

# 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発プロジェクト 事後評価分科会 概要説明資料 (2008年度～2011年度 4年間)

## 事後評価分科会

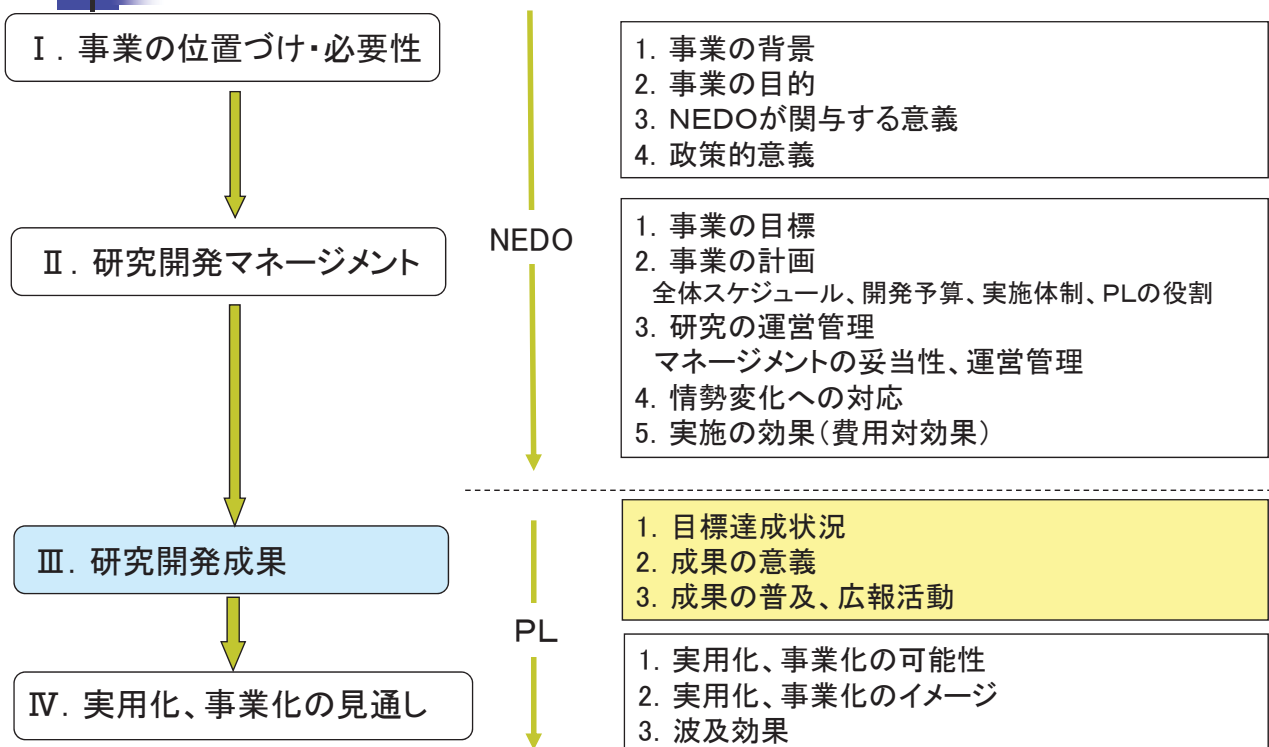
### 4. プロジェクト全体の概要について(公開)

#### 4-2. 研究開発成果、実用化の見通しについて

プロジェクトリーダー  
九州大学名誉教授 山添 昇

平成24年10月1日(月)

## 概要説明 報告の流れ



## 技術開発の背景と課題

ガスセンサーは日本生まれの安全技術

外部電源方式による制約

メーカー、ユーザー(ガス会社)、  
学会(化学センサ研究会)の  
強い連携

設置場所、設置スペース、美観、  
センサー技術潮流への対応(ウェアラ  
ブルセンサー(微小化)、ワイヤレスセン  
サーネットワーク(分散化))

世界最先端技術の活用による超低消費電力の実現(本プロジェクト)

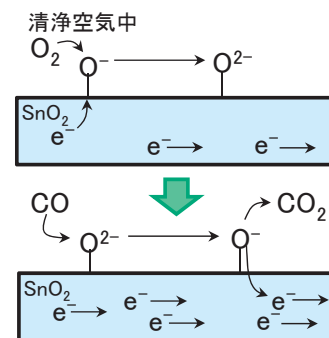
日本を代表するセンサーメーカー6社と日本ガス協会の連携  
世界をリードする日本の技術の活用

- 課題
1. 超低消費電力(0.1mW以下)  
素子微小化+間歇加熱方式の導入が不可欠(固体素子)
  2. 長寿命(5年以上)  
数百万回の間歇加熱の間の特性維持(固体素子)  
溶液を含むセンサー系の長期安定性確保(電気化学式)
  3. 高信頼性(JIA規定への適合)

## センサーの動作原理

### 1. 半導体式センサー(CO、メタン)

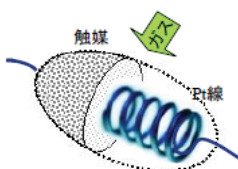
酸化物半導体素子: 厚膜型、ビーズ型、熱線型



吸着酸素との  
反応による抵  
抗減少を検知

### 2. 接触燃焼式センサー(メタン)

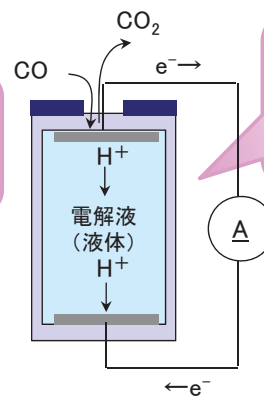
燃焼触媒に白金線条を埋設した素子



燃焼熱による  
白金線条の抵  
抗増加を検知

### 3. 電気化学式センサー(CO)

H<sup>+</sup>あるいはOH<sup>-</sup>導電性溶液を用いた  
限界電流型電気化学素子



3電極型: ガスの定電位  
酸化に伴う電流を検知  
2電極型: 混成電位発生  
に伴う短絡電流を検知

電気化学的CO酸化(H<sup>+</sup>導電性溶液)  
CO + H<sub>2</sub>O = CO<sub>2</sub> + 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup>(アノード)  
(1/2)O<sub>2</sub> + 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup> = H<sub>2</sub>O(カソード)

# 研究開発項目と体制

## 実環境試験基盤構築

日本を代表する  
ガス業界団体

1. 特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築
2. 加速評価基盤技術の確立

日本ガス協会

## 実用化検討

JIA規定：基準温湿度での  
警報特性、防爆性能  
などの基本特性

### 3. 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

- ①消費電力0.1mW以下②寿命5年以上③JIA規定を満足

#### 半導体式COセンサー

新コスモス電機株式会社  
エフアイエス株式会社

#### 電気化学式COセンサー

フィガロ技研株式会社  
株式会社ネモト・センサ  
エンジニアリング

#### メタンセンサー

富士電機株式会社  
矢崎エナジーシステム  
株式会社

日本を代表するガス  
センサーメーカー

材料、素子設計、製  
造、販売ノウハウを  
豊富に保有

AC式等で実用化実績を有  
するセンサー方式を開発  
ターゲットとして選定。

# プロジェクト達成状況概要

## ①: 特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

最終目標	達成状況	コメント
センサーユニットの開発	○	6社のセンサーが搭載可能なユニットを開発済み。
実環境における設置場所の選定と設置。	◎	日本全国(北海道～沖縄)の様々な居住環境(家屋、換気率等)を選定し、合計400台を設置した(次年度以降、260台を自主事業で追加。)。また、日本全国に設置されている多数のセンサーを効率よく回収するロジスティックを構築した。
データ処理システムの開発	○	実環境データ(温度、湿度)、センサー特性データなどの膨大な経時変化データを効率よく解析するデータ処理システムを開発済み。

## ②: 次世代ガスセンサー開発のための加速評価基盤技術の確立

最終目標	達成状況	コメント
長期信頼性を加速評価し得る基盤技術を確立する	○	実環境におけるセンサーユニット設置と動作を確認した。このシステムを実環境試験データの取得に活用した。

◎: 大幅達成、○: 達成済み、△: 一部達成、×: 未達

# プロジェクト達成状況概要

## ③: 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

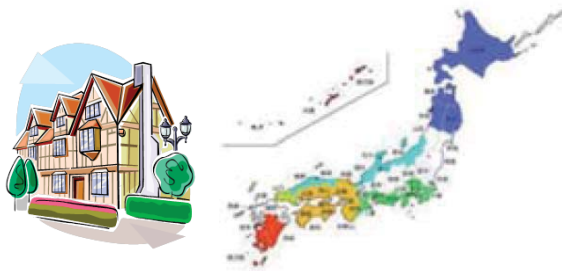
検討項目	最終目標	達成状況	コメント
COセンサーの開発	①0.1mW以下の超低消費電力の実現 ②加速評価等により寿命5年以上の目途をつける ③不完全燃焼警報器検査規程を満足する	○	①MEMS化技術などにより0.1mW以下達成。 ②実環境試験結果解析による特性変化要因の抽出し、加速試験条件を確立。5年を超える信頼性に目処。 ③JIA規定を満足。
メタンセンサーの開発	①0.1mW以下の超低消費電力の実現 ②加速評価等により寿命5年以上の目途をつける ③都市ガス用ガス警報器検査規程を満足する	○	同上

◎: 大幅達成、○: 達成済み、△: 一部達成、×: 未達

- 全社において、消費電力、信頼性とも実用化可能なレベルを達成。
- 実環境試験や加速試験による長期安定性の確認。各社、量産化検討などの実用化ステージに移行した。

# 基盤技術開発検討概要(実環境試験)

## ○実環境特性変動試験基盤構築

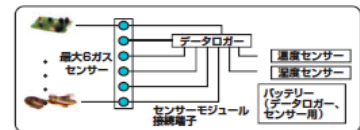


担当: 日本ガス協会

①設置場所の選定:  
日本全国  
(北海道～沖縄)  
(400箇所)

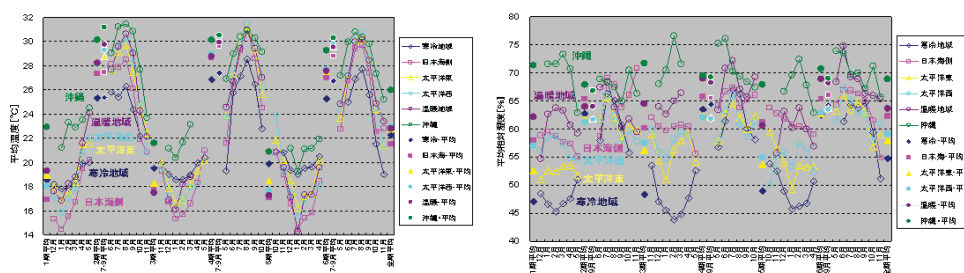
②実環境でのガスセンサー感度、環境温度、湿度の観測システム構築

実環境でのデータ取得可能な環境整備



③ガスセンサーユニットの開発  
(各社センサーを複数搭載)

## ○実環境試験データ回収・解析とフィードバック(自主事業)

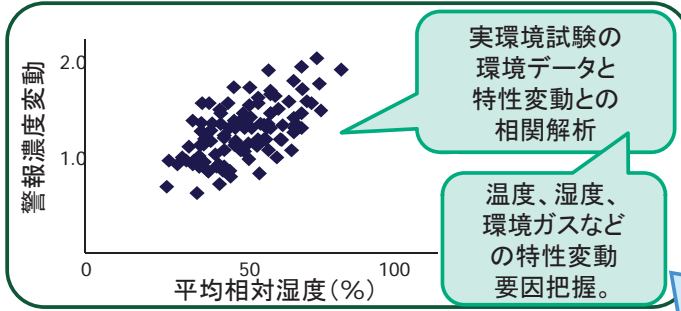


温度、湿度、環境ガスなどの環境データを回収・解析し、各社にフィードバック

各社センサーの特性変化要因(温度、湿度、環境ガス)解析などに活用。

# 加速試験による評価と信頼性改良検討概要

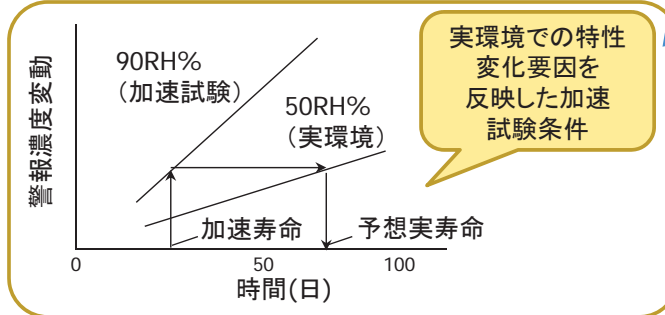
## 実環境試験に基づく特性変化要因解析と把握



## 信頼性改良検討

特性変化メカニズムに基づく素子改良  
(半導体、触媒の改良、駆動条件改良等)

## 加速試験条件検討



センサーメーカー

## 長寿命化確認

加速試験を活用し、短期に5年相当の寿命を確認。

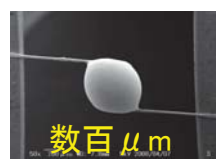
# ガスセンサー開発内容概要①

## 1. 半導体式COセンサー(新コスモス電機)

### (1) 低消費電力化

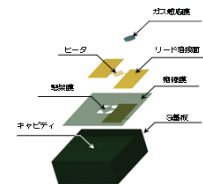
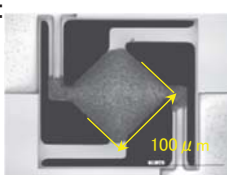
- ①MEMS化
- ②間歇駆動
- ③動作温度の低温化(触媒種)

従来センサー



素子体積: 1/1000

MEMS素子



➤0.1mW以下を達成。半導体式で電池駆動が可能なものは世界初。

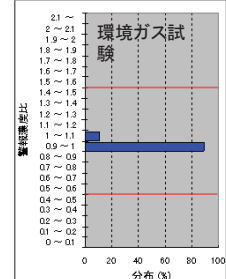
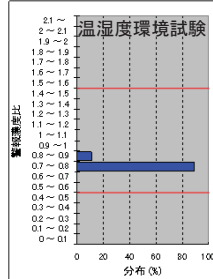
### (2) 信頼性

- ①実環境での特性変化要因の特定  
相関因子:  
温湿度、環境ガス

### ②信頼性の改良

- ・粒径制御、触媒条件、保護膜の導入により改良。
- ・加速試験の活用により目標の寿命に目処。

### 改良センサーの加速試験(5年相当)



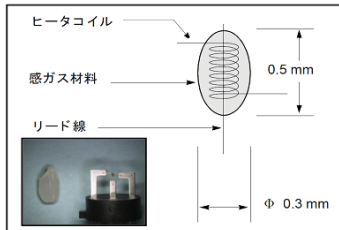
➤実用化に目処が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行。

## ガスセンサー開発内容概要②

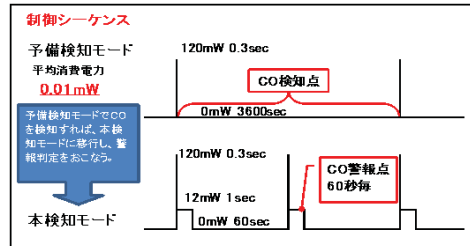
### 2. 半導体式COセンサー(エフアイエス)

#### (1) 低消費電力化

- ① 小型化
- ② 間歇駆動



#### 新開発駆動条件(間歇駆動)



➤0.1mW以下を達成。半導体式で電池駆動が可能なものは世界初。

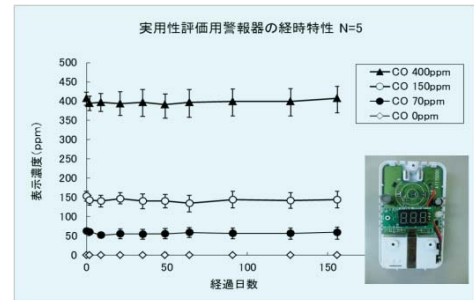
#### (2) 信頼性

- ① 実環境での特性変化要因の特定

相関因子:  
温湿度サイクル

#### ② 信頼性の改良

- ・感ガス体の緻密化、触媒量の最適化、エージング処理などにより改良。
- ・加速試験を活用し、目標の寿命に目処。



➤実用化に目処が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行。

## ガスセンサー開発内容概要③

### 3. 電気化学式COセンサー(ネモト・センサエンジニアリング)

#### (1) 低消費電力化

原理的にセンサー自体に電力不要。

➤0.1mW以下を確認。

#### (2) 信頼性

- ① 実環境における特性変化要因の特定

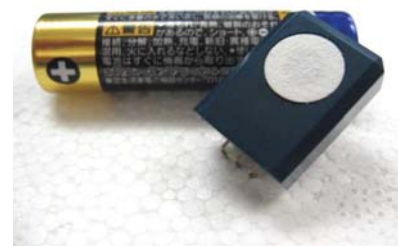
実環境で大きな劣化がなく、目標の寿命に目途。

- ② 信頼性の改良

- ・触媒の調整条件による更なる改良。
- ・加速試験も活用し、目標の寿命を再確認。

#### 実環境試験での感度の相対変化(3年)

Ratio Ave.	$\alpha_1/\alpha_0$ (冬季)	$\alpha_2/\alpha_0$ (夏季)	$\alpha_3/\alpha_0$ (冬季)	$\alpha_4/\alpha_0$ (夏季)	$\alpha_5/\alpha_0$ (冬季)	$\alpha_6/\alpha_0$ (夏季)
寒冷地域	1.0240	0.9797	0.9946	0.9899	0.9781	1.0041
日本海側	1.0175	0.9716	1.0018	0.9830	0.9762	0.9896
太平洋東	1.0138	0.9607	1.0065	0.9778	0.9776	0.9918
太平洋西	1.0133	0.9667	0.9950	0.9747	0.9764	0.9938
温暖地域	1.0276	0.9840	1.0085	0.9908	0.9953	1.0175
沖縄	1.0362	0.9922	1.0155	1.0021	1.0084	1.0255



➤実用化に目処が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行。

# ガスセンサー開発内容概要④

## 4. 電気化学式COセンサー(フィガロ技研)

### (1) 低消費電力化

原理的にセンサー自体に電力不要。

➤0.1mW以下を確認。

### (2) 信頼性

#### ① 実環境における特性変化要因の特定

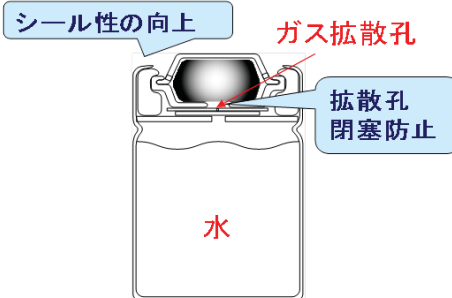
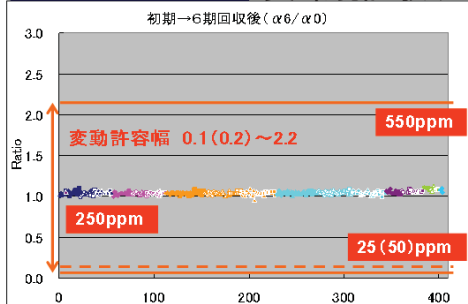
実環境では大きな劣化がなく、目標の寿命に目途。

#### ② 信頼性の改良

・致命的な欠陥を抑制するための部材の更なる改良および自己診断システムの開発。

・加速試験も活用し、目標の寿命を再確認。

CO警報濃度変化率 実環境試験(3年)



➤実用化に目処が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行。

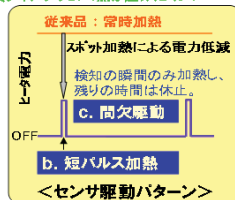
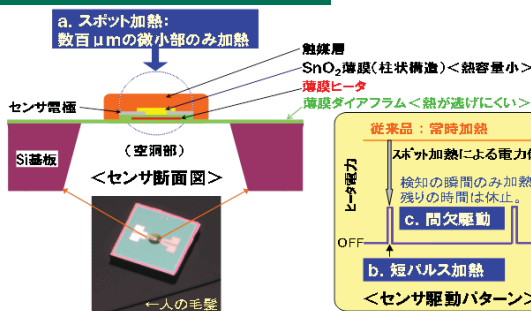
# ガスセンサー開発内容概要⑤

## 5. 半導体式メタンセンサー(富士電機)

### (1) 低消費電力化

#### ① MEMS化

#### ② 間歇駆動



➤0.1mW以下を達成。半導体式で電池駆動が可能なものは世界初。

### (2) 信頼性

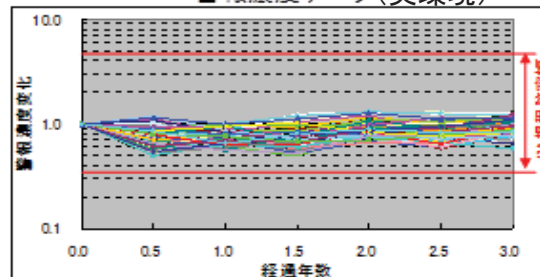
#### ① 実環境における特性変化要因の特定

相関因子: 湿度

#### ② 信頼性の改良

- ・安定化前処理の導入などにより改良。
- ・加速試験を活用し、目標の寿命に目処。

警報濃度データ(実環境)



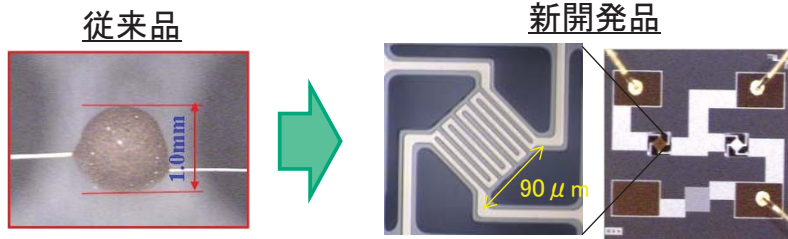
➤実用化に目処が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行。

## ガスセンサー開発内容概要⑥

### 6. 接触燃焼式メタンセンサー(矢崎エナジーシステム)

#### (1) 低消費電力化

##### ① MEMS化



▶0.1mW以下を達成。  
燃焼式で電池駆動  
が可能なものは世  
界初。

##### ② 間歇駆動

ガスセンサーチップ

#### (2) 信頼性

① 実環境における特性変動要因の特定  
ヒーターの特性変化、温湿度、環境ガス

② 信頼性の改良

ヒーター保護膜、構造などにより改良。  
加速試験の活用により目標の信頼性に目処。

▶ 実用化に目処が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行。

## 成果の意義

○ メーカーから独立した組織により全国規模の実環境試験を初めて実施し、ガスセンサーの特性に影響する環境因子の洗い出しと特定に成功した。

○ 本プロジェクトの目標である低消費電力と信頼性を達成し、実用化の目途が得られたため、いずれのセンサーメーカーも量産化検討などの実用化検討に移行した。



## 成果の普及、広報活動

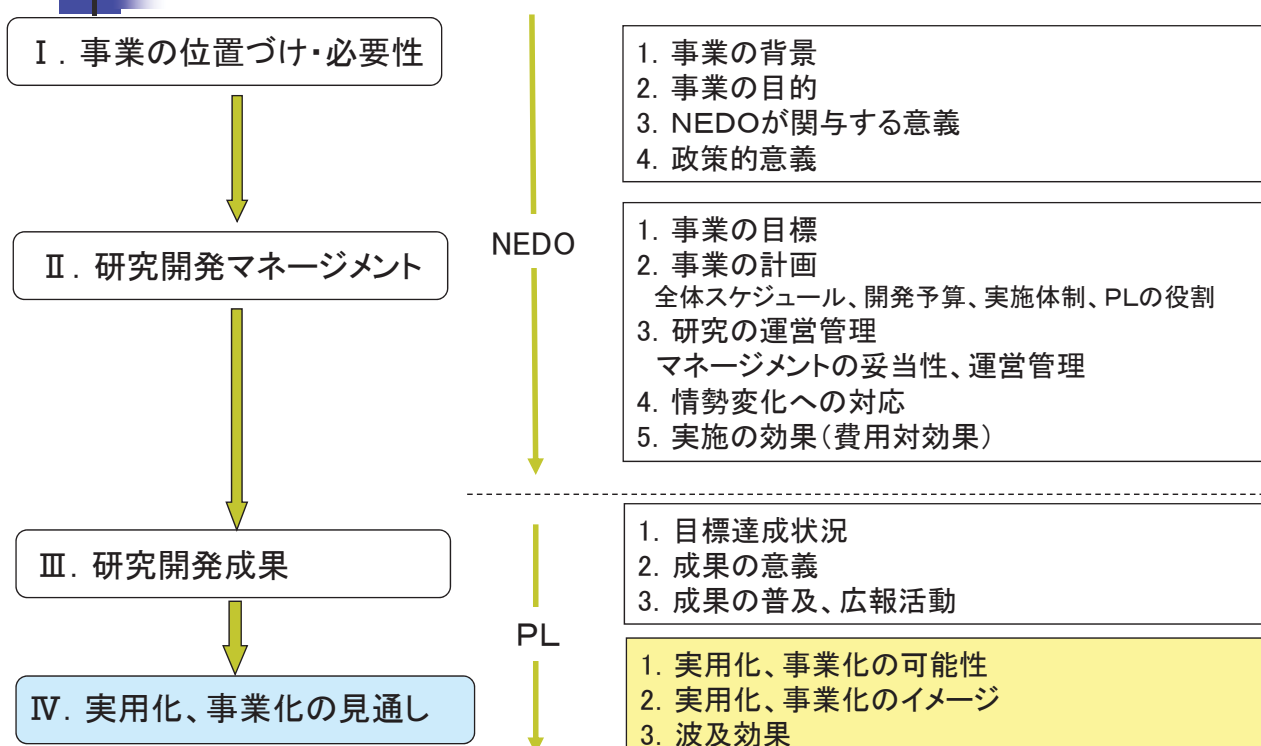
	H20	H21	H22	H23	計
特許出願 (うち外国出願)		10(1)	3	2	15
研究発表・講演		3	3	2	8
新聞・雑誌等への掲載	1	4	1	6	12
展示会への出展		3	3	7	13

事業原簿p.Ⅲ-1-14

17/21

公開

## 概要説明 報告の流れ



18/21

## 実用化、事業化の可能性

機関	センサー	現状	今後の予定	商品化予定
新コスモス電機*	半導体式COセンサー	消費電力、信頼性に目処。	量産技術の確立。	2014～
エフアイエス	半導体式COセンサー	消費電力、信頼性に目処。	量産技術の確立。	2013～
ネモト・センサエンジニアリング	電気化学式COセンサー	消費電力、信頼性に目処。サンプル出荷開始。	量産技術の確立。製品販売開始。	2012～
フィガロ技研	電気化学式COセンサー	消費電力、信頼性に目処。	量産技術の確立。	2013～
富士電機*	半導体式メタンセンサー	消費電力、信頼性に目処。	量産技術の確立。	2014～
矢崎エナジーシステム*	接触燃焼式メタンセンサー	消費電力、信頼性に目処。	市場モニター評価の継続。	2015～ (2013年中間判断)

\*最終ターゲット：警報器

▶既に、サンプル出荷や量産検討などの実用化に向けた検討が着実に進行中。1、2年後の上市を目指し、開発を進めている。

## 実用化、事業化のイメージ

### 都市ガス警報器



国内：510億円/年  
(都市ガス警報器 1250万台(2020))  
→ AC式から電池駆動式への置き換え。  
意匠性、設置容易性による普及率の向上。

各社は、AC式センサーの豊富な製造、販売実績を有しており、そのノウハウを生かして電池駆動式を実用化、事業化する。

### その他(火災報知器、ガス、石油器具など)

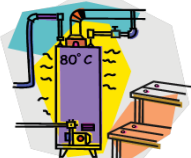


火災報知器  
(メタン、COセンサー)  
3470万世帯(2011)<sup>a)</sup>

a)総務省消防庁ホームページ: [http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/2308/230808\\_1houdou/01\\_houdoushiryou.pdf](http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/2308/230808_1houdou/01_houdoushiryou.pdf)

b)日本ガス石油機器工業会ホームページ: <http://www.jgka.or.jp/industry/toukei/kougyo-toukei/hanbai-jisseki/pdf/jgka-hanbaijisseki-2012.pdf>

主流は、  
電池駆動



元止湯沸器用安全装置  
(メタン、COセンサー)  
50万台/年(2011)<sup>b)</sup>



ガスコンロ用安全装置  
(メタン、COセンサー)  
400万台/年(2011)<sup>b)</sup>

▶電池駆動の実現により、従来搭載できなかった新たな用途展開が可能。

## 波及効果

### 技術

MEMS技術、省電力アルゴリズムなどの省電力化技術、信頼性改良技術などの他センサーへの応用

(既存ガスセンサーの種類)

メタン、プロパン、ブタン、水蒸気、一酸化炭素、炭化水素、二酸化窒素、アルコール、水素、アンモニア、硫化水素、有機溶剤、アミン、フロン、有機塩素、VOC、天然ガス、二酸化炭素など。

### 省エネ

15,000kl/年の石油削減効果(都市ガス警報器のみ)。

### 安全

ガス、CO中毒事故の低減による社会の安全安心に対する貢献。