大学、国立大学法人信州大学				
情勢変化への対応	研究開発項目 ~ で得られた成果については低炭素社会の実現に寄与するばかりでなく、我が国の喫緊の社会課題である社会インフラ、農業や健康医療分野等においても寄与できるものと考えられる。これらの成果等の応用も睨みつつ、前述の社会課題解決にセンサシステムが寄与し、しかも広く普及されるためには、センサシステムに対する具体的な課題、必要とされる性能について先導的な研究、調査が必要であり、「研究開発項目 研究開発成果等の他分野での先導的研究」を平成25年度に追加して実施した。					
評価に関する事項	事前評価	22年度実施 担当部 機械システム部				
	事後評価	27年度 事後評価実施				
研究開発成果について	<p>【事業全体】 本事業は、「研究開発項目 グリーン MEMS センサの開発」、「研究開発項目 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」、「研究開発項目 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」で構成されており、いずれの研究開発項目についても、基本計画に掲げた目標を達成した。そして、これらの目標を達成したことにより、無線通信機能、自立電源機能及び超低消費電力機能を有する革新的センサを開発し、開発した革新的センサを用いたネットワークシステムを構築・実証し、事業全体の目標を達成した。</p> <p>【個別テーマ】 研究開発項目 グリーン MEMS センサの開発</p>					

開発した全てのセンサにおいて目標を達成した。成果の詳細は以下の通り。

(1)電流磁界センサ

サイズが 1.5mm×0.6mm×0.5mm で 100pT から 1mT の磁界を検出可能な小型なセンサ部を用いて、電流検出感度が 1mA から 500 A の幅広いレンジに対応した設計ができることを確認した。自立電源と無線通信機能を搭載したサイズ 2cm×5cm、平均消費電力 65μW の電流・磁界センサ端末の開発に成功し、実証実験により電流・磁界センサが実用レベルであることを示した。

(2)塵埃センサ

センササイズ 2cm×5cm×2cm にて動作を確認、トリガーセンサによるイベントドリブン駆動により、平均消費電力 96μW を達成(1sec 動作、1024sec 間隔で試算)した。イベントドリブン駆動に対応して空調の出力を変化させる時システムを提案し、これにより、現在の空調制御システムと比較し約 70%の出力削減が可能であることを試算により確認した。

(3)CO<sub>2</sub> 濃度センサ

ガス吸着部のイオン液体の固体薄膜化、電極部の小型化設計により、センササイズ 1cm×1cm を作製可能とし、端末サイズ 2cm×5cm 以内を実現した。想定アプリケーションより 10 倍頻度が高い計測(1 分毎に計測)においてもセンサの消費電力は約 40μW を確認した。

(4)VOC 濃度センサ

ポリマーを用いた共振式 VOC 濃度センサモジュールと無線端末(産総研)と有機太陽電池ユニット(東工大、日清紡(株))を搭載した、サイズ 2cm x 5cm x 3cm、平均消費電力 36 μW で駆動するセンサネットワーク用 VOC 濃度センサを実現した。

(5)赤外線アレーセンサ

ウェハレベル真空封止によりサーモパイル型赤外線センサ素子を小型・高感度化した。更に、レンズ・センサチップ、および処理回路の積層により、サイズ 2cm×5cm を実現した。サーモパイル赤外線センサ素子の高速応答性により、温度データ取得時間を短縮、更にモジュールの間欠動作・可変フレームレート機能の搭載により、1 回/分測定にて平均消費電力 95μW を達成した。

研究開発項目 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

全ての目標を達成した。成果の詳細は以下の通り。

(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

室内照明下、平均出力 150μW 以上、端末サイズ 2×5cm 以下の発電・蓄電一体型電源モジュールの開発として、室内照明に適した有機半導体と電荷輸送ロスの低減に有効なナノファイバー構造の利用により室内の低照度環境下で 2×5cm のサイズで、150μW 以上の出力を達成した。また自立電源モジュールの 40% RH95% で 2 年以上の耐久性を確認し、実証環境下で 6 カ月以上の安定に動作することを見出した(評価継続中)。

(2)超小型高効率及び低照度環境向け自立電源システムの開発

2cm×5cm の超小型高効率屋内用自立電源の開発として、500ルクス下での自立電源の平均出力の目標値を達成した(1.8V 出力型 166.1μW、3V 出力型 150.7μW)。さらに、スマートオフィス実証用に自立電源駆動 GSN (グリーンセンサネットワーク) 送信機/GCON 受信機(920MHz)を開発し、各グリーンセンサ実証現場で、1.8V 出力型/3V 出力型自立電源、GSN 送信機/GCON 受信機の機能検証と省エネ実証に貢献した。

2cm×5cm 以下のフレキシブルクランプ式電流センサの開発として、400 巻き以上のフレキシブルコイル構造を備えた、サイズ 2cm×5cm 以下のフィルム型(厚さ 100μm)フレキシブルクランプ式電流センサの製造プロセスを開発し、実際のセンサ試作に成功した。センサを 15 程度接続して使用することで 3V/30A を超える変換効率が得られることを確認した。

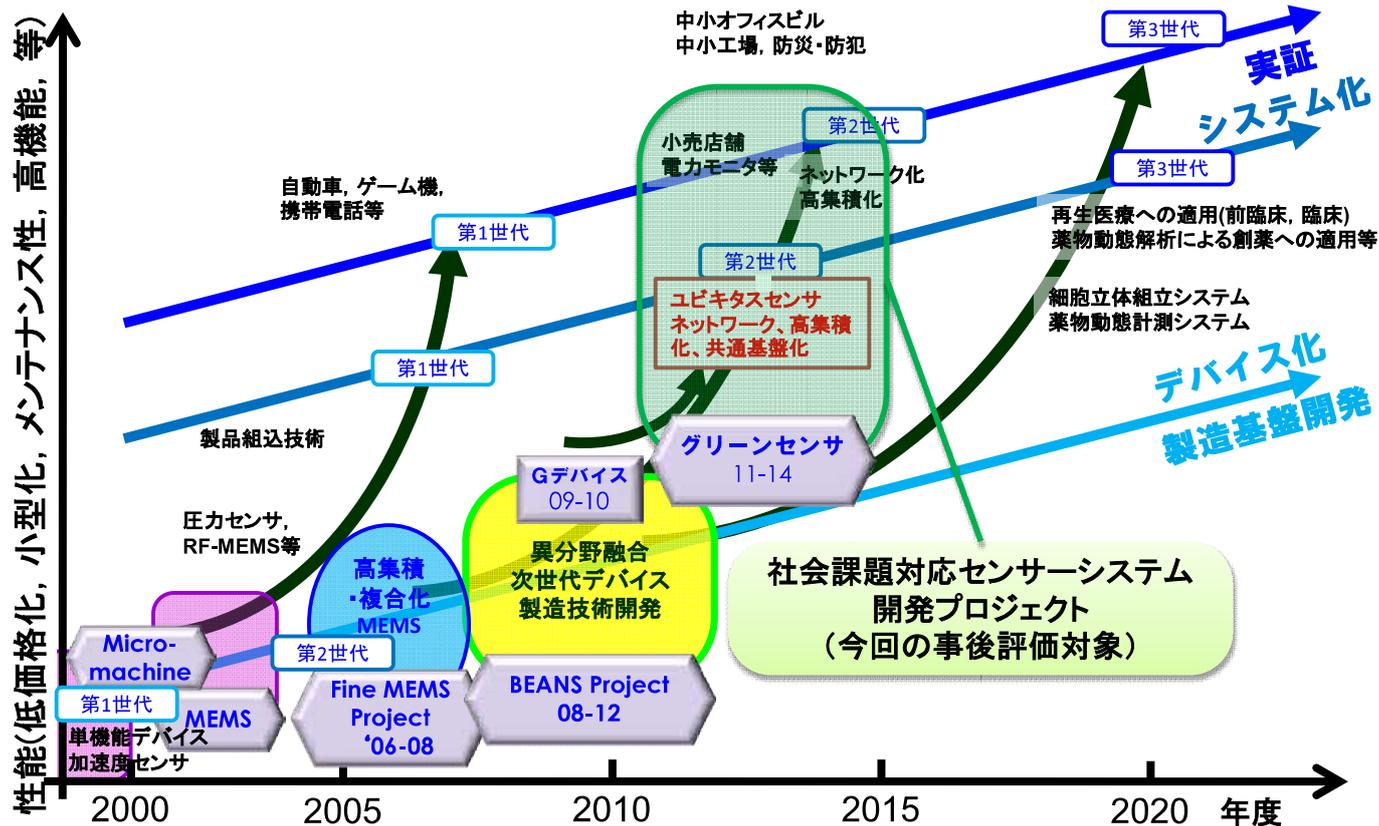
(3)グリーンセンサ端末機能集積化および低消費電力無線通信技術の開発

微小な環境発電エネルギーを高効率に利用する端末エネルギーマネジメントアルゴリズムをハードウェア実装した端末用 LSI(1.2 x 3.0 mm)を開発し、自立電源の高効率化と端末起動時間の短縮効果を確認した。低電力化により不足する精度を補償するデジタル補正アルゴリズムをハードウェア実装した端末用 LSI(2.5 x 3.0mm)を開発し、低電力性能を確認した。ウェハレベルフレキシブル集積化技術の開発実証として、信号処理・無線通信カスタム LSI、水晶振動子、R/C 部品を実装した 3mm 角の実装モジュールを開発し、市販部品と組み合わせてセンサ端末機能を実証した。低リーク大容量キャパシタ作製に向けた取り組みとして、センサ信号処理及び無線通信用 RF-IC に必要な外付け受動部品(キャパシタ 11 個、およそ 1μF)を Si インターポーザ上に集積する技術を開発し、端末本体チップの動作を実証した。これにより、従来の外付け受動部品の実装領域が不要となり、端末本体部チップを、3mm 角に小型化することに貢献した。また、高密度 Via キャパシタ形成の為にエッチング技術として、従来加工法比で約 2 倍の高スループット化を達成し、デバイス製造の低コスト化に貢献できるエッチングプロセス技術を開発した。さらに、この高密度 Via キャパシタを内蔵したシリコンインターポーザを開発し、RF-LSI や受動部品を実装・集積し無線機能のワンチップ化を実現した。超低消費電力無線通信技術の開発では、300MHz 帯用と、900MHz 帯用の 2 つのアナログフロントエンド基板をデジタル処理基板に接続し、同時受信可能な受信機を開発した。シミュレーションにより、1000 端末の場合には 20s 以上の間欠時間であれば 1%以下の電文衝突確率で受信できることを明らかにした。開発した受信機から -130dBm の信号を受信できる仕様を示し、理論的に開発した通信プロトコルを用い、1%以下のシンボル誤り率で -130dBm の信号を受信できることを明らかにした。

	<p>(4)グリーンコンセントレータの開発          グリーンコンセントレータ(GCON)の開発では、3G/LTE、WiFi、920・315MHzの各無線ユニットに対応したコンセントレータを開発した。また、データ受信に関しては内部テストにて3000個までの内部データ処理が可能であることを確認した。全ての実証現場においてGCONの有効性を確認し、各省エネ実証の目標達成に貢献した。最長で約1年間にわたる実証実験を行い、クラウドへのデータ送信率約90%を達成した。</p> <p>研究開発項目 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          全ての目標を達成した。成果の詳細は以下の通り。</p> <p>(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          約2,000店舗に約16,000のセンサ端末を実装し、3年間にわたりデータを収集した。約30,000の端末を試作実装し、無線電流センサの製造・検査・メンテ等のフィジビリティを検証し、この結果を基に具体的な仕様を抽出した。2014年、1,860店舗で10%の省エネを実現した(2012年比)。</p> <p>(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          中小オフィス用グリーンセンサネットワークシステムでは、単一種類センサ(赤外線アレセンサ)で、複数設備(空調+照明)/複数省エネ手法を運用できるシステムを開発した。複数オフィス[大阪、東京]にシステムを構築し、機能検証を行い、両物件とも、夏期/中間期/冬期の各期間において10%以上の省エネを達成した。大規模商業ビル用グリーンセンサネットワークシステムの開発では、3種類の大規模商業ビルにグリーンセンサネットワークシステムを構築した。大規模商業ビルに有効なセンサとして、電流、温湿度、CO<sub>2</sub>、赤外線アレセンサを抽出し、要求仕様や省エネ手法を整理し、オンラインリアルタイム表示の「室内環境の見える化システム」を開発し、省エネ量の試算を行い、10%以上の省エネ効果を確認した。</p> <p>(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          自社工場および主要製造業種9業種15サイトにおいて実証を行い、安価で施工性の高い電流センサおよびネットワークシステムの開発(試作・I/F開発等)を実施した。センサデータに基づく省エネルギー(または電力ピーク抑制)シミュレーションのため、センサデータに基づく生産工程の稼働/非稼働(待機電力)自動判定プログラム、電力ピークシフトシミュレーションプログラムを試作・構築した。これにより10%以上/事業所の省エネ効果(電力ピーク抑制効果10%以上/事業所)を大きく上回ることを確認した。</p> <p>植物工場における実証実験として、対象をいちごの栽培室とし、高湿度環境で明暗期もある環境において、開発した自立電源を搭載したセンサ端末を用いて、24時間連続で安定動作可能なセンサシステムを開発した。植物工場内にセンサ端末をきめ細かく設置することにより栽培区画毎の環境情報を可視化し、栽培環境を均一化すると同時に過剰制御を改善した結果、約12%の省エネ効果を確認した。</p>		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="392 1176 619 1211">投稿論文</td> <td data-bbox="619 1176 1476 1211">「査読付き」17件、「その他」1件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」17件、「その他」1件
投稿論文	「査読付き」17件、「その他」1件		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="392 1211 619 1272">特許</td> <td data-bbox="619 1211 1476 1272">「出願済」52件(うち国際出願11件)、「登録」3件、「実施」0件 特記事項：-</td> </tr> </table>	特許	「出願済」52件(うち国際出願11件)、「登録」3件、「実施」0件 特記事項：-
特許	「出願済」52件(うち国際出願11件)、「登録」3件、「実施」0件 特記事項：-		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="392 1272 619 1339">その他の外部発表(プレス発表等)</td> <td data-bbox="619 1272 1476 1339">「学会発表・講演」122件、「プレス発表・新聞・雑誌への掲載」12件、「シンポジウム、展示会、成果報告会、その他」111件</td> </tr> </table>	その他の外部発表(プレス発表等)	「学会発表・講演」122件、「プレス発表・新聞・雑誌への掲載」12件、「シンポジウム、展示会、成果報告会、その他」111件
その他の外部発表(プレス発表等)	「学会発表・講演」122件、「プレス発表・新聞・雑誌への掲載」12件、「シンポジウム、展示会、成果報告会、その他」111件		
<p>・ 実用化・事業化の見通しについて</p>	<p>基本計画において、事業終了後3年以内の実用化を目標としており、以下のとおり、目標を達成できると見込まれる。</p> <p>&lt;実用化の現状&gt;          本事業においては、参画している企業は出口イメージを明確に持って参画しており、企業により実用化予想時期は異なるが、早いものでは本事業の成果を活用した人感センサを2015年度上期から主として実証実験を目的とした販売を開始している。また、ファクトリ実証用に試作した電流センサについては、2015年度中の製品化を目指している。開発のマイルストーンも明確になっており、成果の実用化の可能性は高いと考える。</p> <p>&lt;効果検証及びコンソーシアム間の連携による実用化への期待&gt;          店舗環境については、コンビニエンスストア約2,000店舗にセンサネットワークを構築し10%の省エネ効果(この削減量は一般家庭約8千世帯の消費電力に相当)を実証した。また、工場・事業場環境においては、9事業種15事業所において省エネ効果及びピーク抑制効果を実証し、ビジネス化に向けたセンサコスト低減の可能性及びセンサの顧客受容性等を確認した。さらに、オフィス環境においては、フロア全体の温度分布・人位置の見える化に基づく省エネ指示(空調・換気・窓開閉)により、10%以上の省エネ効果が得られることを実証し、市場ニーズの観点からセンサ端末に求められるコストを整理した。これらを通じて、事業実施期間内に、プロジェクトに参画しているセンサメーカー、インテグレータ、ユーザまでの企業が共にプロトタイプセンサを設計・試作、センサネットワークを構築・実証し、実用に求められる機能を検証できたことで、より速やかに成果の実用化・製品化が可能となった。各企業内での実用化とともに、必要なテーマについてはNEDOの実用化を促進する制度を活用して社会実装につなげてゆくことも検討している。</p> <p>&lt;オープンな枠組み&gt;          また、GSN(グリーンセンサネットワーク)システムを実用化・社会実装可能にするために、自立電源で駆動するセンサ端末およびそれを用いたネットワークシステム、端末-受信機間の低消費電力無線方式の特許網の構築を行った。この中で、自立電源端末のネットワーク化の鍵を握るセン</p>		

	<p>サネットワークシステムの特許 1 件は、国内登録を完了し(外国出願中)、その他センサ端末の特許 2 件も国内登録を完了した。これらの特許は、組合知財規定の「成果の利用・普及に関する指針」の中で、組合員以外の第 3 者に対しても実施許諾できる、オープンな枠組みを設定した。今年中に組合(組合員：33 社、1 大学、1 国立研究開発法人、1 団体)のホームページによる GSN プロジェクトの成果である特許権の情報提供及び特許権の利用を希望する第三者からの問合せへの窓口構築を行う予定である。さらに、組合員である一般財団法人マイクロマシンセンターの MEMS 協議会の下に、MEMS 関連企業・組合参画企業・産総研を主要メンバーとする「スマートセンシング &amp; ネットワーク研究会」を発足させ、プラットフォーム特許の普及促進を図っていくこととした。</p> <p>&lt;波及効果&gt;</p> <p>本事業でセンサネットワークを実際に構築し、様々な環境における省エネ効果を実証できたことにより、センサネットワークによる他分野への効果の期待が高まり、2014 年度からの確にインフラの状態を把握できるモニタリングシステムの開発が「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の中で開始された。また、このプロジェクトにおいては、本事業で得られた低消費電力の通信方式や低消費電力 LSI 等のプラットフォームにおける技術等の成果も活用でき、本事業による技術的、社会的な波及効果は大きいと考える。</p>	
<p>・基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>平成 23 年 3 月 作成</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>平成 25 年 3 月 改訂(一般勘定への変更に伴う根拠法の変更、プロジェクト名称の変更、研究開発項目 の追加による変更)</p>

## MEMS関連プロジェクトの流れ



## 研究開発目標

基本計画に示す研究開発の目標は以下のとおり。

- これらの目標は、「I 事業の位置づけ・必要性について」に前述したとおり、国内外の技術動向、市場動向を踏まえたもの
- これから大きくなってゆくと考えられるセンサネットワークの市場に対し、我が国は先進的なセンサ開発に強みがあり、本研究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

### ①アウトプット目標

本研究開発は、平成26年度末において、無線通信機能、自立電源機能及び超低消費電力機能を有する革新的センサを開発する。なお、開発するセンサは、事業終了後3年以内の実用化を目指した、安価な小型センサとする。また、開発した革新的センサを用いたネットワークシステムを構築し、実証する。

### ②アウトカム目標

これらの取り組みにより開発した革新的センサを用いた統合的エネルギー制御システムが構築され、エネルギー消費量の見える化・制御を行うことにより、10%以上の省エネ効果が見込まれる。また、こうしたユビキタスセンサネットワークの普及により1.2兆円の市場創出が期待できる。

## 研究開発項目と達成目標(1)

- 本研究開発の目的・目標を実現してゆくため、単なる研究開発ではなく、既存技術を総合して開発を行い、実用化のための実証を含んだプロジェクトとして設計
- 技術開発動向等を踏まえ、目標達成を判断できる具体的な開発項目を設定

基本計画に示す研究開発項目及び内容は以下①～③のとおり。

### 研究開発項目① グリーンMEMSセンサの開発

店舗、製造現場及びオフィスなどのアプリケーションでの共通的なセンシング機能として、その使用状況から特別な追加工事を伴うことなく設置可能であることが重要であり、それを踏まえた以下のMEMSセンサ(検出部)の研究開発を行う。

- 電流・磁界センサ
- 塵埃量センサ(空調・換気制御に影響を与えるもの)
- ガス濃度センサ(空調・換気制御に影響を与えるもの)(※CO2濃度センサ、VOC濃度センサの研究開発を実施)
- 赤外線アレーセンサ
- その他

(達成目標)

上記の研究開発により以下のセンサを開発する。

- MEMSセンサの大きさは、面積2cm × 5cm以下
- すべてのセンサについて、平均消費電力は100 μW以下

## 研究開発項目と達成目標(2)

### 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

マイクロシステム集積化技術、超小型高効率自立電源、超低消費電力無線通信技術等の開発を行い、無線通信機能を有する自立電源を搭載した超小型で超低消費電力なグリーンセンサ端末を開発する。また、通信に使用する電波帯域において、従来よりも高いS/N比で送受信が可能となる通信技術を開発するとともに、多元接続に対しても受信ができる高性能受信機技術を開発する。

(達成目標)

- 上記の研究成果により、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

- (1) プロトタイプセンサ端末を活用したセンサネットワークシステムを試作し、店舗、製造現場及びオフィスなどの実環境下を想定した検証実験を行って、グリーンMEMSセンサ、グリーンセンサ端末及びグリーンセンサネットワークシステムの詳細仕様の抽出を行う。
- (2) グリーンセンサ端末群と高性能受信機により、グリーンセンサネットワークシステムを構築し、店舗、製造現場及びオフィスなどの実環境下で実証実験を行い実用に求められる機能を検証する。

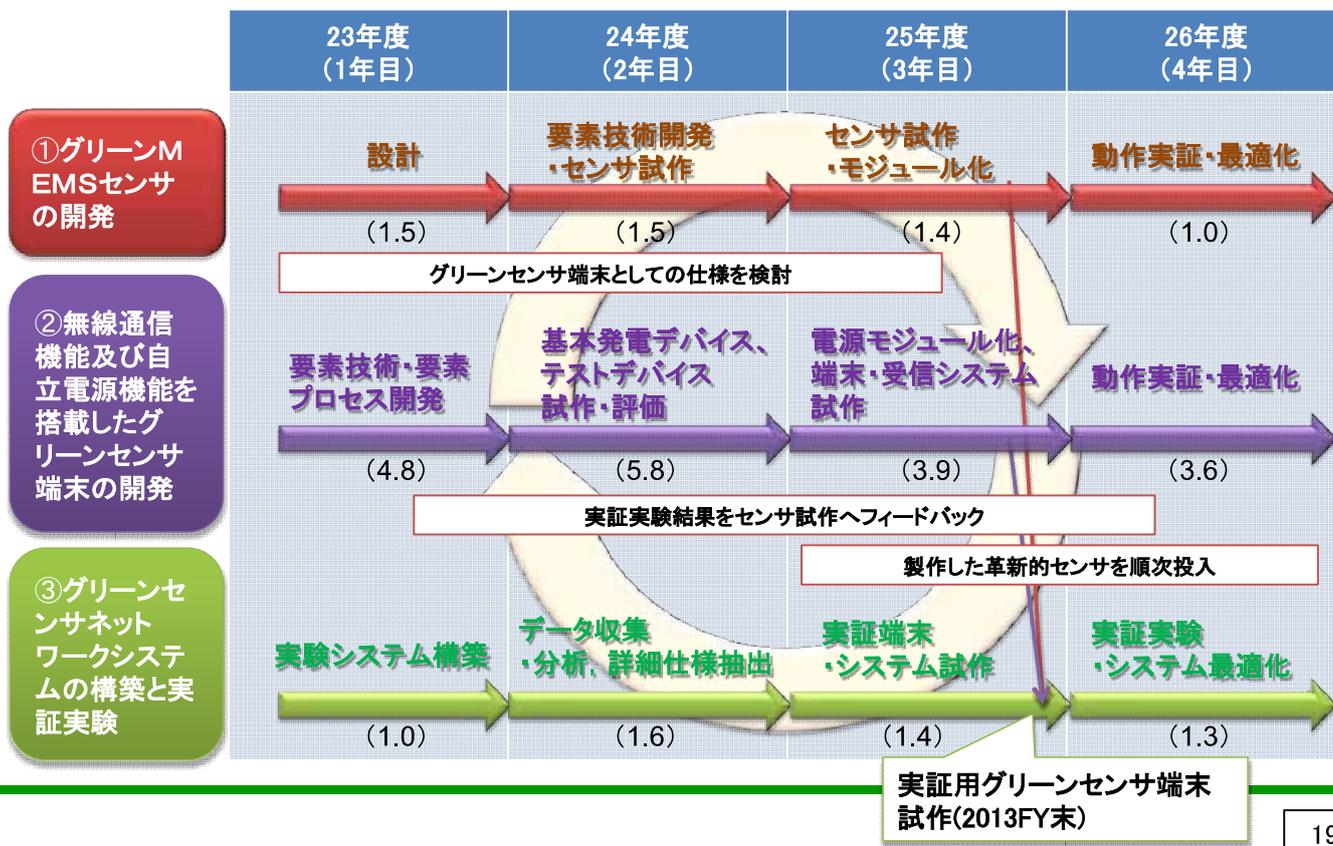
(達成目標)

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。

## 研究開発計画と予算

研究開発当初より、実証実験から研究開発へのフィードバックを実施

( )は予算(億円)



## 開発体制

関係者が密接に連携した一体的な開発体制を構築

