

# 「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) (2011年度～2014年度 4年間) プロジェクト概要(公開)

## 5.1 「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」

NEDO ロボット・機械システム部

2015年9月14日

# 発表内容

## 評価軸の中項目

## ポイント、内容

・事業の位置づけ・必要性



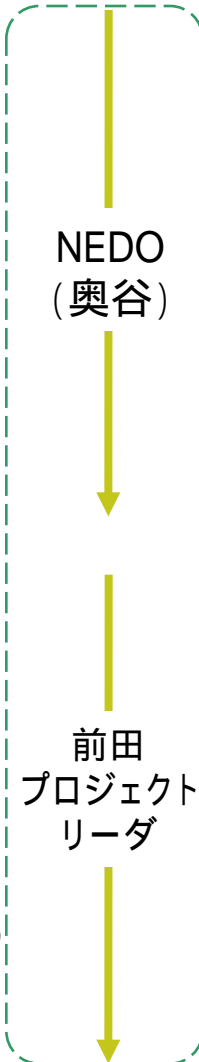
・研究開発マネジメント



・研究開発成果



・実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み



(1)NEDOの事業としての妥当性  
(2)事業の目的の妥当性

(1)研究開発目標の妥当性  
(2)研究開発計画の妥当性  
(3)研究開発の実施体制の妥当性  
(4)研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性  
(5)情勢変化への対応等

(1)目標の達成度と成果の意義  
(2)知的財産権等の取得及び標準化の取組  
(3)成果の普及

(1)成果の実用化・事業化の見通し  
(2)実用化・事業化に向けた具体的取組み

・政府の施策との関連性  
・MEMS技術戦略マップ  
・MEMS関連プロジェクトの流れ  
・課題及び事業の目的、概要

・研究開発目標と内容  
・プロジェクト全体像  
・研究開発計画  
・推進体制、開発体制  
・プロジェクトの运营管理(スケジュール、委員会・会議、広報等)  
・実用化に向けたマネジメント  
・情勢変化への対応

・研究開発項目の内容と役割分担  
・実証モデル別WGによる連携  
・開発したセンサ端末及び共通PF  
・目標と達成状況  
・開発した要素技術  
・実証の成果

・実用化・事業化の見通し  
(「実用化・事業化に向けた具体的取組み」については、別途説明)

## 政府の施策との関係性

### 本事業は、以下の政策に関連して実施

#### 新成長戦略(平成22年6月閣議決定)

##### グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略

- ü 低炭素投融资の促進、情報通信技術の活用等を通じて日本の経済社会を低炭素型に革新する。
- ü (中略)住宅・オフィス等のゼロエミッション化を推進する。
- ü エネルギー消費量や温室効果ガス排出量の「見える化」に関する仕組みの構築(中略)。

#### エネルギー基本計画(平成22年6月閣議決定)

##### 新たなエネルギー社会の実現

- ü 需要家が自らのエネルギー需給情報を詳細に把握することで、需要家側機器の制御や、需要家の主体的な行動変化を促す。これにより、さらなる省エネの進展や社会的コストの最小化を目指していく。

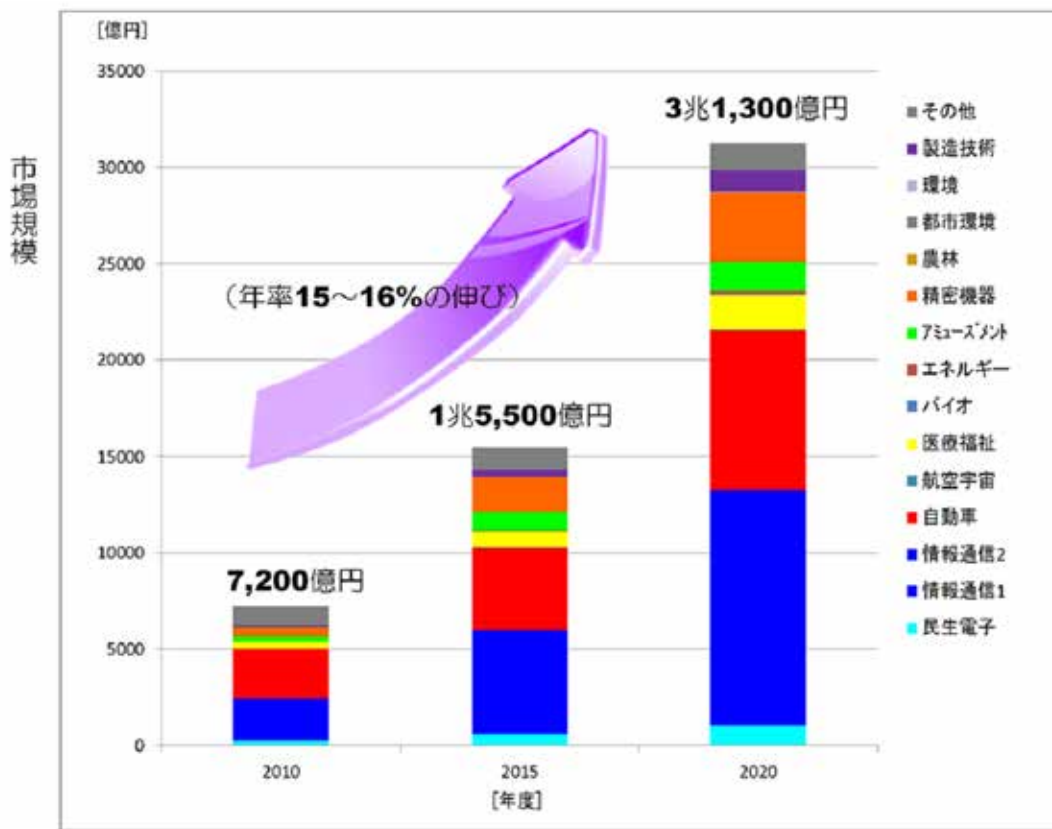
#### Cool Earth-エネルギー革新技术計画(平成20年3月経済産業省)

##### HEMS/BEMS/地域レベルEMS

- ü HEMS/BEMS技術としては、通信ハードウェア技術、家庭内/建物内センサネットワーク(全機器間通信)、マイクロセンシング技術、予測技術といった技術の開発が必要である。

## 政府の施策との関係性(MEMS技術)

MEMS技術は、自動車、各種製造機器、情報機器、通信機器、セキュリティなどの広範囲な分野において、わが国の産業競争力強化に貢献している。その応用範囲は、2020年には現状の機械・電子分野以外へもさらに拡大する見込み。



- センサの低コストでの小型化にはMEMS技術の活用が期待されている。
- MEMS関連市場については、今後も年率15-16%の伸びでの成長が見込まれる。
- センサ開発の小型化に伴って、ネットワークやITシステムあるいは機器・装置に組み入れられ、利便性の高い、社会的課題解決に資する“課題解決型MEMSデバイス技術”を活用したセンサネットワークシステムが創出されることが期待。

**MEMSを重要技術と考えて**  
**プロジェクトを設計**

国内MEMS関連市場の推移、出典：一般財団法人マイクロマシンセンター

# 政府の施策との関係性(MEMS技術)

## 経済産業省「ロボット・新機械イノベーションプログラム」にMEMS技術関連事業が位置付け



MEMS技術からアプリケーションへの広がり  
出典(一財)マイクロマシンセンター

社会的課題解決に資するセンサネットワークシステムを社会実装してゆくには必要な技術を総合して開発を行うとともに、実用化のための実証を含んだプロジェクトとして機器開発から社会実証までの幅広い連携が必要。



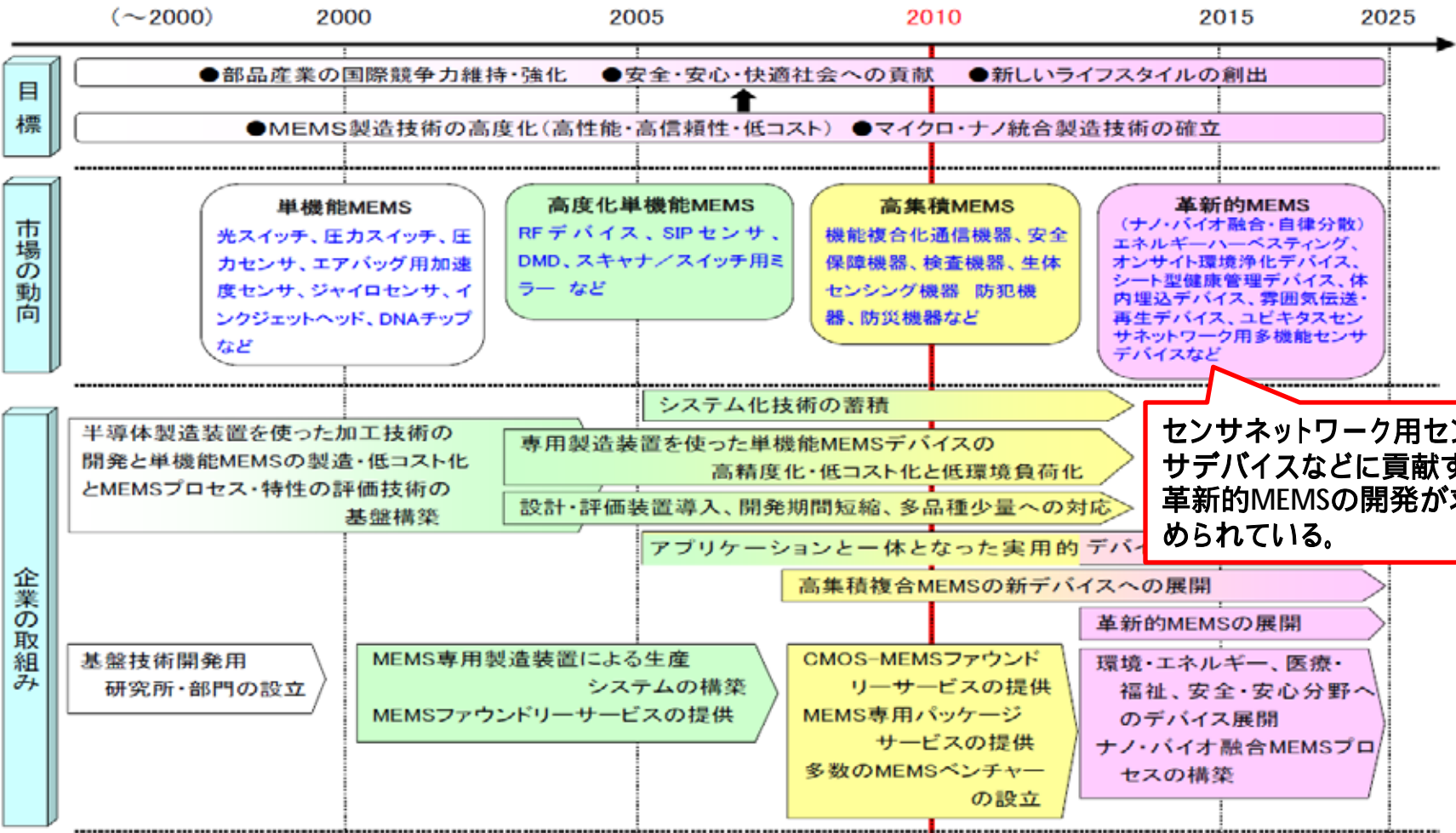
こうした事業については、民間のみでは資金面や各機関の利害に課題があり、十分な研究開発が見込まれないため、NEDOが実施することで、これらの課題を解決できると考えられ、**NEDOが関与する意義が高い。**



# MEMS技術戦略マップ(導入シナリオ)

政策等を踏まえて経済産業省が技術戦略マップを策定

## MEMS分野の導入シナリオ(1/3)



# MEMS技術戦略マップ(応用事例)

技術戦略マップでは、**センサネットワークに焦点**があてられ、社会課題を解決する具体的なシステムを対象として、MEMS・センサ等デバイスの将来像を、エネルギー・マネジメント・システムをはじめとして、6つの各分野において横断的見地から整理し、代表的な技術、課題及び方向性をとりまとめ、全体システムのイメージが掲示されている。

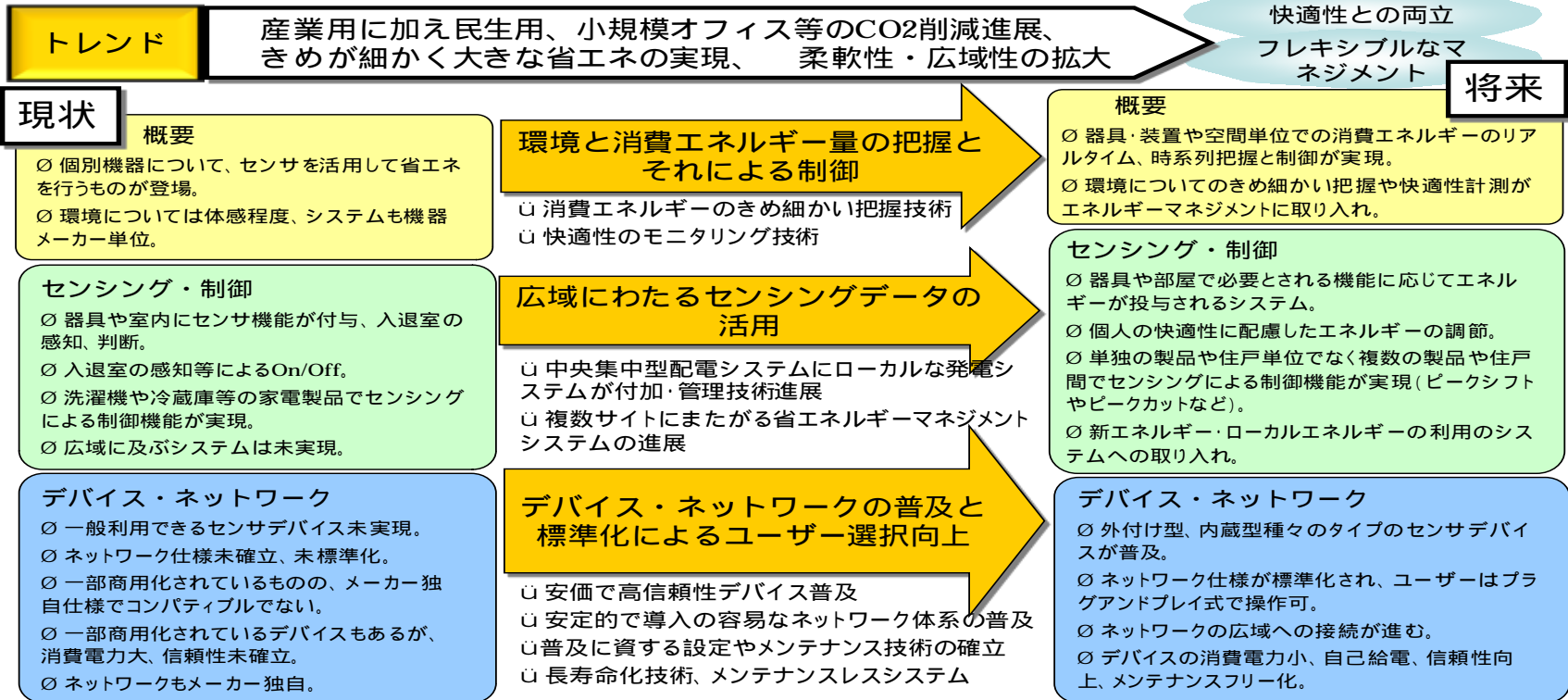
本研究開発の内容は、政策及び政策を踏まえて作成された技術戦略マップに合致。

応用事例 (エネルギー・マネジメントに資するセンサ技術)技術マップ  
~ 2020年のエネルギー・マネジメント・システムの姿 ~

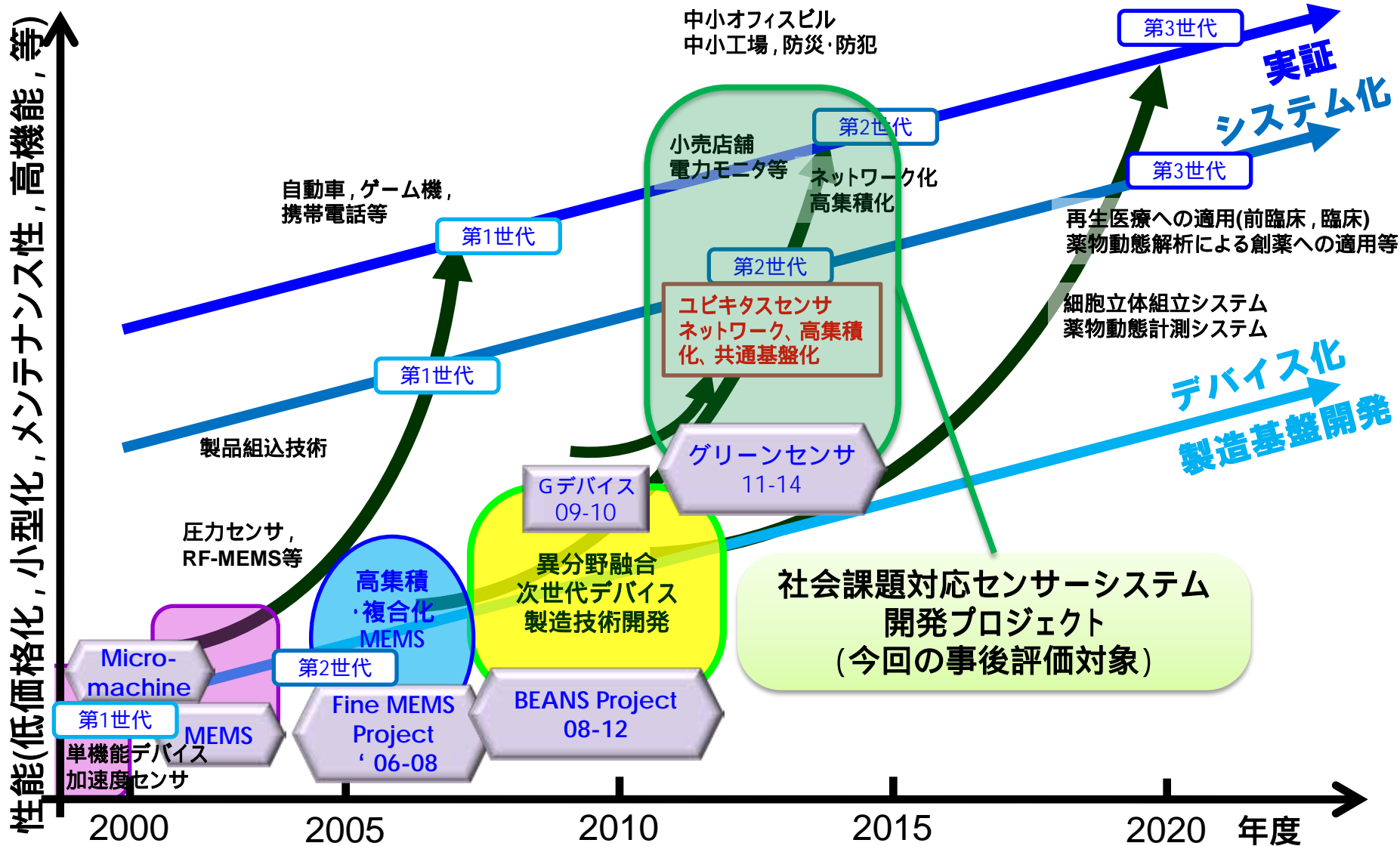
CO2削減 省エネ向上

快適性との両立  
フレキシブルなマ  
ネジメント

将来



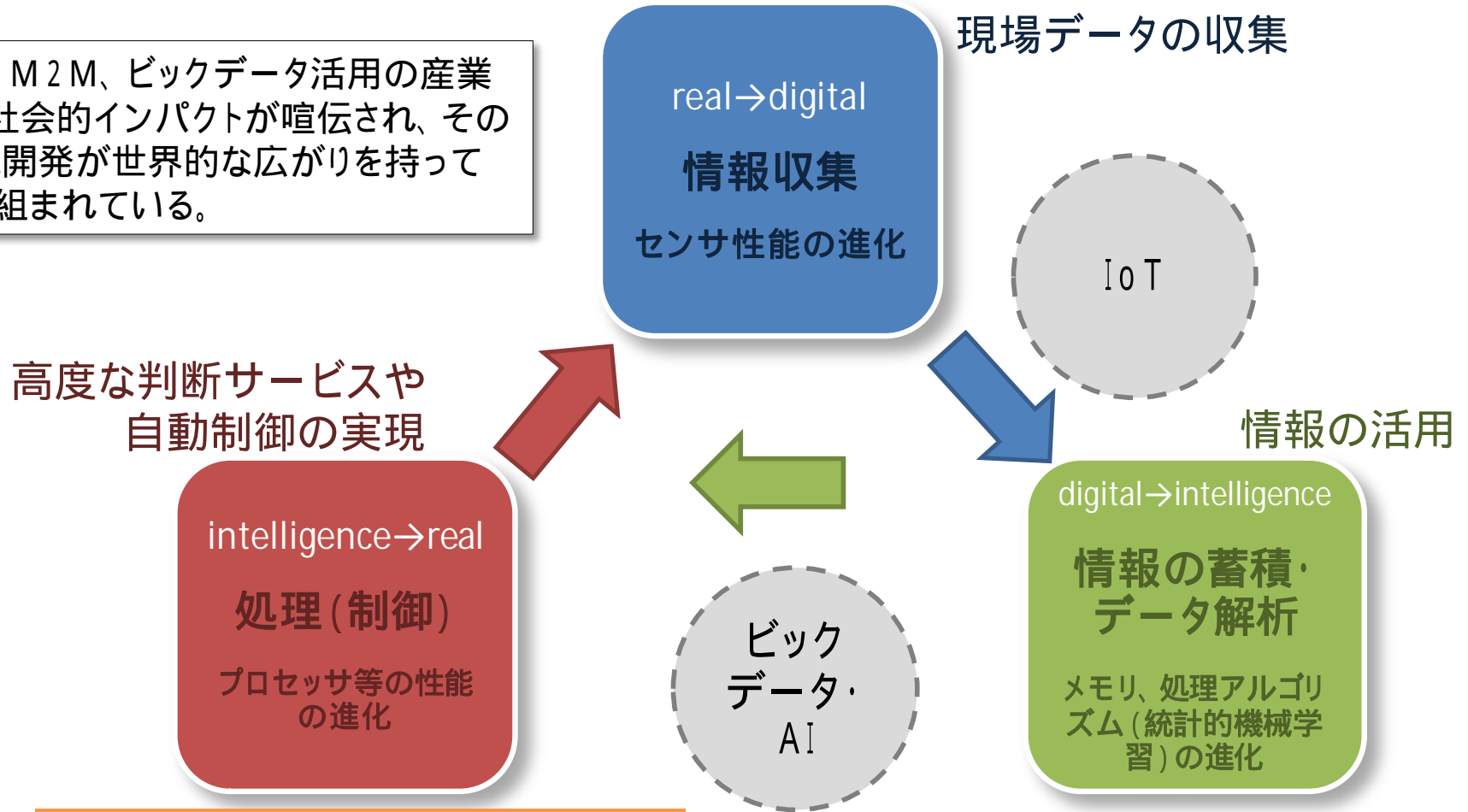
# MEMS関連プロジェクトの流れ





## 社会的背景

IoT、M2M、ビックデータ活用の産業的・社会的インパクトが喧伝され、その研究開発が世界的な広がりを持って取り組まれている。



- ・ 目的に応じた「最適な組合せ」
- ・ 異なる分野の機器、システムの連携

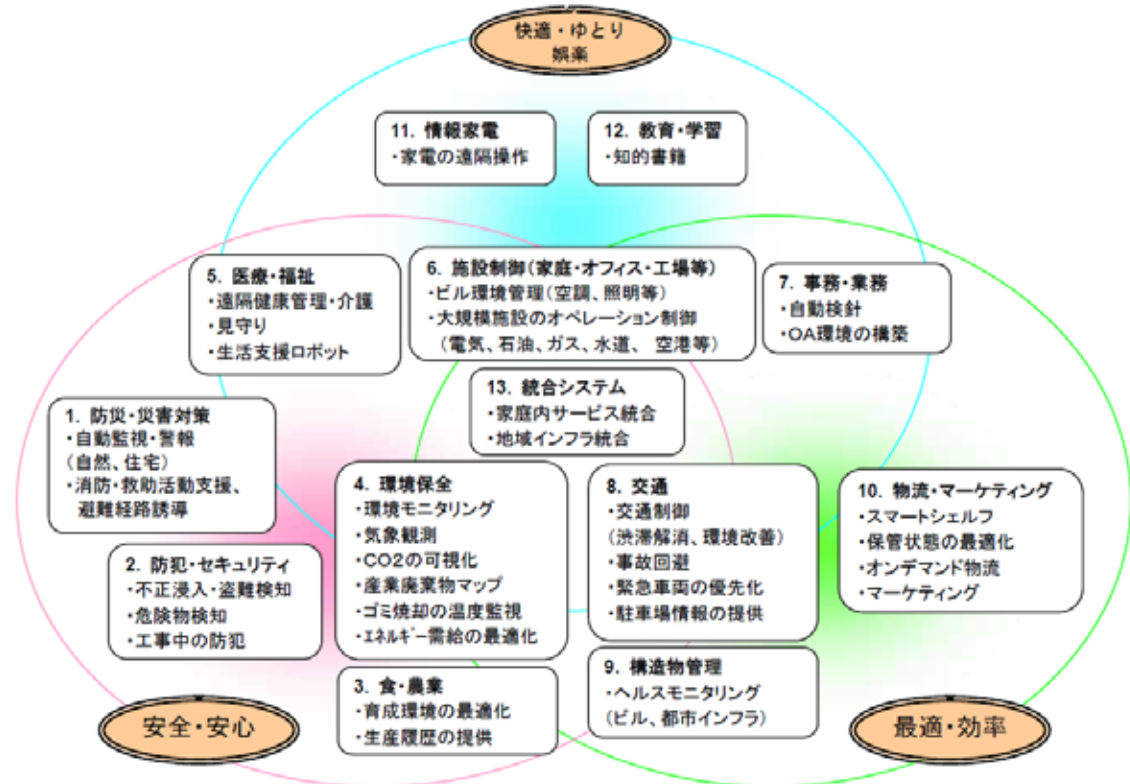
出典: 経済産業省の資料をもとにNEDOで作成

# 社会的背景

## センサネットワークを利用したアプリケーション

センサネットワーク技術により、これまで見えなかった、あるいは見てこなかった情報を「見える化」し、状況に即した様々なサービスの提供が可能となる。

しかしながら、現在、環境計測、農業、エネルギー、医療等の分野で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。



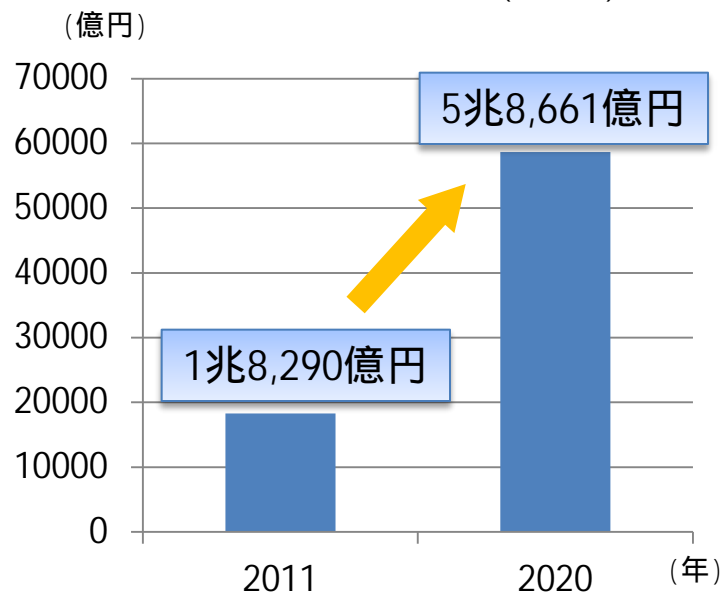
出典：総務省「ユビキタスセンサーネットワークの実現に向けて」最終報告

## 社会的背景

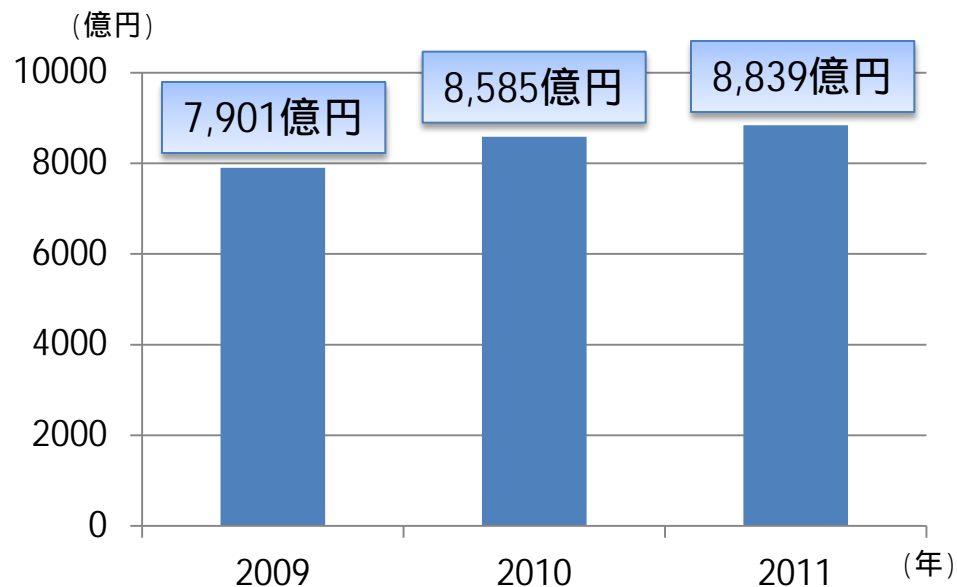
### センサ市場の現状

- 世界のセンサ需要額は、2011年に約1兆8,000億円と推計されており、2020年には約5兆9,000億円規模になると予想されている。
- 日系企業のセンサの出荷額は、2011年に約8,800億円と推計されている。

世界需要額推計(億円)



日系企業の世界出荷額(億円)



出典:「JEITAセンサ・グローバル状況調査」のデータをもとにNEDOで作成

## 社会的背景

### センサネットワークソリューションの現状

- 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である。
- センサネットワークソリューションの国内関連市場は、2010年に1兆2389億円になると予測されていたが、2010年に百数十億円(推定)となっており、期待されたほどセンサネットワークは普及していない。

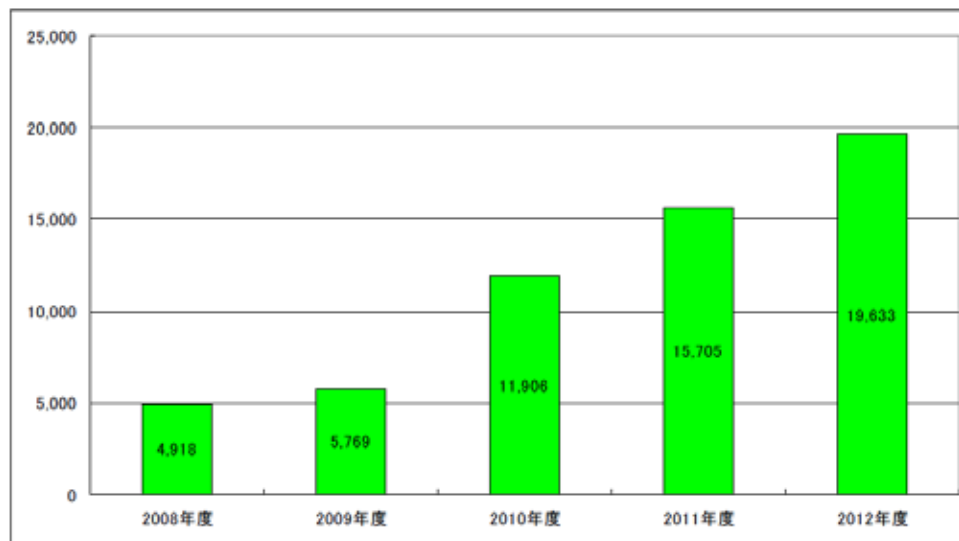
(億円)

分野	2007年	2010年
1. 防災・災害対策	1,720	2,629
2. 防犯・セキュリティ	3,487	4,224
3. 食・農業	16	21
4. 環境保全	35	50
5. 医療・福祉	108	158
6. 施設制御	370	648
7. 事務・業務	237	570
8. 交通	2,569	3,985
9. 構造物管理	54	65
10. 物流・マーケティング	25	39
	8,621	12,389

アプリケーション別の将来予測

出典:総務省「ユビキタスセンサーネットワークの実現に向けて」最終報告(2004年)

単位:百万円



センサネットビジネス主要27社・団体へのインタビューから「当該売上規模」(出典:ESP総研「2010年センサネットビジネス白書」)

## 課題及び事業の目的

### 課題

社会にセンサネットワークが普及しない理由として、

- ü 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
- ü 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
- ü 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

が指摘されており、これらを解決することがセンサネットワークの普及に必要。

### 目的

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。



# 事業概要・目的

## < 研究開発内容 >

### 1. 研究開発項目:

#### 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グリーン化を推進するために必要な、既存センサに比較し大幅に低消費電力となる小型のMEMSセンサ(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MEMSセンサの自立分散配置を可能とする電源機能、通信機能及び信号処理機能を搭載した端末(グリーンセンサ端末)の開発及び高感度受信システムの開発

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

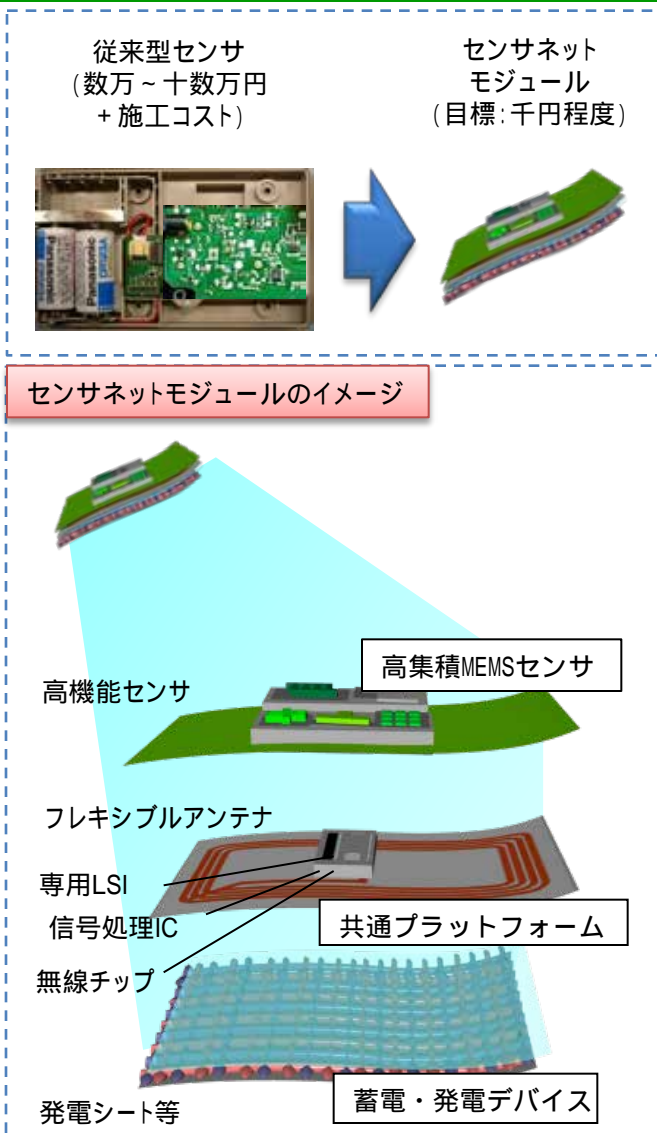
グリーンセンサ端末及び高感度受信機を用いたセンサネットワークシステムの構築及び実証実験

2. 研究開発期間: 平成23年7月～平成27年3月(3年9ヶ月)

3. 研究開発実績額(NEDO負担額): 28.9億円

(内訳) 23年度:7.3億円、24年度:8.9億円、  
25年度:6.7億円、26年度:5.9億円

なお、25年度に「研究開発項目 研究開発成果等の他分野での先導的研究」を追加して別の実施(実績額:2.2億円)



## 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、「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

### 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。

### 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 ~ のとおり。

### 研究開発項目 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。

- ・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 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 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

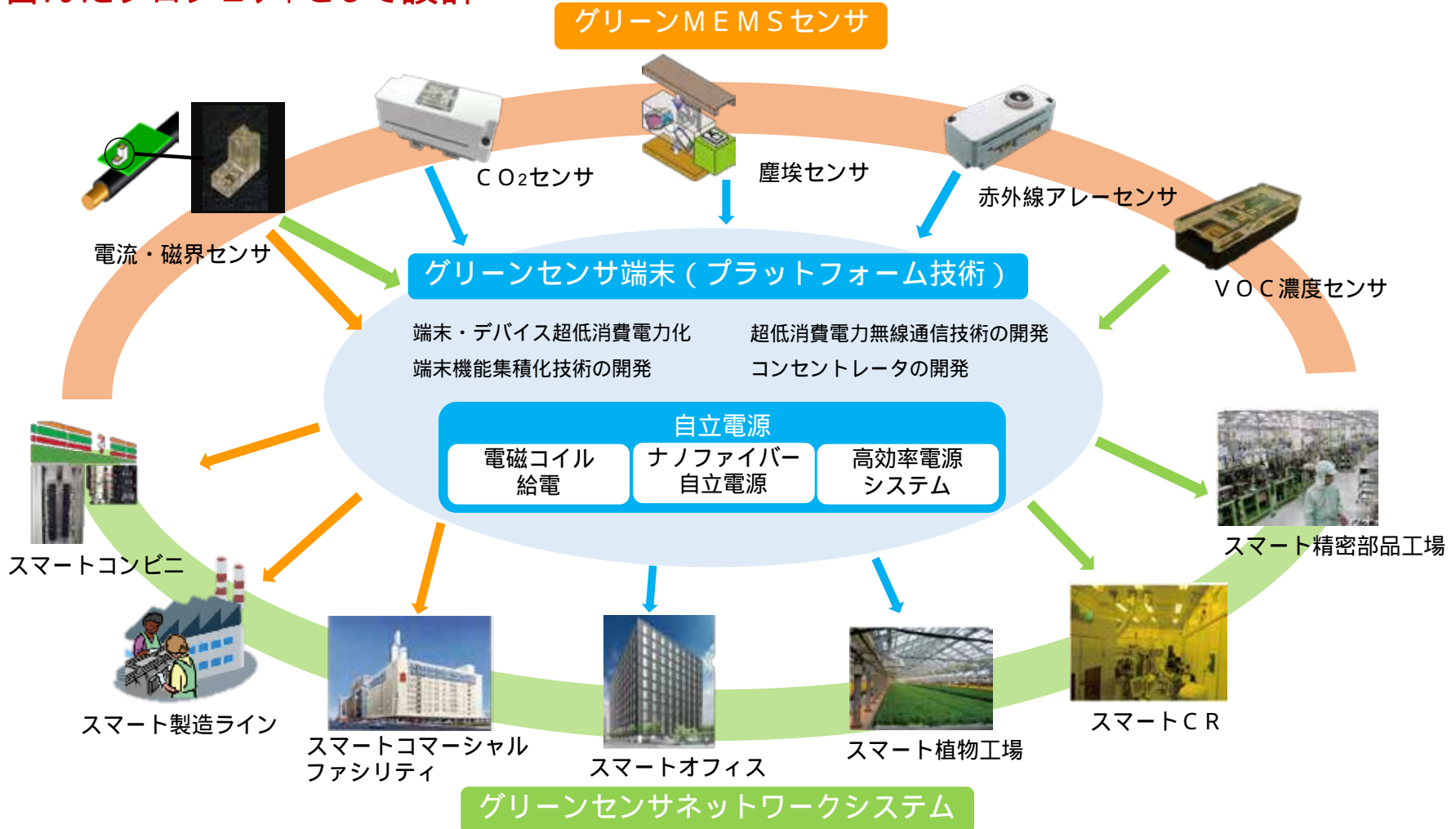
- (1) プロトタイプセンサ端末を活用したセンサネットワークシステムを試作し、店舗、製造現場及びオフィスなどの実環境下を想定した検証実験を行って、グリーンMEMSセンサ、グリーンセンサ端末及びグリーンセンサネットワークシステムの詳細仕様の抽出を行う。
- (2) グリーンセンサ端末群と高性能受信機により、グリーンセンサネットワークシステムを構築し、店舗、製造現場及びオフィスなどの実環境下で実証実験を行い実用に求められる機能を検証する。

(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。

# プロジェクト全体像

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実験を含んだプロジェクトとして設計

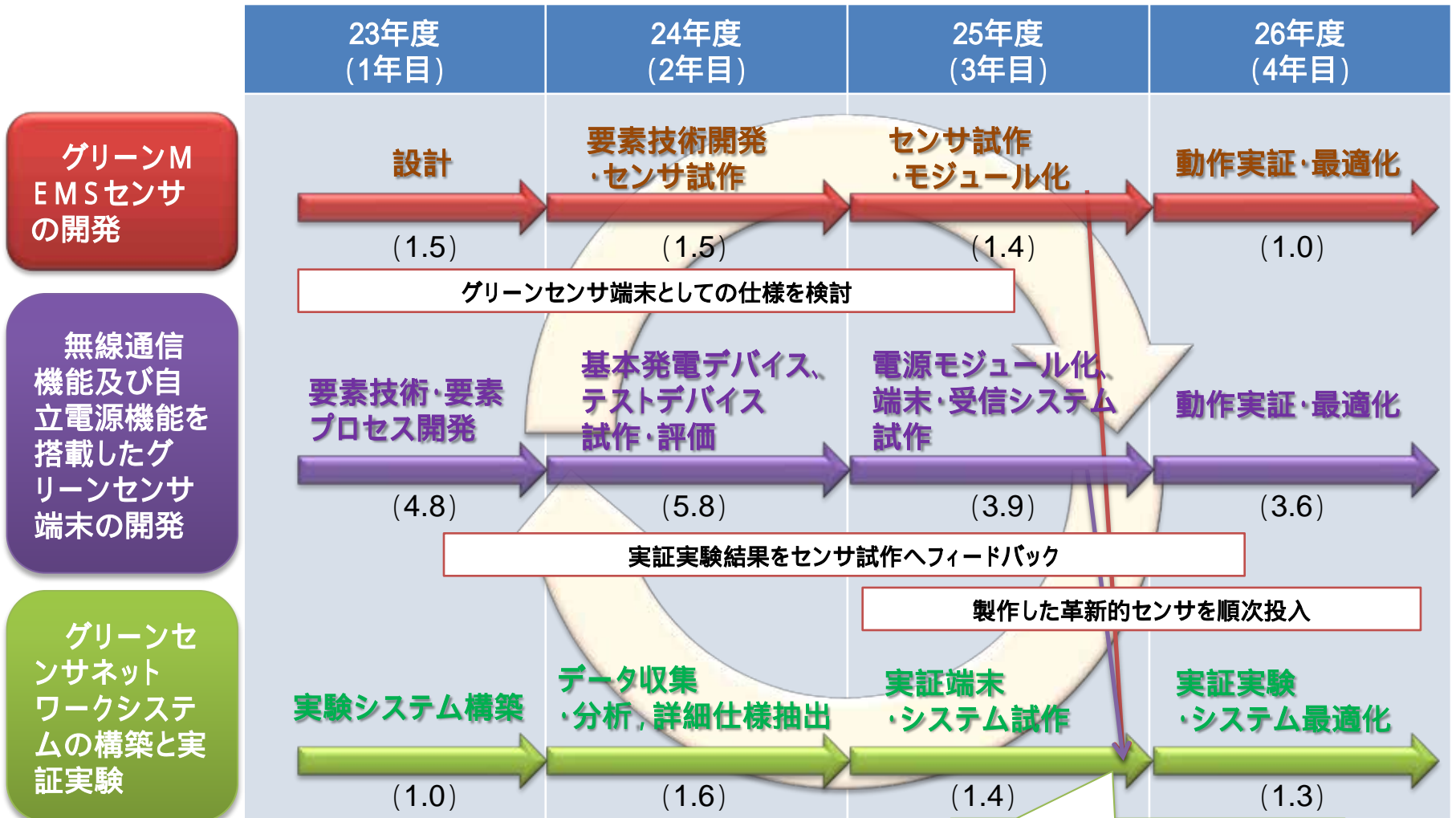




# 研究開発計画と予算

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)



実証用グリーンセンサ端末試作(2013FY末)

## 推進体制

センサメーカーからインテグレータ、ユーザまで企業、大学、国研等20機関が参画し、技術研究組合NMEMS技術研究機構を設立して、相互連携を有機的に推進

NEDO

プロジェクトリーダー:前田 龍太郎  
集積マイクロシステム研究センター センター長  
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

### 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  
(研究所長 前田 龍太郎)

つくば研究センター (産総研 東事業所)

大岡山センター (東京工業大学)

企業内研究実施拠点

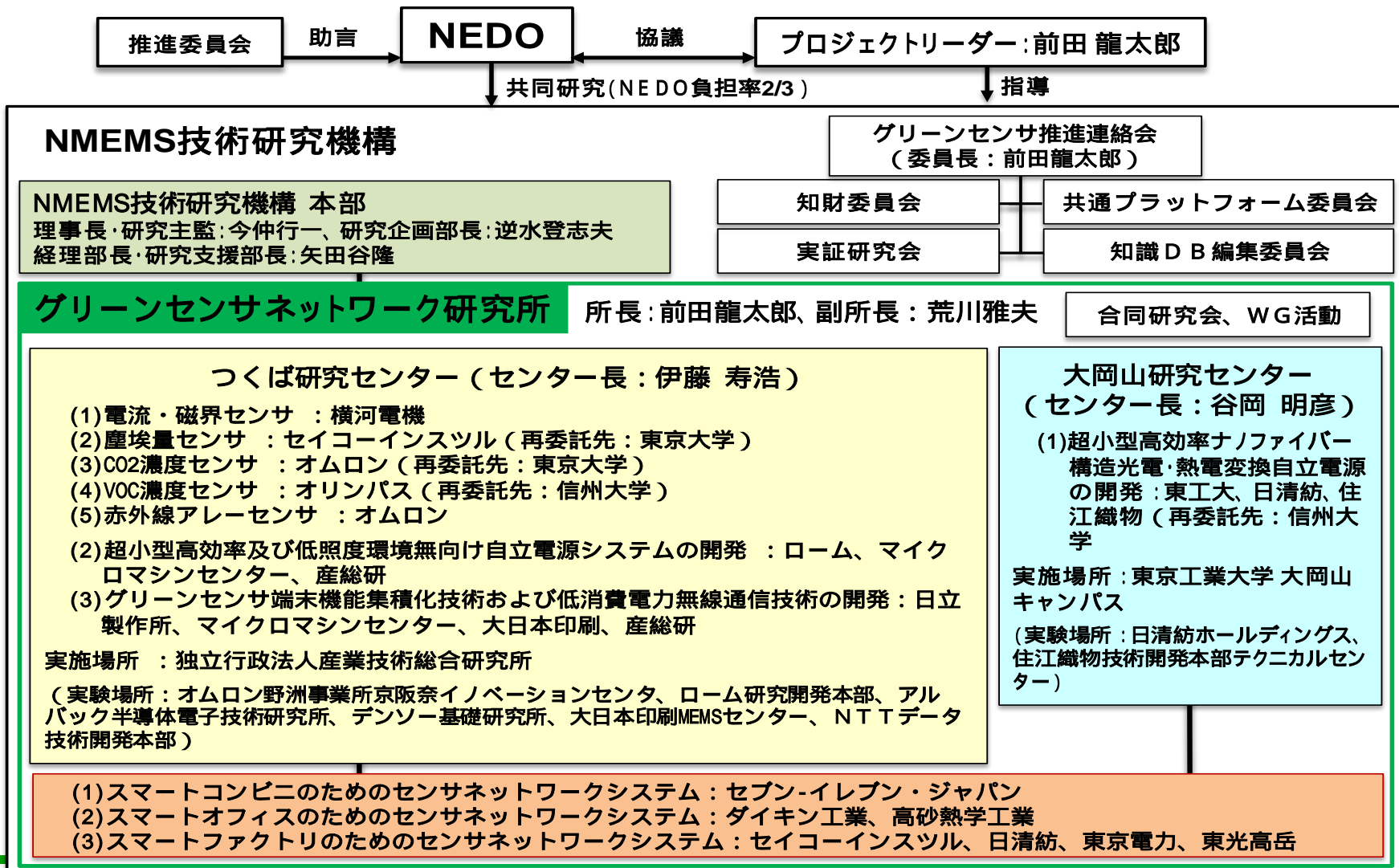
再委託:東京大学、信州大学

### 参加メンバー(組合員)

株式会社アルバック  
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ  
オムロン株式会社  
オリンパス株式会社  
住江織物株式会社  
セイコーインスツル株式会社  
株式会社セブン-イレブン・ジャパン  
ダイキン工業株式会社  
大日本印刷株式会社  
高砂熱学工業株式会社  
株式会社デンソー  
東京電力株式会社  
株式会社東光高岳  
日清紡ホールディングス株式会社  
株式会社日立製作所  
横河電機株式会社  
ローム株式会社  
独立行政法人産業技術総合研究所  
一般財団法人マイクロマシンセンター  
国立大学法人東京工業大学

# 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



# プロジェクトの運営管理(スケジュール)

関係者が一体的に活動するため、きめ細かい運営を実施

	25年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
推進委員会												
推進連絡会				第1回			第2回			第3回		第4回
知的財産権委員会				↑	第1回		↑	第2回		↑	第3回	↑
知識DB編集委員会	第1回	第1回					第2回				第3回	
共通プラットフォーム委員会	第1回	第2回	第3回		第4回	第5回	第6回		第7回		第8回	
合同研究会	↑	↑	↑		↑	↑	↑		↑		↑	
ワーキンググループ ・スマートファクトリWG ・スマートコンビニWG ・スマートオフィスWG ・端末WG	↑	↑	↑		↑	↑	↑		↑		↑	
サイトビジット												
イベント等						7/3-5NM展						3/31年度実績報告書
検査・契約関連	24年度末中間検査 概算払い			フォローアップ検査 概算払い			中間検査 概算払い			中間検査 概算払い H26年度 実施計画に反映		

## プロジェクト運営管理(委員会・会議等)

プロジェクトを円滑に推進するために、各種委員会・会議等を活用して丁寧に運営管理

### <(1)NEDO推進委員会>

#### 目的・内容

本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を行うべく、NEDOをサポートするための外部の有識者から構成された委員会。推進委員会は、NEDOとともに実施者からプロジェクトの進捗及び事業化(実用化)検討状況等について毎年度報告を受け、プロジェクト運営の方向性に関してNEDOに助言等を行い、NEDOは推進委員会の助言等をプロジェクトの運営に活用するものである。

氏名	所属	役職
小寺 秀俊	国立大学法人 京都大学	教授
出川 通	株式会社 テクノ・インテグレーション	代表取締役
藤原 孝行	財団法人 東京都環境整備公社	主任研究員
渡辺 誠一	株式会社 テックゲートインベストメント	代表取締役

#### 推進委員会からの主な指摘

- (24年度末 他の年度については事業原簿参照)
- 個々のセンサデバイスをどのように搭載するか、電氣的インタフェースならびに機構的インタフェースも含めて、連携をはかり、特許化及び標準化を推進する必要がある。
  - しかしながら、見通しが見えないテーマも散見され、(中略)開発項目毎にテーマの取舍選択が求められる。

#### 反映内容

(次年度実施計画書に明記)

- 電氣的・物理的仕様策定、規格化(標準化)すべき技術項目の選定のため、プロジェクトで取得した基本特許を含めて共通プラットフォーム委員会等で議論を進め、各テーマの知財出願ロードマップおよびバックグラウンドIP情報を抽出・精査し特許・規格化戦略の明確化を図る。
- テーマの選択と集中に関しては、PL主導でナノファイバー自立電源開発における熱電材料の開発及びプレハブオフィスを用いたネットワークシステムの開発を中止し、これらの開発リソースをナノファイバー光電素子・モジュール開発及び布帛状自立電源開発に集中を図る。



## プロジェクト運営管理(委員会・会議等)

プロジェクトを円滑に推進するために、各種委員会・会議等を活用して丁寧に運営管理

委員会・会議等	目的・内容
(2) 推進連絡会	プロジェクトリーダー(PL)が委員長となり、参画団体の研究開発責任者クラスから成る「グリーンセンサ推進連絡会」を4半期毎に開催し、プロジェクト全体の進捗と各テーマとの相互関連を見える形で整理・調整。推進連絡会のもとに知的財産権委員会、知識DB編集委員会、共通プラットフォーム委員会を設置。各年度の第1回目の推進連絡会では、当該年度のNEDOの方針を提示して、関係者の意識統一を図った。
(3) 知的財産権委員会	知財ポリシーの策定、知的財産権の帰属、知的財産の管理・活用について、プロジェクト全体の目的を達成するための連携を生かした戦略、合理的なルールを確立(毎年度2~3回開催)。
(4) 知識DB編集委員会	毎年度開催され、プロジェクト成果、学会調査・発表・投稿論文の共有化、さらに、エネルギー消費(オフィス、ホーム他)に関わるデータを収集。
(5) 共通プラットフォーム委員会	4半期ごとに開催され、実証モデル別ワーキンググループ(WG)での性能・仕様、ビジネス戦略、技術的標準規格化アイテムを抽出し、プロジェクト全体として俯瞰した標準化戦略を検討。
(6) 実証推進研究会	26年度に設置され、25年度までに策定したセンサ端末の共通プラットフォーム仕様の実証及び社会実装をより推進するため、プロジェクトの枠を超えて、様々な使用条件下でのプラットフォーム仕様の適合性、GSN端末の市場規模、社会実装、サービスの可能性について調査・研究を実施。

## プロジェクト運営管理(委員会・会議等)

プロジェクトを円滑に推進するために、各種委員会・会議等を活用して丁寧に運営管理

委員会・会議等	目的・内容
(7) サイトビジット	研究拠点や研究実施場所の現場において、NEDOのプロジェクトマネージャー(PM)、NEDO推進委員会委員、NEDO・経産省関係者、PL、各研究開発センター長、現場責任者等とで、研究進捗確認、出口を見据えた事業戦略等について意見交換を実施し、課題の共有化等を図った。
(8) ワーキンググループ(WG)	実証、センサ、自立電源、及び共通プラットフォームのグループ間連携を強化するために、ファクトリ、コンビニ、オフィス、端末共通プラットフォームの4ワーキンググループに分かれ、定期的にセンサ端末・システムの機能・仕様、プロトタイプ試作、実証計画について検討を行った。
(9) 合同研究会	全テーマによる月次報告会。前月までの進捗状況を報告し、質疑応答などを含む議論を行い、より一層の開発促進・情報共有を図った。
(10) その他	NEDO、PL、センター長、NMEMS本部等の関係者は、毎週の定例会を設けて互いの情報共有を図った。

## プロジェクト運営管理(広報活動)

毎年度「ナノ・マイクロビジネス展」に出展し、プロジェクトの取り組み状況や成果を紹介。また、併設する会場では、プロジェクトのセミナー・成果報告会も開催し、プロジェクトの研究開発状況や成果、将来像を発表。

最終年度の26年度には、プレスリリース、NEDOフォーラムへの出展、最終の成果報告会を2月に集中的に実施し、成果広報を図った。



プレスリリース(2/4)



NEDOフォーラム(2/12-13)



成果報告会(2/26)

### 戦略的な広報活動を実施

プロジェクトの成果を最大限にアピールするため、終了年度開始当初から、事業終了直前の2月に、集中的に広報活動を実施することを関係者で共有・計画した。

# 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの工夫

本研究開発においては、基本計画の策定、公募、実施、終了までの全ての実施期間において以下のような工夫を図り、研究開発成果の実用化に向けたマネジメントを実施

## (1) 実証を含んだプロジェクト設計

- 基本計画に「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」を設定し、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。

## (2) ユーザを含んだ幅広い実施体制の構築

- 上記(1)を確実に実行するために、機器開発から社会実証までの幅広く連携した実施体制の構築が必要。そのため、研究開発成果の有効性を実証できるユーザ機関を含む実施体制を構築。
- 開発成果の実証試験を行い、その結果を開発側に対してフィードバックしつつ研究開発を実施。
- より安定した連携体制を構築するために、研究開発項目 ~ (開発～実証まですべて)を実施する全体提案のみを応募対象とした。

## (3) 関係者の実用化に向けた意識の共有と向上

- 事業化の担い手となる民間企業等の事業に対する姿勢を見極めるための工夫の一つとして、実施者負担率1/3を導入。
- 採択通知にあたって、各企業の担当役員との意見交換の場を設定し、成果の実用化・社会実装への意識を関係者で共有。
- プロジェクト終了直前に、企業の担当役員との面談、事業化方針をNEDOが確認し、事業化に向けて課題のあるテーマについては、NEDOの実用化を見据えた開発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。

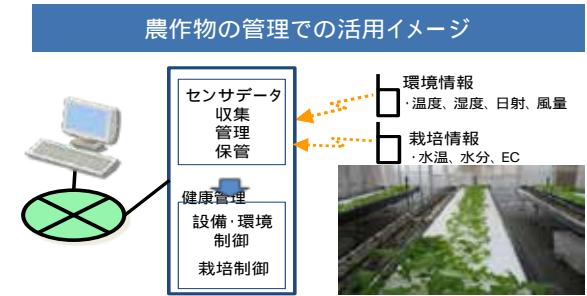
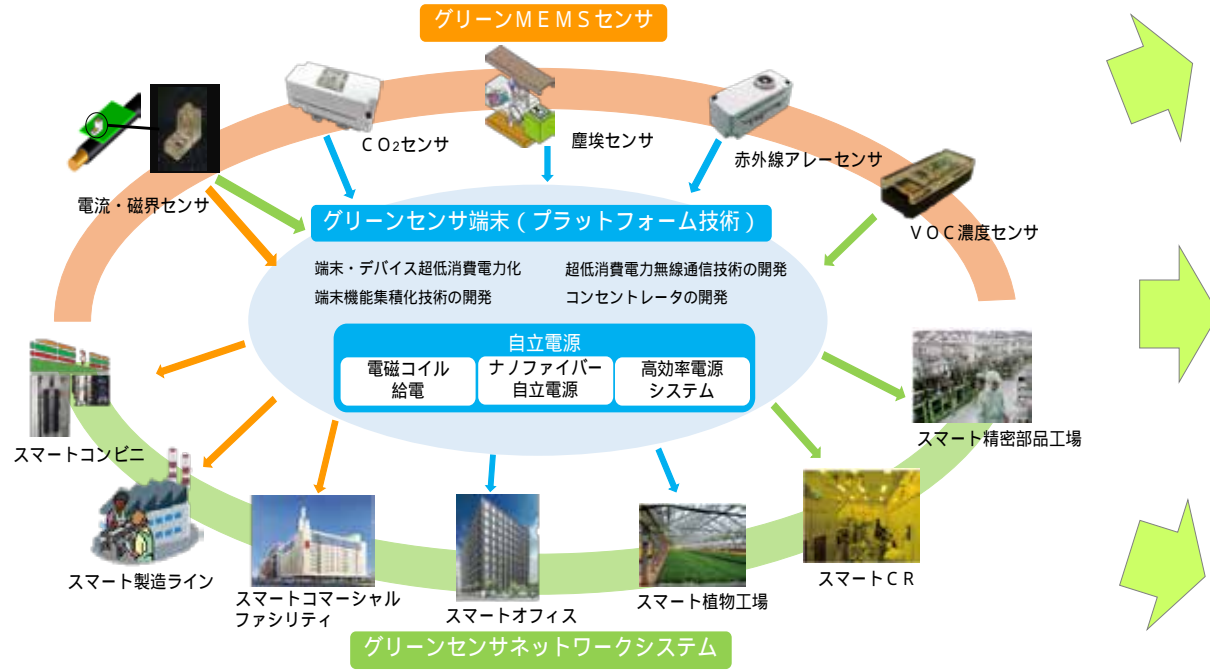
## (4) 実用化を見据えた成果の管理及び普及

- プロジェクト実施期間中に柔軟に実証現場を追加し、多くのデータを取得、研究開発へのフィードバックを可能とするとともに、将来のユーザともなり得る各実証先に対してグリーンセンサの必要性の認知を向上。
- 知的財産の取扱や標準化・規格化に向けた戦略・取組、更なるユーザやサービスの探索、研究成果普及のための広報活動等について、知的財産権委員会、共通プラットフォーム委員会、実証推進研究会、ワーキンググループ(WG)活動等を通じて実施。



# 情勢変化への対応

我が国の喫緊の社会的課題である、社会インフラ、健康医療、農業分野等にも成果の応用展開への期待が高まる中、  
 これらの社会課題解決に寄与できるための、センサシステムに対する課題、性能等について調査を実施。(政府の要請に応じて迅速に対応(25年度))



➡ **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(平成26～30年)**

「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)  
(2011年度～2014年度 4年間)(公開)

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」

技術研究組合NMEMS技術研究機構

プロジェクトリーダー 前田 龍太郎

2015年9月14日



## 発表の内容

(1) プロジェクトの課題と目的・概要

(2) 特長は？

バラマキコンセプト、電池交換無し、端末の省電力化

- 低消費電力センシング
- 低消費電力通信方式
- イベントドリブン
- フレキシブル電源

(3) センシングするだけで省エネ？

過剰な空調、加熱と冷房のバランス、機器の問題点

(4) 実際に効果は？

コンビニでの社会実証

(5) 実用化・事業化見通し

## プロジェクトの課題と目的

### 背景と課題

エネルギーの見える化は重要ではあるが、

- ü 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
- ü 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
- ü 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

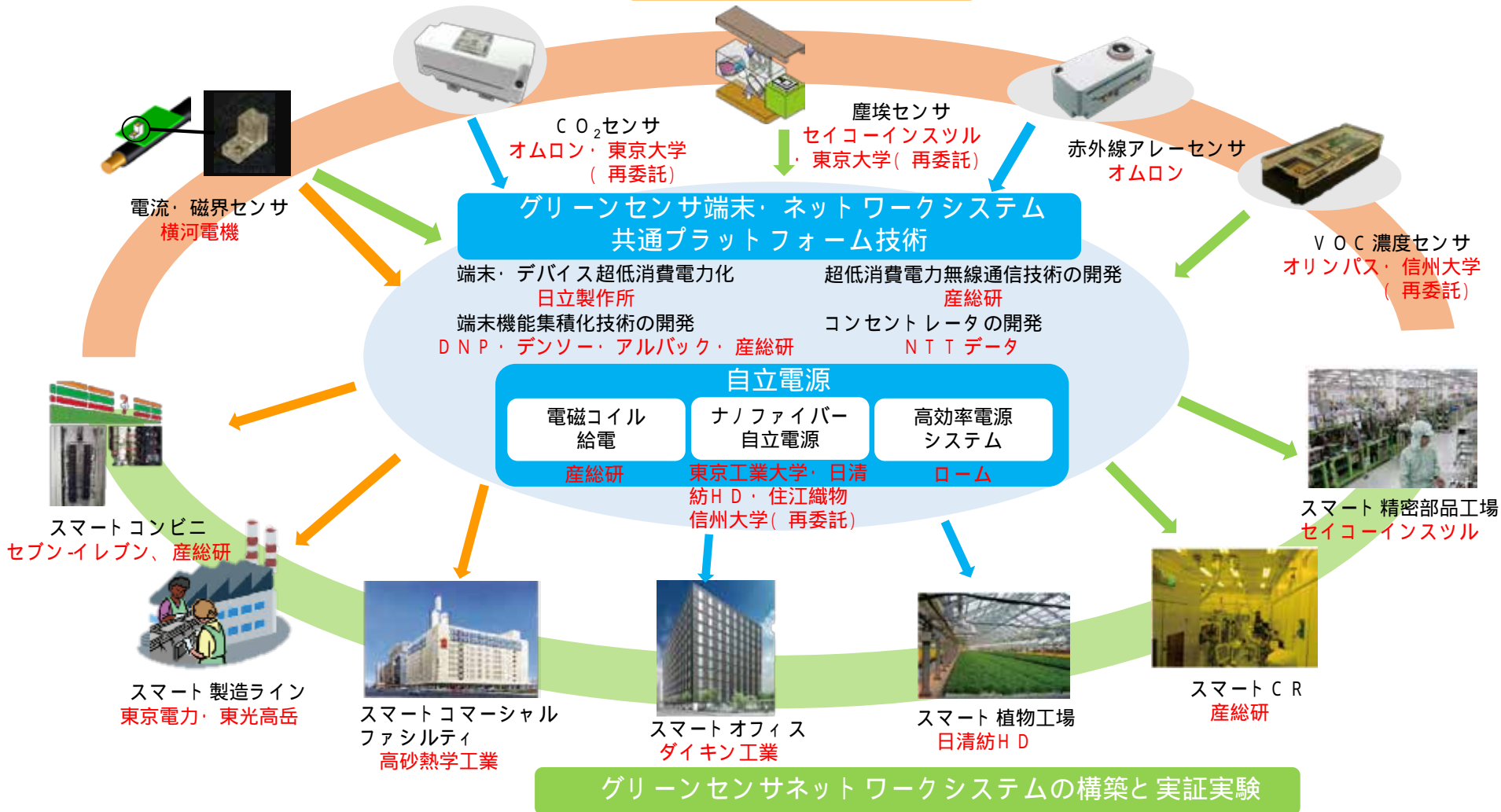
### 目的

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。

# 研究開発項目の内容と役割分担

研究開発項目 ~ 内容および役割分担

グリーンMEMSセンサ



# 実証モデル別WGによるGSN端末・NWシステム開発連携

前田PL、つくば・大岡山センター長

## グリーンセンサ端末 共通PF技術

オムロン  
横河電機  
セイコーインスツル  
オリンパス

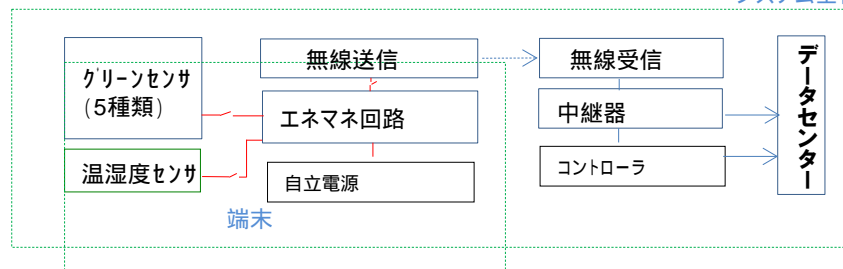
日立製作所  
産総研  
MMC  
NTTデータ  
東光高岳

ローム  
東工大  
日清紡  
住江織物

集積化サブワーキング(DNP, デンソー、アルバック、MMC)

システム全体仕様・端末全体仕様・インターフェース仕様検討

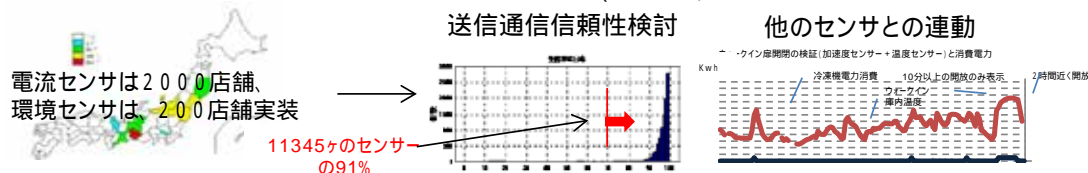
システム全体



## スマートコンビニWG

セブン-イレブン  
産総研  
MMC

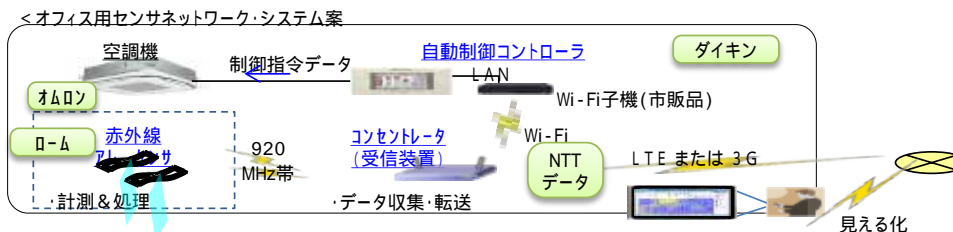
セブンイレブンでの無線計測結果に基づく、バッテリーレス(借電型)電流センサ仕様・検証方法検討



## スマートオフィスWG

ダイキン工業  
オムロン  
ローム  
日立製作所  
NTTデータ

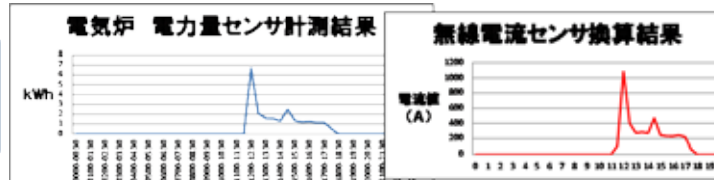
スマートオフィス向け赤外線・CO<sub>2</sub>センサ端末・ネットワークシステム構成・コスト検討



## スマートファクトリWG

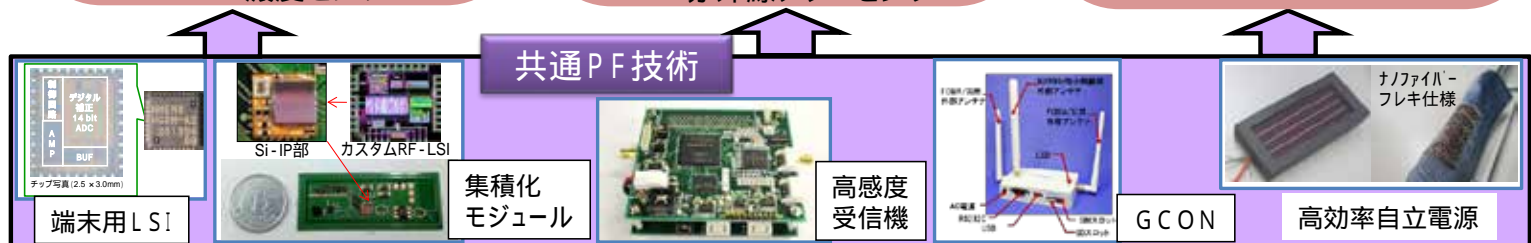
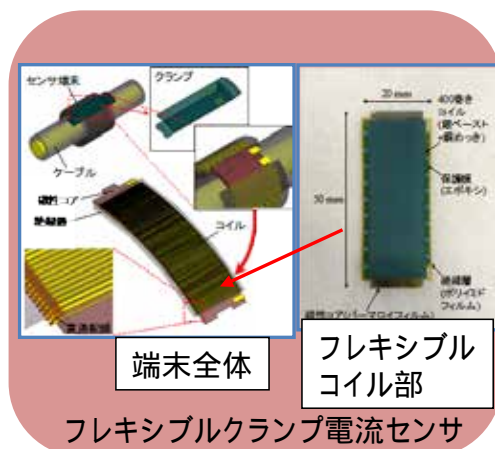
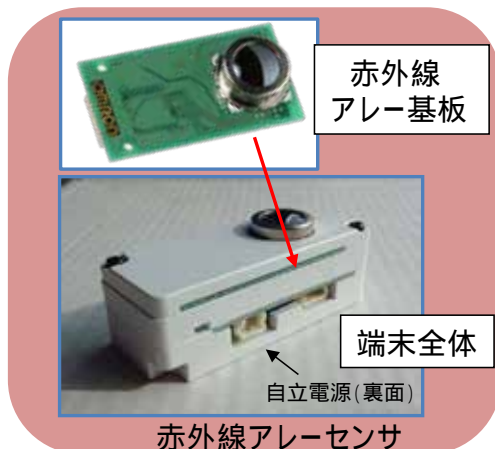
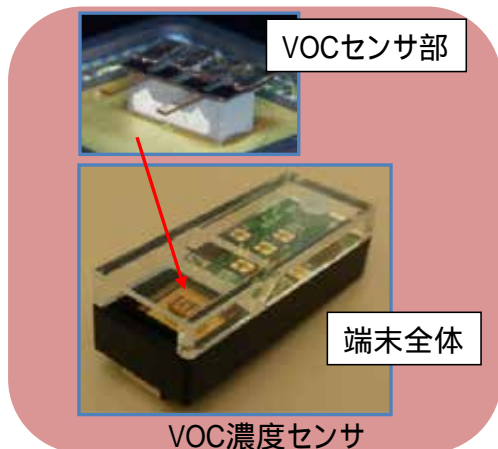
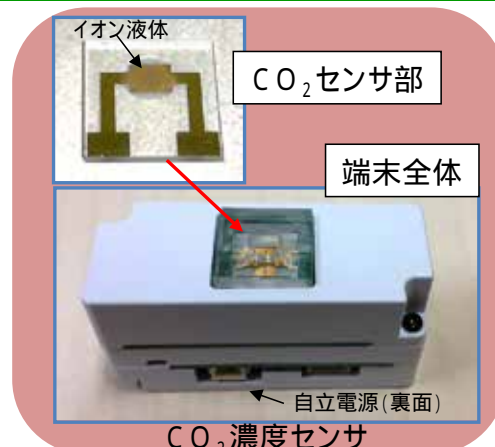
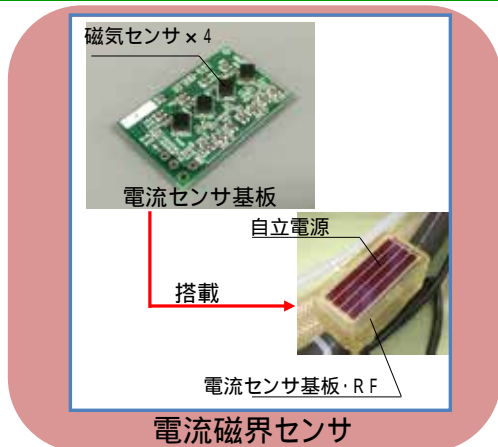
東光高岳 東京電力  
高砂熱学工業  
NTTデータ  
横河電機 産総研

製造ライン環境(高電圧機器・通信遮蔽物)に基づく、電流センサ、中継器等の仕様検討



大手機械メーカ、印刷工場、大規模商業ビル等での実証データに基づく借電型電流センサ、電流・磁界センサ、GCON等の仕様検討

# 開発したグリーンセンサ端末および共通PF技術





## 研究開発項毎の目標と達成状況の総括

	目標	成果	達成度
グリーンMEMSセンサの開発	(1)サイズ:2cm×5cm以下 (2)消費電力;100μW以下	(1)すべてのセンサでサイズ2cm×5cmを実現した。 (2)すべてのセンサ端末が平均消費電力100μW以下で動作・無線送信すること実証した。	
無線通信機能及び自立電源機能と搭載したグリーンセンサ端末の開発	(1)センサからの信号を収集、処理、無線通信する機能を備えた3mm角の端末本体部チップの開発 (2)温度5～35℃、室内照明下、2cm×5cm以下のサイズで平均150μW以上の電力供給が可能な自立電源の開発 (3)MEMSセンサ部、自立電源部から成るセンサ端末のサイズを2cm×5cm以下で開発 (4)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	(1)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。 (2)室内照明に適した有機半導体のナノファイバー化により2cm×5cmのサイズで150μW以上の発電量が得られるフレキシブルな発電素子を開発し、発電・蓄電一体型モジュールとして2cm×5cmのサイズで、4直DSC(発電量:196μW)とEDLCで構成されるモジュールの性能を開発した。 (3)すべてのセンサ端末で2cm×5cm以下を実現した。 (4)300MHz帯と900MHz帯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。開発した受信機で-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の信号が受信できることを明らかにした。	
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	グリーンネットワークシステムの構築と、店舗、製造現場およびオフィス環境等に適用できるシステムの開発	開発したグリーンセンサ端末、コンセントレータから成るネットワークシステムを実証現場に構築し、端末・ネットワークシステムの詳細仕様を明確化した。さらに、省エネ項目の抽出や手法の開発により、省エネ効果(10%以上)を実証した。 補足:基本計画目標には無い、高い省エネ効果を達成	



## 特長は？これまでのセンサネットの問題

### ・大きさ(取り付けにくさ)とコスト

プロジェクト発足当時の市販されている部品で組み上げた端末の典型的な大きさ

IRIS:

サイズ：64 x 34 x 29mm

電源：単3電池2本

センサ：温度、光、加速度など

Air Sence, ZigCube(日立)などが発売

### ・バッテリー交換

数万個の端末のバッテリー交換が困難



### バラマキコンセプト

取り付けやすく、電池交換が不要な端末を開発(小さく、自立した低消費電力端末(150 $\mu$ W))

## バラマキコンセプト要素技術1 (省エネセンシング)

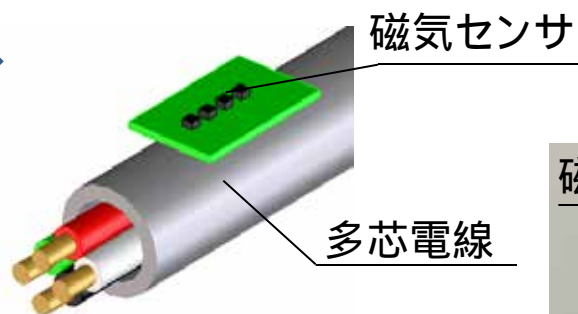
### < 電流・磁界センサ >

工場やオフィスビル、商業施設等の省エネ化を目的として、非接触型の電流センサにより機器の電力使用量と使用状況を把握

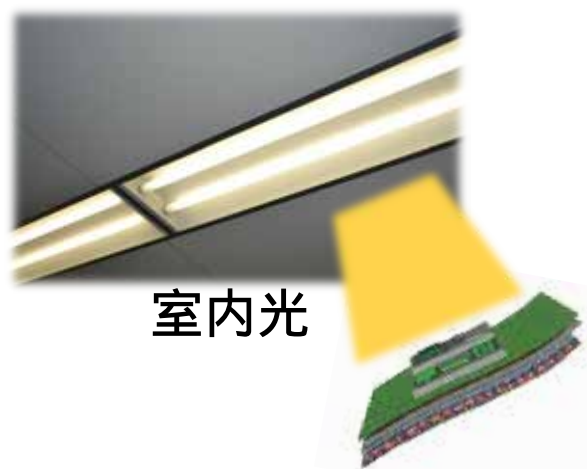
従来タイプのCT型は大きく、小型・軽量なコアレス型は消費電力が大きい



消費電力が少なく(100 $\mu$ W)、  
小型な電流・磁界センサを開発



## バラマキコンセプト要素技術2 (低消費電力通信方式)



### グリーンセンサ

・自立電源 徹底した低消費電力化必要

特に無線は消費電力が大きいため、  
低消費電力化が必要

### 低消費電力無線通信プロトコル

- ・ ZigBee : メッシュネットワーク可
- ・ Bluetooth LE : 携帯電話への接続が容易

} 高信頼性を求めている

課題 : 高信頼性が不要なセンサネットでは消費電力が大きい

グリーンセンサでは電力や塵埃量などを送信

必ずしも100%の通信信頼性を必要としない

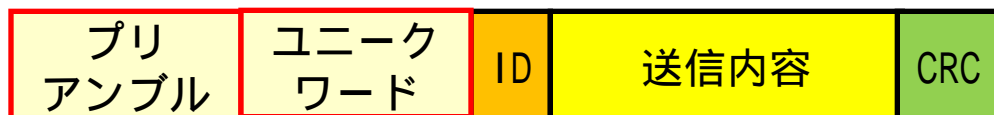
## バラマキコンセプト要素技術2 (低消費電力通信方式)

### 送信時間低減技術の開発

- ・送信時間は **ビットレート(bit/s)** と **電文量(bit)** で決まる
  - ・最大ビットレートは必要な通信距離によって決まる
- 電文量の低減化技術**を開発する

#### 電文量低減化イメージ

従来の電文フォーマット



短電文化後



**この分だけ低消費電力になる**

受信部の支配的なノイズである  
白色雑音は帯域に比例  
低ビットレート 狭帯域 SN増

#### 短電文化実現の主な課題

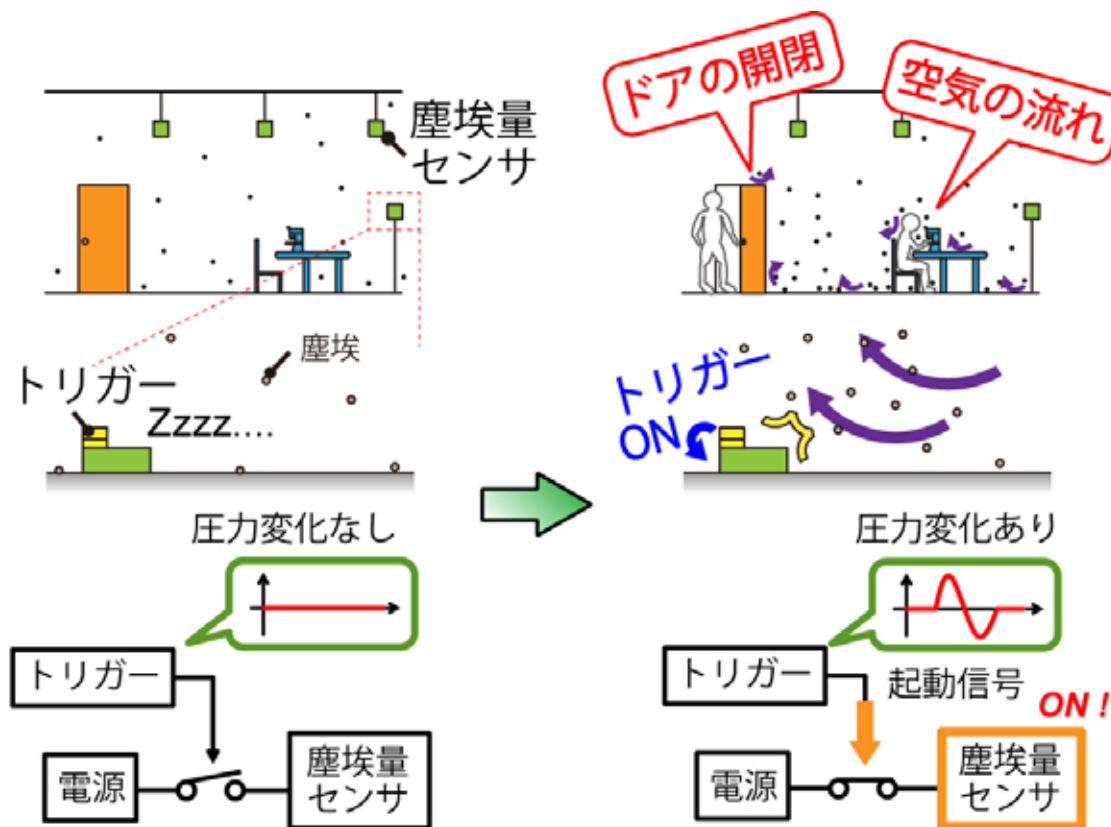
- ü 最適な短電文化手法の検討
- ü 単純な電文となるため、他システムからの不要信号排除手法が必要

CRC : 巡回冗長検査

## バラマキコンセプト要素技3 (イベントドリブン)

必要な時(人の動き)のみセンサ端末を動作させる

= イベントドリブン動作によりセンサ端末の平均消費電力を削減

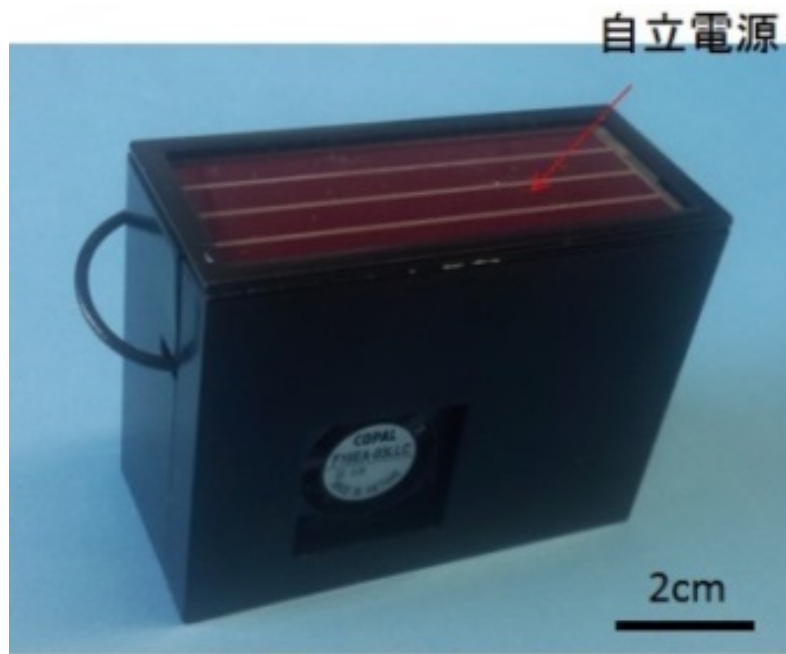


目的

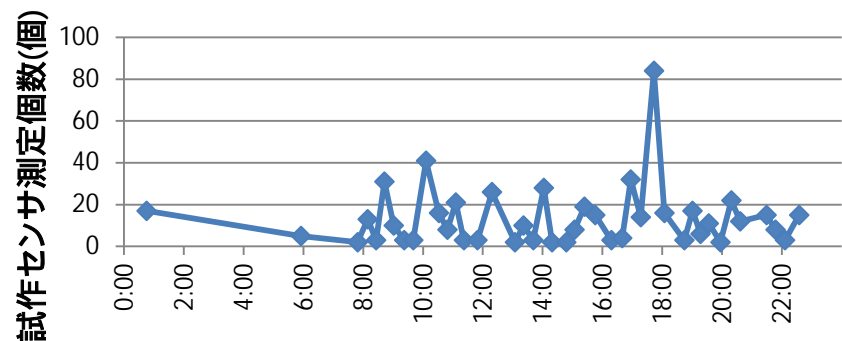
- ・イベントドリブンのための起動スイッチ開発
- ・起動スイッチを組み込んだ塵埃量センサ端末の開発

## バラマキコンセプト要素技術3 (イベントドリブン)

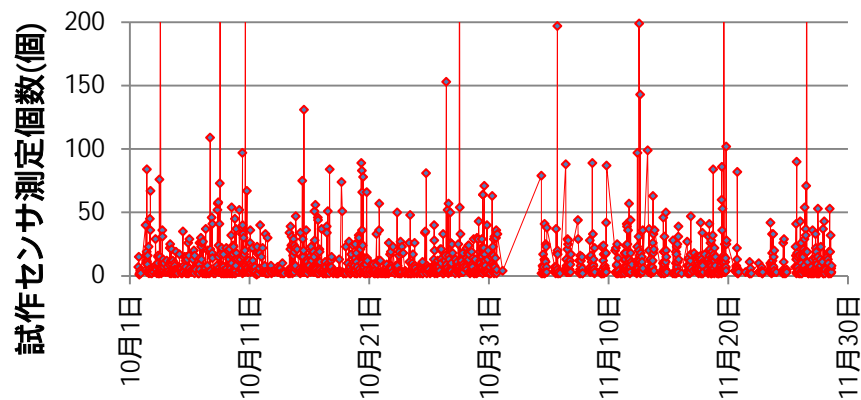
自立電源、無線機能を備えたイベントドリブン型塵埃センサ端末を試作(平均消費電力95  $\mu$ W)、実証



試作したイベントドリブン型  
塵埃量センサ端末



1日のデータ取得結果



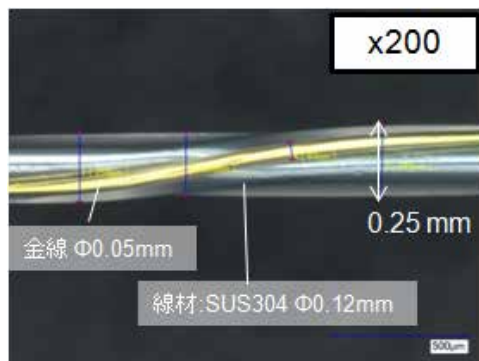
長期データ取得結果



## バ라마キコンセプト要素技術4 (新フレキシブル電源)

大気圧条件下・全塗布プロセスによる有機薄膜太陽電池の繊維化・布帛化技術の確立により、フレキシブル化を実現

繊維型太陽電池



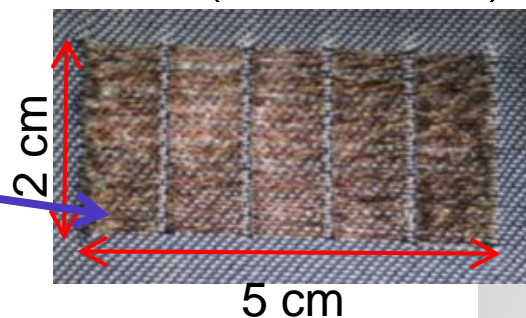
長さ: 4 cm (発電部)

直径: 250 μm

素子1本の出力: 3.3 μW

@室内照明下

布帛(ファブリック)型太陽電池



繊維型太陽電池を布帛状に織り込む(密度25本/cm)ことでこれまでの電源にないフレキシブル性を持つ

曲面への設置にも対応可能



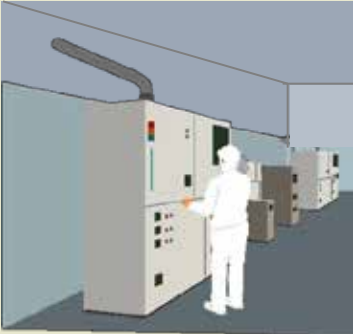
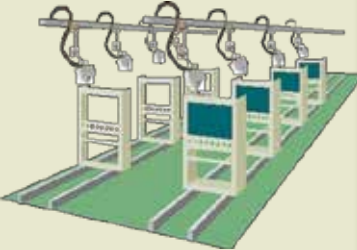
レイアウトフリーを実現



## センシングだけで省エネ？

- 省エネの考え方
  - － センシングと自動制御(論理的アプローチ)
    - パーティクルを計測して、送風量を制御
    - 人間を検知して、照明、空調をコントロール
  - － 複雑な問題への対処(お手入的アプローチ)
    - 無駄や問題の発見(吹き溜まり、無駄な排気等)
  - － 省エネはダイエットと類似
    - 測ることによる意識変化が大事

## 実際に効果は？ 様々な実証現場

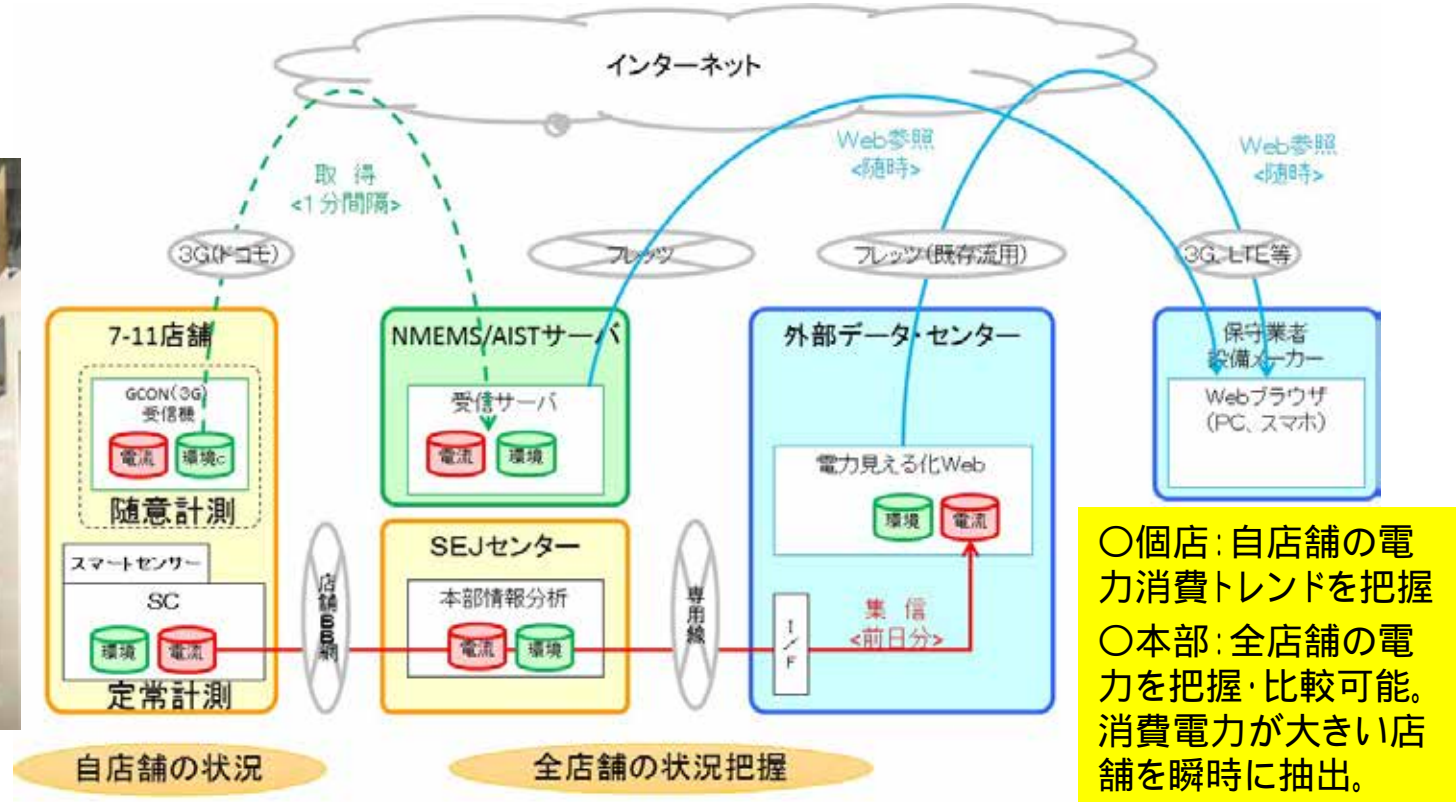
	スマートオフィス	スマートコンビニ	スマートCR	スマートファブ
アプリ				
内容	在席状態、環境情報をもとに、照明や空調を制御	環境情報、電力使用情報をもとに、空調や各種機器を制御	装置稼動状態、作業者、気温、湿度、異物、差圧などの情報をもとに、照明、空調、工程負荷を制御	
想定されるMEMSセンサ	電流・磁界センサ ガス濃度センサ 赤外線アレーセンサ その他		電流・磁界センサ 塵埃量センサ ガス濃度センサ その他	

環境・設備の状態をセンシング・制御し、快適と省エネを両立

# 比較可能な2,000店舗の見える化により約8,000世帯分の電力を削減

比較可能(面積、構成設備)なコンビニエンス・ストア(CVS)の10%以上の店舗に無線センサを”ばらまき“(10,000端末以上)電流等の見える化を実現し、その比較・分析(電力プロファイリング)により省エネを実現するという”俯瞰的“省エネ手法に挑戦。省エネ行動をオペレーションに取込むことで、継続的な省エネを実現。

システム全体図

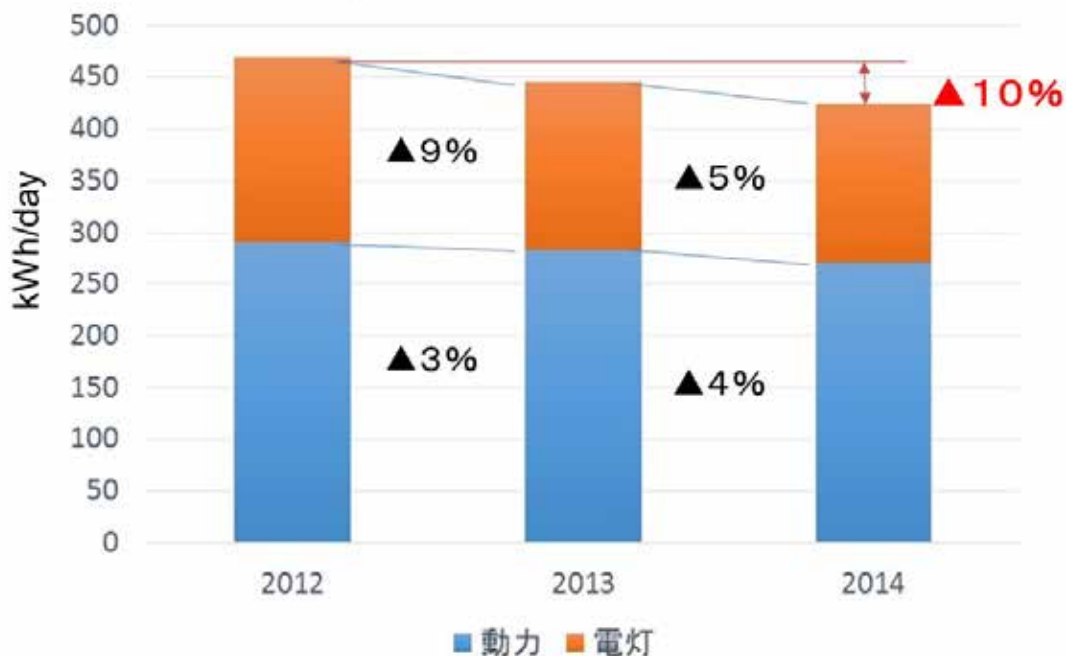


○個店: 自店舗の電力消費トレンドを把握  
 ○本部: 全店舗の電力を把握・比較可能。消費電力が大きい店舗を瞬時に抽出。

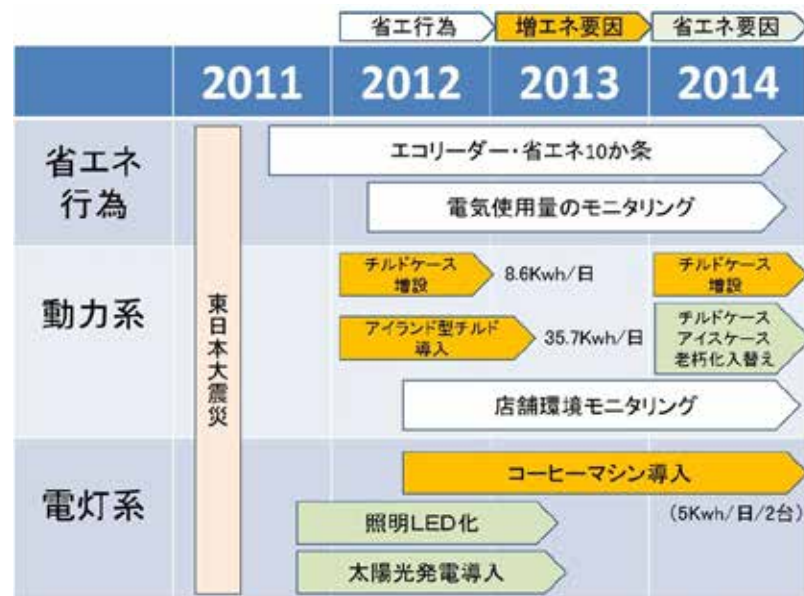
## 長期にわたる実証の結果

- ・2年間で10%の省エネを実現。削減量は8,000世帯の電力量に相当。
- ・省エネ先行店では14%の削減。
- ・期間中、新サービス提供のための増エネあり。

1,860店舗の平均(4~10月)



一日あたりの消費電力量の平均



期間中の店舗状況

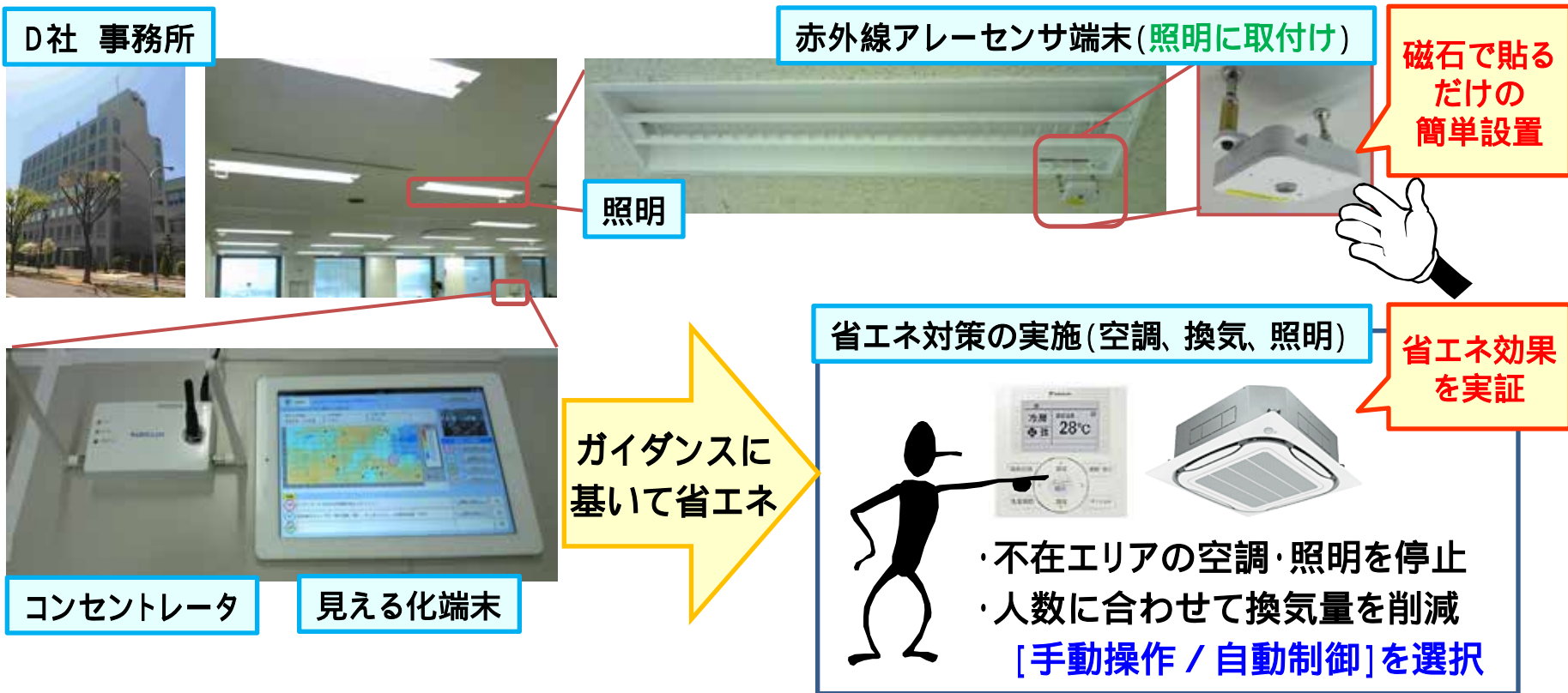


# 赤外線アレセンサ端末を用いた中小オフィスの省エネ実証

- ・実オフィスに実証システムを構築し、**省エネ効果の実証**を実施。  
(2014年 夏期～)

## < 実証システムの構築(一例) >

- 実証場所: D社 事務所 [約500㎡]
- 設置センサ: 赤外線アレセンサ端末 × 41台、コンセントレータ × 1台、見える化端末 × 1台





# 赤外線アレーセンサ端末を用いた中小オフィスの省エネ実証

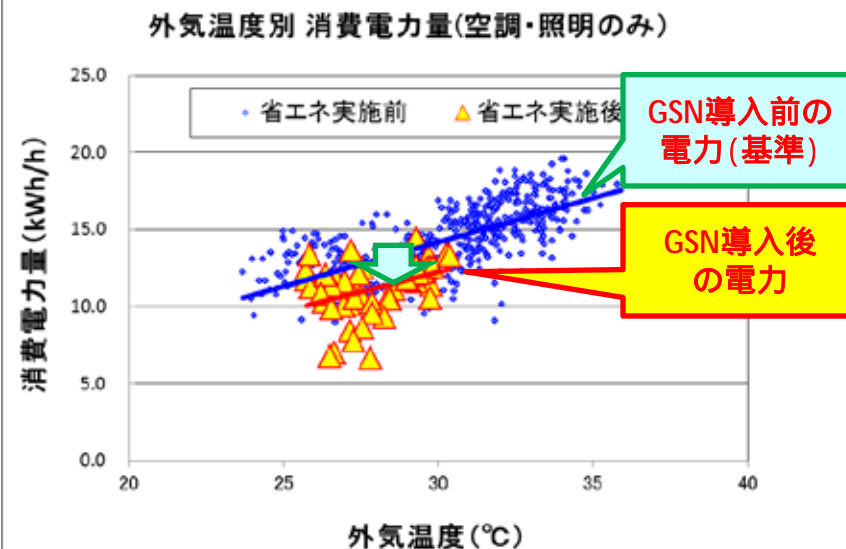
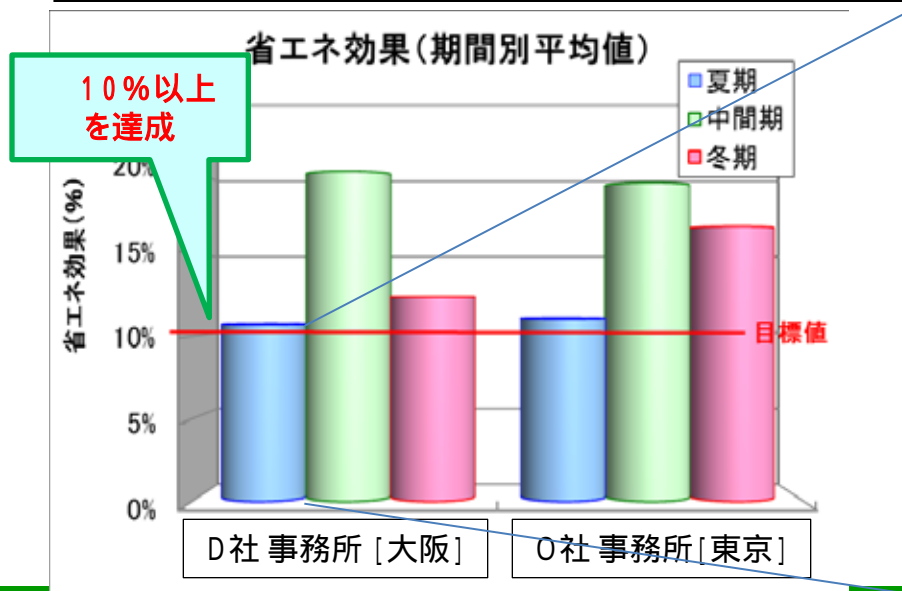
動画による実証実験の説明



## 実証結果

- ・複数オフィス[大阪、東京]にシステムを構築し、実際に利用。  
**10%以上の省エネ効果を確認(夏期・中間期・冬期)。**

	D社 事務所 [大阪]	O社 事務所 [東京]
床面積	約500m <sup>2</sup>	約80m <sup>2</sup>
設置センサ	赤外線アレ-センサ端末 × 41台	赤外線アレ-センサ端末 × 5台
制御対象	空調機 × 12台、換気装置 × 1台、 照明 × 24系統	空調機 × 3台、換気装置 × 4台、 照明 × 3系統
実証内容	見える化 & 最適化[手動・自動併用]	見える化 & 最適化[手動操作]



## 知的財産権、成果の普及

	H23	H24	H25	H26	計
特許出願(うち外国出願)	2	11	27(8)	12(3)	52 <sub>(11)</sub> 件
論文(査読付き)	0	4(4)	7(7)	6(5)	17 <sub>(16)</sub> 件
研究発表・講演	6	34	41	41	122件
新聞・雑誌等への掲載	2	0	3	7	12件
展示会への出展	0	3	2	2	7件

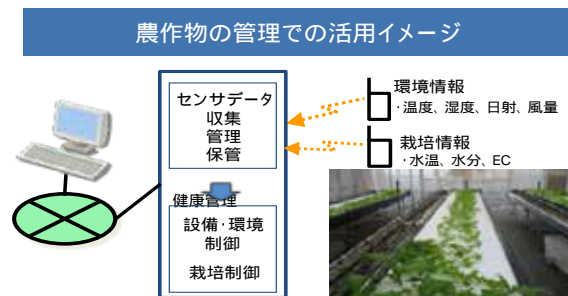
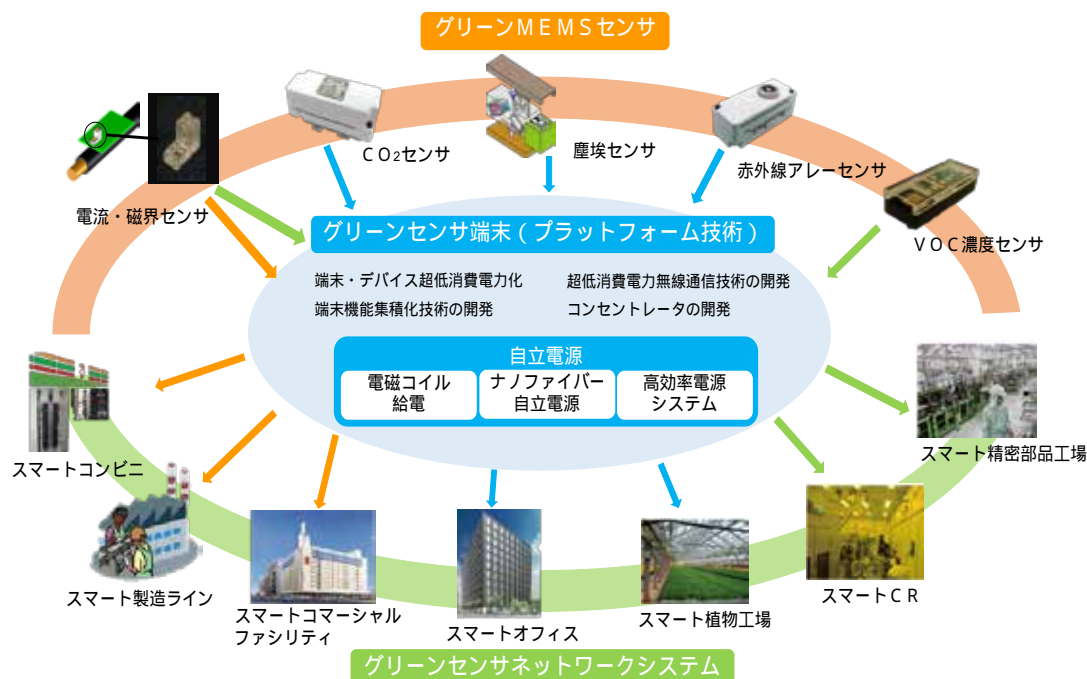
平成27年度7月31日現在





# 成果の実用化・事業化の見通し

・自立・無線型センサ端末によるセンサネットワークシステムは、**社会インフラや健康医療、農業分野等にも応用展開が期待**される。



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム