

「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」  
事後評価報告書

平成25年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

平成25年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 古川 一夫 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、別添のとおり  
評価結果について報告します。

## 目次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	6
研究評価委員会委員名簿	7
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 評点結果	1-13
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1
参考資料2 評価に係る被評価者意見	参考資料 2-1
参考資料3 分科会議事録	参考資料 3-1
参考資料4 評価結果を受けた今後の取り組み方針について	参考資料 4-1

## はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」の事後評価報告書であり、第31回研究評価委員会において設置された「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」（事後評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第35回研究評価委員会（平成25年3月26日）に諮り、確定されたものである。

平成25年3月  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」  
事後評価分科会委員名簿

(平成24年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	いまなか のぶひと 今中 信人	大阪大学 大学院工学研究科 応用化学専攻 教授
分科会長 代理	はら かずひろ 原 和裕	東京電機大学 工学部 電気電子工学科 教授
委員	おおやぶ たかし 大藪 多可志	金沢星稜大学 経済学部経営学科 教授
	おかだ おさむ 岡田 治	株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ 代表取締役 東北大学 未来科学技術共同研究センター 客員教授
	たかた まさすけ 高田 雅介	長岡技術科学大学 理事・副学長 工学部長 工学研究科長 電子デバイス・光波エレクトロニクス学 教授
	ひらた としあき 平田 俊明	東京ガス株式会社 技術開発本部 商品開発部 スマートエネルギーハウス開発グループ グループマネジャー

敬称略、五十音順

## 審議経過

### ● 第1回 分科会（平成24年10月1日）

#### 公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について
4. プロジェクトの全体概要について
5. プロジェクトの詳細説明
- ①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・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

#### 非公開セッション

- ③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

#### 公開セッション

6. まとめ・講評
7. 今後の予定、その他
8. 閉会

### ● 第35回研究評価委員会（平成25年3月26日）

## 評価概要

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

省エネルギーという明確な意義、目的のもとに、次世代ガスセンサーの研究開発に取り組み、参加メーカー全社が実用化の目処を立てたことは高く評価できる。具体的にはコードレス家庭用都市ガス警報器を構成可能とするための各種要素技術を構築し、それと並行して各種使用環境での特性変化の因子を解析し、長期信頼性の加速評価手法を確立した。これらにより、電池駆動式で5年以上動作可能な都市ガス用超低消費電力高信頼性ガスセンサー（メタンセンサー、COセンサー）が開発され、今後1～2年後の実用化の目処も立ったことは非常に意義があり、安全・安心な住環境創生に大きく貢献する。

今後、寿命5年以上の信頼性を保証できる確証を得られるよう、継続した取組が望まれる。

#### 2) 今後に対する提言

警報器の普及率を上げるうえでの障害は、警報器のコードレス化だけでなく、価格の問題も大きい。素子の小型化や低消費電力化をベースに、思い切った低価格化も目指すべきではないか。また、加速試験の正確性を多くの方が納得できる形で示し、その手法が世界基準となるよう進行させることを望む。

本プロジェクトで開発したガスセンサーの評価手法は開発期間短縮や開発コスト低減に寄与することが期待される画期的な成果であり、今後、医療・健康・介護、食品工業、農業等各種センサー開発への応用など普及を期待したい。

なお、本プロジェクトで培った技術の国際競争力はあると判断できるので積極的に海外戦略を進めることを望む。

### 2. 各論

#### 1) 事業の位置付け・必要性について

エネルギー政策において重要性を増している天然ガスを消費者がより安全に使用できる環境を提供すること、省エネルギーに寄与するために、超低消費電力ガスセンサーを搭載した家庭用都市ガス警報器の普及率向上が重要であり、非常に社会的意義のある事業である。また、個々のセンサーメーカーだけでは全国660点での観測など幅広い使用環境での特性変動試験の実施や、他社品、他方式との横並びの比較試験も困難であるため、NEDOの関与、サポートの意義がある。さらに、本成果に基づくガスセンサーの国内普及率の向上や海外輸出等、国内外での警報器市場開拓効果だけを見ても、費用対効果の高い事業と認められる。

#### 2) 研究開発マネジメントについて

実施者として当分野において実績と技術力を保有する企業と適切なプロジェクトリーダーが選定されている。ユーザーの立場である都市ガス事業者とセンサーメーカー各社の役割分担が明確であり、両者の連携により保有する知見、

ノウハウを融合し成果を最大化することに配慮された実施体制である。また、全般的に成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確であり、情勢変化への対応、計画見直しも適切に実施されている。

一方、知財マネジメントの方針が一部不明確に感じた。特許出願せずノウハウとしてブラックボックスとしておく方針は、製品を分解・分析されてもわからない内容にとどめるべきである。

### 3) 研究開発成果について

参加全メーカーが目標を達成し、電池駆動可能で必要な感度特性・信頼性を持つ CO センサー、メタンセンサーの開発に成功し実用化に目処をつけたのに留まらず、一部性能については目標を大幅に上回っていることは非常に高く評価できる。また、実環境における影響因子を加味した加速評価手法を確立したことは画期的であり高く評価できる。さらに多くの実施者が MEMS 構造を採用したことで、多種類のセンサーを集積化した多機能センサーの開発への道が開け、新たなセンサー創生につながるものが将来期待できる。この開発成果を基に、コードレスメタンセンサー、CO センサーとしての海外展開や他のガスセンサーに応用して、幅広いセンサーの省エネ化・コードレス化の推進も可能である。

一方、知的財産権等の取扱（特許等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているかが不明確であり、今後の商品化や海外展開等を十分考慮し、各社の知的財産戦略を策定していただきたい。

### 4) 実用化、事業化の見通しについて

実用化に向けた技術的な課題等は明確であり、各メーカーとも実用化の目処をつけており高く評価できる。湿度の影響などの干渉因子についても明確化しており、その対策も十分可能と考えられる。長期耐久性等、信頼性の確保についても、各センサー共に、ほぼ目処が立っており、実施者が中心となっていく量産検討等により、1~2年後の実用化は大いに期待できる。また、他用途や海外市場への展開についてもアイデアがあり、コストダウン等により応用分野の拡大が期待できる。



## 研究評価委員会におけるコメント

第35回研究評価委員会（平成25年3月26日開催）に諮り、本評価報告書は確定された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

研究評価委員会  
委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	技術ジャーナリスト
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	元一般社団法人ナノテクノロジービジネス推進協議会 企画運営推進会議 副議長
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院 総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	学校法人日本大学 法学部 教授
	尾形 仁士	三菱電機株式会社 社友
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 附属医療福祉工学開発評価研究センター センター長／教授
	佐藤 了平	国立大学法人大阪大学 大学院工学研究科 マテリアル 生産科学専攻（システムデザイン領域担当） 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学 大学院新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授
吉川 典彦	国立大学法人名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 教授	

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

## 1. プロジェクト全体に関する評価結果

### 1. 1 総論

#### 1) 総合評価

省エネルギーという明確な意義、目的のもとに、次世代ガスセンサーの研究開発に取り組み、参加メーカー全社が実用化の目処を立てたことは高く評価できる。具体的にはコードレス家庭用都市ガス警報器を構成可能とするための各種要素技術を構築し、それと並行して各種使用環境での特性変化の因子を解析し、長期信頼性の加速評価手法を確立した。これらにより、電池駆動式で5年以上動作可能な都市ガス用超低消費電力高信頼性ガスセンサー（メタンセンサー、COセンサー）が開発され、今後1～2年後の実用化の目処も立ったことは非常に意義があり、安全・安心な住環境創生に大きく貢献する。

今後、寿命5年以上の信頼性を保証できる確証を得られるよう、継続した取組が望まれる。

#### 〈肯定的意見〉

- 電池駆動式により5年以上検知できる都市ガス用超低消費電力（0.1mW以下）高信頼性ガスセンサー（COセンサー、メタンセンサー）を開発し実用化に目処を付けたことは非常に意義があり、今後のガスセンサーのみならず安全・安心な住環境創生に大きく貢献する。
- 消費者安全の高度化、省エネルギーという明確な意義、目的のもとに業界の総力をあげて研究開発に取り組み、参加メーカー全社が開発技術の実用化の目処を立てたことは非常に高く評価できる。
- 電池駆動、コードレス化で広く普及を図ることは評価できる。  
センサー駆動温度の低温化も重要で、電池駆動5年間保証の目標も評価できる。
- プロジェクト期間中に、コードレス家庭用都市ガス警報器を構成可能な各種の要素技術（小型化、間歇駆動方式など）を構築し、並行して、各種使用環境での特性変化の因子を解析し、長期信頼性の加速評価手法を確立した。以上の活動により今後1～2年後の商品化の目処をつけた。
- 実環境を踏まえた開発設計は評価できる。
- ガスセンサーは日本が先行していた分野であるが、近年諸外国の追い上げが厳しくなっていたので、この事業で再度リードを広げることができた点で評価できる。  
特に、MEMS技術のガスセンサーへの応用は、過去20年間にわたり、アメリカ、ヨーロッパ、アジアの諸国で盛んに研究開発が行われていたが、日本ではあまり活発に開発が行われてこなかったため、この面で複数の事業者が取り組み、実用化の目処をつけたことは、関連分野への波及効果を含めて、大変有意義である。
- NEDOの事業としての妥当性、事業目的の妥当性、研究開発マネジメント、研究開発成果の全てにおいて高く評価できる。

#### 〈問題点・改善すべき点〉

- 確立したセンサー特性の変化要因やメカニズムにより、5年間を保証できる確証を得られるよう、更にセンサー特性を吟味・検討して行く必要がある。この点においては、今後も継続した調査研究が望まれる。ある種「研究組合」的な組織の構築も視野に入れてはと感じる。
- センサー自身の組成・構造・製造法について、あえて特許出願せずノウハウとしてブラックボックスとしておく方針の会社がある。ユーザーに秘密保持義務を果たさずに販売する警報器の場合、国内外のコンペティターに購入されて分析される可能性があり、コンペティターに組成の割合等のベストポイントを権利化されれば、基本特許や応用特許を持っていても販売できなくなる。ブラックボックス化は、分析されてもわからない内容にとどめるべき。
- より低温化が長寿命化にとっても必要であり、間歇加熱以外の方法も検討してほしい。また、より優れた触媒の探索が必要と考える。

〈その他の意見〉

## 2) 今後に対する提言

警報器の普及率を上げるうえでの障害は、警報器のコードレス化だけでなく、価格の問題も大きい。素子の小型化や低消費電力化をベースに、思い切った低価格化も目指すべきではないか。また、加速試験の正確性を多くの方が納得できる形で示し、その手法が世界基準となるよう進行させることを望む。

本プロジェクトで開発したガスセンサーの評価手法は開発期間短縮や開発コスト低減に寄与することが期待される画期的な成果であり、今後、医療・健康・介護、食品工業、農業等各種センサー開発への応用など普及を期待したい。

なお、本プロジェクトで培った技術の国際競争力はあると判断できるので積極的に海外戦略を進めることを望む。

### 〈今後に対する提言〉

- ・ センサー駆動温度のより低温化を期待する。  
より国民の安全・安心を目指し、さらに性能向上を目指してほしい。
- ・ 加速度試験の正確性を多くの方が納得できる形で示し、その基準が世界基準となるよう進行させる必要がある。世界基準を確立することにより日本の安全性が評価され技術立国としての地位を確立する努力が求められる。本プロジェクトの加速度試験は、もっと幅広く検討する必要がある。
- ・ コスト、製造方法などの諸課題を着実に解決し、警報器として早期に実用化することが望まれる。  
本研究で確立したガスセンサーの評価手法は開発期間短縮や開発コスト低減に寄与することが期待される画期的な成果であり、今後の各種センサー開発への適用が望まれる。
- ・ 国際標準化規格の提案・制定に向けた各事業者の取り組みを、何らかの方法で今後も継続して支援する必要があると考える。  
ガスセンサーは、防災だけでなく、医療・健康・介護、食品工業、農業等幅広く応用が見込まれ、裾野の広い分野であるので、本事業の成果を基礎にしたこれらの分野への展開についても、引き続き支援する必要があると考える。
- ・ 警報器の普及率を上げるうえでの障害は警報器のコードレス化だけでなく、価格の問題も大きいと思われる。素子の小型化や低消費電力化をベースに、警報器としての思い切った低価格化も目指すべきではないか。  
安全性については、現状の JIA 検査規定適合を目指すだけでなく、今回の成果を基に、より高い安全レベルを担保できる基準を満たすセンサー技術を開発し、逆に国内外での国際標準化をリードすべきではないか。
- ・ 実施および、技術開発成果をマーケットにつなげるためにも、5年という長期にわたる電池の信頼性がキーになるとと思われる。電池そのものもまだまだ研究され尽くされているとは言い難く、後数年すると電池の信頼性もかなり上がってくることが期待される。

### 〈その他の意見〉

- ・ 本プロジェクトで得られた成果は、世界で最も進んだレベルを確立したと

いえ、今後は海外戦略も並行して進行すべきである。日本の技術は最高水準にあるがマーケティングで遅れているといわれる。本ガスセンサーも世界シェアで苦戦していることを認識し今後の展開を進めるべきである。

- 参加した企業との今後の提携、連携が重要に感じる。
- 輸出の拡大によるマーケットの伸びや、逆に、安価な輸入品の普及による各事業者の販売不振が懸念される。コストダウンに向けた取り組みにも引き続き支援が必要であろう。
- また今後のガス利用の安全レベルの向上を考えれば、警報器の機能をチップ化・デバイス化し、現状の様に台所に一台ではなく、屋内使用型の全てのガス機器に取り付けあるいはビルトイン可能なメタン・COセンサーの開発も視野に入れるべきではないか。

その場合、センサーの機能を、対象ガスの検知とマイコンメーター等へのアラーム発信と割り切れば、近年のIT技術の進展を受け、もっと小型化、低コスト化が可能と思われる。

## 1. 2 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

エネルギー政策において重要性を増している天然ガスを消費者がより安全に使用できる環境を提供すること、省エネルギーに寄与するために、超低消費電力ガスセンサーを搭載した家庭用都市ガス警報器の普及率向上が重要であり、非常に社会的意義のある事業である。また、個々のセンサーメーカーだけでは全国 660 点での観測など幅広い使用環境での特性変動試験の実施や、他社品、他方式との横並びの比較試験も困難であるため、NEDO の関与、サポートの意義がある。さらに、本成果に基づくガスセンサーの国内普及率の向上や海外輸出等、国内外での警報器市場開拓効果だけを見ても、費用対効果の高い事業と認められる。

(肯定的意見)

- NEDO の事業としての妥当性、事業目的の妥当性は非常に高く評価できる。
- ナノテク・部材イノベーションプログラムの目標達成のために十分寄与している。  
全国 660 点での観測などは民間活動のみでは実現できないものであり、評価に値する。
- 本プロジェクトは NEDO の事業として妥当でありナノテク・部材イノベーションプログラムに大きく貢献していると評価する。また、当該プロジェクトは民間のみでは達成が困難であり、中心となる国関係機関のリーダーシップが必須である。予算に対する費用対効果も十分といえる。
- 個々のセンサーメーカーだけでは幅広い使用環境での追跡調査や他社品、他の方式との横並びの比較も困難であり、NEDO のサポート・関与の意義がある。  
警報器普及率の向上による国民生活の安全安心レベルの向上が最も重要であるが、本成果に基づく国内普及率の向上や海外輸出等、国内外での警報器市場開拓効果だけを見ても、費用対効果の高い事業と認められる。  
本成果に基づく電力消費削減効果による石油削減効果だけでも、年間数億円以上が期待され、投入資源以上の省エネ効果があると認められる。
- エネルギー政策において重要性を増している天然ガスを消費者がより安全に使用できる環境を提供すること、省エネルギーに寄与することを目的としており、非常に社会的意義のある事業と考える。

〈問題点・改善すべき点〉。

〈その他の意見〉



## 2) 研究開発マネジメントについて

実施者として当分野において実績と技術力を保有する企業と適切なプロジェクトリーダーが選定されている。ユーザーの立場である都市ガス事業者とセンサーメーカー各社の役割分担が明確であり、両者の連携により保有する知見、ノウハウを融合し成果を最大化することに配慮された実施体制である。また、全般的に成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確であり、情勢変化への対応、計画見直しも適切に実施されている。

一方、知財マネジメントの方針が一部不明確に感じた。特許出願せずノウハウとしてブラックボックスとしておく方針は、製品を分解・分析されてもわからない内容にとどめるべきである。

### (肯定的意見)

- 研究開発の目標は明確に設定されており、その予算も妥当と評価できる。目標としている技術も各企業はじめ日本ガス協会においても確立されていると判断する。当該技術を基盤として、これまでのガス警報器業界に新たな経済効果が生まれる可能性が大である。
- 当分野において実績と技術力を保有する企業が実施者として選定されている。  
長期信頼性の加速評価手法を確立し、今後1～2年後の商品化の目処をつけた。  
PLとの連携や外部の専門家からのアドバイスを得られる体制で開発を進め、またガス協会と各実施者とは2～3ヶ月に一度連絡会議を開催し、実環境試験解析結果のフィードバックに努めるなど連携を密にして開発を進めた。
- ナノテクノロジーの開発力強化や国内電力消費の低減化を見据えた、具体的な目標が設定され、適切な実施者とプロジェクトリーダーが選定されている。また、成果の実用化につなげる戦略も明確であり、時系列に沿って手順や方法等が適切に考えられている。
- 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確である。
- NEDOのオーガナイズと研究主導が功を奏したといえる。
- 研究開発目標、研究開発計画、研究開発実施の事業体制、研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントは全て妥当であり、情勢変化への対応、計画見直しも適切に実施されている。
- 目標仕様は適切であり、評価手法を確立して開発に適用していくプロセスは戦略的、効率的に計画されている。  
ユーザーの立場である都市ガス事業者とセンサーメーカー各社との役割分担が明確であり、両者の連携により保有する知見、ノウハウを融合し成果を最大化することに配慮された実施体制である。

### 〈問題点・改善すべき点〉

- 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が一部不明確に感じた。積極的なマネジメントを希望する。
- 知的財産に関する情報管理のあり方について明確化する必要がある。

- 日本ガス協会、ガスセンサー企業 6 社によりプロジェクトを組み、PL として山添先生を起用したことがプロジェクト成功に繋がったといえる。ただ、更に民間で海外戦略も積極的に行える企業の参画も視野に入れておくべきであると考え。また、本プロジェクト終了後も NEDO が引き続き何らかの関与ができる体制も形成すべきではないか。
- 経済効果を産出する明確なロードマップを示してほしい。良いものを構築すれば必ず経済効果が生まれるという時代ではないと考える。国内のみならず海外における戦略も含め経済効果を数値で予測していくことが必要である。真値を導出することは難しいが予測することにより手法が確立される。
- ビジネス上、競合関係にある実施者を含んでいたため、実施者間の協力関係を通じた技術の共用化による技術レベルの一層の底上げは、困難であったと思われる。
- センサー自身の組成・構造・製造法について、あえて特許出願せずノウハウとしてブラックボックスとしておく方針は一般的にはあり得る。ただし、ユーザーに秘密保持義務を果たさずに販売する警報器の場合、国内外のコンペティターに購入されて分析される可能性があり、コンペティターに組成の割合等のベストポイントを権利化されれば、基本特許や応用特許を持っていても事業化や販売ができなくなる。ブラックボックス化は、分析されてもわからない内容にとどめるべき。  
戦略的なノウハウの秘匿だけでなく、市販後、他社に権利化されないように、ノウハウの戦略的な開示も重要。

#### 〈その他の意見〉

- ・ ガス漏れ警報器は、法規制で設置義務を課したからといって継続的に経済的波及効果を産出するものではない。当然のこととして、住環境の安心・安全策の一環としての必要機器であるとの認識の啓蒙活動を伴う必要がある。また、スマートフォンなどの ICT のインフラが整備され各センサーの状況を把握する要求が多くなることが明らかであり、その対策も行っておくべきと考える。
- ・ あとは如何に早く実用化して世の中に貢献するかの 1 点に尽きる。
- ・ 本プロジェクトで一酸化炭素中毒やガス漏れ事故等の事故には、充分対応できるものの、初期火災検知への対応などに対応できるような火災警報器との複合警報器への展開が今後に望まれる。

### 3) 研究開発成果について

参加全メーカーが目標を達成し、電池駆動可能で必要な感度特性・信頼性を持つ CO センサー、メタンセンサーの開発に成功し実用化に目処をつけたのに留まらず、一部性能については目標を大幅に上回っていることは非常に高く評価できる。また、実環境における影響因子を加味した加速評価手法を確立したことは画期的であり高く評価できる。さらに多くの実施者が MEMS 構造を採用したことで、多種類のセンサーを集積化した多機能センサーの開発への道が開け、新たなセンサー創生につながるものが将来期待できる。この開発成果を基に、コードレスメタンセンサー、CO センサーとしての海外展開や他のガスセンサーに応用して、幅広いセンサーの省エネ化・コードレス化の推進も可能である。

一方、知的財産権等の取扱（特許等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているかが不明確であり、今後の商品化や海外展開等を十分考慮し、各社の知的財産戦略を策定していただきたい。

#### （肯定的意見）

- 実環境における影響因子を加味した加速評価手法を確立したことは画期的であり高く評価できる。  
参加全メーカーが目標を達成し、一部性能については目標を大幅に上回っていることに加え、実用化に目処をつけた点は非常に高く評価できる。
- 日本ガス協会との連携により、より効率良く進めている。
- 実環境下での実試験評価（北海道から沖縄まで）660 ヲ所で行ったのは評価できる。今後へのフィードバックが期待できる。
- ガスセンサーは必要な感度を得るのに、本質的にセンサー材料の微細化が必要なため、古くからナノテクノロジーをベースにしていたが、本事業で、一層の微細化、組成や結晶構造の精密な制御、粒子の均一化等の点で、ナノテクノロジーに関する技術レベルが全般的に進歩した点で評価できる。
- ほぼ研究開発の目標は達成されていると判断する。プロジェクトの目標として掲げられている内容が一つ一つクリアされ今後の業界の発展に貢献するものと思われる。目標達成への方針も十分に検討され実施されている。
- 成果は設定された目標に対して十分なものである。特に、多くの実施者が MEMS 構造を採用したことで、多種類のセンサーを集積化した多機能センサーの開発への道が開け、将来の新たなセンサー創生につながるものが期待できることが有意義である。
- 電池駆動可能で必要な感度特性・信頼性を持つ CO センサー、メタンセンサーの開発に成功し、実用化に目処をつけた。  
各社のセンサーを対象に、各種使用環境での特性変化の因子を解析し、それぞれの問題点を明らかにする事で効果的な対策につなげた。  
開発成果を基に、コードレスメタンセンサー、CO センサーとしての海外展開や他のガスセンサーに応用して、幅広いセンサーの省エネ化・コードレス化の推進も可能である。
- 成果は目標値をクリアしており、達成度はかなり高い。市場の拡大或いは市

場の創造につながることを期待でき、成果の意義は高く評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

- センサー自身の組成・構造・製造法について、あえて特許出願せずノウハウとしてブラックボックスとしておく方針は一般的にはあり得る。ただし、ユーザーに秘密保持義務を果たさずに販売する警報器の場合、国内外のコンペティターに購入されて分析される可能性があり、コンペティターに組成の割合等のベストポイントを権利化されれば、基本特許や応用特許を持っていても事業化や販売ができなくなる。ブラックボックス化は、分析されてもわからない内容にとどめるべき。  
戦略的なノウハウの秘匿だけでなく、市販後、他社に権利化されないように、ノウハウの戦略的な開示も重要。
- 知的財産権等の取得および成果の普及に関しては物足りないものを感じる。これは今後に期待したい。
- 加速評価には注意を要する。ファクターを明確にして検討する必要がある。
- 選択性評価は十分か？  
電気化学式は5年動作可能か？  
知的財産権等の取扱（特許等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているかが不明確である。  
論文発表についてはもう少し積極的に進めて頂きたい。
- 実施者の多くは、互いに競合関係にあることと、また、技術漏えいの防止の観点から、ノウハウ等の秘匿を優先しているように見受けられ、特許や論文発表は現状では充分とは言えない。
- 電力のさらなる低減化も期待したい。  
触媒自体の新規開発も進めて頂きたかった。
- 今後の商品化や海外展開等を十分考慮し、各社の知的財産戦略を策定していただきたい。
- 各社の技術内容が流出する恐れもあるが、知的財産権の取得には十分な熱意が示されていないと判断する。また、学術関係や専門家への成果の公表として論文化も遅れているように見受けられる。現時点で公表できる範囲で知的財産権の取得を判断し学術論文への公表についてアプローチして行くべきである。  
海外展開を視野に入れているにも関わらず、海外での権利化を進めていない。

〈その他の意見〉

- ・ 専門家向けも一般向けも論文や公表が遅れていると思われるので早急に成果の公表について検討し、しかるべき学会や新聞に公表して行くべきと判断する。それにより、日本の安全・安心に対する世界からの信頼性も得られ、現在抱えている様々な日本の課題へのブレークスルーになる可能性がある。現在の日本の技術水準が世界で認められていない。浸透させる戦略も必要である。相対的技術力も低下傾向にある。
- ・ 世界トップ技術を確立しており、日本の現状を幾分なりとも救うような活動

へと連携していくべきである。本プロジェクトで培った技術の国際競争力はあると判断できるので積極的に海外戦略を進めるべきである。また、特許など知財権も協を締め確立しておく必要がある。

- 国際貢献という点で、国際会議や論文として積極的に内容が公開されることが望まれる。

#### 4) 実用化、事業化の見通しについて

実用化に向けた技術的な課題等は明確であり、各メーカーとも実用化の目処をつけており高く評価できる。湿度の影響などの干渉因子についても明確化しており、その対策も十分可能と考えられる。長期耐久性等、信頼性の確保についても、各センサー共に、ほぼ目処が立っており、実施者が中心となっていく量産検討等により、1～2年後の実用化は大いに期待できる。また、他用途や海外市場への展開についてもアイデアがあり、コストダウン等により応用分野の拡大が期待できる。

##### (肯定的意見)

- 警報器への搭載について、各メーカーとも実用化の目処をつけており高く評価できる。コスト、製造方法などの諸課題を着実に解決し、早期の市場投入が望まれる。他用途や海外市場への展開についてもアイデアがあり、コストダウン等の効果を期待したい。
- 産業技術として課題が明確であり、それを解決していると判断する。また、実用化も可能であることは明白であり今後、期待される日本の技術といえる。これらの点は大いに評価すべき点である。さらに、多くの競合する企業が一つのプロジェクト内で、同じ目標に向かって体制を組織したことは大いに評価できる。
- 湿度の影響など干渉因子も明確化しており、対策も十分可能と判断できる。市販化も目前であり、期待できる
- 産業技術としての見極めができており、実用化に向けて課題が明確になっている。事業化までのシナリオも明確であり、大きな波及効果が期待できる。
- 関連分野への波及効果はただちには見通せないものの、実用化に向けた技術的な課題等は明確であるので、各実施者の今後の努力により、数年内には実用化が始まり、やがて、広く普及することが期待される。
- 長期耐久性等、信頼性の確保についても、各センサー共に、ほぼ目処が立っており、実施者が中心となっていく量産検討等により、1～2年後の実用化は大いに期待できる。  
開発成果を基に、コードレスメタンセンサー、COセンサーとしての海外展開や他のガスセンサーに応用して、幅広いセンサーの省エネ化・コードレス化の推進も可能である。

##### (問題点・改善すべき点)

- 必ずしも省電力化＝コストダウンとは限らないので、各要素技術の開発目標に性能面だけでなくコスト目標（あくまでも量産化段階での）も掲げるべきでは。

##### (その他の意見)

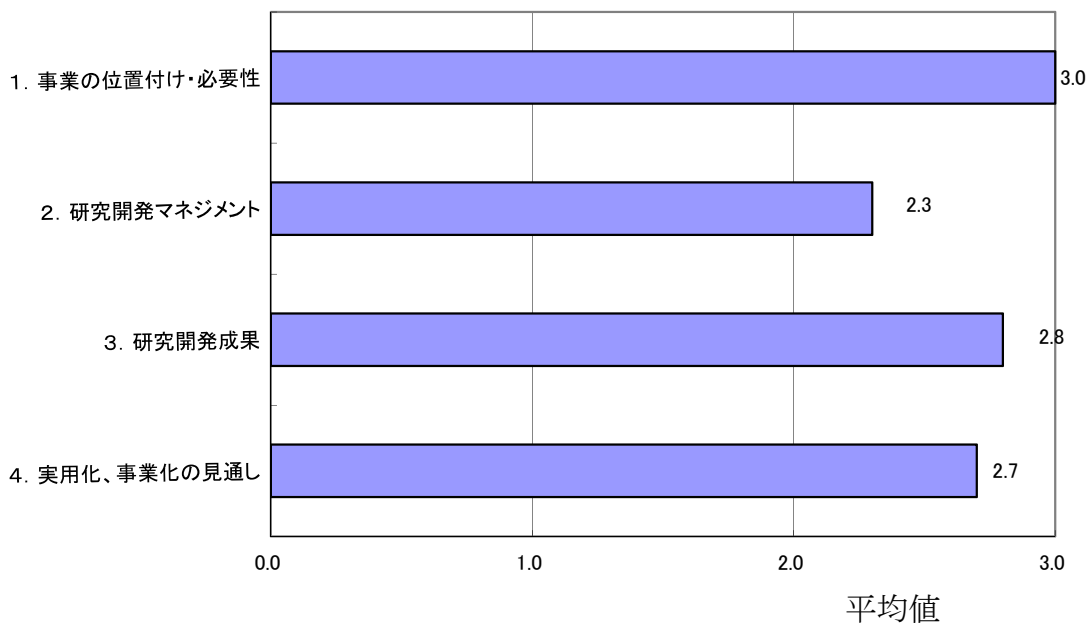
- ・ 特許出願、審査請求についても明確化して頂きたい。  
情勢変更にもなう対応も適と判断する。
- ・ プロジェクトは研究開発のハードルをクリアすると同時に人材育成に貢献

したと判断する。これらの人材が今後ますます当該分野で活躍し経済的貢献に資することが求められる。それにより世界に進出できる一つの核となる技術に高められることになる。世界にウリになる技術としての確立が重要であり、結果として、それにより多くの人材も育成される。

- 一般市民から安全・安心機器として認識・評価され、ある程度大きな市場規模を形成するかは、今後の展開次第である。単に法規制のみでそれを達成しようとするとは難しく、海外からも評価されない。明確に我々の生活環境に組み込む様々な努力と啓蒙活動が求められる。
- MEMS を用いるガスセンサーの実用化には、諸外国と比べてやや弱い国内の MEMS ファウンドリーサービスの強化と活用も考えられる。

### 3. 評点結果

#### 3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	A	A	A	B	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	2.3	A	B	A	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.8	A	A	A	A	B	A
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.7	B	A	A	A	B	A

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈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、事業化の見通しについて	
・非常によい	A ・明確	A
・よい	B ・妥当	B
・概ね適切	C ・概ね妥当であるが、課題あり	C
・適切とはいえない	D ・見通しが不明	D



## 第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

# 「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」

事業原簿

【公開版】

作成者	新エネルギー・産業技術総合開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部
-----	--------------------------------------

## 目次<公開版>

### 目次

#### 概要

プログラム・プロジェクト基本計画

プロジェクト用語集

#### I. 事業の目的・政策的位置付けについて

I-1 NEDOの関与の必要性・制度への適合性	I-1
I-1. 1 NEDOが関与することの意義	I-1
I-1. 2 実施の効果（費用対効果）	I-1
I-2. 事業の背景・目的・位置付け	I-3
I-2. 1 事業背景	I-3
I-2. 2 事業目的	I-6
I-2. 3 事業の位置付け	I-7

#### II. 研究開発マネジメントについて

II-1 事業の目標	II-1
II-2 事業の計画内容	II-1
II-2. 1 研究開発の内容	II-1
II-2. 1. 1 研究開発項目と各項目における達成目標	II-1
II-2. 1. 2 全体スケジュールと予算	II-2
II-2. 2 研究開発の実施体制	II-4
II-2. 3 研究の運営管理	II-4
II-2. 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	II-6
II-3. 情勢変化への対応	II-7
II-4. 評価に関する事項	II-8

#### III. 研究開発成果について

III-1. 事業全体の成果	
III-1. 1 プロジェクトの背景	III-1-1
III-1. 2 成果の概要	III-1-4
III-1. 3 成果の意義	III-1-13
III-1. 4 成果の普及、広報活動について	III-1-14
III-1. 5 成果の最終目標の達成度について	III-1-14
III-2. 研究開発項目毎の成果	
III-2. 1 次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・ メカニズムの解明のための基盤技術構築	III-2.1-1
III-2. 1. 1 センサーユニットの設計・製作	III-2.1-2
III-2. 1. 2 センサーユニットの設置先選定と設置	III-2.1-14
III-2. 1. 3 データ処理システムの製作	III-2.1-22
III-2. 1. 4 成果の意義	III-2.1-24
III-2. 1. 5 成果の普及	III-2.1-27
III-2. 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	
III-2. 2. 1 特性変化測定装置の設計・製作	III-2.2-1
III-2. 2. 2 センサー感度特性測定方法と初期値測定	III-2.2-6
III-2. 2. 3 成果の意義	III-2.2-6
III-2. 2. 4 成果の普及	III-2.2-7
III-2. 2. 5 全体のまとめ（日本ガス協会自主事業含む）	III-2.2-8

III-2. 3	超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発	
III-2. 3. 1	半導体式COセンサーの開発 (助成先:新コスモス電機株式会社)	III-2.3.1-1
III-2. 3. 2	半導体式COセンサーの開発 (助成先:エフアイエス株式会社)	III-2.3.2-1
III-2. 3. 3	電気化学式COセンサーの開発 (助成先:株式会社ネモト・センサエンジニアリング)	III-2.3.3-1
III-2. 3. 4	電気化学式COセンサーの開発 (助成先:フィガロ技研株式会社)	III-2.3.4-1
III-2. 3. 5	半導体式メタンセンサーの開発 (助成先:富士電機株式会社)	III-2.3.5-1
III-2. 3. 6	接触燃焼式メタンセンサーの開発 (助成先:矢崎エナジーシステム株式会社)	III-2.3.6-1

#### IV. 実用化・事業化の見通しについて

IV-1.	実用化、事業化の見通し	
IV-1. 1	成果の実用化・事業化の可能性	IV-1-1
IV-1. 2	事業化までのシナリオ	IV-1-1
IV-1. 3	波及効果	IV-1-2
IV-2.	実用化技術における実用化・事業化の見通し	
IV-2. 1	半導体式COセンサーの開発 (助成先:新コスモス電機株式会社)	IV-2.1-1
IV-2. 2	半導体式COセンサーの開発 (助成先:エフアイエス株式会社)	IV-2.2-1
IV-2. 3	電気化学式COセンサーの開発 (助成先:株式会社ネモト・センサエンジニアリング)	IV-2.3-1
IV-2. 4	電気化学式COセンサーの開発 (助成先:フィガロ技研株式会社)	IV-2.4-1
IV-2. 5	半導体式メタンセンサーの開発 (助成先:富士電機株式会社)	IV-2.5-1
IV-2. 6	接触燃焼式メタンセンサーの開発 (助成先:矢崎エナジーシステム株式会社)	IV-2.6-1

#### V. 成果資料

V-1.	論文一覧表	V-1
V-2.	学会発表等一覧表	V-1
V-3.	その他外部発表一覧表	V-5
V-4.	出願特許一覧表	V-6

<参考資料1>	事前評価書	参考資料1-1
<参考資料2>	パブリックコメント	参考資料2-1
<参考資料3>	ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画	参考資料3-1
<参考資料4>	エネルギーイノベーションプログラム基本計画	参考資料4-1

## 概要

		作成日	平成 24 年 9 月 5 日
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム、ナノテク・部材イノベーションプログラム		
プロジェクト名	次世代高信頼性ガスセンサー技術開発	プロジェクト番号	P08025
事業担当推進部室・担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 主査 三宅 邦仁		

### 0. 概要

ガス漏れやCO中毒などのガス関連事故の更なる低減に、ガス警報器の一層の普及は不可欠である。一方、都市ガス警報器の普及率は、40%程度に留まっており、一層の普及には、現在主流の電源コードを必要とするAC電源式から、設置性・施工性・意匠性の高いコードレスな電池駆動式にすることが非常に有効である。このような背景から、本プロジェクトにおいて、メタン及びCOガスを確実に検出でき、超低消費電力で電池駆動可能かつ長期間の信頼性が担保できる革新的高信頼性ガスセンサーの技術開発を実施した。

### I. 事業の位置づけ・必要性について

平成18年に明らかになった一連の瞬間湯沸器によるCO中毒事故をきっかけに、ガスの安全・安心に対する社会の関心が高まっており、国などは、ガス安全のより高度化を目指して取り組んでいる。その有効な手段として、ガス警報器などの安全機器のより一層の普及が挙げられる。これまでに、ガス関連の事故は、ガス警報器などの安全機器の普及とともに低下してきた経緯があり、ガス事故の低減に大いに貢献してきた。

しかしながら、都市ガス警報器の普及率は、平成11年以降ほぼ横ばい（普及率約40%）の状況にあり、事故件数の低下速度も停滞してきている。

このような普及率停滞の原因は、現行の都市ガス警報器のAC100V電源仕様にある。すなわち、電源コードを必要とする仕様に起因し、設置性・施工性・美観上の問題が普及を阻害する要因となっている。より一層の都市ガス警報器の普及には、設置性・施工性・意匠性の高いコードレスな電池駆動式にすることが非常に有効と考えられる。更に、屋内燃焼ガス機器使用時の偶発的な不完全燃焼に起因するCO中毒事故を防止するため、都市ガス警報器としては、ガスだけでなく、CO検知機能を兼ね備えておく必要がある。このような背景から、メタン及びCOガスを確実に検出でき、超低消費電力で電池駆動可能かつ長期間の信頼性が担保できる革新的高信頼性ガスセンサーの技術開発を実施することとした。

電池駆動式警報器の実現には、現行のAC電源式対比、1/1000程度の劇的な低消費電力化が必須であり、最新のナノテクノロジーやMEMS技術を駆使したセンサーの超小型化によるガス検知時の加熱効率の劇的向上が鍵となる。このようなチャレンジングな目標達成には、世界をリードする国内ガスセンサーメーカーの最先端技術の結集が必須であり、国内を代表するセンサーメーカー6社により、開発を進めることとした。実用化に向けて重要なもう一つの課題である信頼性については、日本全国のあらゆる環境での信頼性を確保することが必須であり、そのためには、大規模な実環境試験を実施し、劣化要因の把握と改良を行う必要がある。このような大規模な実環境試験を一社で実施することは困難であり、業界団体と連携して進めることとした。このように、電池駆動式都市ガスセンサーの実用化には、ガスセンサー業界が一体となった開発が必須であることから、NEDOが主体となり開発体制を構築し、プロジェクトとして推進する

こととした。

このような取り組みにより、CO中毒等のガス事故を一層低下させる効果的な手段の提供が可能となり、社会の安全・安心への貢献が期待できる。また、世界最先端技術の活用による画期的な技術の実用化が実現できれば、国内ガスセンサー業界の競争力強化への貢献が期待できる。警報器の低消費電力化による省エネ効果も大きい。このように波及効果も大きく、本プロジェクトの意義も大きい。

本プロジェクトは、ガス安全の高度化を推進する「ガス安全高度化計画」、省エネ技術開発推進を目的とする「エネルギーイノベーションプログラム」、および、ナノテク関連技術開発推進を目的とする、「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施した。

## II. 研究開発マネジメントについて

### 【事業の目標】

プロジェクトの目標は、共通基盤技術として、

- ① 次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築
- ② 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

実用化技術として、

- ③ 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

- ・ 0.1mW 以下の超低消費電力を実現する。
- ・ 加速評価等によって、寿命 5 年以上の信頼性の目途をつける。
- ・ 「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」(JIA F 039-06) を満足する (CO センサー)。
- ・ 「都市ガス用ガス警報器検査規程」(JIA E 001-07) を満足する (メタンセンサー)。

を設定し、推進した。

【事業の計画】

項目	研究開発内容	プロジェクト期間				
		H20	H21	H22	H23	H24以降
①②共通基盤技術の確立	①実環境特性変動試験環境確立 (センサーユニット開発、設置場所選定・設置、データ処理システム開発)	→				
	②長期信頼性の加速評価基盤技術の確立 (実環境におけるセンサーユニット設置と動作確認)	→	<自主事業>	実環境データの回収、解析と各社へのデータフィードバック		
③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発	低消費電力センサー開発	→	→	→	→	
	加速評価手法の確立		→	→	→	
	実環境における特性変化因子解析と改良		→	→	→	
★自主開発	実用化、事業化研究					各社での実用化研究 →

  : 基盤技術 (開発項目①、②)
   : 実用化技術 (開発項目③)
   : 自主開発

実用化に目途が得られた実施者は、本PJと並行して、量産化などの実用化検討に移行

【開発予算 (単位：百万円)】

	開発項目*)	H20	H21	H22	H23
予算	①、②	60	—	—	—
	③	38	99	81	61
総予算額		98	99	81	61

プロジェクト予算総額： 3.4億円。  
 ※ (①～②は委託事業、③は助成事業<助成率1/2>)

【開発体制】

運営機関	独行政法人新エネルギー産業技術総合開発機構
PL	国立大学法人九州大学 名誉教授 山添 昇
委託先	一般社団法人 日本ガス協会 (平成20年度のみ)
助成先	新コスモス電機株式会社、エフアイエス株式会社、株式会社ネモト・センサエンジニアリング、フィガロ技研株式会社、富士電機株式会社、矢崎エネジーシステム株式会社 (平成20～23年度)

開発項目①②は、日本ガス協会、開発項目③については、助成先6社が担当した。

【情勢変化への対応】

以下の点について情勢変化に対応した。

- 共通基盤技術の早期確立による実用化・事業化前倒し  
 共通基盤技術の早期確立により共通基盤技術開発を平成20年度で終了し、助成企業によるセンサーの実用化開発を主体とする体制に見直した。



2) 基本計画の改定

上記体制変更に合わせて、基本計画の改定を実施した（平成 21 年 3 月）。  
 震災の影響による一部助成事業者の研究開発期間を変更した（平成 24 年 2 月）。

【評価に関する事項】

平成 19 年度 事前評価実施。

【実施の効果（費用対効果）】

研究開発費用： 4 年間で約 3.4 億円

- ①期待される市場：ガスセンサー、ガス警報器、火災警報器等
- ②経済波及効果：約 510 億円（2020 年）
- ③省エネ効果：157,000MWh/年（原油換算15,000kl/年）（2030年）

Ⅲ. 研究開発成果について

【目標達成状況】

1) 研究開発項目① 次世代ガスセンサーの特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

最終目標	達成度	内容説明
(1) 各種検知原理に基づくメタン及びCOセンサーの特性変化の要因及びその影響度を解析するためのデータ収集システムを開発し、メカニズムを解明するための基盤技術を構築する。	○	①6社センサーの搭載が可能なユニットを開発に成功した。 ②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660台を設置した。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。 ③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した。 ④初年度のみで早期に基盤技術開発を完了した。

2) 研究開発項目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	達成度	内容説明
(1) 長期信頼性を加速評価し得る基盤技術を確立する。	○	研究開発項目①で構築した基盤技術を活用し、この基盤技術で得られたデータを各センサーメーカーに定期的にフィードバックした。このような取り組みにより、各社が行う具体的加速評価条件決定につなげた。

3) 研究開発項目③ 低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

最終目標	達成度	内容説明
(1) 0.1mW以下の超低消費電力を実現する。	○	MEMSなどの各社の保有技術を活用し、6社とも目標の消費電力を達成した。
(2) 加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の		

<p>目途をつける。</p> <p>(3) 「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」(JIA F 039-06)を満足する(COセンサー)。「都市ガス用ガス警報器検査規程」(JIA E 001-07)を満足する(メタンセンサー)。</p>		<p>境ガスなど)の特定に成功。劣化要因に基づき、センサーの改良(緻密化、触媒改良、保護膜の設置など)により信頼性を改良した。各社確立した加速試験条件を活用し、目標の信頼性に目処を得た。</p> <p>JIA規定を満足することを確認した。</p>
---	--	---

**【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。

本プロジェクトの成果から、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】**

- ・論文投稿 「査読付き」0件、「その他」0件
- ・特許 「出願済」15件
- ・その他の外部発表 33件

**IV. 実用化、事業化の見通しについて**

各社は、これまでに各種センサーの実用化、販売実績を豊富に有しており、そこでの量産化ノウハウや販売網を活用することにより、1、2年後の商品化を目指している。

事業化対象は、ガスセンサーやガス警報器が考えられる。更に、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(火災警報器、湯沸器用安全装置、ガスコンロ用安全装置など)への展開も考えられる。

**V. 基本計画に関する事項**

作成時期 : 平成20年3月 制定。

変更履歴 : 平成20年6月 イノベーションプログラム基本計画の制定により、  
「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。

平成20年7月 研究開発責任者(プロジェクトリーダー)決定に伴い改訂。

平成21年3月 委託事業の実施期間変更に伴い改訂。

平成24年2月、一部助成事業者の研究開発期間変更に伴い改訂、並びに  
前回改訂の内容補足のため、研究開発項目毎に特記事項を追記、及び文言等  
軽微な修正。

(エネルギーイノベーションプログラム・ナノテク・部材イノベーションプログラム)

「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」基本計画

電子・材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

世界的なエネルギー需給の逼迫の懸念や原油価格の高騰、地球温暖化問題等の環境制約等に対応し、長期的に安定かつ効率的なエネルギー需給構造の構築を目指し、燃料（石油、ガス体、石炭、新燃料）に係る生産技術の向上や環境負荷低減技術の開発等を行うことを目的とする「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として本研究開発を実施する。また、多様な連携（川上・川下産業の垂直連携、材料創製・加工の水平連携）による研究開発の推進により、当該市場のニーズに応える機能を実現する上で不可欠な高品質・高性能の部品・部材をタイムリーに提供し、又は提案することができる部材の基盤技術を確立することを目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環としても本プロジェクトを実施する。

都市ガスの主原料である天然ガスは、エネルギー基本計画において、安定供給及び環境保全の両面から重要なエネルギーであり、継続して導入及び利用拡大を推進するエネルギーと位置付けられている。さらにエネルギー基本計画は、製造・供給のみならず、末端のエネルギー消費の段階に至るまで、安全の確保がすべてに優先されなければならないと述べている。

最近10年のガス消費に係る事故件数は、国・自治体・関連業界の施策施行・推進にもかかわらず、微増傾向にある。また都市ガスの漏洩や不完全燃焼を検知する都市ガス警報器の普及率は、平成11年以降ほぼ横ばいの状況にある（平成18年度末時点で約40%）。このような普及率の状況の原因は、現行の都市ガス警報器のAC100V電源仕様にある。すなわち、電源コードを必要とする仕様に起因し、設置性・施工性・美観上の問題が普及を阻害する要因となっている。一方で、屋内燃焼ガス機器使用時の偶発的な不完全燃焼に起因するCO中毒事故を防止するため、都市ガス警報器としては、CO検知機能を兼ね備えておく必要がある。

そこで、都市ガス警報器の加速的な普及及びCO中毒事故の未然防止に資するため、メタン及びCOガスを確実に検出でき、超低消費電力でかつ長期間の信頼性が担保できる革新的高信頼性ガスセンサーの技術開発を目的として、本研究開発を実施する。

本プロジェクトで開発される、電池駆動を実現しながら高い信頼性を持つCOセンサー及びメタンセンサーは、確実に不完全燃焼や都市ガスの漏えいを検出し、かつ手軽に設置できる電源コード不用のガス警報器（CO及びメタンの複合検知）の早期実用化に資する。現在

の都市ガス事業者管内で250万台以上の普及促進に寄与することが期待される。また、2030年における省エネ効果は、消費電力の少ないガス警報器が普及することを見込んで、およそ157,000MWh/年（原油換算14,000kl/年）と推定される。

## （2）研究開発の目標

メタンセンサー及びCOセンサーについて、実際のセンサー設置環境を前提に、小型の内蔵電池による駆動（電池交換なし）を実現し、寿命5年以上の信頼性の目途をつけることを目標とする。

### 【共通基盤技術】（平成20年度）

①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

・各種検知原理に基づくメタン及びCOセンサーの特性変化の要因及びその影響度を解析するためのデータ収集システムを開発し、メカニズムを解明するための基盤技術を構築する。

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

・上記①で開発したデータ収集システムを活用し、各種センサーの実環境特性を測定・解析することにより、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子を特定し、長期信頼性を加速評価し得る基盤技術を確立する。

### 【実用化技術】（平成23年度（※））

③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

・0.1mW以下の超低消費電力を実現する。

・加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。

・「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」（JIA F 039-06）を満足する（COセンサー）。

・「都市ガス用ガス警報器検査規程」（JIA E 001-07）を満足する（メタンセンサー）。

（※）平成23年度終了予定のところ、東日本大震災の影響により、実施場所のインフラが被害を受けたため、一部事業者は、平成24年6月まで期間を延長して実施する。

## （3）研究開発内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

### 【共通基盤技術】〔委託事業〕

①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・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

【実用化技術】〔助成事業（助成率：1／2以内）〕

### ③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

#### 2. 研究開発の実施方式

##### （1）研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という）が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDOが指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）として、国立大学法人九州大学 名誉教授 山添 昇氏を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

本研究開発において、NEDOが主体となっていくべき基礎的・基盤的研究開発であると判断される研究開発内容に示した①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・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の事業は委託により実施する。また、市場化に向けた産業界の具体的な取り組みが示されるべき実用化研究開発であると判断される研究開発内容に示した③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発の事業は助成（助成率1／2）により実施する。

##### （2）研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

#### 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成20年度から平成23年度（※）までの4年間とする。

（※）平成23年度終了予定のところ、東日本大震災の影響により、実施場所のインフラが被害を受けたため、一部事業者は、平成24年6月まで期間を延長して実施する。

#### 4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平

成24年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

## 5. その他の重要事項

### (1) 研究開発成果の取扱い

#### ①成果の普及

研究開発成果については、NEDO、実施者ともサンプル提供等普及に努めるものとする。

#### ②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等との連携を図るため、必要に応じてデータベースへのデータの提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

#### ③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

### (2) 基本計画の変更

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、第三者の視点からの評価結果、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。

### (3) 根拠法 本プロジェクトは、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号及び第3号に基づき実施する。

### (4) その他

本研究によって得られたあらゆる知的財産、また本研究の過程又は成果に基づき開発したプログラム、サンプル若しくは装置などの成果物について、本プロジェクト外（国内外）への供試・開示については、事前にプロジェクトリーダーとNEDOに連絡する。その際に、NEDOが申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

## 6. 基本計画の改訂履歴

### (1) 平成20年3月 制定。

### (2) 平成20年6月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究

開発の目的」の記載を改訂。

- (3) 平成20年7月、研究開発責任者（プロジェクトリーダー）決定に伴い改訂。
- (4) 平成21年3月、委託事業の実施期間変更に伴い改訂。
- (5) 平成24年2月、一部助成事業者の研究開発期間変更に伴い改訂、並びに前回改訂の内容補足のため、研究開発項目毎に特記事項を追記、及び文言等軽微な修正。

## (別紙) 研究開発計画

### 【共通基盤技術】 [委託事業]

研究開発項目①：次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

#### 1. 研究開発の必要性

ガスセンサーは多種多様な実環境、すなわち、外的環境、建物構造・建材、室内環境、家族構成等が異なる多様な一般家庭で用いられる。したがって、新規ガスセンサーの開発においては、種々の環境因子がメタン及びCOガス検知特性に及ぼす影響を前もって正確に把握し、これを最新のナノテクノロジーやマイクロマシン技術を基盤とした超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発に反映させることが重要である。

#### 2. 研究開発の具体的内容

多種多様な実環境における各ガスセンサーの特性変化を抽出する実環境特性変動試験手法の開発、実環境特性変動試験を通じた特性変化要因の分析等の基盤技術を構築し、高信頼性を担保する超低消費電力の次世代ガスセンサーに適した材料設計指針を明らかにする。

#### 3. 達成目標

・各種検知原理に基づくメタン及びCOセンサーの特性変化の要因及びその影響度を解析するためのデータ収集システムを開発し、メカニズムを解明するための基盤技術を構築する。

#### 4. 特記事項

なお、平成21年度以降は、委託事業で確立した上記基盤技術を元に、助成事業で開発を進めている各種高信頼性ガスセンサー開発の中で検討を行う。

研究開発項目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

#### 1. 研究開発の必要性

都市ガス警報器向けのガスセンサーの開発・改良には、その品質保証及び信頼性の観点から、通常5年以上を要する。この期間を極力短縮するために、メタンセンサー及びCOセンサーを加速評価する手法を開発する必要がある。

#### 2. 研究開発の具体的内容

実環境特性変動試験において収集した多量のデータを分析し、複数の方式のメタンセンサ



一及びCOセンサーについて、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子の特定等を行い、長期信頼性の加速評価のための基盤技術を確立する。

### 3. 達成目標

・研究開発項目①で開発したデータ収集システムを活用し、各種センサーの実環境特性を測定・解析することにより、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子を特定し、長期信頼性を加速評価し得る基盤技術を確立する。

### 4. 特記事項

なお、平成21年度以降は、委託事業で確立した上記基盤技術を元に、助成事業で開発を進めている各種高信頼性ガスセンサー開発の中で検討を行う。

【実用化技術】〔助成事業（助成率：1／2以内）〕

研究開発項目③：超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

### 1. 研究開発の必要性

現行の都市ガス警報器のガスセンサーはAC100V電源仕様であり、電源コードを必要とする仕様に起因し、設置性・施工性・美観上の問題が普及を阻害する要因となっている。同時に、都市ガス警報器向けのガスセンサーには、安全機器としての観点から、長期にわたって高い検知精度や選択検知性が求められる。さらに、CO中毒事故防止のため、都市ガス警報器としては、CO検知機能を兼ね備えておく必要がある。そこで、CO検知機能を備えた都市ガス警報器の加速的な普及に資するため、超低消費電力、高信頼性でかつ低コストのメタン及びCOセンサーを開発する必要がある。

### 2. 研究開発の具体的内容

最新のナノテクノロジーやマイクロマシン技術を駆使して、超低消費電力高信頼性メタンセンサー及びCOセンサーを開発する。その際、共通基盤技術開発と密接な連携をとって、実環境特性変動試験の計測データや分析結果をセンサー開発に反映させ、併せて、加速評価基盤技術に基づき各センサーに適した長期信頼性の具体的加速評価条件を決定し、開発したセンサーの効果検証も行う。また、各々のガスセンサーを現行ガスセンサーと同等以下のコストで製造する方法を開発する。なお、本研究開発において、センサー開発とはCO及びメタンを検知するセンサー素子（センサー本体部品）の開発、各センサーの制御方法（各センサーの省電力駆動方法、各センサー信号の警報情報への変換方法及びセンサー機能健全性診断方法等）の開発を包含するものである。

### 3. 達成目標（※）

- ・0.1mW以下の超低消費電力を実現する。
  - ・加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。
  - ・「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」（JIA F 039-06）を満足する（COセンサー）。
  - ・「都市ガス用ガス警報器検査規程」（JIA E 001-07）を満足する（メタンセンサー）。
- （※）平成23年度終了予定のところ、東日本大震災の影響により、実施場所のインフラが被害を受けたため、一部事業者は、平成24年6月まで期間を延長して実施する。

## プロジェクト用語集

(アルファベット順、あいうえお順)

用語（日本語）	用語の説明
COHb	一酸化炭素ヘモグロビンの略称。生体中の酸素と結びつき、この濃度が上昇するとCO中毒となる。
CO・メタンワンセンサー	一つの感ガス体で、COとCH <sub>4</sub> を選択的に検知するガスセンサー。
CS信号	CPUから、ROMやRAMなどを選ぶための信号線。
FMEA	設計の不完全や潜在的な欠点を見出すために構成要素の故障モードとその上位アイテムへの影響を解析する技法。
FTA	下位アイテム又は外部事象、若しくはこれらの組み合わせのフォールトモードのいずれが、定められたフォールトモードを発生させ得るか決めるための、フォールトの木形式で表された解析。
GC/MS分析	有機化合物の定性・定量を行う分析装置。ガスクロマトグラフ(GC)と質量分析装置(MS)を結合した複合装置で、MSスペクトルを測定することにより成分の定性を行い、検出されたイオンの強度により定量を行う。
JIA	日本ガス機器検査協会の略称。
JIA基準	一般財団法人 日本ガス機器検査協会にて規程されたガス警報器に関する基準。不完全燃焼警報器は、「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」(JIA F 039-06)にて規程されている。
MEMS	シリコン基板などの上に、立体形状や可動構造をエッチングプロセスなどで形成し集積化したデバイス。素子の微細化が可能。
TEM	電子顕微鏡の一種である。観察対象に電子線をあて、それを透過してきた電子が作り出す干渉像を拡大して観察するタイプの電子顕微鏡のこと。
TPD-MS (=加熱発生ガス-質量分析装置)	温度制御可能な加熱装置に質量分析装置(MS)が直結されており、決められた昇温プログラムに従い加熱された試料から発生する気体の濃度変化を温度または時間の関数として追跡する手法である。オンラインでの分析であるため、一度の測定で水分などの無機成分や有機成分を同時検出することが可能である。
UL2034	米国のCO警報器の検査規定。
XAFS (=X線吸収微細構造)	X線照射により、内殻電子の励起に起因して得られる吸収スペクトルであり、エネルギー範囲及び励起過程の違いにより、XANES (X-ray Absorption Near Edge Structure) 及び EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) に分けられる。XANES から着目元素の価数や配位構造等が、EXAFS から着目元素の局所構造(周囲の原子種、配位原子の数、原子間距離)に関する情報が得られる。粉末・液体などのバルク分析以外に、基板上薄膜の分析など、あらゆる試料形態に適用可能である。また、混合ガス流通

	下における加熱雰囲気下(～1000℃)での測定(in situ XAFS)も可能である。
X線光電子分光	光電子分光の一種。サンプル表面にX線を照射し、生じる光電子のエネルギーを測定することで、サンプルの構成元素とその電子状態を分析することができる。ある程度の定量も可能。
異方性エッチング	結晶構造の違いによる縦横の反応性の違いを利用して縦横比の大きい構造を形成する技術である。
エアブリッジ構造	中空構造。半導体分野では機能部を基板から独立させた中空構造体を示す。
エージング	製造直後に行う特性安定のための通電。burn-inとも言う。
欧州EN規格	ENはEU加盟国間の貿易円滑化と同時に産業水準統一化のための地域規格。またEN50291とはCO警報器の性能基準を定めた規格。
化学センサ研究会	公益社団法人 電気化学会 の技術専門委員会の一つであり、1984年に設立された。
環境物質	ガス警報器が設置される環境に発生するガス。
環境分析用活性炭	設置環境中のガス成分を吸着捕捉するためにユニット搭載した活性炭。半年毎の回収時に取替えを実施。
感度失活	ガス感度が消滅すること。
金属酸化物半導体	半導体の一種。代表的なものに酸化亜鉛や酸化スズ、酸化インジウムがある。
検査機関	回収したセンサーユニットに搭載されている各センサーのCH <sub>4</sub> 、CO、H <sub>2</sub> 感度特性を測定する機関。
自己診断	センサーのガス検知機能に関する健全性を自ら判定する機能。
自己診断補正	センサーのガス検知機能の健全性低下を自ら補正する機能。
実環境特性変動試験	様々な設置環境におけるセンサー特性変動要因を抽出するために実施した試験。半年毎に回収し、設置中ログデータの保存と共にガス感度データ(CO、H <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> )を取得。
初期鋭敏化	ガスセンサーの通電初期に生じる高感度現象。
センサー特性 (感度特性)	ガス濃度とセンサー出力信号電圧との相関関係。
センサーモジュール	駆動回路に評価用センサーが搭載された基板。
センサーユニット	センサーモジュール6枚と電池、温湿度計、分析用活性炭から構成される箱。
測定ユニット	チャンバーボックス、自動ガス注入装置、温湿度計、接続治具および周辺機器で構成されるユニット。
ダイボンド	半導体チップを台座やリードフレームの所定の位置に固定する工程。
電気化学式ガスセンサー	化学反応(酸化還元反応)によって発生するエネルギーを電気エネルギーとして取り出すことによってガスを検知するセンサー。
緻密素子	感ガス体が緻密な構造のガスセンサー。
チャンバーボックス	一定の温度、湿度およびガス濃度条件下にてセンサーユニット20台を格納

	できる箱。
電界放射走査型電子顕微鏡	電子顕微鏡の一種である。電子線を絞って電子ビームとして対象に照射し、対象物から放出される二次電子、反射電子を検出することで対象を観察する。電界放射型（field emission、FE）は、熱電子銃型と比較して解像度が高く、高倍率での観察が可能である。
特性変化モード	センサー特性が変化している状態。
二次電子像	電子線を試料に照射した時に発生する二次電子信号を利用した観察像。試料表面の形態（凹凸）を忠実に反映している。
日本ガス機器検査協会	ガス機器、ガス警報器等の第三者認証機関。
熱線型半導体式センサー	半導体式センサーのガス検知原理に基づき設計された独自構造のセンサー。白金線コイル上に金属酸化物半導体を球状に焼結した構造で、焼結体に埋没させた白金線コイルは、加熱ヒーターと半導体粒子焼結体の電気伝導度変化を検出する電極の二つの役割を兼ねている。半導体部にガスを曝露させると半導体部の抵抗値が変化し、その抵抗変化はセンサー抵抗値の変化として検出できるためガス検知が可能となる。
反射電子像	電子線を試料に照射した時に発生する反射電子信号を利用した観察像。原子番号依存性（元素の原子番号によって放出信号強度が異なる現象）を利用し、組成の違いを二次元的に表示できる。
半導体式ガスセンサー	感ガス体が金属酸化物半導体からなり、周囲のガス濃度に応じて電気伝導度に変化する。検知メカニズムは、空気中の酸素が感ガス体表面に負荷電吸着し、感ガス体の電子が捕捉され、電気伝導度が小さくなる。周囲にガスが存在すると、ガスとセンサー表面の酸素との間で酸化還元反応が生じ、捕捉されていた電子が自由になり、電気伝導度が大きくなる。このメカニズムにより、高寿命な特徴がある。
パッシベーション膜	半導体表面の保護膜。
ファウンドリーサービス	半導体チップの製造を請け負うサービス。ファウンドリーサービスを行なう企業は発注元となるメーカーからチップの設計図を受け取り、その設計に沿って半導体チップを製造する。
フォトリソ（フォトリソグラフィ）	感光性の物質を塗布した物質の表面を、パターン状に露光（パターン露光、像様露光などとも言う）することで、露光された部分と露光されていない部分からなるパターンを生成する技術。
プロジェクション溶接	被溶接物に小さな突起を設け、この部分に電流と加圧力を集中させて溶接する工法。
プロトタイプ品	開発途上品であるセンサー。
米国 UL 規格	UL 規格とは、アメリカで生まれた、主に電化製品の安全性を認証する規格。また UL2034 とは CO 警報器の性能基準を定めた規格。
モニター先	実環境特性変動試験において、センサーユニットを設置している住戸。
ラボ試験	実験室における試験。

劣化モード	センサー特性の変化が許容範囲を超えている状態。
ワイブル解析	半導体デバイスの信頼度解析において、最も広く用いられている手法。ある系全体の故障は、構成要素のうち一番弱いところが故障することによって生じるとする最弱リンクモデルを基にした故障確率分布であるワイブル分布を前提に、故障モード、故障率、加速係数等の解析を行うことができる。
ワイブル分布	物体の強度を統計的に記述するための確立分布。時間に対する劣化現象や寿命を統計的に記述するために利用される。
ワイヤーボンディング	直径十数マイクロメートルから数百マイクロメートルの金、アルミニウム、銅などのワイヤを用いて、トランジスタ、集積回路上の電極と、プリント基板、半導体パッケージの電極などを、電気的に接続する方法。

## I. 事業の目的・政策的位置付けについて

### I-1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

#### I-1.1 NEDOが関与することの意義

NEDO が関与することの意義について図 I-1 に示す。国民の安全・安心を守るという観点から、社会的公共性も高く、国が関与すべき事業である。信頼性の高い超低消費電力化技術開発のハードルは高い。また、高信頼性を担保するために必要な日本全国での大規模実環境試験のハードルも、極めて高い。例えば、非常に多くの設置場所確保やデータ回収システム構築などの実環境試験環境整備は、一事業者での実施は困難である。また、このような試験の実施には、費用負担も大きく、一事業者が実施するにはリスクも大きい。

このような背景から、国による開発費用の一部負担することによる実用化の加速が期待できる。また、中立な立場である NEDO が、多くの企業が共通で利用可能な実環境試験体制を整備することで、個別企業の負担を軽減できる。このように、NEDO が関与する意義は大きい。

#### 背景

- ・国民の安全・安心を守るという観点から、社会的公共性は高い。
- ・信頼性の高い超低消費電力化技術開発のハードルは極めて高い。また、大規模な実環境特性変動試験(場所確保、データ回収システム構築等)のハードルも極めて高い。メーカー単独ではリスクが大きく開発が進展しない可能性が高い。



#### NEDOが関与する意義

- ・社会的公共性も高く、国が関与すべき事業であり、開発費用の一部負担により開発の加速が期待できる。
- ・中立な立場であるNEDOが関与し、多くの企業が共通で利用可能な実環境試験環境整備することで、個別企業の負担を軽減できる。

図 I-1 NEDOが関与することの意義

#### I-1.2 実施の効果（費用対効果）

実施の効果については、事前調査（H19年度成果報告「次世代高信頼性ガスセンサー一技術開発」（NEDO）に関する調査）を実施しており、その調査結果を以下に引用する。

研究開発費用： 4年間で約3.4億円

(1)期待される市場： ガスセンサー、ガス警報器、火災警報器等

(2)経済波及効果： 約 510 億円 <2020 年>

(3)省エネルギー効果： 157,000MWh/年（原油換算 15,000kl/年）<2030 年>

本プロジェクトで開発される電池駆動を実現しながら高い信頼性を持つ CO センサー及びメタンセンサーは、確実に不完全燃焼や都市ガスの漏えいを検出し、かつ手軽に設置できる電源コード不用のガス警報器（CO 及びメタンの複合検知）の早期実用化に資する。

現在の都市ガス事業者管内で250万台以上の普及促進に寄与することが期待される。市場規模は以下のように算定される。

[標準普及シナリオ]

次世代ガス警報器が2013年度に市場投入された場合、2020年度の普及率の予測は50%（1,250 万台）で、市場規模は約510 億円/年となる。

市場規模 = 1,250 万台 × 339 円/月 × 12 ヶ月 = 508.5 億円/年

（339 円/月は、警報機がリース形式で導入されることを前提にした数値。）

また、2030 年における省エネ効果は、消費電力の少ないガス警報器が普及することを見込んで、およそ 157,000MWh/年（原油換算 15,000kl/年）と推定される。

以下に、今回の次世代高信頼性ガスセンサープロジェクトの技術開発において、「計画目標通りの成果」を挙げたことを想定した場合の市場推移予測を示す。すなわち、技術開発終了後の 2013 年度から次世代ガス警報器が市場投入されることを想定した場合の普及率は図 I-2 のように推移すると推定される。

	普及率	（台数）
2006 年度末時点（実績）	: 40.0%	（約 1,000 万台）
2020 年度末時点（予測）	: 50.0%	（約 1,250 万台）
2030 年度末時点（予測）	: 60.0%	（約 1,500 万台）
2050 年度末時点（予測）	: 70.0%	（約 1,750 万台）



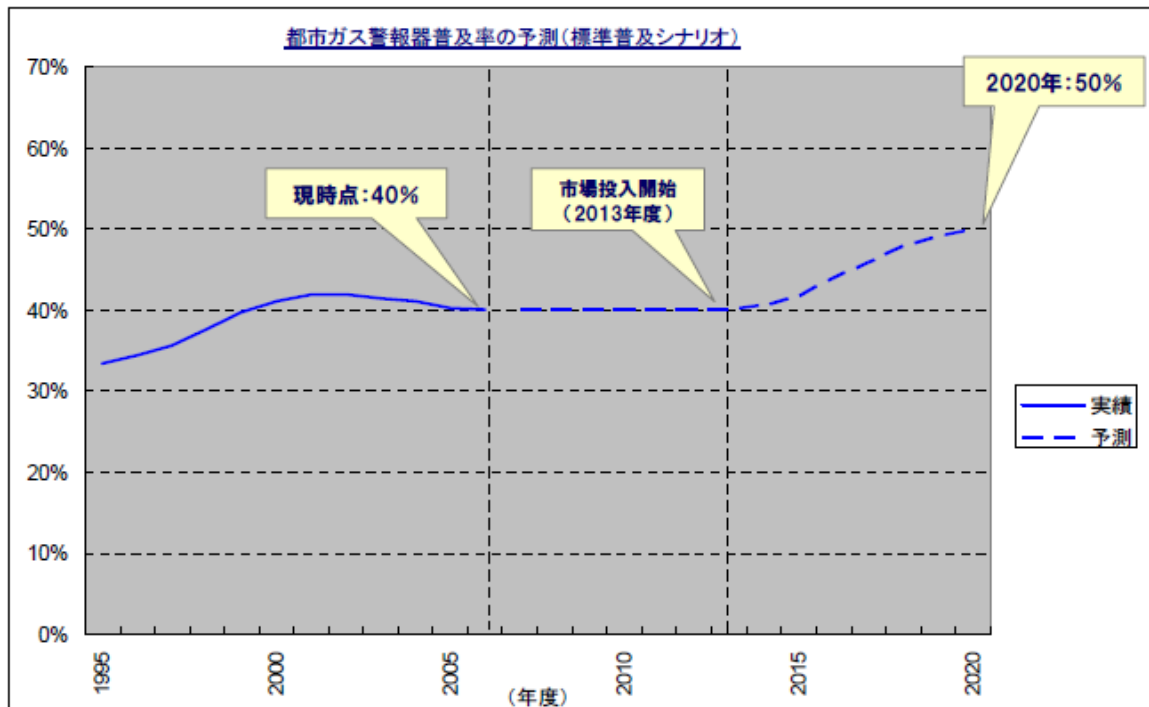


図 I -2 都市ガス警報器普及率の予測 (標準普及シナリオ)

なお、普及率の推定(特に立ち上がり期)においては、類似品であるLPガス警報器の普及率の推移等を参考にしている。

研究開発費用が3.4億円に対し、経済効果は510億円と費用対効果が高いプロジェクトといえる。

## I-2. 事業の背景・目的・位置付け

### I-2.1 事業背景

平成18年に明らかになった一連の瞬間湯沸器によるCO中毒事故をきっかけに、ガスの安全・安心に対する社会の関心が高まっており、国は、ガス事業者などと連携し、ガス警報器などのガス安全機器の普及などの安全対策に取り組んできた。これまでに、ガス関連の事故は、ガス警報器などの安全機器の普及とともに低下してきた経緯があり、ガス事故の低減に大いに貢献してきた。

しかしながら、都市ガス警報器の普及率は、平成11年以降ほぼ横ばいの状況にあり(平成11年度末時点で約40%)、事故件数の低下についても停滞してきている。(図 I -3参照)

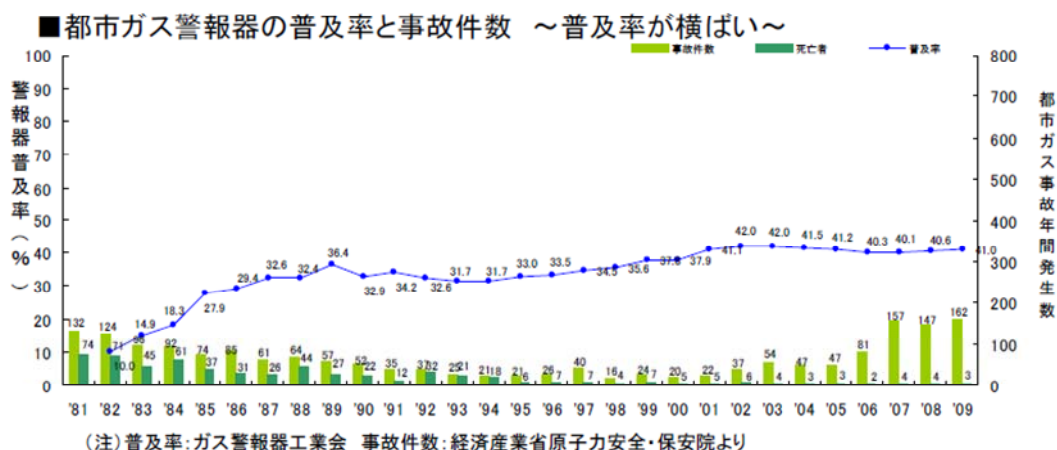


図 I-3 都市ガス警報器の普及率と事故件数

このような普及率停滞の原因は、現行の都市ガス警報器のAC100V電源仕様にある。すなわち、現状の都市ガス警報器はガスセンサーの特性上、消費電力が必要であり、電源コードを必要とする仕様にせざるを得ないため、設置性・施工性・美観上の問題が普及を阻害する要因となっている。電池駆動が実現すれば、電源コードが不要となり、現行の都市ガス警報器の問題が解決でき、より一層の高い普及率増加が期待できる。義務化により普及している火災報知器の多くは電池駆動式であるが、ガスセンサーの電池駆動が実現すれば火災報知器との複合化が可能となり、一層の普及率向上も期待できる。

このような背景から、加速的な普及には、高信頼性を担保しつつ、省電力化技術により、電池駆動が可能なセンサーの実現が不可欠であり、このようなガスセンサーの開発を進めることとした。

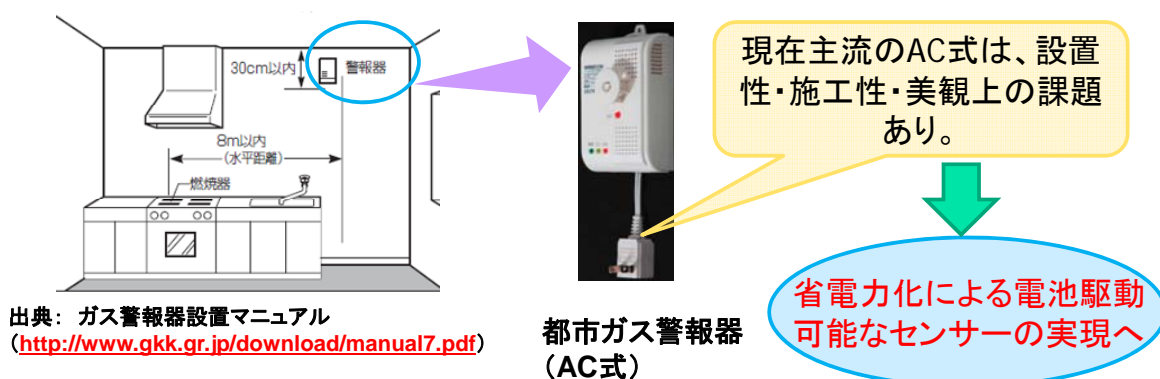


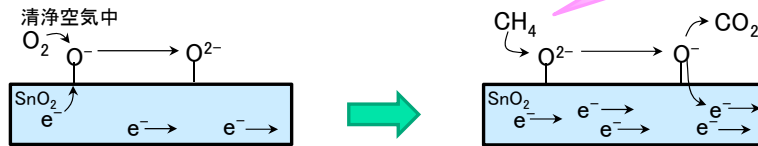
図 I-4 電池駆動可能なガスセンサー開発の背景

現行ガスセンサー技術の課題を図I-5に示す。現在主流のガスセンサー方式である半導体式センサーや接触燃焼式センサーについては、原理的にガス検知時に加熱が必

要であり、消費電力が大きく、AC式となっており、長期の電池駆動は困難な状況にある。

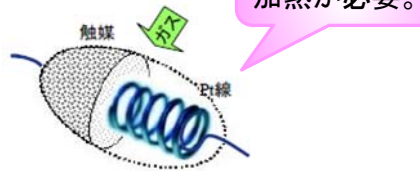
## 1. 半導体式センサー

酸化物半導体素子：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

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



➤原理的にガス検知時に加熱が必要であり、長期電池駆動は困難。

図 I -5 現行ガスセンサー技術の課題

リチウム電池1本で5年間駆動させるには、0.1mWの消費電力にする必要がある。これは、現在のセンサーの消費電力を3桁も低下させる必要があり、これまでの小型化技術の延長線上では達成が困難な夢の技術である（図 I -6）。

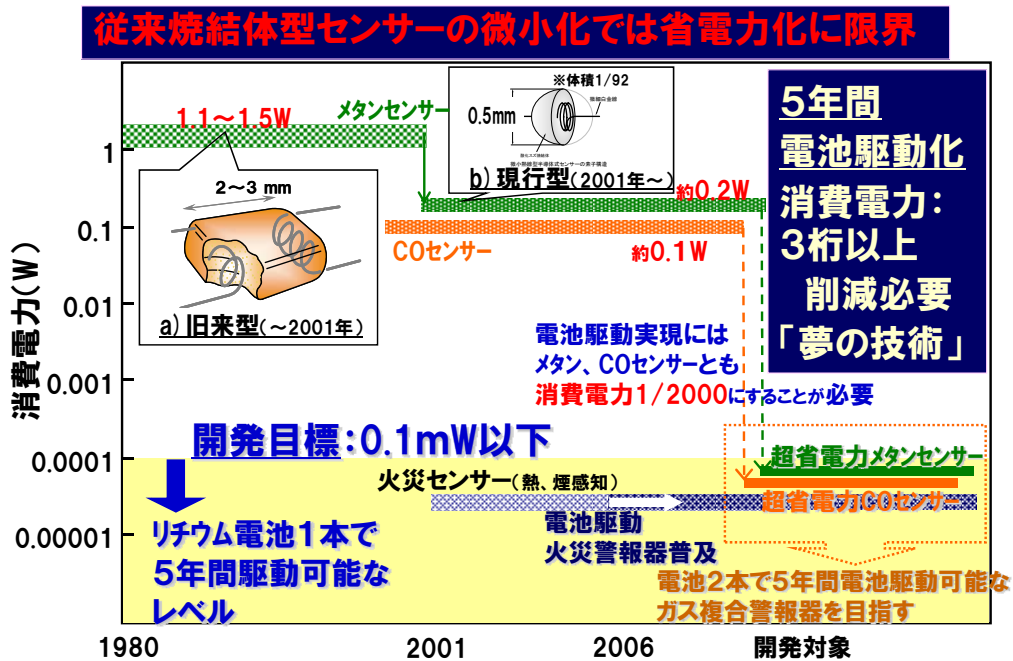


図 I -6 電池駆動化における消費電力の目標レベル

このようなレベルの電池駆動式実現には、最新のナノテクノロジーやMEMS技術を駆使した超小型化による加熱効率の劇的向上が鍵となる(図 I-7)。ガスセンサーの技術は、日本発の技術であり、世界をリードしているが、このような国内メーカーの最先端技術を結集すれば、目標の達成も十分期待できるものと考えられる。

一方、このようなセンサーの実用化には、当然ながら、信頼性の確保も非常に重要である。ガス警報器は、人の命を守る安全機器であり、非常に高い信頼性が必要である。実際に使用される環境は、温度、湿度の変化が激しく、油、煙など影響も考えられる台所などが考えられる。また、日本は、北は北海道から南は沖縄まで、多種多様な気候帯があり、このような気候の信頼性に与える影響も十分確認する必要がある。

このようなあらゆる実使用環境での信頼性確保には、大規模な実環境試験を実施し、劣化要因の把握と改良を行う必要がある。このような大規模な実環境試験は、一事業者での実施は困難であり、NEDOがこのような検討の実施可能な業界団体と連携して進めることとした。

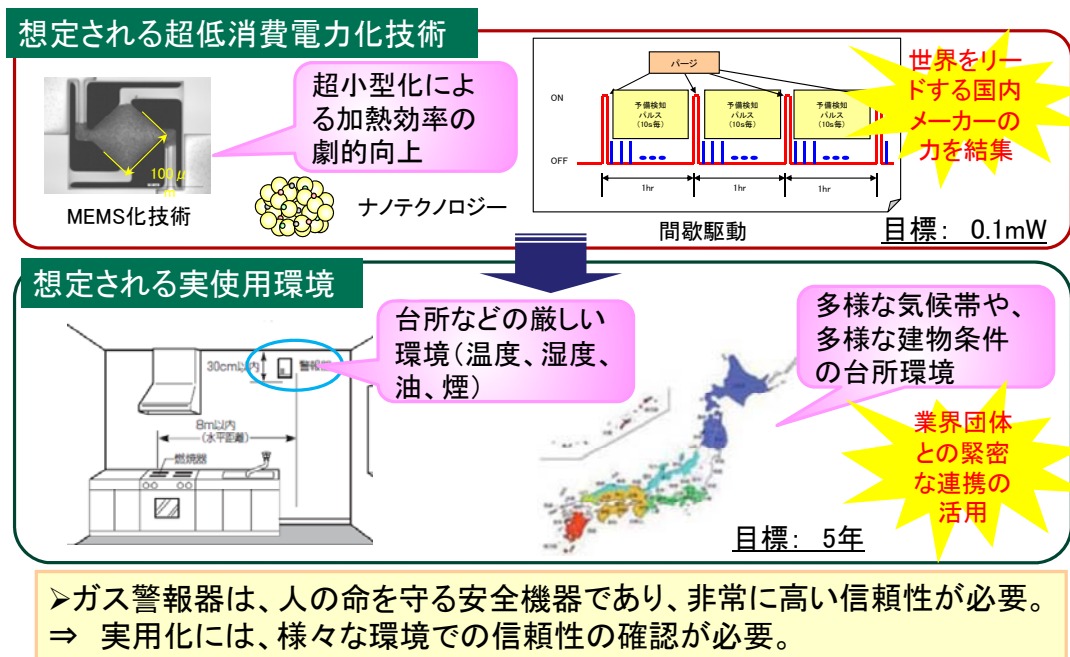


図 I-7 超低消費電力化技術と大規模な実環境試験の必要性

## I-2.2 事業目的

本プロジェクトの目的と意義を図 I-8 に示す。本プロジェクトでは、メタン及び CO ガスを確実に検出でき、超低消費電力でかつ長期間の信頼性が担保できる革新的高信頼性ガスセンサーの技術開発を開発目標とする。その実現により、都市ガス警報器の普及促進につながり、CO 中毒等のガス事故を更に減少させる効果的な手段を提供し、社会の安全・安心への貢献することを目的とする。

このようなガスセンサーの開発には、MEMS やナノテクノロジーなどの世界最先端技術の活用が必須である。この技術開発が成功すれば、ガスセンサー業界の競争力

強化にも大きく貢献すると考えられる。

世界をリードする日本のガスセンサーメーカーの技術力の活用や、業界団体を巻き込んだ実環境試験の実施により、電池駆動可能な高信頼性超低消費電力センサーの実現は十分期待できる。省エネや社会の安全・安心にも大いに貢献し、波及効果も高いことから、本プロジェクトを推進することとした。

### NEDOサポートによる開発促進

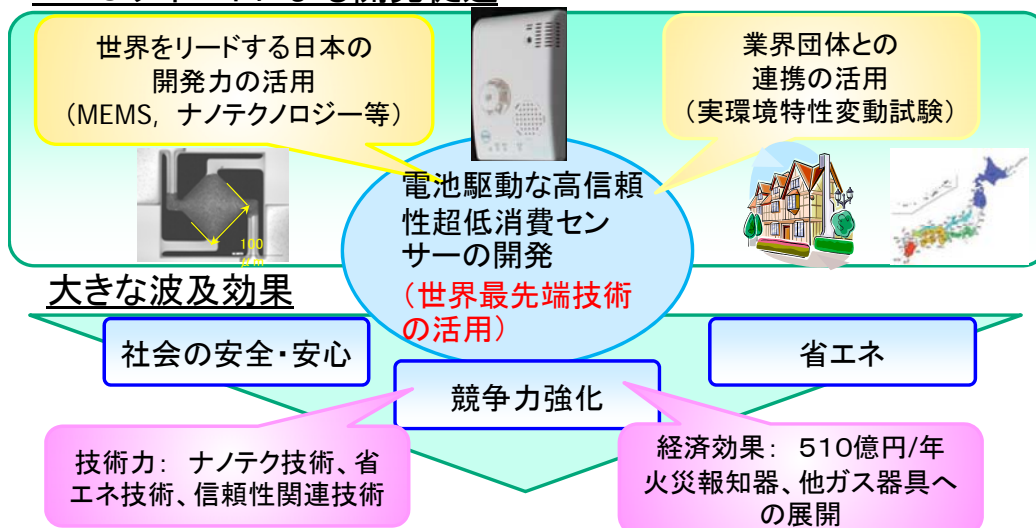


図 I-8 本プロジェクトの目的・意義

### I-2.3 事業の位置付け

本プロジェクトは、国、ガス事業者、需要家等の協働による安全・安心な社会の実現を目指した「ガス安全高度化計画」の一環として実施した(図 I-9参照)。

### ガス安全高度化計画

<ロードマップ> 安全高度化目標の達成に向けた実行計画(アクションプラン)

1. 消費段階 (凡例「★」: 事業者の協力が不可欠なもの、「☆」: 施工事業者の協力が不可欠なもの)

対 象	2019年	2020年	2020年	実施主体
<b>警報器の開発</b>	開発(国プロ)	製品化(国プロ)	製品化(国プロ)	国、事業者、製造者
○安全対策・設備の取組の普及促進				
○家庭用非安全型機器の取組促進				国、事業者(★)
○安全装置を備えていない機器の取組に向けた取組促進				国、事業者(★)
○業務用機器・設備の安全性向上				
○関係事業者の安全意識向上のための認知・啓発				国(☆)
○主に給排気設備の設置設計・工事に関する指導				国(☆)

2. 供給段階及び製造段階における保安対策

対 象	2019年	2020年	2020年	実施主体
<b>警報器の開発</b>	開発(国プロ)	製品化(国プロ)	製品化(国プロ)	国、事業者、製造者
○道路・商業施設等屋内共通の事故対策				国(☆)
○施工事故対策等に係る他省庁との連携				国(☆)
<b>ガス工作物の経年劣化対応</b>				
○本支管対策(要対策部を除外)				事業者
○検査適合付付に基づいた対策実施の推進				事業者
○灯屋内管対策(保安上重要な建物)				事業者(★)
○優良適合付付に基づいた対策実施の推進(国の補助金制度等の活用)				事業者(★)
○高経年製造設備対応				事業者
<b>輸送・貯蔵段階における保安対策</b>				
○作業ミスに低減に重点を置いた教育・訓練				事業者
○的確な配管管理の実施に向けた関係者間の相互確認教育				事業者
○ガス工作物の適切な操作手順に関する教育・訓練				事業者

図 I-9 本プロジェクトのガス安全高度化計画における位置付け

多様な連携（川上・川下産業の垂直連携、材料創製・加工の水平連携）による研究開発の推進により、当該市場のニーズに応える機能を実現する上で不可欠な高品質・高性能の部品・部材をタイムリーに提供し、又は提案することができる部材の基盤技術を確立することを目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環としても本プロジェクトを実施した。（図 I-10 参照）

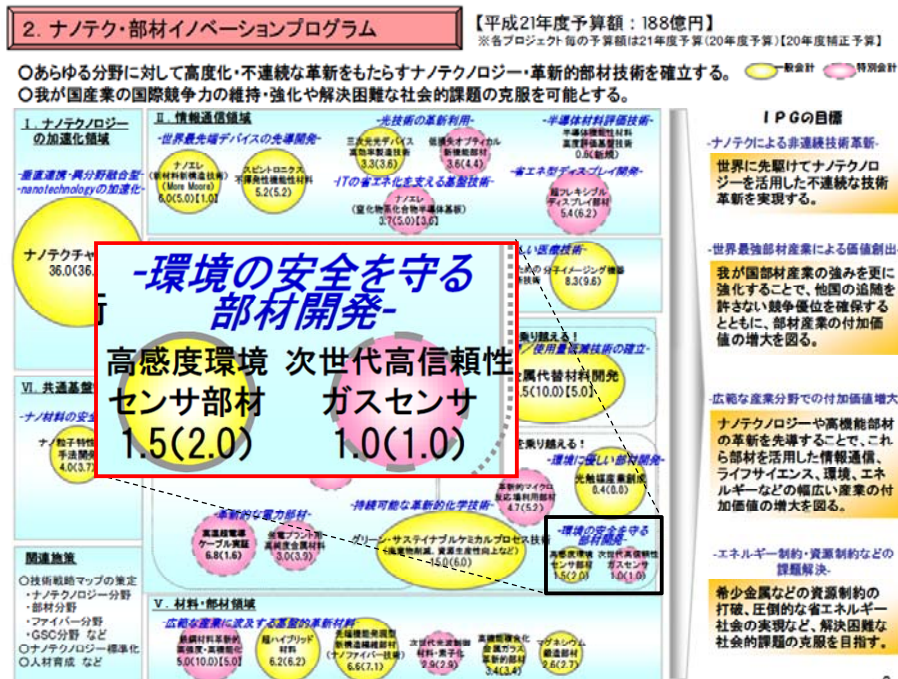


図 I-10 本プロジェクトのナノテク・部材イノベーションプログラムにおける位置付け

本プロジェクトは、世界的なエネルギー需給の逼迫の懸念や原油価格の高騰、地球温暖化問題等の環境制約等に対応し、長期的に安定かつ効率的なエネルギー需給構造の構築を目指し、燃料（石油、ガス体、石炭、新燃料）に係る生産技術の向上や環境負荷低減技術の開発等を行うことを目的とする「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として本研究開発を実施した。（図 I-11 参照）

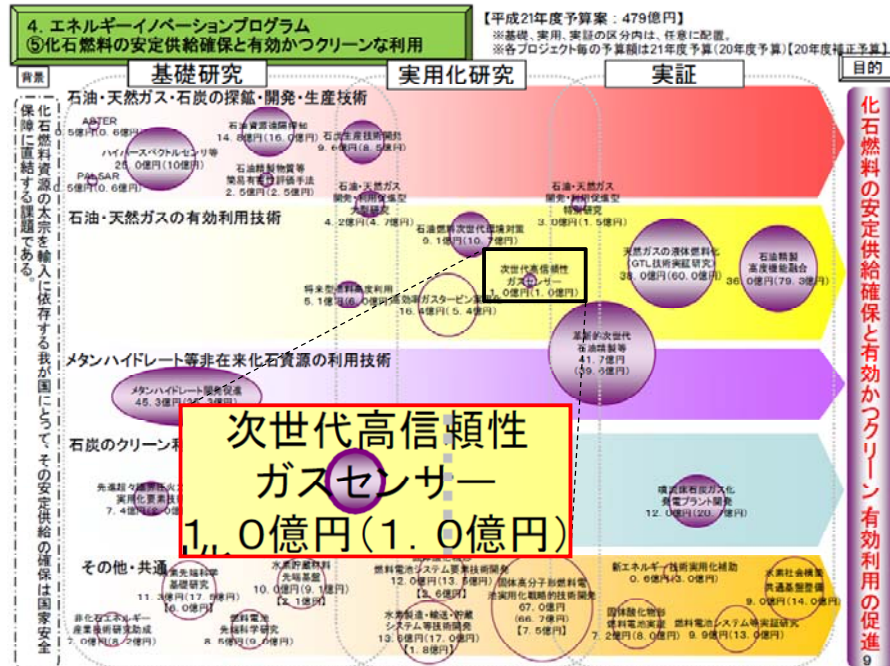


図 I-11 本プロジェクトのエネルギーイノベーションプログラムにおける位置付け

本プロジェクトは、技術戦略マップ上の部材分野、環境エネルギー分野における環境負荷低減部材『センサー』の位置づけとして本研究開発を実施した。(図 I-12 参照)

### 技術戦略マップ

#### ○部材分野

・環境・エネルギー分野：環境負荷低減部材「センサー」

ID番号	対象部材 (大項)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
4-03-01		センサー	検出濃度範囲の拡大、正確性、高感度、高速応答性(即応性)、高選択性、高耐久性、小型、低価格	センサーデバイス(機能化・集積化・マルチセンサー化) 分子認識部位(ナノ粒子・空間制御・界面形成・制御、高次構造形成・制御、抗体設計、再生) トランスデューサ(電気・電子式トランスデューサ超小型化、高速電子移動材料利用による感度・応答性向上、共振・表面弾性波などを利用したトランスデューサ超小型化・高周波化による感度・応答性向上、光利用トランスデューサ、新構造・蓄光材料/粒子の開発、磁気利用トランスデューサ、磁気共鳴などを利用した感度・分解能向上) 質量分析計関連部材(小型化、集積化、低消費電力化) センサー補機類(前処理関連部材加工技術の改善による生産性向上、校正標準関連部材校正・標準化機能の小型化・内蔵統合型センサー用部材、補機類の小型化、省電力化、軽量化、リモート型センサー用部材、低消費電力化、無線/LAN機能の確立、小型化、低価格化)
4-03-02		フィルター	高耐熱性、除去率向上、高透過効率、高効率除去、耐熱性、低圧損、高透過性、ナノ粒子	高性能・超耐熱性ナノフィルタ、環境浄化用触媒担持ナノフィルタ、有害物質除去用高効率光触媒、超微粒子状物質の捕集用多孔体セラミックス・ナノ繊維・多孔体の空隙(形態制御)、排ガス浄化用フィルタ、アクリル多孔体(表面制御による機能付与)、分離膜、選択透過膜(ナノ繊維・吸着膜、透過膜)、ケイ素系担

図 I-12 本プロジェクトの技術戦略マップにおける位置付け

## II. 研究開発マネジメントについて

### II-1. 事業の目標

メタンセンサー及びCOセンサーについて、実際のセンサー設置環境を前提に、小型の内蔵電池による駆動（電池交換なし）を実現し、寿命5年以上の信頼性の目途をつけることを目標とし、プロジェクトを推進した。

### II-2. 事業の計画内容

#### II-2.1 研究開発の内容

##### II-2.1.1 研究開発項目と各項目における達成目標

研究開発項目と各項目における達成目標を以下に示す（図II-1）。

#### 【共通基盤技術】（平成20年度）

①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

<達成目標>

・各種検知原理に基づくメタン及びCOセンサーの特性変化の要因及びその影響度を解析するためのデータ収集システムを開発し、メカニズムを解明するための基盤技術を構築する。

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

<達成目標>

・上記①で開発したデータ収集システムを活用し、各種センサーの実環境特性を測定・解析することにより、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子を特定し、長期信頼性を加速評価し得る基盤技術を確立する。

#### 【実用化技術】（平成20～23年度（※））

③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

<達成目標>

- ・0.1mW以下の超低消費電力を実現する。
- ・加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。
- ・「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」（JIA F 039-06）を満足する（COセンサー）。
- ・「都市ガス用ガス警報器検査規程」（JIA E 001-07）を満足する（メタンセンサー）。

（※）平成23年度終了予定のところ、東日本大震災の影響により、実施場所のイン



フラが被害を受けたため、一部事業者は、平成24年6月まで期間を延長して実施した。

### 【共通基盤技術】(委託)

- ①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・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

### 【実用化技術】(助成)

- ③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発
  - ・0.1mW以下の超低消費電力を実現する。
  - ・加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。
  - ・「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」(JIA F 039-06)を満足する(COセンサー)。
  - ・「都市ガス用ガス警報器検査規程」(JIA E 001-07)を満足する(メタンセンサー)。

図 II-1 事業の目標

共通基盤技術の①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築では、実環境データ（温度、湿度、特性データ等）を取得するための実環境試験環境を整備した。

共通基盤技術の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については、①で取得した実環境試験データを元に、実環境試験データの解析（劣化モード、因子の把握）と改良および加速試験条件へ反映した。

実用化技術開発の③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発については、実用化に向けて必要な特性（0.1mW以下の消費電力5年以上の寿命、JIA規程を満足）を目標とすることとした。

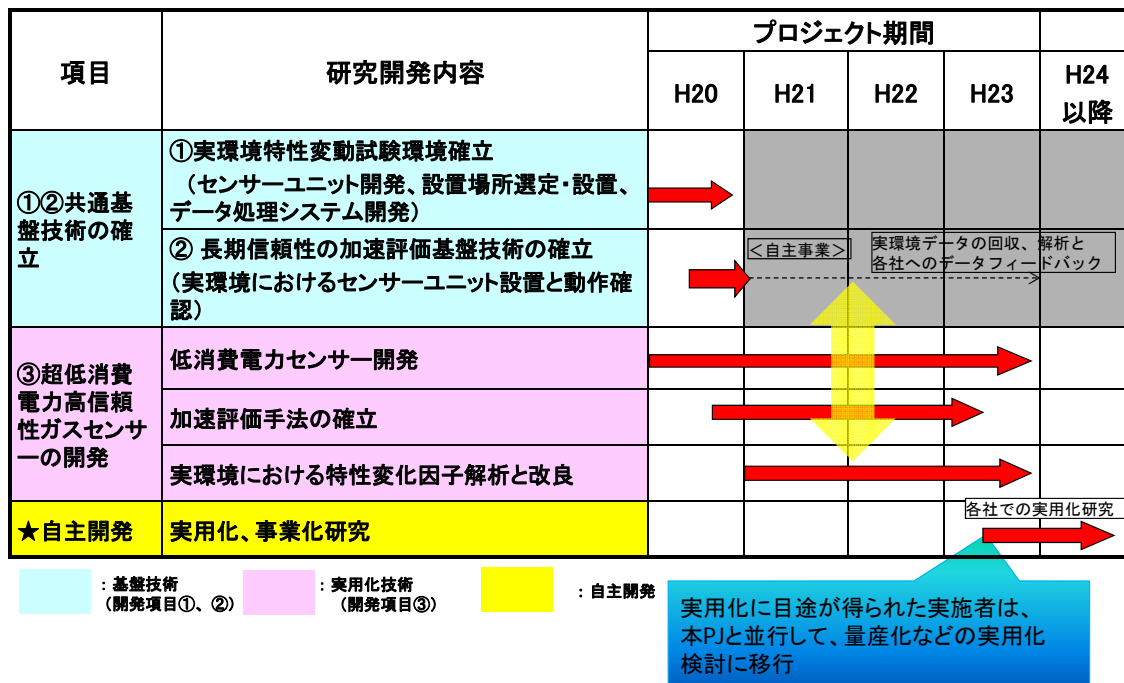
## II-2.1.2 全体スケジュールと予算

図 II-2に本プロジェクトにおける全体スケジュールを示す。基盤技術である実環境試験環境の確立については、平成20年度で完了した。また、実環境試験で設置した警報器は、半年毎に回収し、警報器特性データや環境ガスに関するデータを得た。これらの平成21年度以降の活動は、日本ガス協会の自主事業として実施した。ここで得られたデータは、各センサーメーカーにフィードバックされ、センサーの特性変化要因解析と改良および加速試験条件確立に活用した。

実用化検討については、各センサーメーカーが保有するMEMS化技術などを活用し、低消費電力センサーの開発を進めた。実環境試験において特性変化要因解析を進め、その結果に基づき、低消費電力センサーの信頼性改良検討を実施した。また、実環境試験のデータに基づき、実環境の劣化に応じた加速評価試験を確立した。確立した加速評価試験は、信頼性を改良したセンサーの長期安定性を確認

するために活用した。

これらの検討で、実用化の見込みがたった時点で、各企業は、量産化などの実用化検討を平行して進めた。



図Ⅱ-2 本プロジェクトの全体スケジュール

開発予算を図Ⅱ-3に示す。総額として3.4億円の予算を執行した。基盤技術の開発は、平成20年度内に検討を完了したため、平成21年度以降は、日本ガス協会の自主事業とした。平成21年度以降は、センサーの実用化検討に重点的に予算配分することで、センサーの実用化を加速した。

研究開発項目	単位 百万円			
	20年度	21年度	22年度	23年度
①次世代ガスセンサーの特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築	→	センサーユニットの回収、データ解析 (自主事業)		
②次世代ガスセンサーのための加速評価基盤技術の確立	60	→	→	→
③低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発	38	99	81	61
・COセンサーの開発		71	58	39
・メタンセンサーの開発		28	23	22
合計	98	99	81	61

総額: 3.4億円

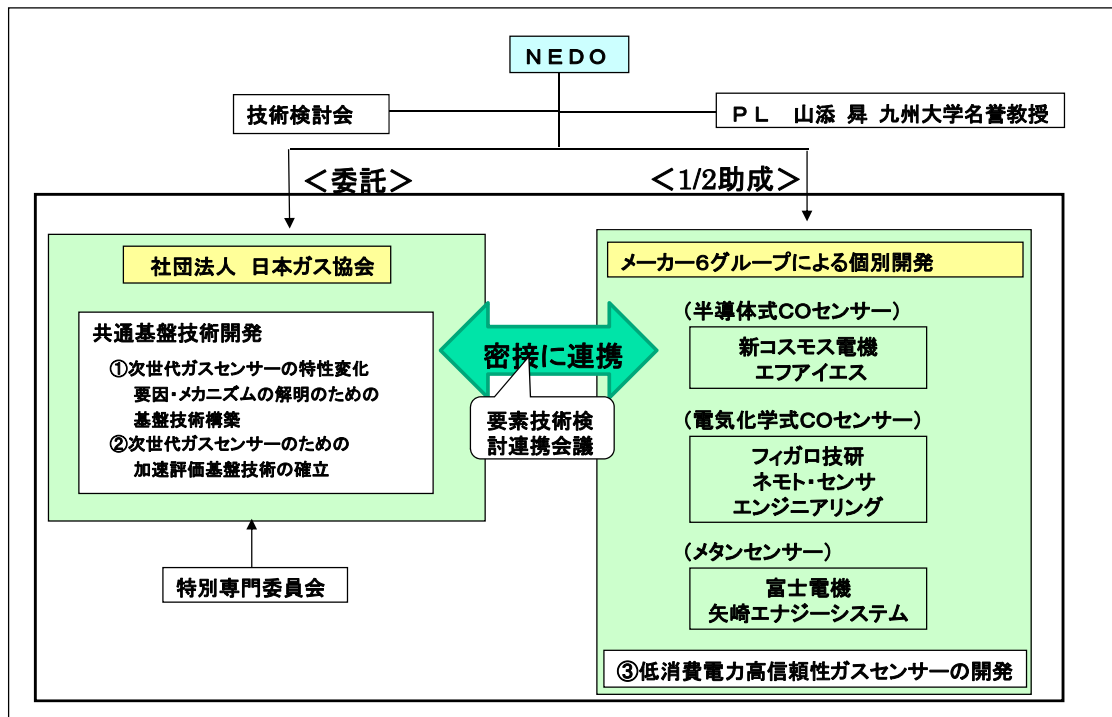
図Ⅱ-3 本プロジェクトの予算

## II-2.2 研究開発の実施体制

本プロジェクトの研究開発体制を図II-4に示す。運営機関としては、NEDO、プロジェクトリーダーは、国立大学法人九州大学 名誉教授 山添 昇、委託先として、大規模な環境試験を実施可能な業界団体である一般社団法人の日本ガス協会、助成先として、日本を代表するガスセンサーメーカーの新コスモス電機株式会社、エフアイエス株式会社、株式会社ネモト・センサエンジニアリング、フィガロ技研株式会社、富士電機株式会社、矢崎エナジーシステム株式会社にて実施した。

新コスモス電機株式会社、エフアイエス株式会社については、半導体式COセンサー、株式会社ネモト・センサエンジニアリング、フィガロ技研株式会社については、電気化学式CO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については、メタンセンサーの開発を分担して進めた。一つのセンサー方式に2社で開発を進め、競争による開発を促進する環境を整えた。

基盤技術を開発する日本ガス協会とセンサーを開発する6社は、実環境試験に関する情報交換などを密に行うなど、密接に連携しながら開発を進めた。



図II-4 本プロジェクトの研究開発体制

## II-2.3 研究の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、本プログラムの目的、並びに、本プロジェクトの目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施した。また、必要に応じて、外部有識者の意見を運営管理に反映させた。

プロジェクトリーダーの役割を図II-5に示す。プロジェクトリーダーは、ガスセンサー研究の第一人者である国立大学法人 九州大学 名誉教授 山添 昇に依頼した。

NEDO は、研究体の組織構成の決定、研究体所属研究者の選任、予算の配分、年度毎の概算要求案の策定、研究計画の変更、研究経過の報告、研究終了報告、研究体知的財産権取扱管理、論文等外部発表管理、各種関係会議への対応、総括、事業計画の策定および実施などについて、効率的なプロジェクト推進のため、山添 PL とも協議、相談しながら進めた。山添 PL の強力な指導力の下、プロジェクトを推進した。

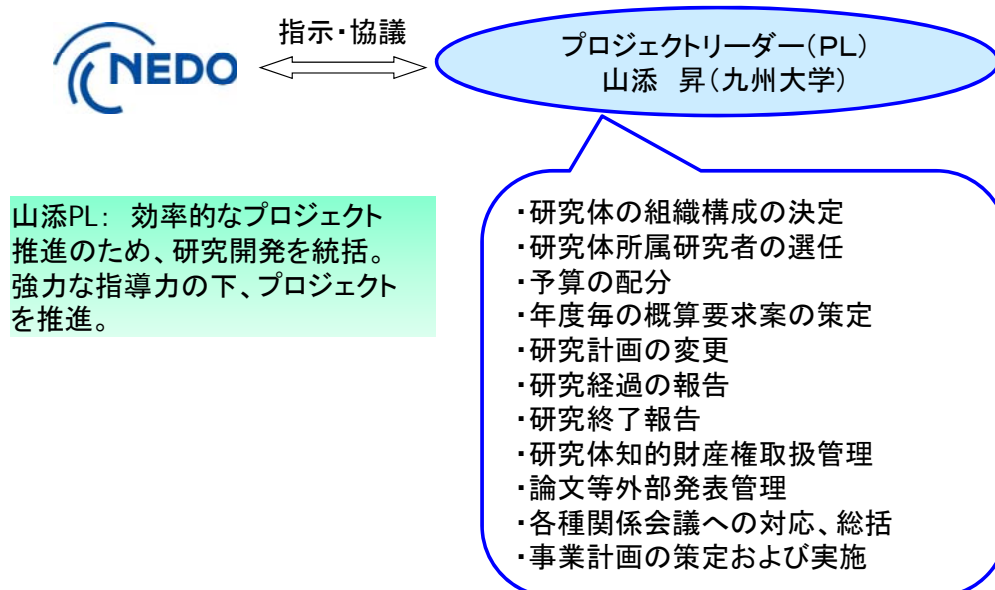


図 II-5 本プロジェクトにおけるPLの役割

本プロジェクトの運営管理状況について図 II-6に示す。研究の進捗管理のため技術検討会を2回開催（平成22年2月1日および平成23年9月30日）した。外部評価委員を設置し、客観的な助言を得るよう努めた。第二回目の技術検討会では、寿命予測と改良方法について継続的議論が必要とのコメントがあった。そこで、寿命予測と改良方法に関する技術指導会を開催し、高信頼性センサー開発の促進を図った。

また、年1回、山添PL、NEDOと実施者の現場訪問を実施し、進捗状況、実用化・事業化検討状況を確認した。

日本ガス協会と企業6社は、自主的に要素技術検討連絡会議を2～3ヶ月開催し、実環境試験解析結果のフィードバックをするなど密に連携を図った。

### H22. 2. 1 技術検討会

	氏名	所属・部署	役職
委員	宮山 勝	東京大学	教授
委員	小久見 善八	京都大学大学院	名誉教授
委員	藤本 正之	東京ガス株式会社	部長
委員	出馬 弘昭	大阪ガス株式会社	部長
委員	中村 泰久	東邦冷熱株式会社	取締役

(敬称略・順不同)

### H23. 9. 30 技術検討会

	氏名	所属・部署	役職
委員	乾 佳彦	大阪ガス株式会社	部長
委員	小久見 善八	京都大学大学院	名誉教授
委員	川口 恵生	東邦ガス株式会社	部長
委員	田中 崇	東京ガス株式会社	部長
委員	宮山 勝	東京大学	教授
アドバイザー	大西 久男	社団法人日本ガス協会	副部長
アドバイザー	権山 豊久	社団法人日本ガス協会	副部長
アドバイザー	佐々木 克宏	社団法人日本ガス協会	課長

(敬称略・順不同)

→ 寿命予測と改良方法について継続的議論必要とのコメントあり。



### H24. 1. 30 技術指導会

	氏名	所属・部署	役職
	山添 昇	九州大学	名誉教授
	大西 久男	社団法人日本ガス協会	副部長
	権山 豊久	社団法人日本ガス協会	副部長
	佐々木 克宏	社団法人日本ガス協会	課長

(敬称略・順不同)

→ 寿命予測と改良方法に関する指導会実施。

### 現場訪問(山添PL,NEDO)

1回/年(合計4回)実施

→ 進捗状況、実用化・事業化検討状況確認。

### 要素技術検討連携会議 (日本ガス協会、企業6社)

2~3ヶ月/年実施

→ 実環境特性変動試験解析結果のフィードバック

図 II-6 本プロジェクトの運営管理

## II-2.4 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

研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの状況を図 II-7 に示す。研究開発マネジメント面では、業界団体との連携による大規模実環境試験体制の整備、進捗状況に応じた実施体制見直し、技術検討会、技術指導会等による進捗管理および専門家の指導による研究加速を実施した。

知的財産マネジメント面では、研究開発成果を、実用化、事業化につなげるのに必要な、知的財産による権利確保を推進した。開発した技術に関する知的財産は企業に帰属した。事業戦略上秘匿した方が良いと思われるノウハウは知的財産化しない方針で進めた。

プロジェクト期間途中で、体制を見直し、センサー実用化開発への予算を重点化し、実用化開発を加速させた。

### 研究開発マネジメント

- ・業界団体との連携による大規模実環境特性変動試験体制の整備。
- ・進捗状況に応じた実施体制見直し。
- ・技術検討会、技術指導会等による進捗管理および専門家の指導による研究加速。

### 知的財産マネジメント

- ・各社戦略に基づく特許出願と知的財産の確保。  
(開発した技術に関する知的財産は企業に帰属。)
- ・事業戦略上秘匿した方が良いと思われるノウハウは知的財産化しない。

### 実用化の促進

- ・体制見直しによるセンサー実用化開発への予算の重点化による開発促進。

図Ⅱ-7 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの状況

## Ⅱ-3. 情勢変化への対応

情勢変化への対応状況について図Ⅱ-8に示す。一点目としては、共通基盤技術の確立により共通基盤技術開発を平成20年度で終了し、助成企業によるセンサーの実用化開発を主体とする体制に見直した。このことにより、予算を実用化開発に重点的に配分し、実用化を加速した。このような体制変更に合わせて、基本計画の改定を実施した（平成21年3月）。

また、震災の影響による一部助成事業者の研究開発期間を変更した（平成24年2月）。

### 1. 共通基盤技術の確立による実用化・事業化前倒し

平成20年度、共通基盤技術の確立により共通基盤技術開発で終了し、助成企業によるセンサーの実用化開発を主体とする体制に見直した。

### 2. 基本計画の改定

上記体制変更に合わせて、基本計画の改定を実施した（平成21年3月）。

震災の影響による一部助成事業者の研究開発期間を変更した（平成24年2月）。

図Ⅱ-8 情勢変化への対応状況

## II-4. 評価に関する事項

以下の要領で、本プロジェクトの事前評価を実施した。事業の位置づけ・必要性、研究開発目標の妥当性、研究開発マネジメント、研究開発成果、実用化・事業化の見通しなどを事前に十分評価した後、本プロジェクトを開始した。

### ●事前評価委員会

- ①平成19年度（平成20年1月15日）
- ②評価手法（外部評価）
- ③評価事務局（推進部）
- ④評価項目・基準（「標準的評価項目・基準」など）
- ⑤評価委員

立場	氏名	所属	役職
評価委員	江頭 誠	長崎大学 工学部	教授
評価委員	江口 浩一	京都大学 大学院工学研究科	教授
評価委員	杉本まさ子	社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会	常任理事
評価委員	高田 雅介	長岡技術科学大学	副学長
評価委員	中村 泰久	東邦ガス株式会社 技術企画部	部長

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### Ⅲ-1. 事業全体の成果

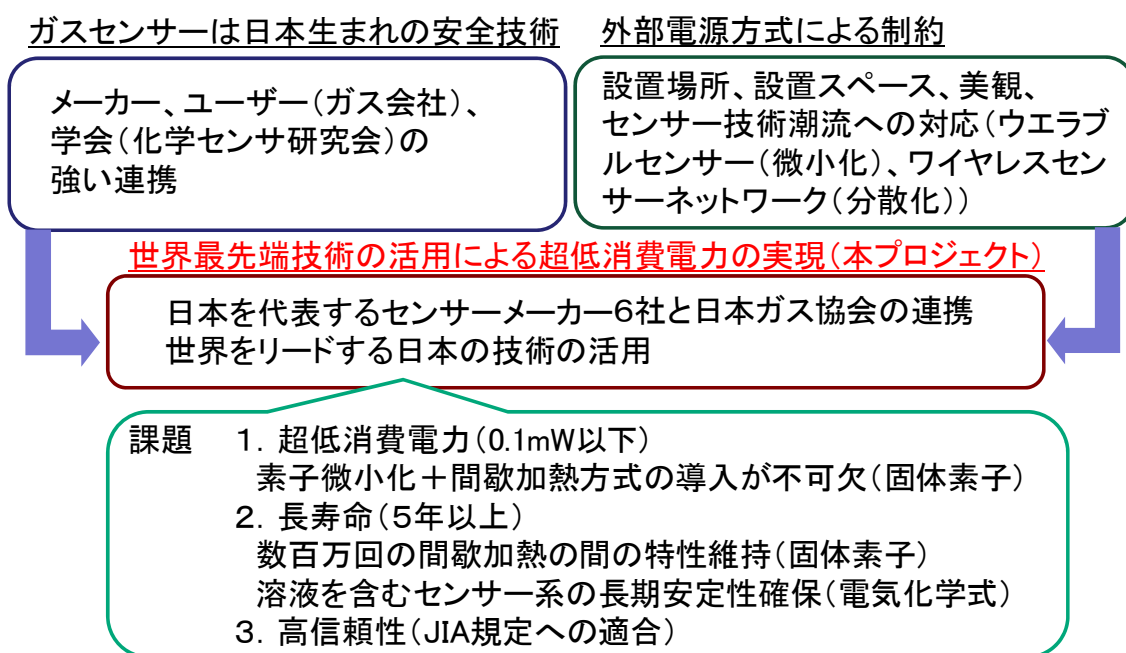
##### Ⅲ-1.1 プロジェクトの背景

###### Ⅲ-1.1.1 技術開発の背景と課題

ガスセンサーの技術開発の背景を図Ⅲ-1に示す。ガスセンサーは、日本生まれの安全技術であり、世界をリードしてきた。また、センサーメーカー、ユーザー（ガス会社）、学会（化学センサ研究会）の強い連携のもと、普及推進してきた。このような背景から、本プロジェクトの開発目標は、チャレンジングであるが、日本を代表するガスセンサーメーカーの最新技術を結集し、日本ガス協会との連携を活用すれば、目標の達成は十分期待できる。

また、設置場所、設置スペース、美観、ウェアラブルセンサーやワイヤレスセンサーネットワークなどのセンサー技術の潮流から電池駆動が可能な低消費電力センサーの開発が求められている。このような背景から、本プロジェクトで開発した低消費電力化に関する技術は、ガスセンサーのみならず、他のセンサーへの応用可能性も高く、波及効果も大きい。

このような背景から、世界最先端技術を活用し、電池駆動が可能な高信頼性ガスセンサーの開発を推進することとした。



図Ⅲ-1 ガスセンサー技術開発の背景



### Ⅲ-1.1.2 開発項目と体制

メタンセンサー及びCOセンサーについて、実際のセンサー設置環境を前提に、小型の内蔵電池による駆動（電池交換なし）を実現し、寿命5年以上の信頼性の目途をつけることを目標とし、以下の項目の開発を推進した。

#### 【共通基盤技術】（平成20年度）

①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

<達成目標>

・各種検知原理に基づくメタン及びCOセンサーの特性変化の要因及びその影響度を解析するためのデータ収集システムを開発し、メカニズムを解明するための基盤技術を構築する。

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

<達成目標>

・上記①で開発したデータ収集システムを活用し、各種センサーの実環境特性を測定・解析することにより、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子を特定し、長期信頼性を加速評価し得る基盤技術を確立する。

#### 【実用化技術】（平成20～23年度（※））

③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

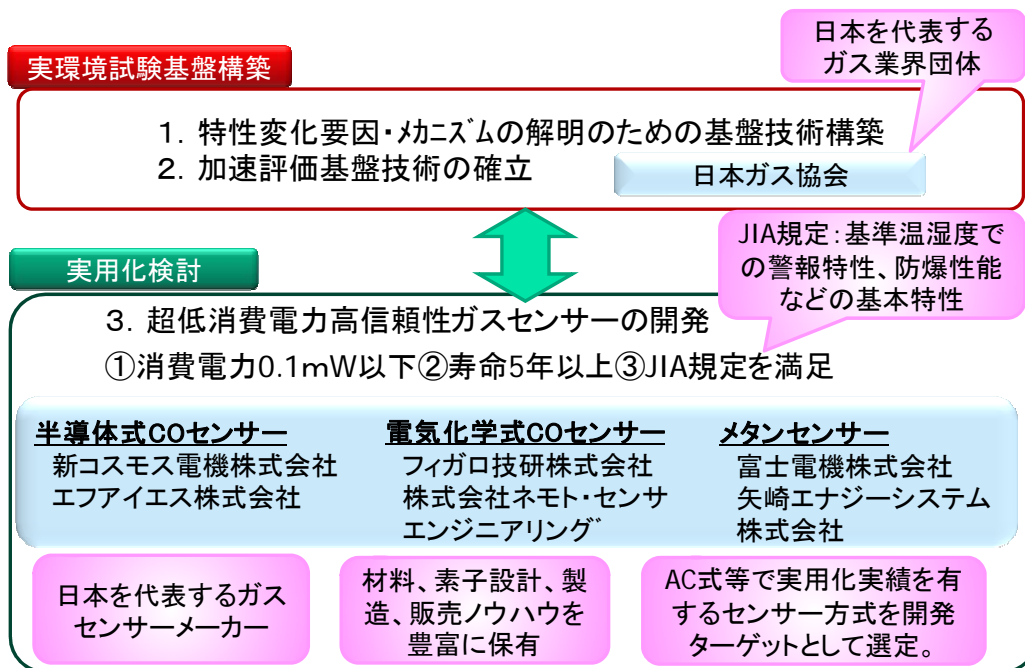
<達成目標>

- ・0.1mW以下の超低消費電力を実現する。
- ・加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。
- ・「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」（JIA F 039-06）を満足する（COセンサー）。
- ・「都市ガス用ガス警報器検査規程」（JIA E 001-07）を満足する（メタンセンサー）。

研究開発項目と体制の概要を図Ⅲ-2に示す。共通基盤技術である、①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・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、については、一般社団法人日本ガス協会への委託事業として推進した。

実用化技術である、研究開発項目③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発については、開発ターゲットとして、AC式ガス警報器等で実用化実績を有するセンサー方式である、半導体式COセンサー、電気化学式COセンサー、半導体式メタンセンサー、接触燃焼式メタンセンサーを選定した。日本を代表するセンサーメーカーである新コスモス電機株式会社、エフアイエス株式会社、株式会社ネモト・センサエンジニアリング、フィガロ技研株式会社、富士電機株式会社、矢崎エナジーシステム株式会社へ

の助成事業として推進した。役割分担としては、新コスモス電機株式会社、エフアイエス株式会社については、半導体式COセンサー、株式会社ネモト・センサエンジニアリング、フィガロ技研株式会社については、電気化学式COセンサー、富士電機株式会社は、半導体式メタンセンサー、矢崎エナジーシステム株式会社は、接触燃焼式メタンセンサーの開発を分担して開発を進めた。



図Ⅲ-2 研究開発項目と体制

### Ⅲ-1.1.3 センサーの動作原理

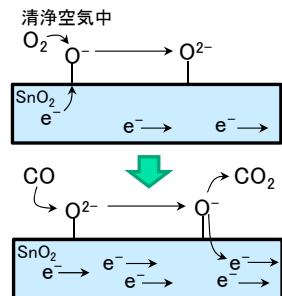
図Ⅲ-3にセンサーの動作原理を示す。半導体式センサーは、酸化半導体表面に検知対象ガスが近づき半導体表面の吸着酸素と反応することによる電気抵抗の減少を検知する方式である。素子構造が簡単で低コストである特徴があるが、このような反応がおきるにはセンサーの高温加熱が必要なためその際に電力を多く消費する課題がある。

接触燃焼式センサーは、燃焼触媒に白金線条を埋設した素子であり、燃焼熱による白金線条の抵抗増加を検知する方式である。素子構造が簡単で、低コストである特徴があるが、検知ガスを燃焼させるためにはセンサーの高温加熱が必要なため、その際に電力を多く消費する課題がある。

電気化学式センサーについては、検知ガスの電極での反応に伴う電流を検知する方式である。原理的に検知のための消費電力が不要である特徴がある。一方、電解液を使用するため電解液の蒸散などによる信頼性の確保の課題がある。

### 1. 半導体式センサー(CO、メタン)

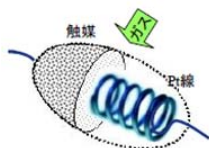
酸化物半導体素子：厚膜型、ビーズ型、熱線型



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)

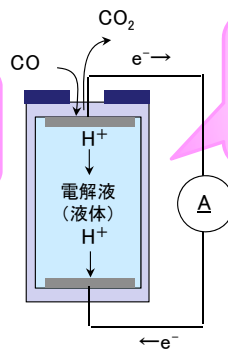
燃焼触媒に白金線条を埋設した素子



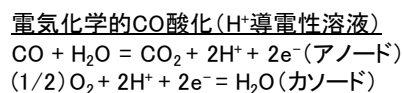
燃焼熱による白金線条の抵抗増加を検知

### 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



図III-3 センサーの動作原理

## III-1.2 成果の概要

### III-1.2.1 目標の達成度

以下に各開発項目の目標達成度の概要を示す。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については、図III-4の通り、目標を達成した。具体的には、6社のセンサーが搭載可能なユニットの開発に成功した。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、平成20年度には、合計400台を設置した(次年度以降自主事業により、260台を追加したため、合計660台設置)。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。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にも成功した。

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についても、図III-4の通り、目標を達成した。具体的には、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。自主事業ではあるが、この基盤技術で得られたデータ(温度、湿度、センサー特性など)を各センサーメーカーにフィードバックし、各社が行う具体的加速評価条件決定につなげた。

### 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

図Ⅲ-4 目標達成状況概要 1

③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発については、図Ⅲ-5の通り、COセンサー、メタンセンサーいずれも目標を達成した。具体的には、消費電力については、MEMS化技術などにより、目標の消費電力を達成した。信頼性については、実環境試験結果解析による特性変化要因を抽出し、加速試験条件を確立。劣化要因に基づくセンサーの改良を進め、5年を超える信頼性に目処を得た。開発したセンサーは、JIA規定を満足することも確認した。

このように、各社とも実用化に目途が得られたため、量産化検討などの実用化ステージに移行した。

### 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。

図Ⅲ-5 目標達成状況概要 2

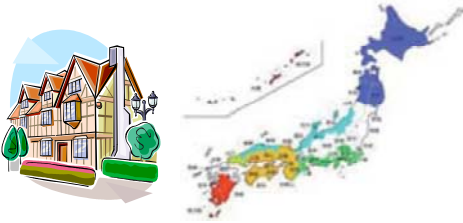
#### Ⅲ-1.2.2 項目別成果概要

##### Ⅲ-1.2.2.1 実環境における信頼性確保

研究開発項目①の実環境試験基盤構築の検討概要を、図Ⅲ-6に示す。日本ガス協会が担当し、開発を推進した。様々な環境下での信頼性を確認するため、平成20年度には、日本全国（北海道～沖縄）の400箇所の設置場所を選定した（次年度以降自主事業により、260台を追加したため、合計660台設置）。センサーメーカー6社のセンサーを設置し、温度、湿度、センサー特性のデータを取得した（最長3年）。そこで得られたデータをセンサーメーカーにフィードバックし、特性変化要因の特定や信頼性改良、加速試験条件確立に活用した。

研究開発項目②の実環境試験と特性変化要因解析については、図Ⅲ-7のようなイメージで検討を進めた。長期実環境試験で得られた環境データ（温度、湿度、環境ガスなど）とセンサー特性の変動データの相関を解析し、その結果から、特性変化要因を把握した。実環境での特性変動要因をもとに、より早期に結果が得られる加速試験条件を構築した。また、特性変動要因に基づき、センサーの信頼性改良検討も進めた。確立した加速試験条件を活用し、信頼性改良センサーの目標の長期信頼性を確認した。

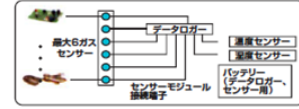
○実環境特性変動試験基盤構築



担当：日本ガス協会

実環境でのデータ取得可能な環境整備

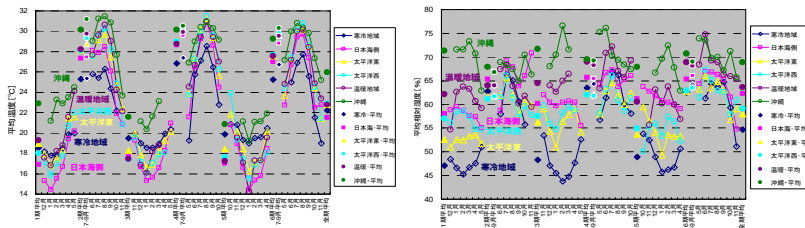
①設置場所の選定：  
日本全国  
(北海道～沖縄)  
(400箇所)



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

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)

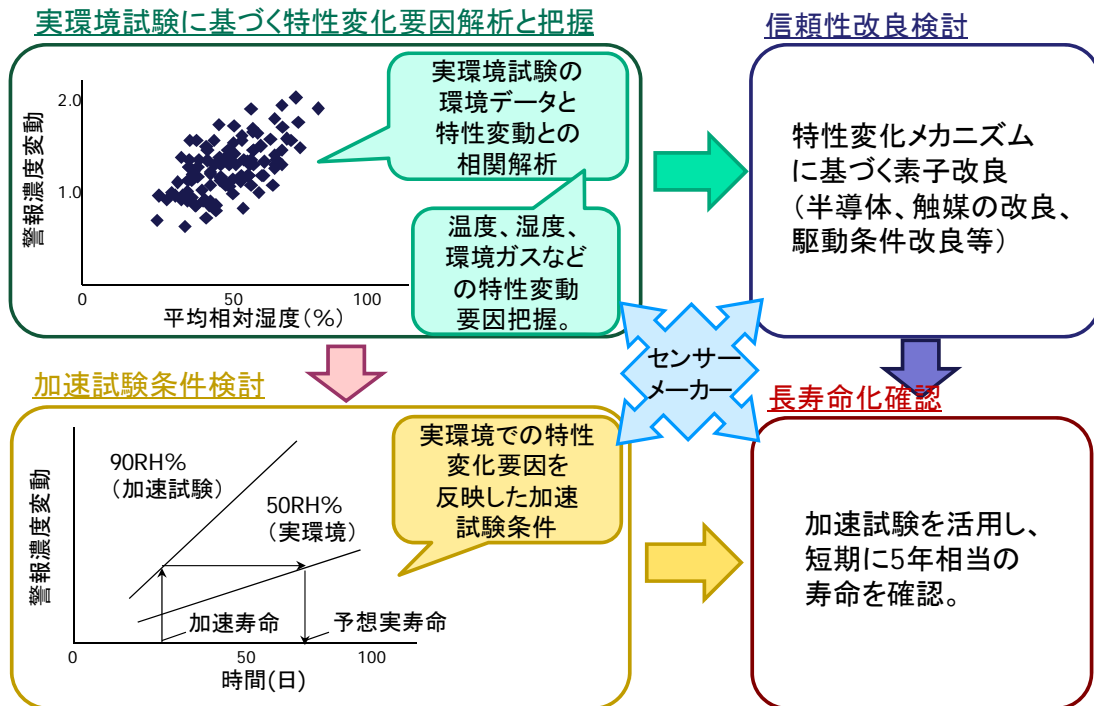
○実環境試験データ回収・解析とフィードバック(自主事業)



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。

図Ⅲ-6 基盤技術開発検討概要



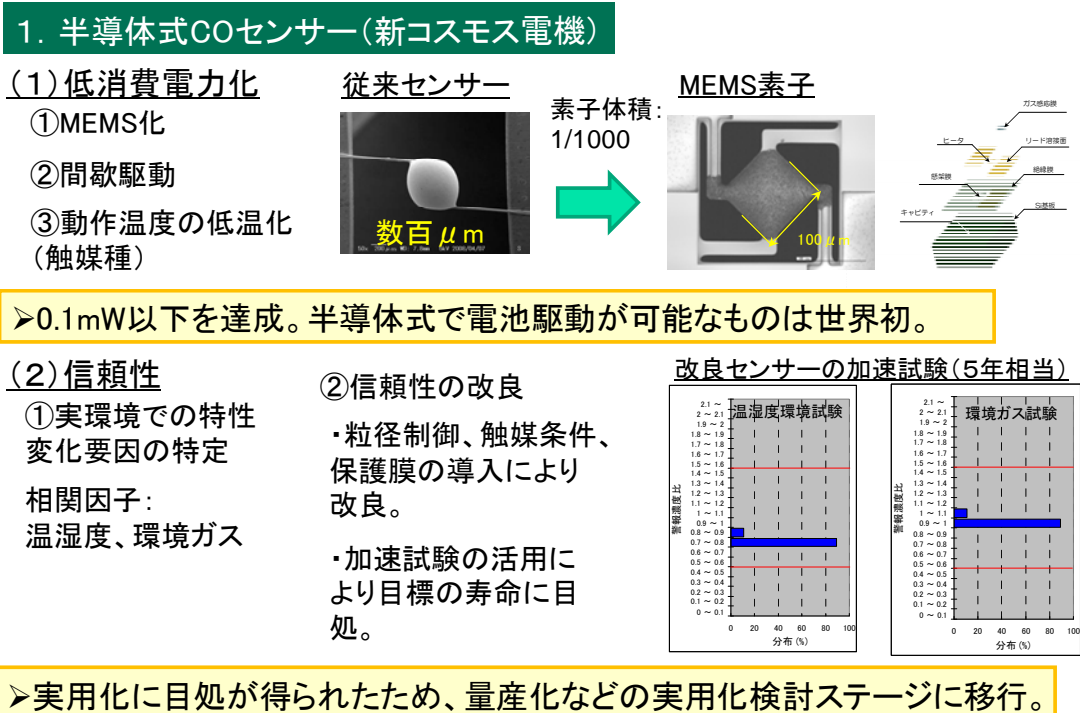
図Ⅲ-7 加速試験による評価と信頼性改良検討概要

### Ⅲ-1.2.2.2 検討内容概要

以下に研究開発項目③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発について、各社が開発したセンサーの検討概要を示す。

まず、新コスモス電機の半導体式COセンサーの検討概要を図Ⅲ-8に示す。低消費電力化については、従来センサーをMEMS化することによる大幅な小型化、間歇駆動、触媒種の検討による動作温度の低温化により大幅な消費電力の低下に成功し、目標の0.1mW以下を達成した。半導体式として電池駆動可能なものとしては世界初の技術である。信頼性については、実環境試験データの解析の結果、特性変化の因子として、温湿度や環境ガスの特定に成功した。信頼性については、感ガス半導体の粒径制御、触媒条件、保護膜の導入により改良に成功。加速試験を活用し、目標の5年相当以上の信頼性に目途を得た。JIA規定についても満足することを確認した。

これらの検討により、新規開発センサーの実用化に目途が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行した。



図Ⅲ-8 新コスモス電機の検討内容概要

エフアイエスの半導体式COセンサーの検討概要を図Ⅲ-9に示す。低消費電力化については、従来センサーの大幅な小型化、間歇駆動により大幅な消費電力の低下に成功し、目標の0.1mW以下を達成した。半導体式として電池駆動可能なものとしては世界初の技術である。信頼性については、実環境試験データの解析の結果、特性変化の因子として、温湿度サイクルの特定に成功した。信頼性については、感ガス半導体の緻

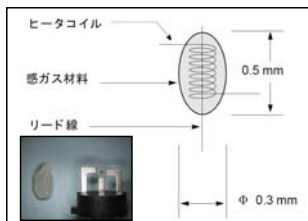
密化、触媒量の最適化、エージング処理などの駆動条件により改良に成功。加速試験を活用し、目標の5年相当以上の信頼性に目途を得た。JIA規定についても満足することを確認した。

これらの検討により、新規開発センサーの実用化に目途が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行した。

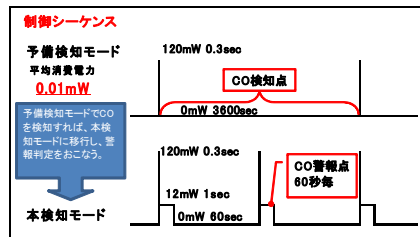
## 2. 半導体式COセンサー(エファイエス)

### (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。

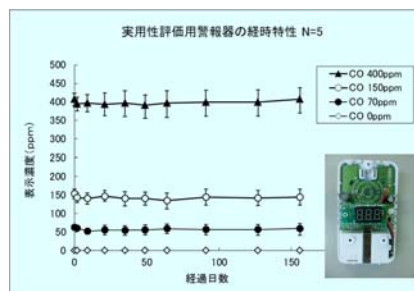
### (2) 信頼性

- 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。

図 III-9 エファイエスの検討内容概要

ネモトセンサーの電気化学式COセンサーの検討概要を図 III-10に示す。低消費電力化については、電気化学式COセンサーは、原理的に消費電力はなく、目標の0.1mW以下を確認している。信頼性については、3年間の実環境試験の結果、あらゆる実環境において大きな特性変化はなく、目標の5年相当以上の信頼性に目途を得た。更なる信頼性向上のため、触媒の調整条件による更なる改良も進めた。加速試験も活用し、目標の5年相当以上の信頼性についても確認した。JIA規定についても満足することを確認した。

これらの検討により、新規開発センサーの実用化に目途が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行した。



### 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

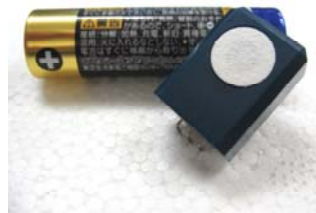
実環境で大きな劣化がなく、  
目標の寿命に目途。

##### 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	<b>1.0276</b>	<b>0.9840</b>	<b>1.0085</b>	<b>0.9908</b>	<b>0.9953</b>	<b>1.0175</b>
沖縄	<b>1.0362</b>	<b>0.9922</b>	<b>1.0155</b>	<b>1.0021</b>	<b>1.0084</b>	<b>1.0255</b>



➤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。

図 III-10 ネモト・センサエンジニアリングの検討内容概要

フィガロ技研の電気化学式COセンサーの検討概要を図 III-11に示す。低消費電力化については、電気化学式COセンサーは、原理的に消費電力はなく、目標の0.1mW以下を確認している。信頼性については、3年間の実環境試験の結果、あらゆる実環境において大きな特性変化はなく、目標の5年相当以上の信頼性に目途を得た。想定外での環境における致命的な欠陥を抑制するためのシール性の向上対策、ガス拡散孔閉塞防止対策など、更なる部材改良や自己診断システムの開発を進めた。JIA規定についても満足することを確認した。

これらの検討により、新規開発センサーの実用化に目途が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行した。

## 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

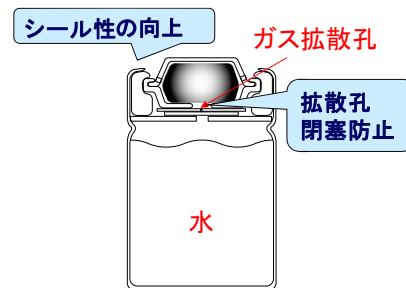
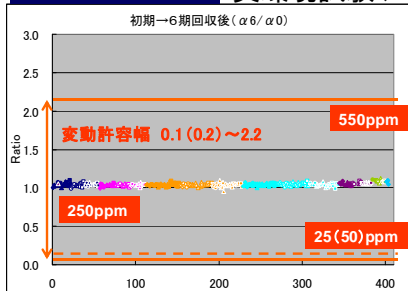
#### ① 実環境における特性変化要因の特定

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。

図Ⅲ-11 フィガロ技研の検討内容概要

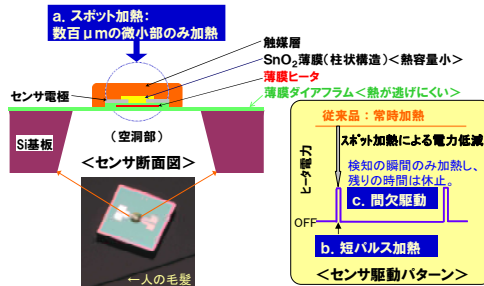
富士電機の半導体式メタンセンサーの検討概要を図Ⅲ-12に示す。低消費電力化については、従来センサーのMEMS化による大幅な小型化、間歇駆動により大幅な消費電力の低下に成功し、目標の0.1mW以下を達成した。半導体式として電池駆動可能なものとしては世界初の技術である。信頼性については、実環境試験データの解析の結果、特性変化の因子として、湿度の特定に成功した。信頼性については、加熱効率の改良などにより改良に成功。加速試験を活用し、目標の5年相当以上の信頼性に目途を得た。JIA規定についても満足することを確認した。

これらの検討により、新規開発センサーの実用化に目途が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行した。

## 5. 半導体式メタンセンサー(富士電機)

### (1) 低消費電力化

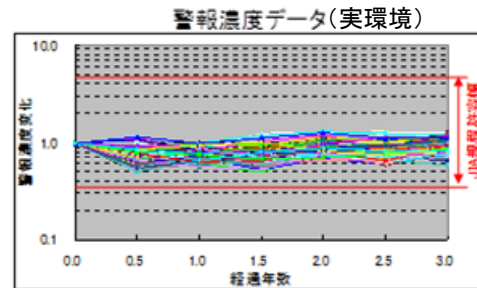
- ① MEMS化
- ② 間歇駆動



➢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
  - ・加熱効率の改良などにより改良。
  - ・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。

図 III-12 富士電機の検討内容概要

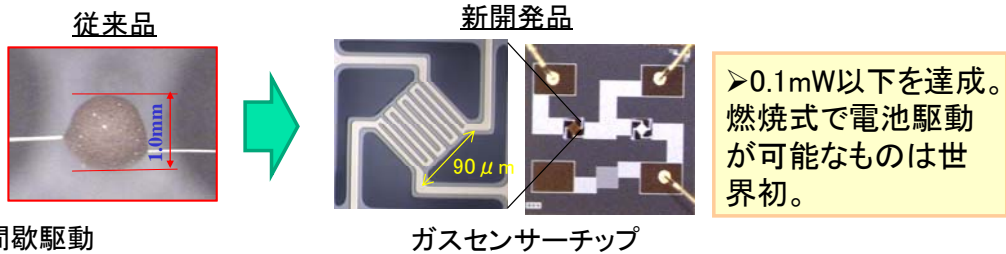
矢崎エナジーシステムの接触燃焼式メタンセンサーの検討概要を図 III-13に示す。低消費電力化については、従来センサーのMEMS化による大幅な小型化、間歇駆動により大幅な消費電力の低下に成功し、目標の0.1mW以下を達成した。燃焼式として電池駆動可能なものとしては世界初の技術である。信頼性については、実環境試験データの解析の結果、特性変化の因子として、ヒーターの特性変化、温湿度、環境ガスの特定に成功した。信頼性については、ヒーター保護膜、ヒーター構造などにより改良に成功。加速試験を活用し、目標の5年相当以上の信頼性に目途を得た。JIA規定についても満足することを確認した。

これらの検討により、新規開発センサーの実用化に目途が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行した。

## 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



#### ② 間歇駆動

### (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。

図Ⅲ-13 矢崎エナジーシステムの検討内容概要

### Ⅲ-1.3 成果の意義

本プロジェクトの成果の意義を図Ⅲ-14に示す。一点目としては、日本全国の大規模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点が挙げられる。二点目は、本プロジェクトの成果から、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点が挙げられる。

○ 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。

図Ⅲ-14 成果の意義

### Ⅲ-1.4 成果の普及、広報活動について

本プロジェクトにて各機関が実施した特許出願、論文、研究発表・講演、新聞雑誌等への掲載、展示会への出展件数について、表Ⅲ-1にまとめた。

表Ⅲ-1 特許出願、論文等件数

	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

### Ⅲ-1.5 成果の最終目標の達成度について

全ての研究項目について、プロジェクト期間中に最終目標を達した。

### Ⅲ. 研究開発成果について

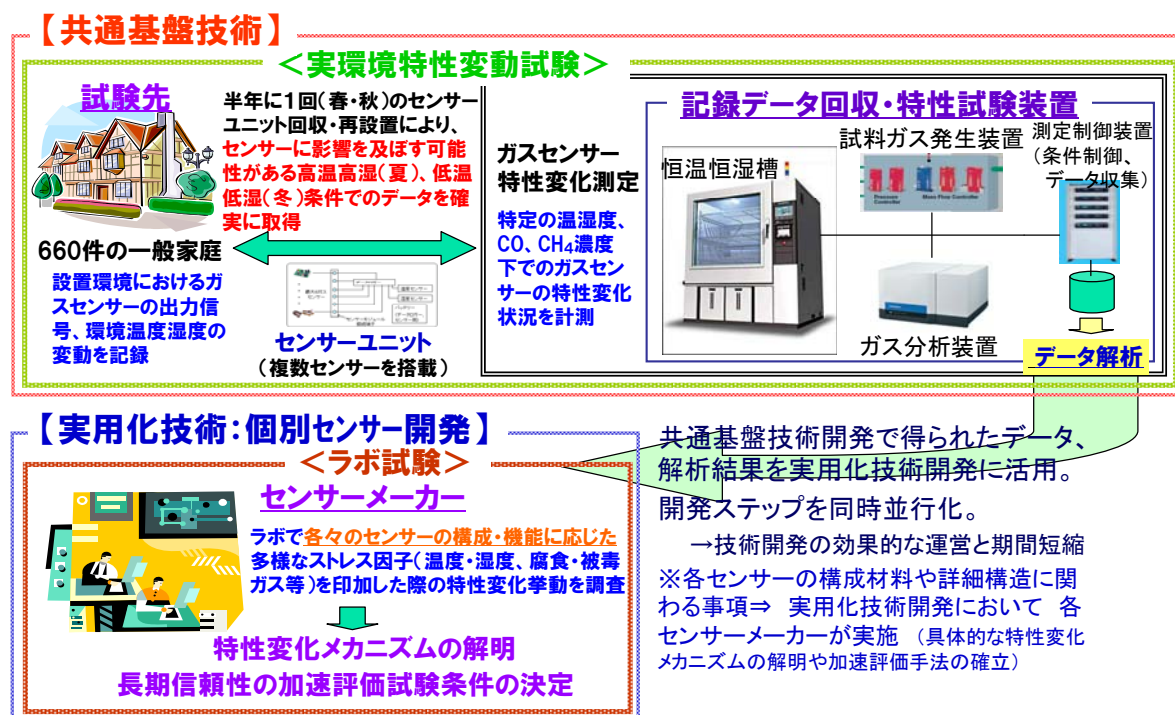
#### Ⅲ-2 研究開発項目毎の成果

##### Ⅲ-2.1 次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

各開発対象ベース技術センサー(プロトタイプ品)モジュールを搭載したセンサーユニット現物を、多様な実現場環境に設置し、現実には発生する事象を調査するための「実環境特性変動試験」の手法を開発した。

なお、各開発対象ベース技術センサー(プロトタイプ品)モジュールの設計・製作は、【実用化技術】の一環として、各センサーメーカーにて実施する。

実環境特性変動試験の具体的な手法として、多様な環境での特性変化因子を顕在化させるために必要な数量規模で、一般家庭の台所に設置し、設置環境におけるガスセンサーの出力信号・環境温度湿度の変動を記録するとともに、半年に一回程度 CO、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub> 感度特性の変化の状況を計測する特性変化測定試験を実施する手法(長期的に進行する特性変化モードを顕在化させるのに必要と考えられる3年間以上の設置を想定)を開発した。



図Ⅲ-2.1-1 共通基盤技術開発と実用化技術開発の概要

センサーユニットの設置場所は、過去のセンサー開発や警報器の設置場所の現場実態を熟知している都市ガス会社のノウハウを活用して、気候(温度湿度要因)、建物構造(換気率条件等)、建築時期(換気率、建材規制条件等)、家族構成(調理頻度、在宅率)の4因子の組み合わせによりサンプル条件を設定し、脱落率等も勘案してグループ毎にサンプルの必要数を設定した。

気候4区分、建物構造2区分、建築時期3区分、家族構成を2区分として、統計的な分析を行うために各20~25サンプル取得するとしても、1,000サンプル(件)程度の設置場所を選定

する必要がある（最終的にはⅢ-2.1.4章に記載のように660件の設置場所で実施した）。個人情報取得が極めて難しい現状にあっては、これらの区分に適合する設置場所を、コンプライアンスを遵守して全国規模で集めていくためには高いノウハウを必要とする。

各設置現場への取り付け・取り外し・回収・評価試験場所への運搬等のロジスティックスについても決定する必要があるが、設置するセンサーユニットは小型であり、設置期間も3年にわたるため、転居時やデータ測定のための回収・運搬・再設置時の紛失などの可能性もある。国の貴重な資金で実施するプロジェクトであるので、これらのトラブルを発生させないための管理体制・ノウハウが必要である。

また、多様な設置環境におけるガスセンサーの出力信号・環境温度湿度の変動を記録し、各設置現場で起こりうる特性変動を定量的に解析するにあたり、千台規模の試験サンプル数と10分に1回程度のデータ取得を想定しており、取得データ点数は膨大なものとなるため、効率的なデータ解析が可能となるデータ処理システムを製作した。

### Ⅲ-2.1.1 センサーユニットの設計・製作

#### Ⅲ-2.1.1.1 概要

次世代高信頼性ガスセンサー開発において、各ガスセンサーモジュールの特性変化を収集するための環境評価用センサーユニットのユニット部を設計・製作した。

本センサーユニットは6種類のガスセンサーモジュールを搭載するもので、多様な実現場環境でガスセンサーの出力値、温度、湿度をロギングするとともに、約半年に一回、設置現場より取り外して回収し、所定の試験ガスに暴露させセンサー出力を測定し、各ガスセンサーの特性変化を調べるための評価用ユニットである。

表Ⅲ-2.1-1 センサーユニットの概要

名称	センサーユニット ユニット部
電源	リチウム電池、外部DC電源、ボタン電池 ※1. リチウム電池はロギング開始から半年経過後の回収時に交換必要 ※2. 外部DC電源を接続するとリチウム電池を自動で電源回路から切り離す
動作電圧	2.4～3.4 V
使用温度範囲	-10℃ ～ 50℃
寸法	200（縦）×130（横）×50（厚）mm、（A5サイズ以下）
重量	450 g（モジュール含：515 g）

次項以降、次の a. から g. に示す本ユニットの詳細仕様および本ユニットを使用したデータ収集方法について記載する。

- a. 機器構成
- b. 動作モード
- c. 表示
- d. センサーモジュールとの通信
- e. メモリーカードへのデータ記録

- f. その他機能
- g. データ収集方法

### Ⅲ-2.1.1-2 機器構成

表Ⅲ-2.1-2 センサーユニットの機器構成

項目	数量	備考
ボタン電池	1	内部カレンダー保持用
リチウム電池	1	ロギングモード用
外部機器接続コネクタ	1	測定モード用外部 DC 電源供給ライン及び、外部通信機器信号ライン
センサーモジュール接続コネクタ	6	センサーモジュールを最大 6 台接続可能。未接続のセンサーモジュール端子には専用のダミーコネクタを接続
赤ランプ	1	動作モード表示 (点検中、測定モード、ロギングモード記録停止中)
緑ランプ	1	異常表示
モード切替スイッチ	1	ロギングモードと測定モードの切替
点検スイッチ	1	動作点検用スイッチ
温湿度センサー	1	ロギング中の温度、湿度を測定
メモリーカード用ソケット	1	使用可能なメモリーの上限：1GB ※但し、動作確認済みのメモリーカードであること
活性炭シート	1	ケース上部のスペースに環境ガス分析用活性炭シートを装着



図Ⅲ-2.1-2 センサーユニットの概観



### Ⅲ-2.1.1.3 動作モード

#### (1) 点検モード

ユニットの電源投入時、モード切替え時、点検操作時に、機器の点検を行うモード  
センサーモジュールと正常通信できた場合は、識別コードを収集し記憶する。  
何れかの異常を検出した場合はランプ表示する。

- ① センサーモジュール接続有無／通信動作
- ② カレンダー設定有無
- ③ 温湿度センサー動作
- ④ メモリーカード動作（ロギングモード開始時のみ点検）
- ⑤ リチウム電池電圧（ロギングモード開始時のみ点検）
- ⑥ 外部 DC 電源供給状態（測定モード開始時のみ点検）

点検正常の場合は、モード切替スイッチの状態に合わせてモード移行する。（ロギングモード／測定モード）

点検異常後の動作は下表の通り。

表Ⅲ-2.1-3 点検異常後の動作

モードスイッチ状態	異常結果の区別	点検後の動作	点検結果の異常表示
測定モード側	共通	引き続き測定可能	継続
ロギングモード側	センサーモジュールのみの異常	ロギング継続	異常表示後、消灯
	センサーモジュール以外	ロギング停止	継続

参考：正常時の点検動作に要する時間＝約 4 秒～15 秒、ロギングモード中のデータ保存状況により、時間が変動する。

#### (2) ロギングモード

多様な実現場環境での特性変化をロギングするモード

- ① モード切替スイッチをロギングモード側に切替える（センサーモジュールへの MODE 信号を常時「ロギングモード」側にする）
- ② ロギング開始前に自動点検し、点検正常なら「記録開始」する。
- ③ 各センサーモジュールからセンサー出力信号、異常情報、個別情報を受信する。
- ④ 10 分毎に各センサーモジュールからのデータを受信するとともに、温湿度も測定する。
- ⑤ センサーモジュールからの受信データ、温度、湿度をメモリーカードに記録する。
- ⑥ ロギング開始後はロギング終了するまで、ランプ表示しない。
- ⑦ 電池駆動で半年間のロギングが可能。
- ⑧ 記録動作を中断または終了するときは、モード切替スイッチを測定モード側に切替えて、所定のランプ表示で記録終了したことを確認する。

### (3) 測定モード

試験機関の設備で各種ガスを暴露して測定するモード

- ① モード切替スイッチを測定モード側に切替える。(センサーモジュールへの MODE 信号を常時「測定モード」側にする)
- ② 測定モード開始前に、センサーモジュールの異常情報を収集する。
- ③ 外部機器 (PC) からの指示タイミングで、センサーモジュールにデータ要求する。
- ④ センサーモジュールからデータ受信すれば、外部機器に応答を返す。
- ⑤ 測定モード中は、外部機器からの指示により、センサーモジュールへのデータ要求の他、カレンダー設定、及び、ユニット情報を確認できる。

(ユニット情報：カレンダー現在値、センサーモジュール異常情報、リチウム電池電圧、外部 DC 電源供給状態、温湿度センサー現在値、メモリーカード異常情報)

#### Ⅲ-2.1.1.4 表示

以下のとおり、モード種別、アラーム等を LED 表示する。

- ① 点検モードまたは測定モード中に状態をランプ表示する。
- ② ログモード開始後のログ中は、ランプ表示しない。  
但し、ログモード中の点検スイッチによる動作点検で、センサーモジュール以外の異常を検知した場合は、以降のログ動作を行わず、異常表示を継続する。(※1)
- ③ 点検異常時の赤ランプ表示内容は動作モードによる。  
(※2 点検／測定／ログモードの何れか)
- ④ 点検モードを実施したときのみ異常検出する。  
(センサーモジュール異常、電池切れ、外部電源未接続、カレンダー未設定、及び、ユニット異常の自動定期点検は行わない)

表Ⅲ-2.1-4 各モード中のランプ表示

状態	点検 モード	測定 モード	ロギング モード	ランプ	
				赤 (状態表示)	緑 (異常表示)
点検モード中	○	—	—	1回点灯 (1秒毎)	消灯
測定モード中	—	○	—	1回点灯 (5秒毎)	消灯
ロギングモード中	—	—	○	消灯	消灯
記録開始 又は点検後の動作再開時	—	—	○	5回点灯後、 消灯	消灯
センサーモジュール異常 (ロギングモード時)	○	—	○	3回点灯後、 消灯	3回点灯後、 消灯
センサーモジュール異常 (測定モード時)	○	○	—	3回点灯 (5秒毎)	3回点灯 (5秒毎)
電池切れ (ロギングモード開始前 のみ)	○	—	※1	※2	1回点灯 (5秒毎)
外部電源未接続 (測定モード時)	—	○	※1	※2	1回点灯 (5秒毎)
カレンダー未設定	○	○	※1	※2	2回点灯 (5秒毎)
ユニット異常 ・温湿度センサー異常 ・シリアル番号未登録 ・メモリーカード異常 (ロギングモードのみ/ 未装着含む)	○	○	※1	※2	3回点灯 (5秒毎)

### Ⅲ-2.1.1.5 センサーモジュールとの通信

#### (1) 概要

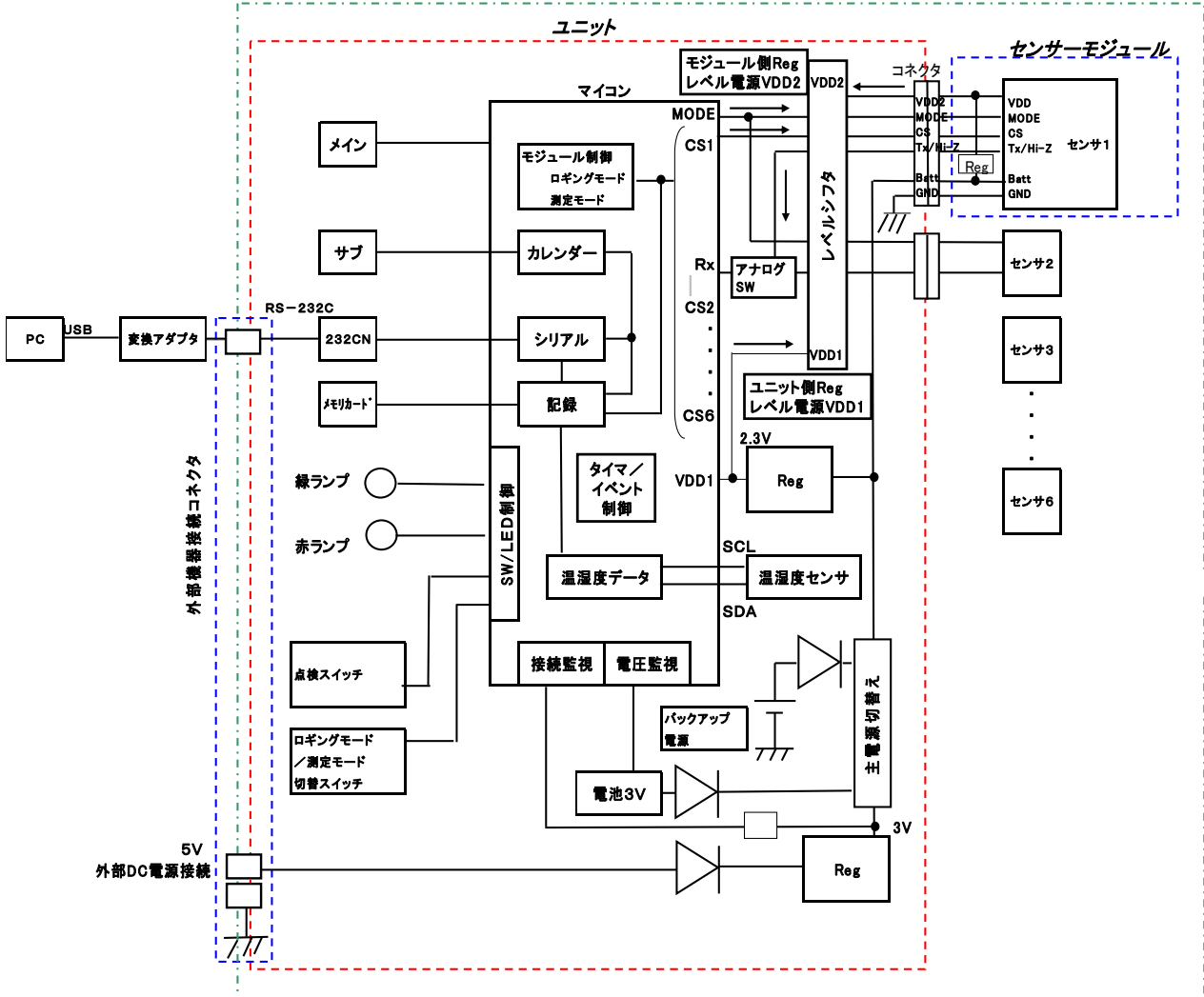
通信仕様は以下のとおり。

表Ⅲ-2.1-5 センサーモジュールとの通信仕様

項目	仕様	備考										
接続方式	コネクタ接続 6ピンコネクタ  型式： (センサーモジュール側) LPC-6T7MG (ユニット側) LPC-6FDSG+	コネクタ名：基板用ストレートディップタイプコネクタ 本多通信工業製 金メッキ仕様 全ピン使用										
入出力端子	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vbatt</li> <li>• VDD2</li> <li>• MODE (ロギングモード/測定モード切替)</li> <li>• CS (チップセレクト/リクエスト信号)</li> <li>• GND</li> <li>• UART</li> </ul>	Vbatt：ユニット電源をモジュールへ供給 VDD2：センサーモジュール電源をレベルシフタへ供給 CS, MODE 各6本 センサーモジュール数 最大6セットまで管理										
同期方式	調歩同期式 (非同期シリアル) (UART)											
通信方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 通信速度：9600bps (ボーレート誤差 ±2%)</li> <li>• データ：8ビット/LSB先頭</li> <li>• パリティ：なし</li> <li>• ストップビット：1ビット</li> <li>• フロー制御：なし</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>St</td><td>b0</td><td>b1</td><td>b2</td><td>b3</td><td>b4</td><td>b5</td><td>b6</td><td>b7</td><td>Sp</td> </tr> </table> <p>St = Start Bit Sp = Stop Bit</p>	St	b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	Sp
St	b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	Sp			
データ形式	アスキー形式	「0」～「9」、「A」～「Z」										
データ長	固定長 49バイト											
基本データ 1	識別コード 6バイト	メーカーコード：1バイト 「0」～「9」、「A」～「Z」 固有コード：1バイト 「0」～「9」、「A」～「Z」 シリアル番号：4バイト 「0000」～「9999」										
基本データ 2	センサー出力値 5バイト	「00000」～「99999」										
基本データ 3	異常情報 1バイト	「0」：正常 「1」：センサートラブル										
拡張データ	各社データ 37バイト	例：センサー出力、温度データ、 補正情報、ステータス情報、固有情報										
終了コード	CR/LF	CR=0x0d (ODH), LF=0x0a (OAH)										

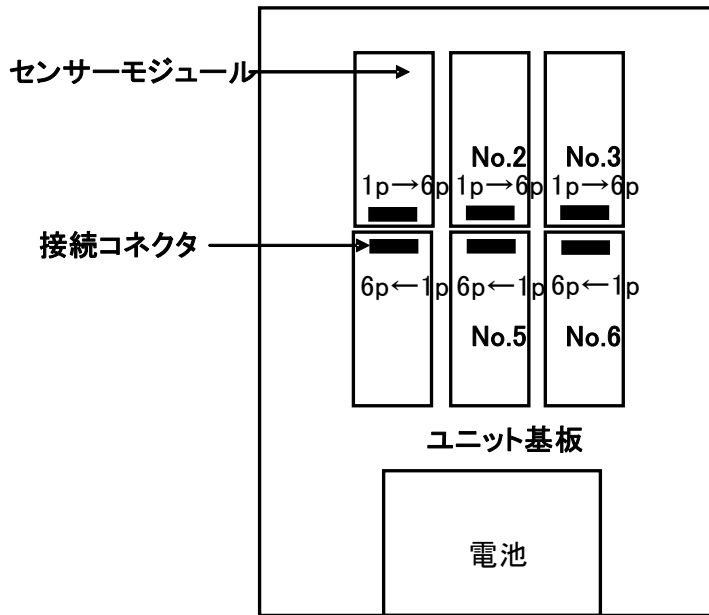
センサーユニット概略図

センサーユニット



図III-2.1-3 センサーユニットブロック図

## コネクタピン配置



図Ⅲ-2.1-4 正面（センサー実装面）から見た図

表Ⅲ-2.1-6 ピン配置仕様

pin	pin 名	ピン用途	入出力方向	信号線仕様 (※1)
1pin	Batt	ユニット電源をモジュールへ供給	ユニット → センサーモジュール	
2pin	VDD2	センサーモジュール電源を レベルシフタへ供給	ユニット ← センサーモジュール	
3pin	MODE	ロギングモード/測定モード切替 ロギングモード時常時 Low/測定モード 時常時 High	ユニット → センサーモジュール	ユニット側回路： プルダウン 10kΩ
4pin	CS	チップセレクト(リクエスト信号) ON / OFF = Hi / Low	ユニット → センサーモジュール	ユニット側回路： 通常 Low + プルダウン 10kΩ
5pin	GND	GND		
6pin	UART	UART 信号 スタンバイ中 = Low (※1)	ユニット ← センサーモジュール	モジュール側：通常 Low ユニット側：プルダウン 100kΩ 通常、モジュールとユニット間 は開放状態 (※2)

※1：センサーモジュール側は、CS が OFF 中は UART 信号を Low 出力する。

CS の ON を認識すれば、いったん、UART 信号を Hi 出力にした後、UART 信号送信を開始する  
(詳細は次ページ参照)

※2：モジュール側 UART 信号はスリープ状態とする。

(2) データ構成

識別コード 6byte	センサー出力値 5byte	異常 1byte	拡張データ 37byte	CR/LF 2byte
----------------	------------------	-------------	-----------------	----------------

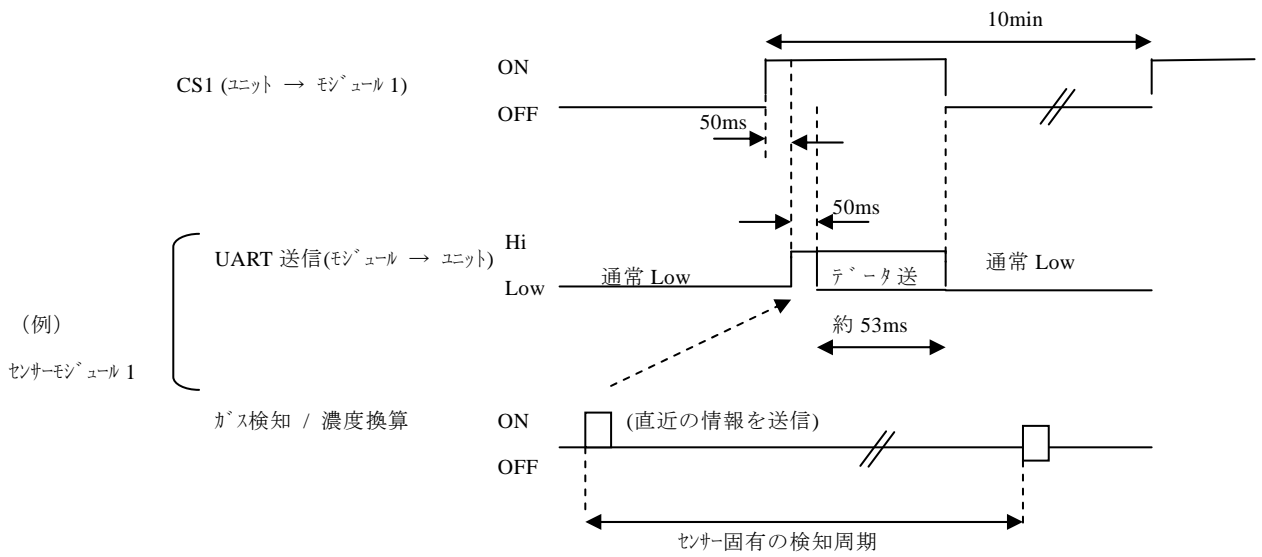
51byte×10bit=510bit, 510bit/9600bps=53.1ms (±2%)

(3) 通信制御

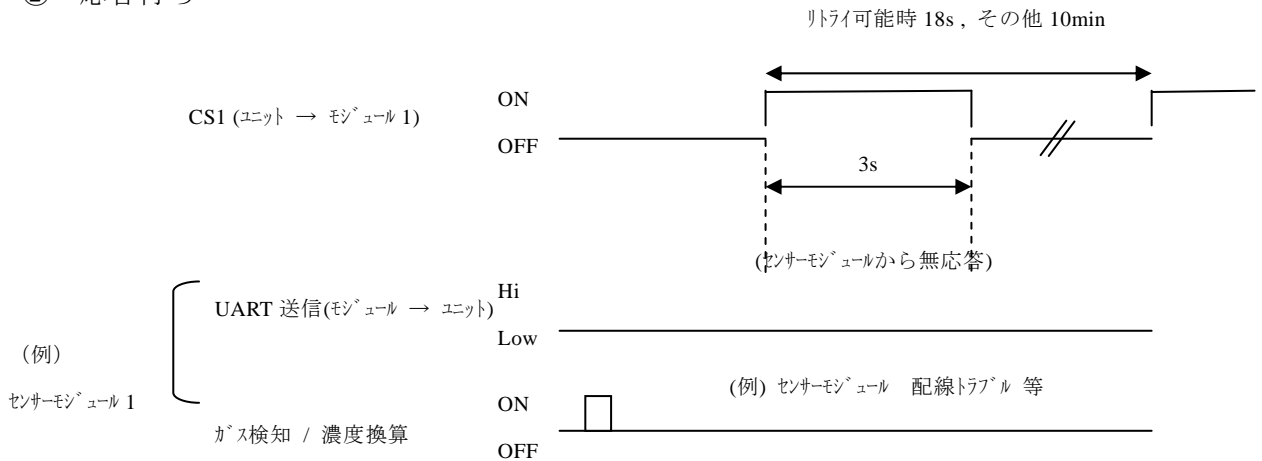
表Ⅲ-2.1-7 センサーモジュールの通信・制御

項目	仕様	備考
通信制御権	ユニットからのポーリング方式	主局：ユニット 従局：センサーモジュール
ポーリング信号	CS 信号オン時、センサーモジュールから送信	センサーモジュール側：通常 UART 信号を Low 出力。 ・ CS 信号オンを最小 50ms 間検知すれば、一旦 UART 信号を 50ms 間 Hi 出力にしてから UART 送信を開始する。送信するデータは直近の取得情報。 ・ CS 信号オフを検知すれば、直ちに送信を中断して UART 信号ラインを Low 出力にする。
ポーリング周期	基本周期：10 分毎 (±0.1%)	受信エラー時、CS 信号オフにして 18 秒 (±1 秒)後に再度ポーリングする。 リトライ 2 回(都合 3 回)
各センサー間隔	3 秒 (±0.3 秒)	
応答待ち	CS 信号オン後 最大 3 秒間 無応答なら CS 信号オフ	

① センサーについて / 基本周期

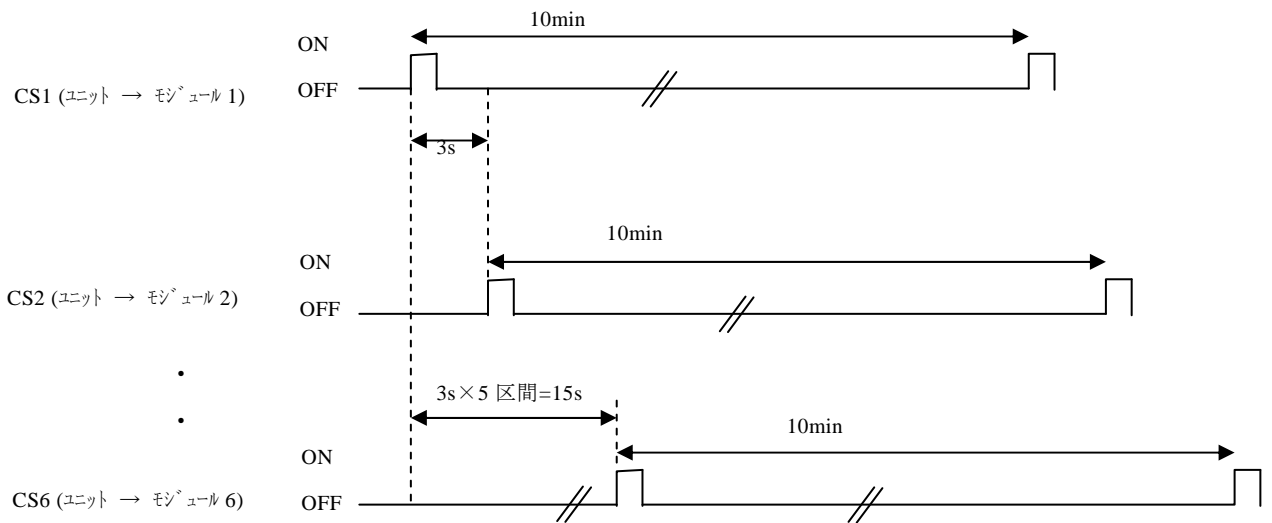


② 応答待ち

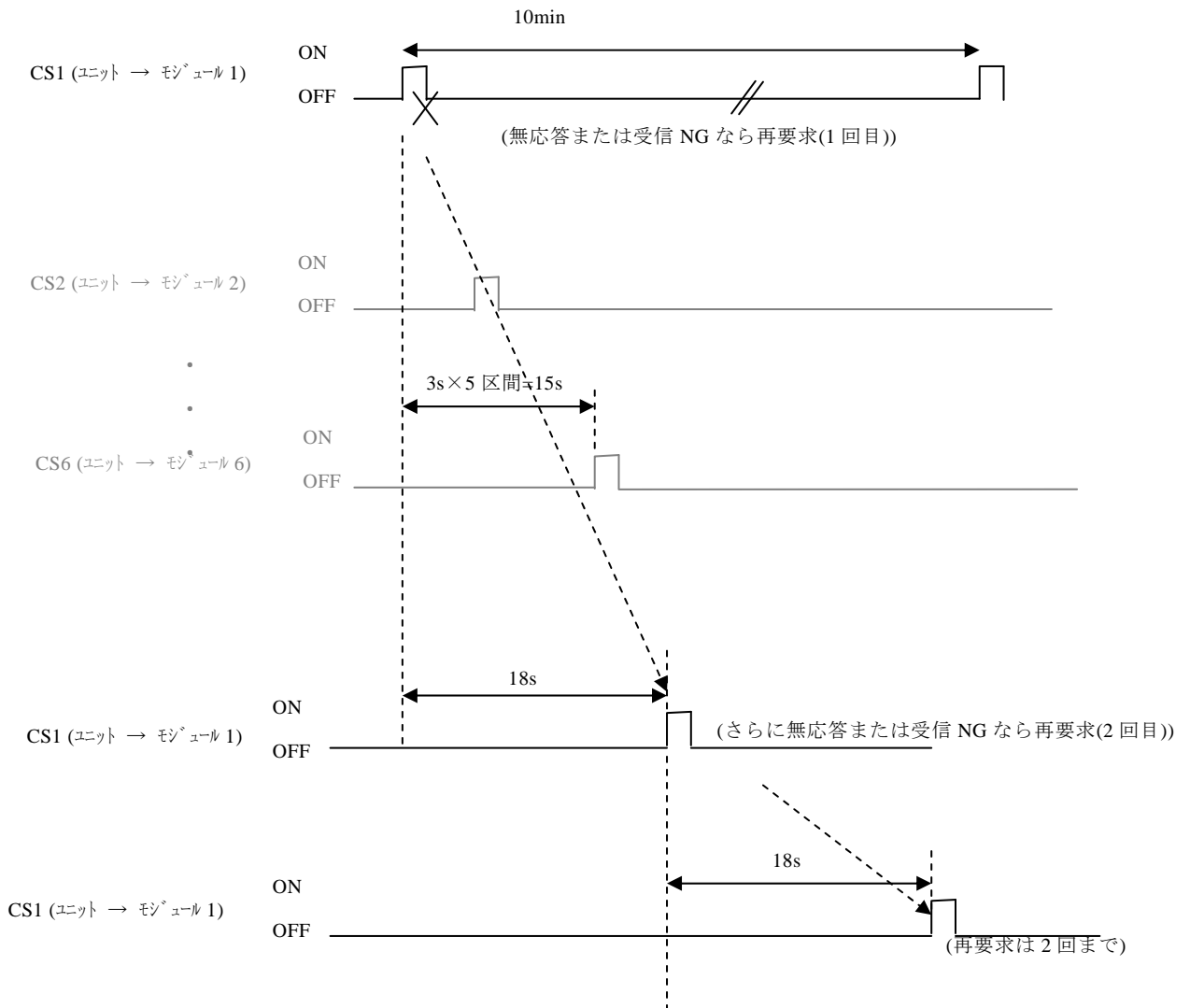




③ 各センサー間について／基本周期



④ 再要求タイミング



### Ⅲ-2.1.1.6 メモリーカードへのデータ記録

メモリーカードの記録仕様は以下のとおりとした。

- ① ログインモードで収集したデータを定期的にメモリーカードに保存する。
- ② 記録するデータはセンサーモジュール番号毎のファイルに分けて保存する。
- ③ ファイル名は、点検モード時に取り込んだセンサーモジュールの識別コードから自動生成する。

例：メーカーコード「2」、固有コード「0」、シリアル番号「9999」、接続端子番号「01」の場合のファイル名「01209999.txt」（拡張子は「txt」固定）

- ④ モード切替スイッチをログインモード側に切り替えた時点で通信できなかったセンサーモジュールについて、下記 7-1. の回数以内に正常通信できた場合は、仮ファイル名でログインデータを記録していく。

例：接続端子「01」、ユニットシリアル番号「1234」の場合のファイル名「01UN1234.txt」

- ⑤ データ構成

合計 85byte

表Ⅲ-2.1-8 データ構成

No	項目	データ	Byte	備考
1	カウンタ	xxxxxx	5	1~32,767 記録(再)開始時または 32767 を超えると1から再カウント
2	区切り(半角カンマ)	,	1	
3	受信時のカレンダー情報 1	xxxx/xx/xx	10	年/月/日(2000~2040年)
4	区切り(半角カンマ)	,	1	
5	受信時のカレンダー情報 2	xx:xx	5	時:分 0~23時
6	区切り	,	1	
7	ユニット温度センサー値	xx	2	0~99
8	区切り	,	1	
9	ユニット湿度センサー値	xx	2	0~99
10	区切り	,	1	
11	センサーモジュールデータ 1	x	1	メーカーコード
12	区切り	,	1	
13	センサーモジュールデータ 2	x	1	固有コード
14	区切り	,	1	
15	センサーモジュールデータ 3	xxxx	4	シリアル番号
16	区切り	,	1	
17	センサーモジュールデータ 4	xxxxxx	5	センサー出力値
18	区切り	,	1	
19	センサーモジュールデータ 5	x	1	異常情報
20	区切り	,	1	
21	センサーモジュールデータ 6	xx... xxx	37	拡張
22	1レコード終了コード	CR LF	2	

## ⑥ 記録量(概算)

6(モジュール) × 85(1レコード) × 6(10分毎, 1時間) × 24(時間) × 365(日) = 26,805,600  
: 約 27Mbyte

## ⑦ スイッチ操作情報の保存

メモリーカードが正常にセットされている場合、電源投入時、モード切替スイッチを切り替えたタイミング、及び、点検スイッチによる点検後に、スイッチを操作した旨、カレンダー情報、ユニットのシリアル番号をメモリーカードに保存する。ファイル名はユニットのシリアル番号から生成する。

### Ⅲ-2.1.1.7 その他機能

#### (1) 接続自動認識

ロギングモード中、センサーモジュールデータ受信時に無応答または受信値 NG の時、同じセンサーモジュールにおいて、6回連続(50~60分相当)で正常受信出来ない場合、以後、当該センサーモジュールからのデータ受信は行わない。

### Ⅲ-2.1.1.8 データ収集方法

センサーユニットに内蔵しているデータロガーにより、現場設置環境ではロギングモードにて、試験設備では測定モードによりデータを収集する。

#### ①ロギングモード(現場設置環境)

各センサーモジュールの出力信号、温度、湿度を10分毎に測定し、メモリーカードに記録

#### ②測定モード(試験設備での試験環境)

外部機器(PC)からの指示タイミングで、センサーモジュールにデータ要求し、センサーモジュールからデータ受信すれば、外部機器に応答を返す。

測定モード中は、外部機器からの指示により、センサーモジュールへの出力信号要求の他、カレンダー設定、及び、ユニット情報を確認できる。

(ユニット情報: カレンダー現在値、センサーモジュール異常情報、リチウム電池電圧、外部DC電源供給状態、温湿度センサー現在値、メモリーカード異常情報)

## Ⅲ-2.1.2 センサーユニットの設置先選定と設置

### Ⅲ-2.1.2.1 センサーユニットの設置先選定

多種多様な実環境におけるセンサーの特性変化を調べるための仕組みとして、都市ガス事業者の知見・ノウハウ・過去のセンサー開発や警報器の設置場所の現場実態を勘案し、気候(温度湿度要因)、建物構造(換気率条件等)、建築時期(換気率、建材規制条件等)、家族構成(調理頻度、在宅率)の4因子の組み合わせにより、設置グループを選定した。

①気候・地域因子（＝温度湿度要因）：5条件  
寒冷地条件、日本海側条件、本州東部条件、本州西部条件、温暖地条件  
（北海道から沖縄の全国を網羅）

②建物構造因子（＝換気率条件等）：2条件  
木造戸建住宅、鉄筋集合住宅

③建築時期因子（建築時期＝換気率、建物規制条件等）：3条件  
（（参考）図Ⅲ-2.1-5：住宅室内環境の変化【新築物件】）  
1999年以前 住宅の省エネルギー基準改正前  
2000年～2003年 次世代省エネ基準により高気密化が最も過度に進行  
2003年以降 建築基準法改正  
（シックハウス対策強化後&自動換気システム導入）

④家族環境因子（＝調理頻度、在宅率に関連）：2条件  
単身住居、家族住居

よって、4因子を組み合わせると、60グループ（設置先属性）に分類される。

また、各グループについて、発生率が低い事象であるため、統計的に信頼性の高い結果（推定信頼度95%、推定値精度±20%）を得ようとする、1グループに必要なサンプル数は、母集団が正規分布に従うと仮定すると、以下の式で求められ、24件となる。

$$n=(k/e)^2 \times P \times (1-P)$$

n：サンプル数

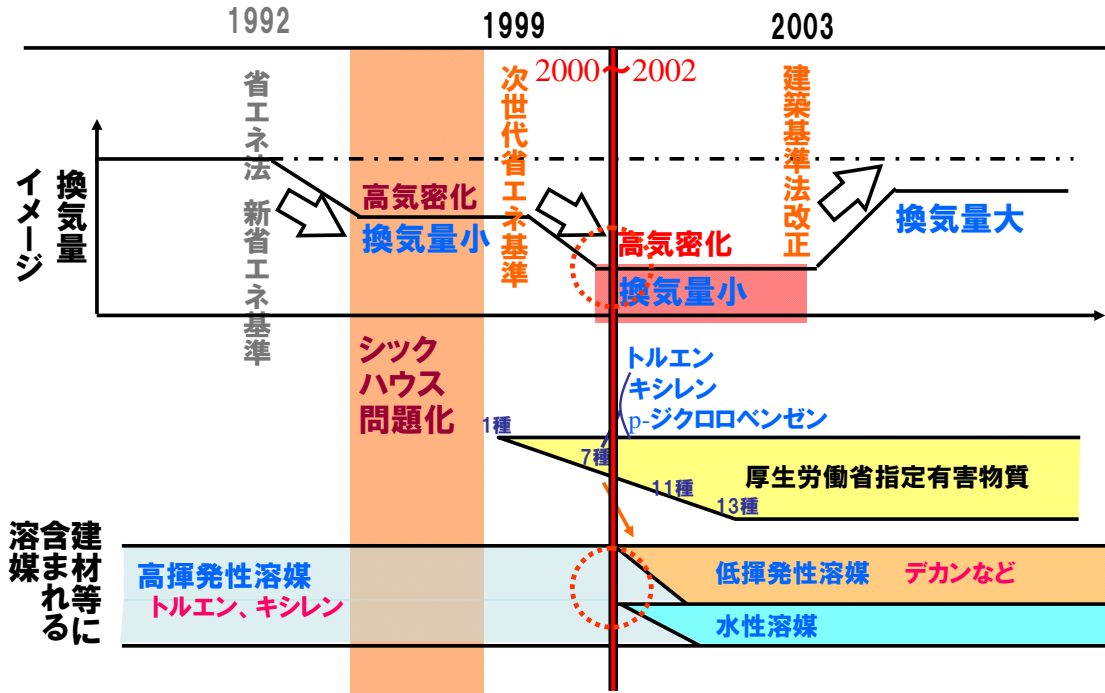
k：信頼度に対応する正規分布点 k=1.96（信頼度95%）

e：推定値精度（最大誤差） e=0.2

P：予想される母集団の比率 P=0.5

この計算によると1,440台設置する必要があるが、過去実施したことのないセンサーの大規模なテストを正確かつできるだけ少ないサンプル数で実施するため、都市ガス事業者における過去の返却率・設置母数等の知見を生かし、住み替えによる脱落率を想定し、1グループのサンプル数を15～20件として、合計1,020台の設置計画を表Ⅲ-2.1-9のとおり策定した。

基盤技術構築としては、表Ⅲ-2.1-10に示すとおり、広く日本全国からセンサーユニットの設置先を選定し、400台のセンサーユニットを設置した。



図Ⅲ-2.1-5 住宅室内環境の変化（新築物件）

表Ⅲ-2.1-9 センサーユニットの設置先

		寒冷地条件 (北海道・青森・岩手・秋田)			日本海側条件 (北陸4県・山陰地方)			本州条件					温暖地条件 (九州・沖縄)			
								東部 (関東・中部)			西部 (関西・瀬戸内)					
		1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降	1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降	1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降	1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降	1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降
木造戸建住宅	単身住宅	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台	10台
	家族住宅	10台	10台	10台	10台	10台	10台	15台	15台	15台	15台	15台	15台	10台	10台	10台
鉄筋集合住宅	単身住宅	15台	15台	15台	15台	15台	15台	40台	40台	40台	40台	40台	40台	15台	15台	15台
	家族住宅	15台	15台	15台	15台	15台	15台	30台	30台	30台	30台	30台	30台	15台	15台	15台
合計		50台	50台	50台	50台	50台	50台	95台	95台	95台	95台	95台	95台	50台	50台	50台

- 【返却大】 返却率が大きく、設置母数も多い。かつ、住み替えによる脱落率も多いと想定。
- 【母数大】 全体的な母数が多いため、また脱落が発生するため、多く配分。
- 【標準】 設置対象および返却率が標準的ケースと想定。
- 【母数少】 設置対象が少なく、脱落率が特段大きくないと想定したため、少な目の配分とした。

表Ⅲ-2.1-10 センサーユニットの設置先（平成20年度）

		寒冷地条件 (北海道・青森・岩手・秋田)			日本海側条件 (北陸4県・山陰地方)			本州条件					温暖地条件 (九州・沖縄)			
								東部 (関東・中部)			西部 (関西・瀬戸内)					
		1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降	1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降	1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降	1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降	1999年 以前	2000～ 2003年	2004年 以降
木造戸建住宅	単身住宅	5台			5台			10台			10台		5台			
	家族住宅	5台	5台	5台	5台	5台	5台	7台	8台	7台	7台	8台	7台	5台	5台	5台
鉄筋集合住宅	単身住宅	18台			18台			16台	16台	16台	16台	16台	16台	18台		
	家族住宅	6台	6台	6台	6台	6台	6台	12台	12台	12台	12台	12台	12台	6台	6台	6台
地域計		56台			56台			116台			116台		56台			

- 集合住宅単身のうち、北海道、日本海側、温暖地については、入居して2年以内の方や室内クリーニングやリフォームをしている方を中心に選ぶ。
- 寒冷地は可能な限り北海道、温暖地は可能な限り沖縄・鹿児島から選定する。

### Ⅲ-2.1.2.2 物流業務の概要

センサーユニットの設置と回収について物流業者への委託を想定した業務であり、委託先業者が、試験実施者（日本ガス協会）が提示するセンサーユニットの設置先属性リストに基づき、全国から対象先を選定し、機器の設置、設置先情報の把握、機器の管理、問い合わせ対応などを一元的に実施する。主要な考慮点を以下に示す。

- ・適切な設置先の選定 : きちんと条件に適合した設置先を選ぶ。
- ・機器の適切な管理 : 紛失等の回避、確実な設置、回収をする。
- ・個人情報の取扱 : 特定の個人を識別することができる情報とは関係のない情報のみ取得し、それらの情報であっても外部に流出させない。

### Ⅲ-2.1.2.3 物流業務の詳細

本業務はモニター募集、コールセンターの構築、物流業務の3つからなり、各々、下表の業務とした。

表Ⅲ-2.1-11 業務内容

業務(プレイヤー)	主な業務内容
(1)モニター募集	①モニター募集 ②モニターとの契約
(2)コールセンター	①モニターへの取付・回収日連絡・調整 ②物流企業への取付・回収指示 ③モニターからの問合せ対応窓口 ④モニター名簿及び個人情報に関する情報管理
(3)物流業務	①コールセンターからの指示に基づく出荷 ②モニターへの配送・取付・回収 ③計測機器の一時保管 ④保管・出荷時の計測機器のシリアル管理 ⑤検査機関との間の計測機器の調達・返送

### Ⅲ-2.1.2.4 物流業務フロー

基盤技術の一つとして構築した物流業務フローを図Ⅲ-2.1-6に示す。試験実施者（日本ガス協会）が、関連委託先(物流業務委託先（モニター募集先、コールセンター、物流、モニター先）、検査機関）に連携をとらせながら、実環境特性変動試験における設置先を統括できるようにした。

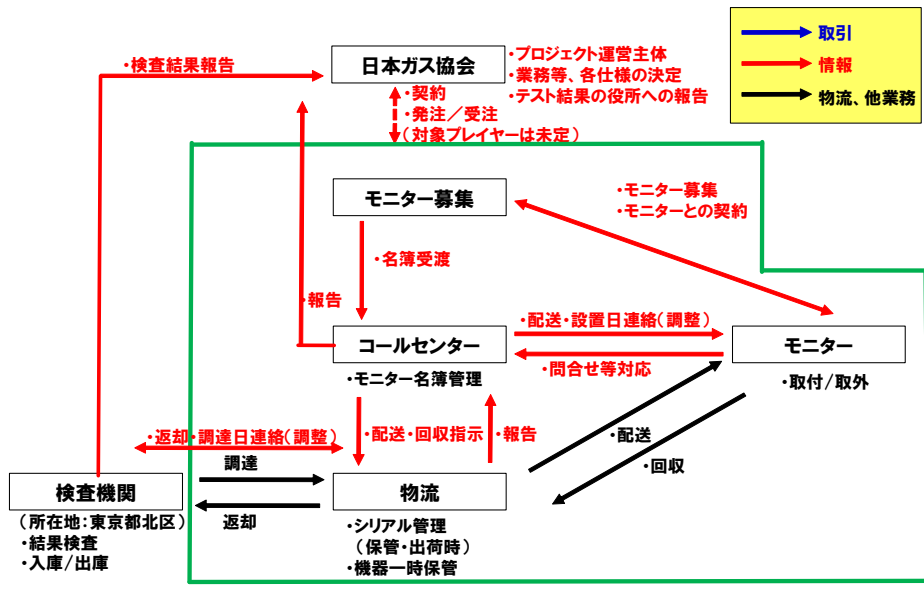


図 III-2.1-6 業務フロー

### III-2.1.2.5 センサーユニットの設置回収計画

センサーユニットは下表のように、各種試験に対応させて実施する。今回の委託事業では 1 回目の設置までを実施する。以降の半年ごとの回収・設置は日本ガス協会とメーカー各社が協力して取り組み、H23 年の秋に回収して、すべての設置回収作業を完了する計画である。

表 III-2.1-12 センサーユニットの設置回収計画

開発項目	PJ期間				
	H20	H21	H22	H23	H24以降
a.試験評価用センサーモジュール設計製作	→				
b.ラボにおける特性変化因子抽出試験		→	→	→	
c.センサー開発		→	→	→	
d.長期信頼性の加速評価基盤技術の確立		→	→	→	
e.具体的加速評価条件の決定			→	→	
f.加速評価手法による開発効果の検証			→	→	
g.開発成果のまとめ、実用化、普及				→	→
h.現場設置試験準備 (設置先選定、センサーユニット製作、設置・回収体制整備等)	→				実用化開発
i.現場設置試験の結果のフィードバック (○は回収・評価)	→	○	○	○	○

■ : 基盤技術   ■ : 実用化技術   ■ : 共通

なお、半年に1回の回収・設置時期を春と秋にすることで、センサーに影響を及ぼす可能性のある高温高湿度（夏）および低温低湿（冬）条件でのデータを確実に取得するようにする。

### Ⅲ-2.1.2.6 モニター募集の実施

表Ⅲ-2.1-13 に示すモニター先リストに基づき、モニターの募集と選定を実施し、センサーユニット400台のモニター先は表Ⅲ-2.1-14 に示すとおりとなった。

表Ⅲ-2.1-13 モニター先の選定

建築年 ①1999年以前 ②2000～2003年 ③2003年以降

建築年	北海道 (寒冷地)			日本海側 (北陸4県・山陰 地方)			本州太平洋側						九州・沖縄 (温暖)			計
	①	②	③	①	②	③	東部 (関東・中部)			西部 (関西、瀬戸内)			①	②	③	
戸建	5			5			10			10			5			35
集合	18			18			16	16	16	16	16	16	18			150
地域計	56			56			116			116			56			400

寒冷地 北海道、青森、岩手、秋田（可能な限り北海道）  
 日本海側 石川、富山、新潟、福井、鳥取、島根  
 太平洋側東部 『東京、千葉、神奈川、埼玉』、『愛知、三重』（それぞれのグループで半数ずつ）  
 太平洋側西部 『大阪、京都、兵庫』、『和歌山、岡山、広島、愛媛、高知、徳島、香川』（同上）  
 九州・沖縄 沖縄、鹿児島、熊本、宮崎（可能な限り沖縄、鹿児島）

集合住宅単身のうち、北海道、日本海側、九州・沖縄については、入居して2年以内の方や室内クリーニングやリフォームをしている方を中心に選ぶ。

表Ⅲ-2.1-14 モニター先の選定

建築年	北海道 (寒冷地)			日本海側 (北陸4県・山陰 地方)			本州太平洋側						九州・沖縄 (温暖)			計
	①	②	③	①	②	③	東部 (関東・中部)			西部 (関西、瀬戸内)			①	②	③	
戸建	5	0	0	3	1	1	6	3	1	8	2	0	5	0	0	35
集合	6	6	6	6	6	6	16	16	16	16	16	16	6	6	6	150
地域計	56			56			116			116			56			400



### Ⅲ-2.1.2.7 物流業務の実施

検査機関で初期値測定が終了したセンサーユニットを物流業者により順次現場設置した。設置にあたっては、図Ⅲ-2.1-7、図Ⅲ-2.1-8の情報を現地で取得した。この情報は、センサーの経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子の特定等で活用することを想定した。

#### 調査様式1

★ 以下の質問にお答え下さい。

##### 1) 建物属性

1. 鉄筋集合       2. 木造集合       3. 戸建木造       4. 戸建鉄筋

##### 2) 常時換気設備

1. 有り       2. なし

##### 3) 室形態

1. ファミリー用       2. ワンルーム・単身者用

##### 4) 築年数 (竣工時期が分らない場合は、「不明」にマークして下さい。)

竣工時期(西暦):      年      月       竣工時期 不明

##### 5) リフォーム・改装状況 (1. 2. 3を選んだ方は、最も新しいリフォーム・改装等の時期を西暦でご記入下さい。)

1. リフォーム有       2. 壁紙張替有       3. 業者でのハウスクリーニング有  
 4. なし       5. 不明

1. 2. 3を選んだ方      最も新しいリフォーム・改装等の時期(西暦):      年      月

##### 6) 台所の換気扇

1. フード付タイプ       2. フードなしタイプ       3. なし  
 4. その他(具体的に:      )

##### 7) 台所の形態 (1を選んだ方は、台所の(LDK)広さをご記入下さい。)

1. LDKタイプ       2. DKタイプ       3. Kタイプ  
 4. その他(具体的に:      )

1を選んだ方      台所の(LDK)広さ:      量

##### 8) 家族構成 (ご自身も含めてお書き下さい)

年齢	人数	(例)
5歳以下	⇒	0人
6～9歳	⇒	0人
10代	⇒	1人
20代	⇒	0人
30代	⇒	2人
40代	⇒	0人
50代	⇒	0人
60代	⇒	0人
70代	⇒	1人
80代以上	⇒	0人
合計	⇒	4人

##### 9) ご家庭でよくお使いになっているもの

(当てはまるものすべてをお選び下さい。)

1. 芳香剤  
 2. 線香  
 3. お香  
 4. アロマ  
 5. その他臭いのであるもの(      )  
 6. 消臭剤  
 7. 空気清浄機  
(メーカー名:      型番:      )

##### 10) ペットの有無 (いらっしゃる方は具体的に記入して下さい)

1. いる       2. いない

(記入例:室内小型犬(具体名(例:チワワ)でも結構です) 1匹)

モニターID番号:      (設置にお伺いした際に弊社の方で記入します。)

図Ⅲ-2.1-7 アンケートシート

調査様式2 《 記入例 》

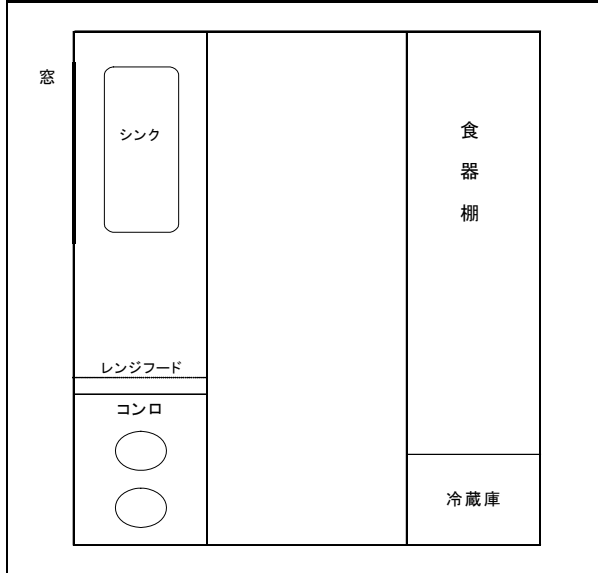
①台所形態 LDK Dk **K** その他( )

②台所の広さ \_\_\_\_\_ 約4畳

③天井からモニター品下面までの距離 \_\_\_\_\_ cm

(設置にお伺いした際に弊社の方で記入します。)

設置見取図



※コンロ・その他ガス器具の位置を記載願います

※換気扇・換気フードおよび窓の位置を記載願います。

モニターID番号: \_\_\_\_\_ (設置にお伺いした際に弊社の方で記入します。)

図Ⅲ-2.1-8 現地調査図 (記入例)

### Ⅲ-2.1.3 データ処理システムの製作

実環境特性変動試験では、多様な環境に設置したセンサーユニットで収集されたガスセンサー出力信号、設置環境温度湿度の変動データ及び半年毎にセンサーユニットを回収して測定する各センサーの特性データについて、これらの変動を定量的に解析する。

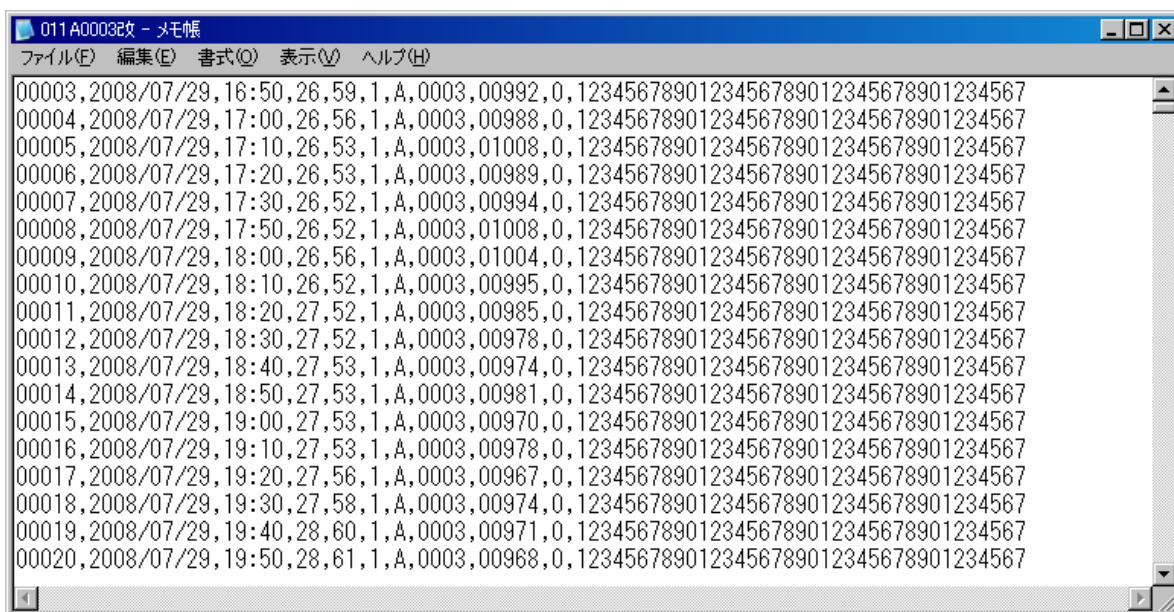
現場に設置したセンサーユニットについて、各センサー出力信号（6 データ）、温度、相対湿度の計 8 データを 10 分毎に取得し、メモリーカードに記録する。これを半年間行い、1 ユニット当たり 8(データ)×6(回)×24(時間)×180(日)≒約 21 万個のデータを取得することになる。また、取得する温度、相対湿度のデータから絶対湿度を求め、これらの 3 つ環境変数と 6 種のセンサー出力信号のデータから、センサー特性や環境因子の変動及び相関を定量的に解析することが必要となる。したがって、解析対象データは膨大となるため（約 23.3 万個×モニター件数）、専用のデータ処理システムを製作した。

#### Ⅲ-2.1.3.1 データ処理の対象データ

##### (1) 現場測定データ（ロギングデータ）

【各現場において各センサー（6 種）に対し、10 分毎にセンサー出力、温度(T)、相対湿度(Hr)等を半年間測定したデータ】

- ・ファイル形式：テキストファイル
- ・ファイル数：各現場数×6（各センサーに対し 1 ファイル）



図Ⅲ-2.1-9 現場測定データ（ロギングデータ）

(2) 回収したセンサーの特性測定データ

【各センサー（6種）について、初期及び現場から回収した後、一定の温湿度における特定の濃度のCH<sub>4</sub>（6水準：0、300、1,000、2,000、5,500、12,500(ppm)）、CO（7水準：0、25、50、100、200、300、550(ppm)）、H<sub>2</sub>（5水準：0、100、300、1,000、3,000(ppm)）に対する各センサーの出力を測定したデータ】

- ・ファイル形式：エクセルファイル
- ・ファイル数：400×6×3（各センサー、各ガス種に対し1ファイル）

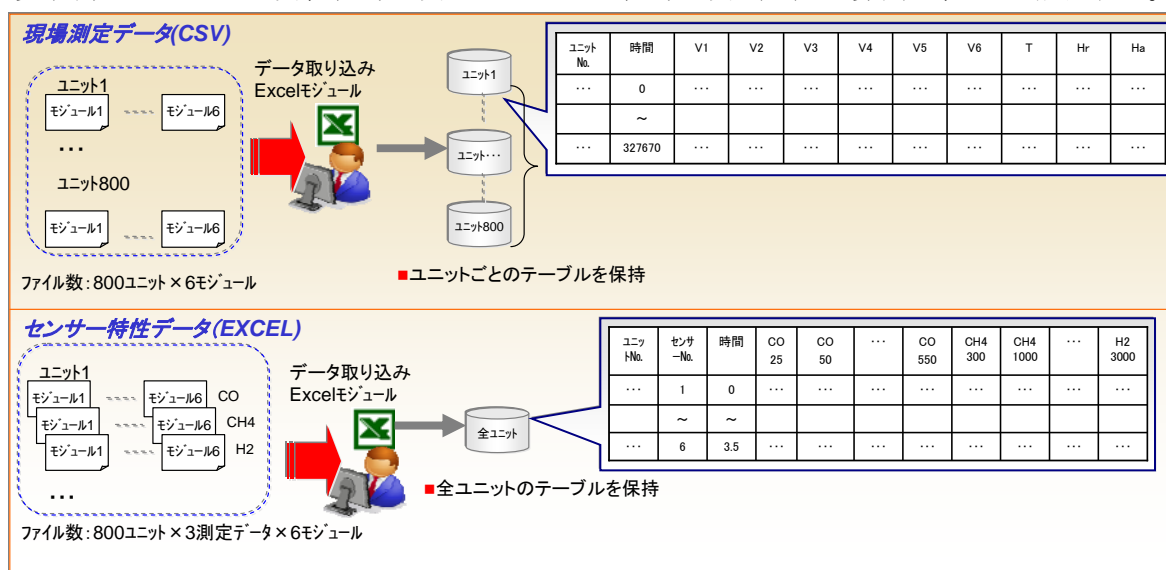
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2	目標濃度	センサー内温度(℃)	センサー内湿度(%)	測定ユニット温度(℃)	測定ユニット湿度(%)	時刻(CO情報)	時刻(UNIT情報)	ガス	メカ	固有	シリアル	セグ出力	異常	拡張
3	0	19.9	63.1	21.0	64.0	2008/12/12	2008/12/12	CH4	1	G	0332	972	0	1234567890123456789012345678901234567
4	300	20.2	64.3	21.0	65.0	2008/12/12	2008/12/12	CH4	1	G	0332	970	0	1234567890123456789012345678901234567
5	1000	20.3	65.7	21.0	66.0	2008/12/12	2008/12/12	CH4	1	G	0332	956	0	1234567890123456789012345678901234567
6	2000	20.6	66.0	21.0	67.0	2008/12/12	2008/12/12	CH4	1	G	0332	936	0	1234567890123456789012345678901234567
7	5500	21.2	65.6	22.0	68.0	2008/12/12	2008/12/12	CH4	1	G	0332	889	0	1234567890123456789012345678901234567
8	12500	21.6	65.7	22.0	68.0	2008/12/12	2008/12/12	CH4	1	G	0332	834	0	1234567890123456789012345678901234567

図Ⅲ-2.1-10 回収したセンサーの特性測定データ

Ⅲ-2.1.3.2 データ処理システムの内容

(1) 収集データの取り込み

- ・現場で測定したセンサー出力、温度、湿度に関するデータ半年間のデータ（テキストファイル）および回収して測定したセンサーの特性データ（Excelファイル）をサーバーのデータベース（DB）へ格納する。
- ・現場測定データの温度、相対湿度のデータから絶対湿度（Ha）を算出し、DBへ格納する。



図Ⅲ-2.1-11 収集データの取り込み

## (2) 集計データの時系列のまとめ

### ① 現場測定データ

- ・ センサー出力値、温度、相対湿度、絶対湿度を時系列でまとめて出力する（平均、標準偏差値などの基本的な要約統計量計算も含む）。
- ・ センサー出力・温度・湿度の経時変化をグラフ出力する。
- ・ 変数間の相関係数を出力する。

### ② 回収したセンサーの特性測定データ

- ・ 各ガス種、ガス濃度に対するセンサー出力を時系列でまとめて出力する（平均、標準偏差値などの基本的な要約統計量計算も含む）。
- ・ CH<sub>4</sub>、CO、H<sub>2</sub>濃度について経時変化をグラフ出力する。
- ・ 変数間の相関係数を出力

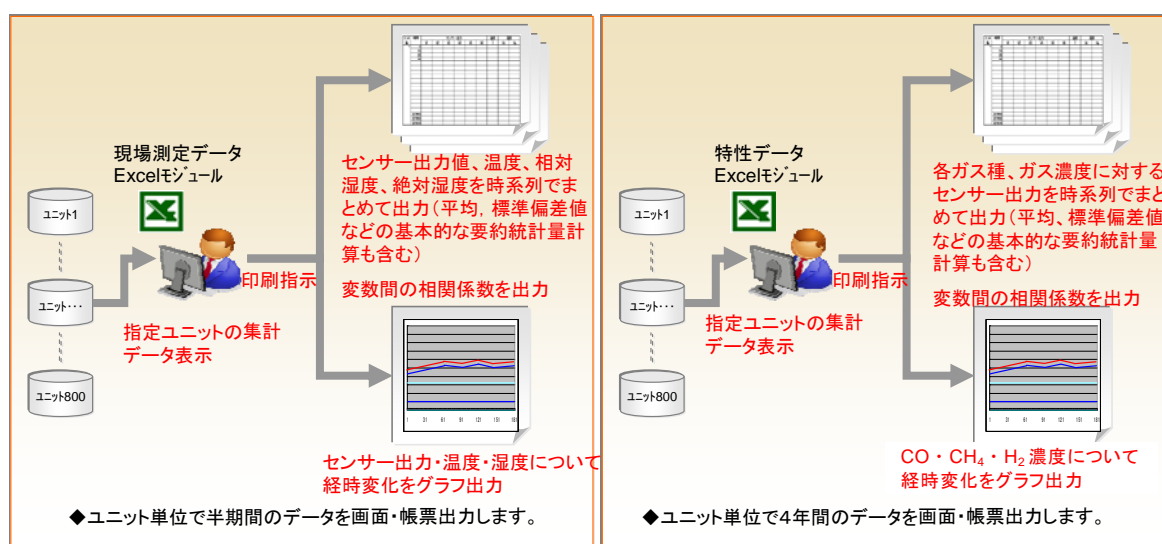


図 III-2.1-12 集計データの時系列のまとめ

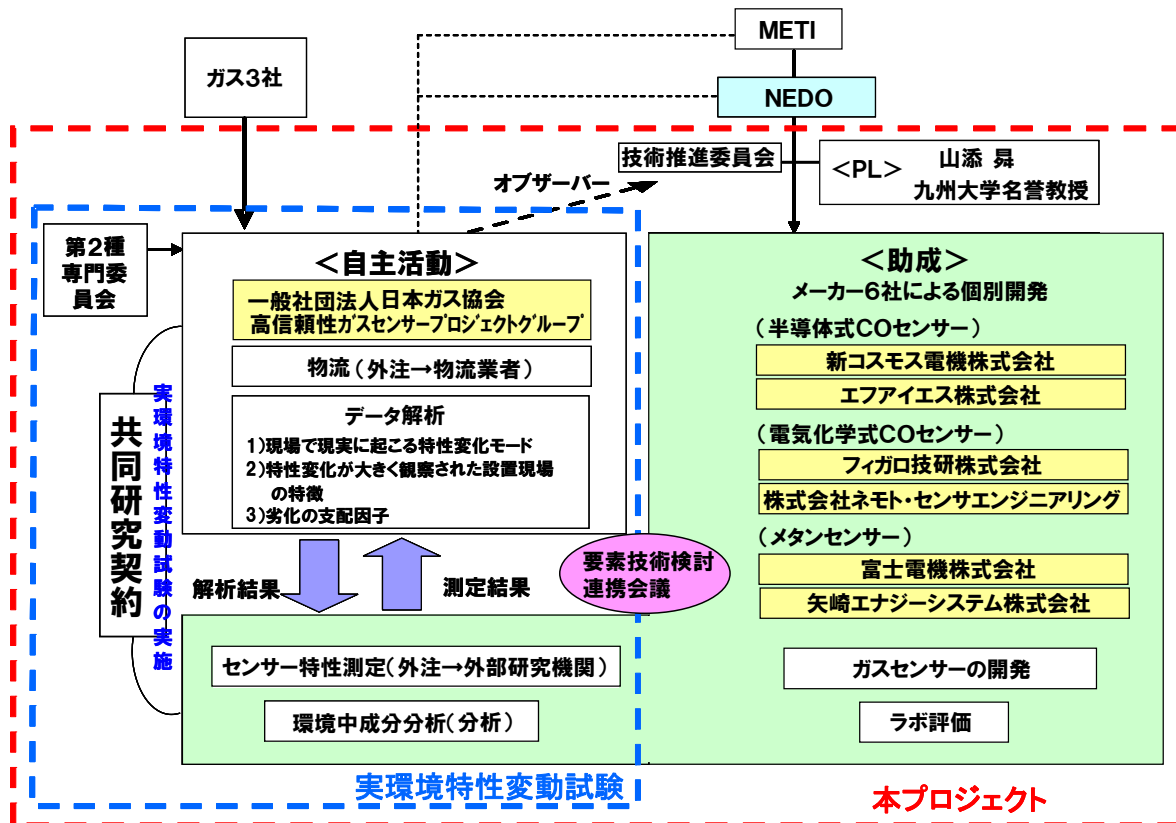
### III-2.1.4 成果の意義

各開発対象ベース技術センサー(プロトタイプ品)モジュールを搭載したセンサーユニット現物を、多様な実現場環境に設置し、現実には発生する事象を調査するための「実環境特性変動試験」の手法を開発した。センサー開発における開発対象センサーの特性変化要因・メカニズムの解明には、多様な設置環境下での特性変化データを取得する必要がある。しかし、都市ガス警報器が設置されるのは一般家庭の台所であるため、その設置環境に関して系統的な公開情報は存在しない。本試験手法は、過去のセンサー開発や警報器設置場所の現場実態を熟知している都市ガス会社のノウハウを活用することにより、多様な環境下でのセンサー特性変化を確認できる設置条件と、脱落数等も勘案した試験規模(センサーユニット設置台数)を適切に設定することができる。また、本手法は、個人情報取得が極めて難しい現状にある中で、求める条件に適合する設置場所をコンプライアンス遵守の下で全国規模にて探索する方法、ならび

に定期的なセンサーユニットの回収、運搬、再設置を着実に実施するための方法を兼ね備えており、センサー特性変化データを効率的に取得することを可能にした。

本研究開発項目にて開発した実環境特性変動試験の手法は、平成 21 年度以降の助成事業での各種高信頼性ガスセンサーの開発に活用された。平成 21 年度以降の実環境特性変動試験は日本ガス協会と助成事業に参画するセンサーメーカー6 社との共同研究として実施し、センサーユニットの試験先への設置回収業務ならびに取得データ（日本ガス協会が計測した温度・湿度の経時変化データおよびセンサーメーカーより提供されたセンサー出力信号の経時変化データ）の解析を日本ガス協会が自主活動として分担し、回収したセンサーの特性変化測定はセンサーメーカー6 社が助成事業の中で実施した。平成 20 年秋に開始した実環境特性変動試験は平成 23 年秋まで実施し、センサーユニットの設置先は平成 21 年春に 600 件まで増やし、平成 22 年春からは 660 件とした。また、本共同研究では、センサーの特性変化要因を抽出するために、環境中成分分析用活性炭に吸着した物質の分析（活性炭分析）や設置先モニターに対するセンサーユニット設置環境調査も実施した。これらの分析や調査から得られたデータは、Ⅲ-2.2 に記載する「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」にも資するものである。その結果、3 年間の実設置環境におけるセンサー特性変化データが得られ、各センサーの改良点を明確にすることができた。さらに、実環境特性変動試験にて取得した温度・湿度データから、①寒冷地域での冬季温度は本州地域と同等以上、②沖縄は年間を通じて他地域より高温で湿度も年中高く推移するといった、一般家庭の建物内（都市ガス警報器設置環境）における地域別の温湿度変動傾向を見出すことができた。

各種センサーの実用化には実環境特性変動試験での耐久性確認が非常に重要であるが、1 社だけで本試験を実施するにはコストや手間などの問題から限界があり、実用化の大きな障害となっていた。本プロジェクトの支援により、このような障害が取り除かれ、実用化への開発スピードが大いに加速された。



図Ⅲ-2.1-13 平成21年度以降の研究開発体制  
(平成24年9月時点の法人名に基づく)

> 警報濃度変化率 ( $\alpha_n / \alpha_m$  : 第m期→第n期の変動)を特性変動の指標とする。  
 ( $0 \leq m < n$  m=0は初期(設置前)を表す)

>  $\alpha$ の定義
 

- ・初期 ( $\alpha_0$ ) : 各センサー毎に設定した警報濃度 (CO:200, 250ppm, CH<sub>4</sub>:3000, 4000ppm)
- ・回収後 ( $\alpha_n$ ) : 初期および回収後にJIAで測定した各センサーの感度測定\*結果から算出。回収後の感度測定において、初期警報濃度の出力値を与えるガス濃度。

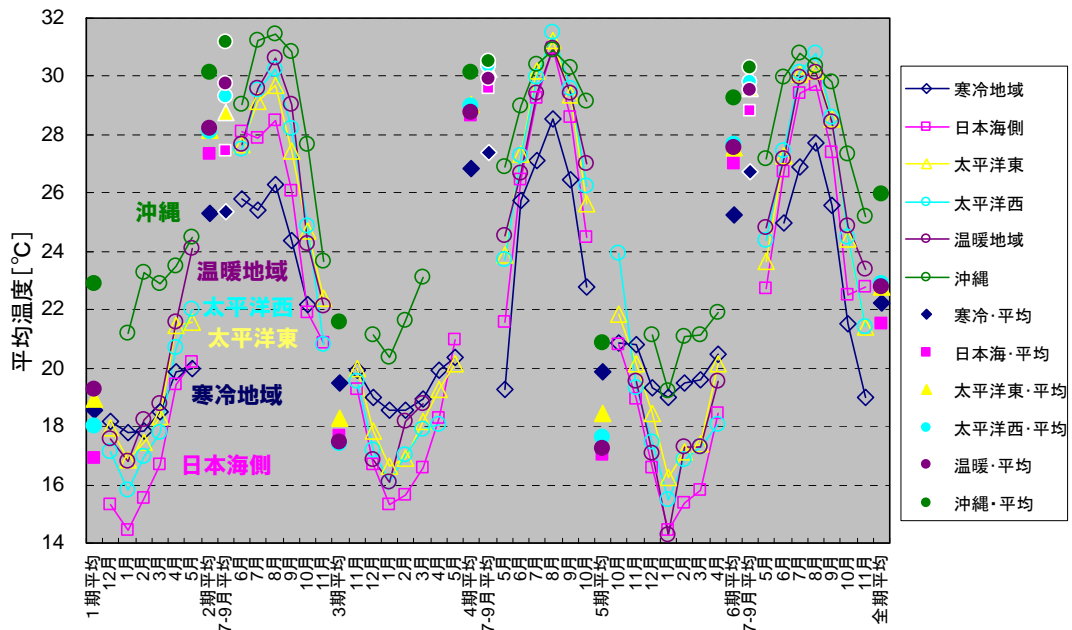
\* 感度測定: 以下のガス中で各センサーの出力値を測定  
 CH<sub>4</sub>: 0, 300, 1000, 2000, 5500, 12500 ppm  
 CO : 0, 25, 50, 100, 200, 300, 500 ppm  
 H<sub>2</sub> : 0, 100, 300, 1000, 3000 ppm

> 警報濃度変化率 ( $\alpha_n / \alpha_m$ )の意味
 

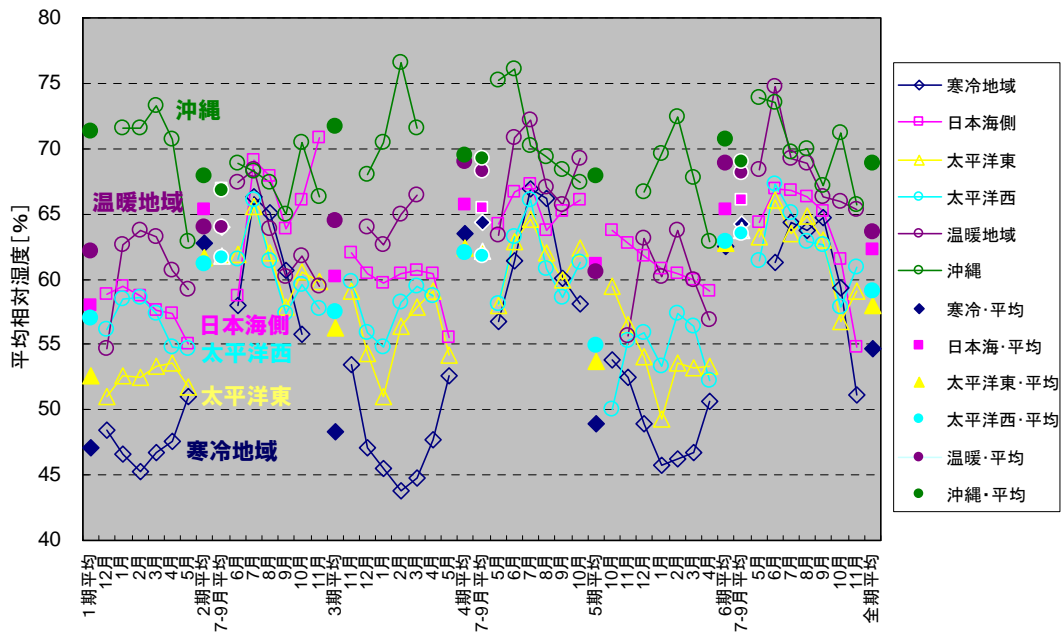
- ・1より小さい : 感度上昇(鋭敏化)  
→ 設定濃度より低濃度で警報
- ・1より大きい : 感度低下(鈍化)  
→ 設定濃度より高濃度で警報

解析例: 特性変動と平均相対湿度の相関(イメージ)

図Ⅲ-2.1-14 センサー特性変化解析手法 (日本ガス協会自主活動)



図Ⅲ-2.1-15 実環境特性変動試験で取得した温度変化データ（日本ガス協会自主活動）



図Ⅲ-2.1-16 実環境特性変動試験で取得した湿度変化データ（日本ガス協会自主活動）

### Ⅲ-2.1.5 成果の普及

本研究開発項目に関わる成果の発表は、Ⅲ-2.2に記載する「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」で得られた成果と合わせて実施しており、成果発表実績はⅢ-2.2.4にまとめて記載する。



## Ⅲ-2.2 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

本プロジェクトで開発するセンサーは、多様な設置環境における高い信頼性、低い故障率の達成を目標としている。そのため、各センサー開発の中で、多様な実設置環境で発生しうる特性変化とその要因分析、その特性変化のメカニズムに沿って同様の特性変化をラボ内でより短期間に模擬するための加速試験手法（特性変化模擬促進ラボ試験方法）の確立、さらにはこの試験方法を活用した開発技術の効果検証等の信頼性評価について、必要最小限の期間で実施する必要があると考えられる。

しかし、従来の同種の信頼性向上開発では、下に示すように多くのステップを経て10年程度の期間をかけており、期間短縮のための画期的な開発プロセスが必要である。

- ①多様な実現場に数千台以上の初期製品を試験導入した後、性能保証すべき実時間経過後の製品を回収し、特性変化の程度と様態の確認を実施。
- ②それらの特性変化要因特定のための分析等の解析を実施し、特性変化のメカニズムを解明。
- ③特性変化のメカニズムに沿って、特性変化促進試験方法を考案。
- ④特性変化促進試験による特性変化速度と、現場で発生している特性変化速度を比較して、促進試験の加速係数を算定。
- ⑤特性変化のメカニズムのトリガーとなる因子の発生を抑止する方法と、進行を抑制する方法の両面から、特性変化を抑止する方法の候補を考案。
- ⑥さらに、上記③、④で開発された加速試験方法を活用して、性能保証すべき期間に相当する信頼性を検証し、開発効果を確認。

したがって、次世代ガスセンサー開発において、このような従来の開発ステップによることなく、極力短期間で現行センサーと同レベルの信頼性に到達させるために、加速評価基盤技術の確立を目指した検討を実施した。

加速評価手法の確立には、半年に一回程度の頻度で計測する特定の温度湿度環境におけるガスセンサーのCO、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>感度特性を計測し、ガスセンサーの特性状況を計測し、長期的な特性変化トレンドを定量解析するとともに、実環境特性変動試験において収集した多量のデータを解析することにより、各設置環境における劣化モード（特性変化形態）や特性変化の度合いを支配し得る因子を抽出する必要がある。

よって、特定の温度湿度環境におけるガスセンサーのCO、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>感度特性を計測する装置を設計・製作した。

### Ⅲ-2.2.1 特性変化測定装置の設計・製作

#### Ⅲ-2.2.1.1 測定ユニットの概要

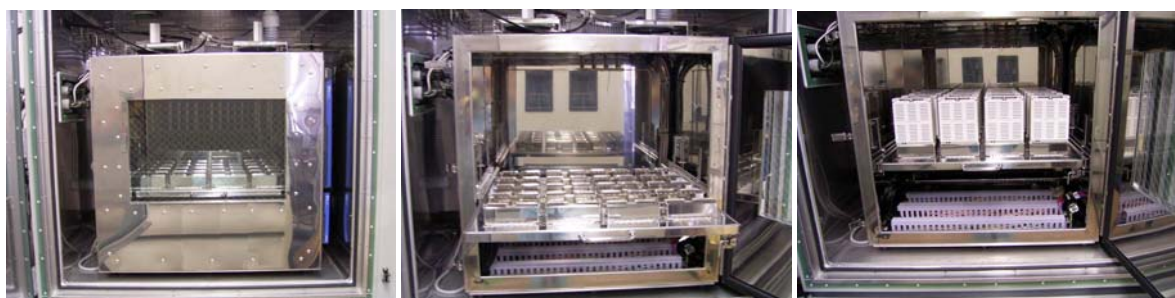
本ユニットは、特定の温度湿度条件にてセンサーの特性変化を測定するものであり、チャンバーボックス、自動ガス注入装置、温湿度計、接続治具及び周辺機器で構成される仕様とした。

概要を以下に示す。

- (1) 現場設置環境において SD カードに記録されたデータ（環境データ（温度・湿度）、センサーの出力値、時刻）を読み出し、整理した後、指定形式でサーバーに格納する。
- (2) センサーユニットをチャンバーボックス内に入れ、均一の温度、湿度及びガス濃度に暴露させ、センサーユニットから出力される信号を測定する。



図Ⅲ-2.2-1 装置概観



図Ⅲ-2.2-2 内部写真

### Ⅲ-2.2.1.2 測定ユニット仕様

測定ユニットの仕様を以下に示す。

#### (1) ロギングデータ取得機能

現場設置環境においてセンサーユニット内の SD カードに記録されたデータ（環境データ（温度・湿度）、センサーの出力値、時刻）を読み出し、整理した後、指定形式でサーバーに格納する。格納後、SD カードのデータは消去する。

#### (2) 感度測定機能

センサーユニットをチャンバーボックス内に入れ、均一の温度、湿度及びガス濃度（CH<sub>4</sub>、CO、H<sub>2</sub>）に曝露させ、6 つのセンサーモジュールの出力値（電圧、電流）を取り出し、サーバーに指定形式で格納する。以下の測定条件で測定する。

- ・ CH<sub>4</sub> : 0、300、1,000、2,000、5,500、12,500 (ppm)
- ・ CO : 0、25、50、100、200、300、550 (ppm)
- ・ H<sub>2</sub> : 0、100、300、1,000、3,000 (ppm)
- ・ 測定濃度の精度は規定濃度の±10%以内とする。
- ・ 温度 : 20±5℃
- ・ 湿度 : 65±5%

データ格納後、データ処理が可能となり、時刻合わせ等は自動で実施する。

測定に関する留意点を以下に示す。

- ・ チャンバーボックス内が 20℃・65%であることを確認し測定を開始する。
- ・ ガス濃度の測定に当たっては、所定のガス濃度に達した後、5 分以上の安定時間を確保する。この時、ガス濃度、温湿度及びセンサーモジュールの出力値を確認し、データを格納する。ガス種を変更する場合は、前ガスが完全にパージされてから 10 分以上間隔をあげ、次のガスを導入する。
- ・ 測定は CH<sub>4</sub>、CO、H<sub>2</sub> の順番で実施し、濃度は低濃度から高濃度へ順次切り替える。なお、各ガス濃度の設定、感度測定は全て自動及び手動で実施する。

### Ⅲ-2.2.1.3 チャンバーボックスの仕様

チャンバーボックスの仕様を以下に示す。

- (1) 寸法 : 幅 約 820 mm、奥行き 約 700 mm、高さ 約 700 mm
- (2) チャンバーボックス内に入れるセンサーユニット総数 : 20 台
- (3) センサーユニット受付台 : 20 台 (1 種類)

センサーユニット設置の作業性を配慮し、検体トレーを手前に引き出せる構造とする。

- (4) 重量 : 100 kg 程度 (センサーユニット 20 台分の重量を含む)

(5)チャンバーボックスの機能 :

- ・温湿度計のセンサー部を設置し、感度測定前に温湿度条件を確認し、自動でそのデータを格納する。
- ・チャンバーボックス内の温湿度が均一で安定している。
- ・気密性に優れている。
- ・チャンバーボックス等に使用する全ての材質はセンサーモジュールに影響を与えない材質とする。

(6)試験ガス濃度 :

- ・ガス濃度を測定するサンプル口を設置し、各ガス濃度が安定していることを確認し、感度測定前に自動でそのデータを格納する。(ガス濃度はガス濃度測定装置にて測定する)
- ・チャンバーボックス内にガスを導入する際は、濃度の突出的な変化が無く、均一に拡散され安定させる。
- ・試験ガスはチャンバーの下部から導入し、試験ガスが適切に拡散されるようにガス導入口はパイプに複数のノズルを配置する。
- ・センサーユニットを設置する棚板はパンチングメタルとする。
- ・拡散パイプの下にガス拡散ファンを配置し、チャンバー内のガス濃度の均一性を確保する。
- ・拡散ファンの手前に、拡散フィンを設けチャンバー内のガス濃度の均一性を確保する。

(7)試験ガス排気口 :

- ・チャンバーボックス内のガスを一度に排気するためチャンバーボックス上部に給気弁、排気弁を設け、弁はエア駆動とする。
- ・試験ガスがチャンバー外に漏洩することの無いよう給気弁、排気弁に延長配管を接続し、系外から給気し、系外へ排気する。

(8)ガスの拡散にファンを使用する場合には、ファンを停止してから、測定を開始する。

### III-2.2.1.4 自動ガス注入装置の仕様

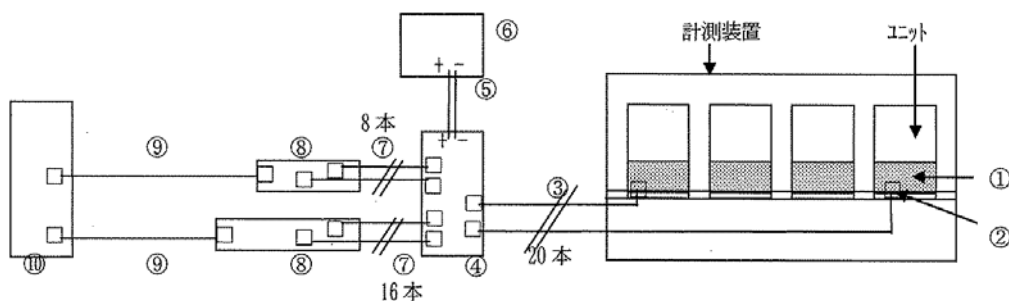
自動ガス注入装置の仕様を以下に示す。

- (1)CH<sub>4</sub>、CO、H<sub>2</sub>ガスを独立経路でチャンバーボックスに供給する。
- (2)圧力計(一次圧、二次圧)を試験ガス毎に設置し、圧力低下時には警告及び試験を中止する。
- (3)試験ガス毎にシリンダー及びチャンバーへの供給ラインを設ける。
- (4)異常時にガス供給を停止する。但し、手動操作で試験が継続できるようなシステムとする。
- (5)試験は全て自動で行われる(温湿度、ガスの供給、濃度調整及び測定、排気、ガス種の変更等)。
- (6)試験中に取得データの確認ができる。

### Ⅲ-2.2.1.5 温湿度計の仕様

- ・測定範囲 : (温度) 0~100℃ (連続測定)
- ・測定範囲 : (湿度) 0~100% (連続測定)
- ・測定出力 : 温湿度データを周辺機器のPCに保存できること。
- ・試料温度、湿度 : チャンバーボックス内の試料温度、湿度を測定する。
- ・証明書 : 校正証明書付の温湿度計であること。

### Ⅲ-2.2.1.6 接続治具および周辺機器



図Ⅲ-2.2-3 装置の構成

表Ⅲ-2.2-1 周辺機器

No	項目	数量	備考
①	計測装置内のユニットの受台	20	
②	ユニットを接続するコネクタ	20	XG4H-1031
③	フラットケーブル	20	両端指定コネクタ、電源ラインと信号ライン
④	接続変換用の補助ポート	1	③ケーブルを⑤電源配線と⑦RS-232C配線を分岐する配線板。 (ユニバーサル基盤) ③指定コネクタ、⑤ネジ留め、⑦Dsub-9pin
⑤	電源ケーブル	1	
⑥	定電圧電源	1	DC5V、20A(詳細未定)
⑦	RS-232Cケーブル	20	両端Dsub-9pin、ストレートタイプ、ケーブル長=1m
⑧	USB-シリアル変換アダプタ	2	Uport1610-16及びUport1610-8(MOXA製)
⑨	USBケーブル	1	ケーブル長=1m
⑩	PC (サーバー)	1	CPU=1GHz以上、メモリ=2Gbyte以上、Windows XP Pro or Windows Vista Business 以上、DVD-R等バックアップ装置付き、USB端子×2口、Excel <sup>(1)</sup> HDD必要量=100GB (RAID1(ミラーリング)以上が望ましい) <sup>(2)</sup> SDカード読取装置(作業性を考慮して複数枚読みとれる方が望ましい) データ(感度測定値及びSDカード)整理及びSDカードの情報の自動消去
注	<sup>(1)</sup> JGAが提供予定のセンサーモジュールデータ取得のためのプログラム(VBA)を動作させるために必要。 提供予定のプログラムでは、図中のパソコンとユニット内のデータの読み込み、異常情報の取得、内部の時計を設定が可能。適宜、自社のソフトウェアと組み合わせて測定システムを構築すること。 <sup>(2)</sup> データ量は以下のように算出した。 27Mbyte×3.5年×1025台+15point×85byte×6台×6555台		

### Ⅲ-2.2.2 センサー感度特性測定方法と初期値測定

実環境現場に設置したセンサーの長期的な特性変化トレンドを解析するため、半年に1回、センサーユニットを回収し、特定の温度湿度環境下におけるCH<sub>4</sub>、CO、H<sub>2</sub>に対する感度特性を計測する。基盤技術の確立では、測定手順、測定条件を決定し、それに基づき各センサーの初期特性測定を実施した。

#### Ⅲ-2.2.2.1 測定手順及び測定条件

測定手順、測定条件を以下に示す。

##### ・測定手順

- (1) センサーユニットをロギングモードから測定モードに切り替え、SDカードを抜き、センサーユニットを測定ユニットチャンバー内にセッティングし、6時間以上20℃、65%の雰囲気になじませておく。
- (2) 測定ユニットの自動モードで測定を開始する。
- (3) 所定のガス濃度に達した後、5分以上の安定時間を確保する。
- (4) ガス種を変更する場合は、前ガスが完全にページされてから、10分以上間隔をあける。
- (5) 測定の順番はCH<sub>4</sub>、CO、H<sub>2</sub>とし、濃度は低濃度から高濃度とする。

##### ・測定条件

CH<sub>4</sub> : 0、300、1,000、2,000、5,500、12,500 (ppm)

CO : 0、25、50、100、200、300、550 (ppm)

H<sub>2</sub> : 0、100、300、1,000、3,000 (ppm)

測定濃度の精度は規定濃度の±10%以内

温度 : 20±5℃

湿度 : 65±5%

#### Ⅲ-2.2.2.2 初期値の測定

実環境現場設置ユニット400台及び比較参照用ユニット5台の計405台について上記手順によりセンサーの初期特性の測定を行った。これにより、以降、実環境現場に設置したセンサーユニットを半年毎に回収し、同様に感度特性を計測し、今回測定した初期特性値をもとに特性変化状況を定量的に解析して、各設置環境における劣化モード（特性変化形態）や特性変化を支配する因子の特定を行っていくための準備が整った。

#### Ⅲ-2.2.3 成果の意義

実環境特性変動試験を活用し、各種センサーの実環境特性を測定・解析することにより、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子を特定し、長期信頼性の加速評価を実現するための

基盤技術を確立した。本基盤技術の活用により加速評価手法を確立できれば、これまで 10 年間程度の期間を要していた信頼性向上開発について大幅な期間短縮が可能となる。

### Ⅲ-2.2.4 成果の普及

本委託事業期間（平成 20 年度）における成果発表リストを表Ⅲ-2.2-2 に示す。委託事業終了後の平成 21 年度以降も、都市ガスシンポジウム、都市ガスシンポジウムアネックス、世界ガス会議にて自主活動成果も含めた成果発表を 8 件実施した。

表Ⅲ-2.2-2 外部発表等リスト

番号	発表者	所属	タイトル	発表先	発表年月
1	堀内 隆博 他 5 名	社団法人 日本ガス協会	次世代高信頼性ガスセンサー 技術開発	都市ガスシンポジウム (東京)	2008 年 6 月
2	堀内 隆博 他 7 名	社団法人 日本ガス協会	次世代高信頼性ガスセンサー 技術開発	都市ガスシンポジウム アネックス (函館)	2008 年 10 月

### Ⅲ-2.2.5 全体のまとめ（日本ガス協会自主事業含む）

平成20年度の委託事業では、次の成果を得た。

- 次世代センサー開発のための特性変化要因・メカニズム解明のための基盤技術として、実設置環境におけるセンサー開発品の特性変動を評価する実環境特性変動試験の仕組みを構築した。
- 次世代ガスセンサー開発のための加速評価基盤技術として、一定雰囲気条件におけるセンサー特性変化を効率的に評価できる手法を開発した。
- 様々な実設置環境におけるセンサー特性変動要因を把握するため、日本全国の一般家庭400件にセンサーユニットを設置した。

平成21年度から23年度の日本ガス協会自主事業では、次の成果を得た。

- 助成事業に参画するセンサーメーカー6社との共同研究で実施した実環境特性変動試験において、物流業務とデータ解析業務を担当した。
- 実環境特性変動試験におけるセンサーユニット設置先を660件まで拡大した。
- 実環境特性変動試験により、日本全国の一般家庭における温度・湿度の年間変動傾向を明らかにした。
- 各種活性炭試験等（センサーメーカーと共同実施）により、センサー特性変動に影響を与える環境物質を特定した。

項目		H20年度	H21年度	H22年度	H23年度
委託事業	特性変化要因・メカニズム解明のための基盤技術構築	実環境特性変動試験方法の構築 △センサーユニット400台設置(実環境特性変動試験の開始)			
	加速評価基盤技術の確立	センサー特性変化評価手法の構築 △センサー特性初期値( $\alpha_0$ )測定(400台)			
自主事業	実環境特性変動試験の実施 ・物流、データ解析(JGA) ・回収センサーの特性変化測定(メーカー)	第1期(400台) 第2期(600台) 第3期(600台) 第4期(660台) 第5期(660台) 第6期(660台) △回収センサー特性( $\alpha_1$ )測定 △ $\alpha_2$ 測定 △ $\alpha_3$ 測定 △ $\alpha_4$ 測定 △ $\alpha_5$ 測定 △ $\alpha_6$ 測定			
	加速評価に資するデータの取得 ・環境物質分析(各種活性炭試験) ・センサーユニット設置環境調査	→ 活性炭分析(第1期回収品) → 活性炭分析(第2期回収品) → 活性炭分析(第3期回収品) → 活性炭曝露試験 → 活性炭分析(第4期回収品) 設置環境調査(アンケート) 設置環境調査(電話ヒアリング)			

図Ⅲ-2.2-4 日本ガス協会のプロジェクト実施実績（自主活動含む）



### Ⅲ. 研究開発成果について

#### Ⅲ-2 研究開発項目毎の成果

##### Ⅲ-2.3 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

##### Ⅲ-2.3.1 半導体式 CO センサーの開発（助成先：新コスモス電機株式会社）

##### Ⅲ-2.3.1.1 開発目標と達成度

研究開発項目③：超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

最終目標	研究開発成果	達成度
(1) 0.1mW以下の超低消費電力を実現する。	半導体材料および触媒材料の最適化によって、ガス感度増大と長期安定化、ヒートクリーニングエネルギーの引き下げを実現した。 加えて、MEMS 技術にて Si 基板上に微小な熱線型半導体式構造を形成する事で、熱容量大幅低減、熱応答性大幅向上を実現し、その結果、消費電力 43 $\mu$ W を達成した。	○
(2) 加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。	実環境特性変動試験にて劣化因子が環境温湿度と環境物質であることを特定、この知見に基づき実環境での劣化を加速する加速試験条件を確立した。 また、触媒の最適化や保護膜の導入などにより耐久性を改善したセンサーを開発、加速試験手法の適用にて5年相当以上の信頼性を確認した。	○
(3) 「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」（JIA F 039-06）を満足する。	JIA 基準よりも厳しく定めた警報濃度の自社基準範囲について、5年以上満足する結果を加速試験から得ている。 また、その他諸性能に関しても現行 CO センサー（JIA 基準を満足）と同等で基準を満足する事を確認している。	○

◎：最終目標を大幅に超えている

○：最終目標達成

×：最終目標未達成

### Ⅲ-2.3.1.2 検討内容

#### Ⅲ-2.3.1.2.1 背景および課題

当社の電池式 CO センサーは、半導体式センサーのガス検知原理に基づき設計された独自の熱線型半導体式センサー構造(CH センサー)にて本プロジェクト開始以前に実用化されており(第一世代電池式 CO センサー、ビーズ型)、これを火災検知素子と複合搭載した電池式 CO センサー搭載住宅用火災警報器は 2006 年に市場投入されている。但し、この電池式 CO 警報器は居室用であるため、ガスセンサーにとって過酷な環境である台所への設置のためには、更に高い信頼性が必要とされていた。

一方、警報器の普及促進にはコスト低減が課題とされている。実用化された電池式 CO センサーの消費電力は 90~210  $\mu$ W であり、5 年寿命のために警報器へはリチウム電池 3 本を搭載している。しかし、電池を多く搭載する事は警報器のコストを押し上げ普及を妨げる原因となるため、センサー消費電力をより低減し電池搭載本数を減らすことも必須課題となっていた。したがって、信頼性を確保したより電力消費の少ない電池式 CO センサーを実現する事は最重要課題となり、それらを実現する事で、安全快適な住環境作りに貢献できると考える。

本研究開発では、第一段階として自社既存の電池式センサー技術に対しナノオーダーで制御した金属酸化物半導体と触媒を適用し、高度な動作アルゴリズムで動作させることで、信頼性と低消費電力を両立する省電力化技術を開発、第二段階にて、その省電力知見と MEMS 技術を融合させる事で、台所環境でも使用できる信頼性の超低消費電力微小素子(50  $\mu$ W 以下)を実現させた。(MEMS 型微小 CO センサー)

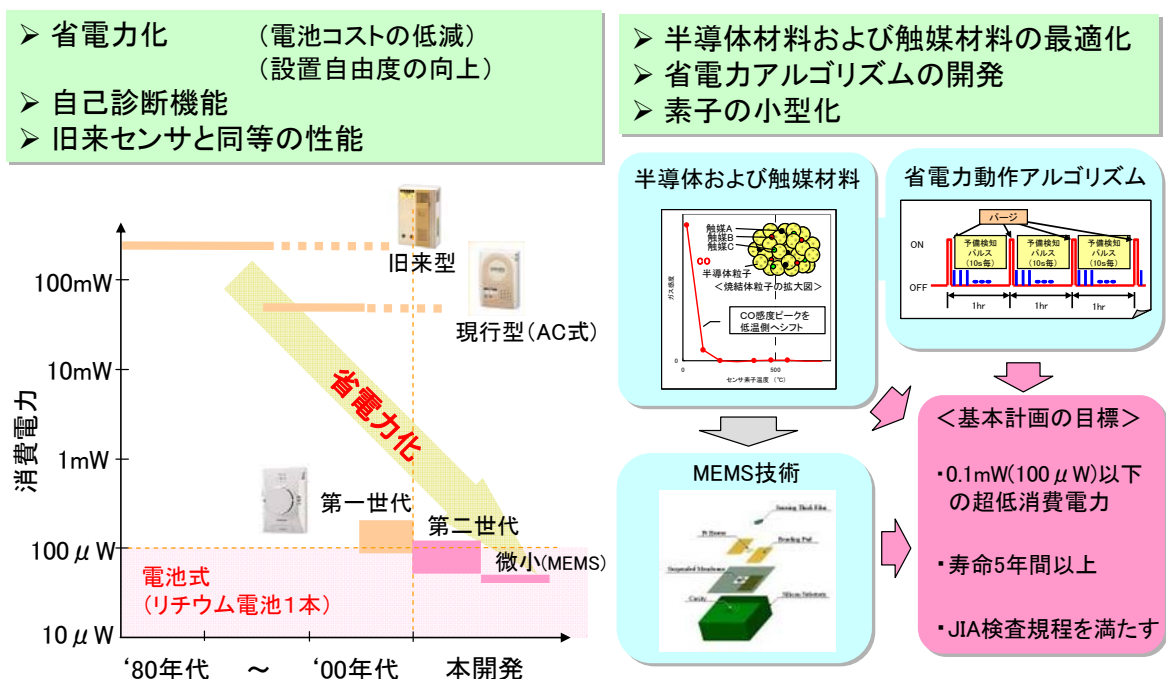
更にこれら開発と並行して、共通基盤技術として連携実施した実環境特性変動試験と自社ラボ試験の結果から加速試験手法を構築し、その手法を再度センサー開発に適用することで検証のスピードアップと高信頼化をはかり、現場で発生する特性変化・故障の発生リスクを限りなく低減させたセンサーの開発を可能とした。

(※消費電力：センサー及びセンサー周辺回路含む消費電力)

本プロジェクトの目標とする「0.1mW以下の超低消費電力」、「寿命5年間以上」および「JIA検査規程を満たす事」を実現するために、4つの課題を設定し検討を行った。

- 【課題1】ビーズ型の第二世代電池式COセンサーの開発
- 【課題2】MEMS型の微小COセンサーの開発
- 【課題3】センサー機能健全性診断方法の開発
- 【課題4】加速評価手法の構築・信頼性検証

なお、課題の具体的内容に関しては非公開版事業原簿に記載している。



図III-2.3.1-1 背景および課題

### Ⅲ-2.3.1.2.2 成果概要

プロジェクト初頭の2008（平成20）年度には、第二世代電池式COセンサーにて材料や駆動に関する省電力技術の開発を行い、2008年秋にそれらを用いた実環境特性変動試験やラボ劣化試験を開始し、特性変化要因の抽出を行った。

実環境特性変動試験では、気候（温度湿度要因）、建物構造（換気率条件等）、建築時期（換気率、建材規制条件等）、家族構成（調理頻度、在宅率）の4因子を組み合わせた60区分で400台規模の評価を行い、その結果から環境温湿度および環境ガスから影響を受ける事を見出し、5年以上の信頼性を考慮した加速試験の構築に至った。

更に、第二世代電池式COセンサーの開発にて得られた省電力化知見と、MEMS技術による素子微小化によってMEMS型微小COセンサーを開発し、その事により消費電力目標の達成が可能となった。また更に、MEMS型微小COセンサーにて実環境特性変動試験およびラボ試験にて明らかになった脆弱点に対する耐性を改良し、加速試験の適用にて実環境中5年以上の信頼性が確保できたと判断した。また、JIA規程に定められたセンサー性能に関わる試験（検知遅れ試験、選択性試験、温度試験、湿試験、耐久性試験、連続鳴動試験）を行い、特に問題が無い事も確認している。

以上の結果より、実環境中での5年以上の信頼性と確保とJIA規程を満足する事が実現できたと判断している。

なお、その詳細については非公開版事業原簿に記載している。

### Ⅲ-2.3.1.2.3 成果の詳細

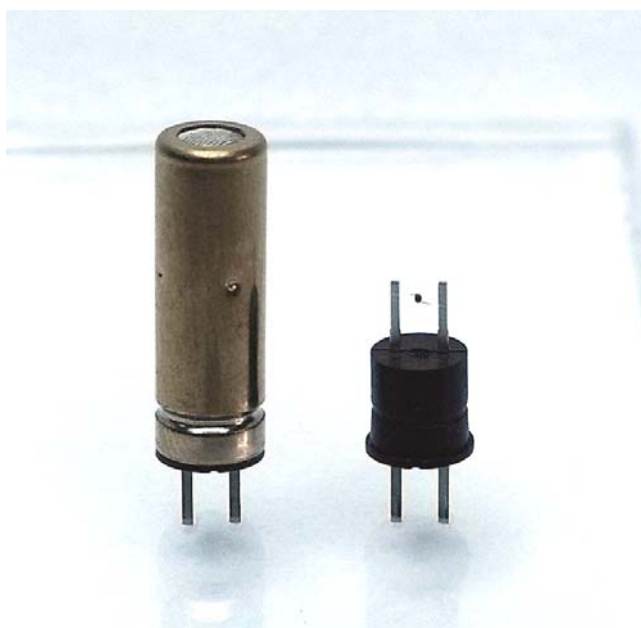
#### Ⅲ-2.3.1.2.3.1

#### 第二世代電池式COセンサー開発

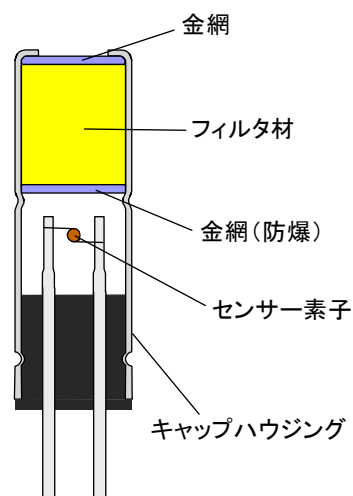
2008（平成20）年度には、省電力知見開発を目的として第二世代電池式COセンサーの検討を行った。その構造を図Ⅲ-2.3.1-2～4に示す。

このセンサーは、白金線コイル上に金属酸化物半導体を球状に焼結した構造（CHセンサー構造）で、焼結体に埋没させた白金線コイルは、加熱ヒーターと半導体粒子焼結体の電気伝導度変化を検出する電極の二つの役割を持っている。

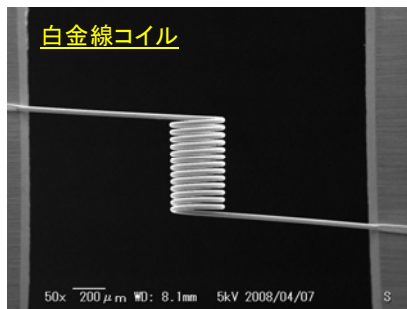
電氣的にセンサー素子全体の電気抵抗はコイル抵抗と半導体抵抗の並列回路と見なす事が出来る。半導体部にガスを曝露させると、半導体吸着酸素とガス分子との間に相互反応が起こり、半導体部の抵抗値が変化するが、その抵抗変化はセンサー抵抗値の変化として検出できるためガス検知が可能となる。



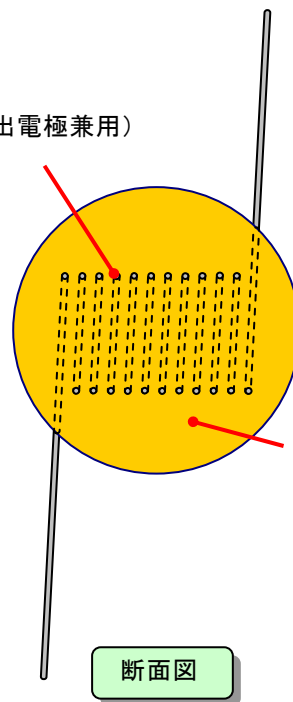
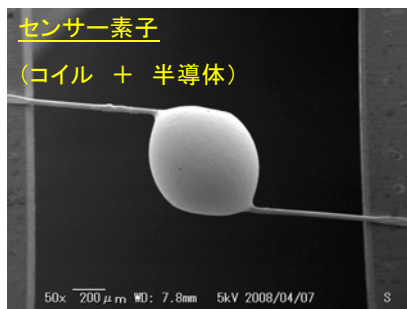
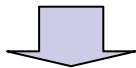
図Ⅲ-2.3.1-2 センサー外観図



図Ⅲ-2.3.1-3 センサー断面図



白金線コイル  
(ヒーター、検出電極兼用)



金属酸化半導体  
+  
貴金属触媒

図III-2.3.1-4 センサー素子構造図

### Ⅲ-2.3.1.2.3.1.1

#### 半導体材料の最適化

半導体材料の最適化検討では、大気中抵抗値およびガス感度の経時的変化を小さくすることを目標とした。

ある種の金属酸化物にて粉体粒子径の最適化検証を行い、経時安定性向上とガス感度を両立できる最適径が明らかとなった。

なお詳細は非公開版事業原簿に記載した。

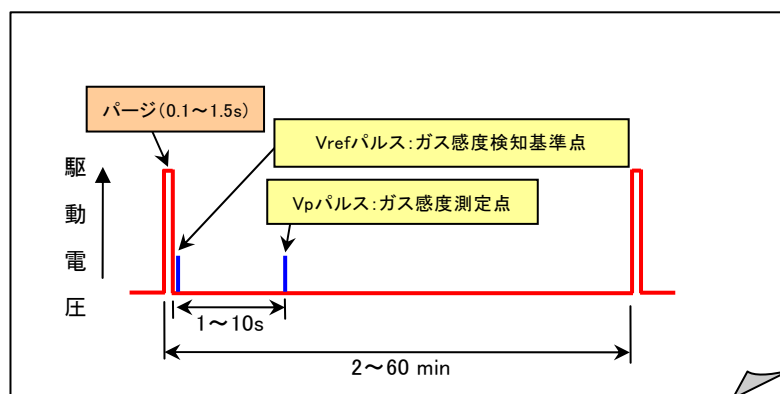
### Ⅲ-2.3.1.2.3.1.2

#### 触媒材料の最適化と省電力動作アルゴリズムの開発

省電力化のため、素子ヒートクリーニング (=パージ) 温度を引き下げる事を目的に組成と添加方法の最適化を実施した。

その結果、二元系貴金属触媒を採用することで、パージに必要な温度の引き下げを可能とした。詳細は非公開版事業原簿に記載した。

ガス検知動作は図Ⅲ-2.3.1-5 に示した駆動方法にて行われる。センサー素子には、長期安定性維持とガス感度検知基準点の取得を目的としたパージ電圧を周期的に印加し、パージ区間以外の素子温度が周囲環境温度と同等 (常温と称す) となる区間にて検出パルスを印加しガス感度を検出している。



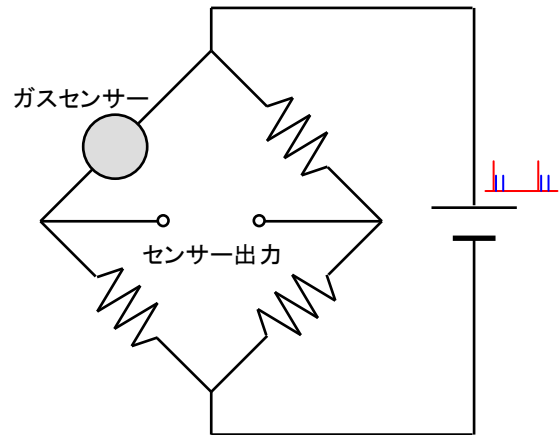
図Ⅲ-2.3.1-5 CO センサーの駆動方法

センサー出力検出回路の基本構成を  
図Ⅲ-2.3.1-6 に示す。

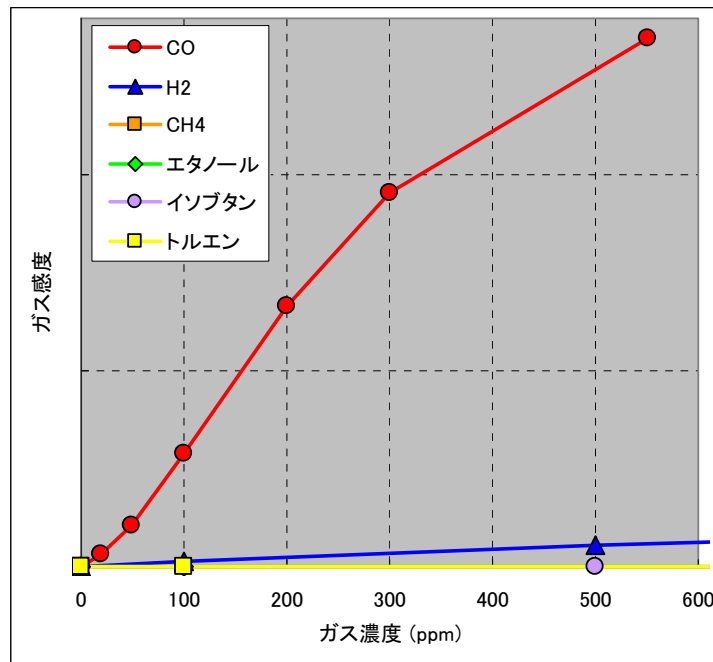
この回路に所定の電圧パターンを印加  
する事でセンサー温度を目的温度とな  
るように制御し、更にセンサー抵抗値を  
電位差として検出できる。

図Ⅲ-2.3.1-7 は各種ガスの感度特性で  
ある。

CO に対する感度が非常に高く、その他ガ  
スの感度は低く抑えられており、非常に  
高い CO 選択性を有していることがわか  
る。



図Ⅲ-2.3.1-6 センサー出力検出回路



図Ⅲ-2.3.1-7 ガス感度特性



### Ⅲ-2.3.1.2.3.2

#### 実環境特性変動試験の実施

##### Ⅲ-2.3.1.2.3.2.1

#### センサーモジュールの開発

2008（平成20）年度には、省電力知見開発を目的として作製した第二世代電池式COセンサーを搭載したセンサーモジュールの開発を行った。その詳細に関しては非公開版事業原簿に記載した。

##### Ⅲ-2.3.1.2.3.2.2

#### ビーズ型の第二世代電池式COセンサーによる実環境特性変動試験

プロジェクト初年度の2008（平成20）年度秋に、第二世代電池式COセンサーを搭載したセンサーモジュールの一般家庭環境への設置を開始し、データの収集を行った。なお、センサーモジュールの一般家庭環境への設置は、プロジェクト参画各社のモジュールが搭載されたセンサーユニットの形態で行われた。このユニットにはロギングモードと測定モードの2つの機能モードがあり、それぞれのモードには以下データ取得機能が備わっている。

##### <ロギングモード>

多様な設置環境での特性変化をロギングするモード。

センサーモジュールからガス感度情報等をセンサーユニットに10分毎に送信し、温度や湿度情報と共にメモリーカードに記録することが可能である。

電池駆動にて半年間のロギング動作が可能である。

##### <測定モード>

試験機関の設備にて各種ガスに対する感度を測定するモード。

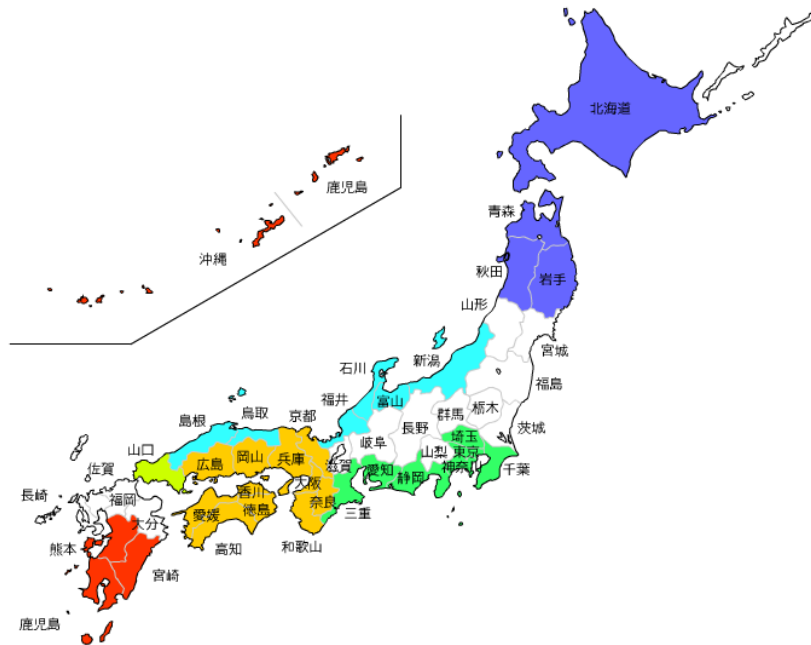
外部機器（PC）からの指示でセンサーモジュールから外部機器へガス感度情報等を送信する。また、外部機器からの指示により各種動作情報も確認できる。

（カレンダー現在値、センサーモジュール異常情報、リチウム電池電圧、温湿度センサー現在値、メモリ収集データ）

実環境特性変動試験におけるセンサーユニットの設置箇所は、過去のセンサー開発や警報器の設置場所の現場実態を熟知している都市ガス会社のノウハウを活用し決定した。

具体的には、気候条件（温度湿度要因、図Ⅲ-2.3.1-8）、建物構造条件（換気率条件等）、

建築時期条件（換気率、建材規制条件等）、家族構成条件（調理頻度、在宅率）の4因子組み合わせにて60区分（表Ⅲ-2.3.1-1）を設定し、総数400台を設置した。具体的な設置回収スケジュールは非公開版事業原簿に記載した通りである。



図Ⅲ-2.3.1-8 気候条件区分【設置地域】

表Ⅲ-2.3.1-1 設置区分

		寒冷地	日本海側	太平洋東部	太平洋西部	温暖地域
建築年		～'99, '00, '03, '04	～'99, '00, '03, '04	～'99, '00, '03, '04	～'99, '00, '03, '04	～'99, '00, '03, '04
戸建住宅	単身	合計 60 区分 400 台にて実施				
	家族					
集合住宅	単身					
	家族					

### Ⅲ-2.3.1.2.3.2.3

#### MEMS 型の微小 CO センサーによる実環境特性試験

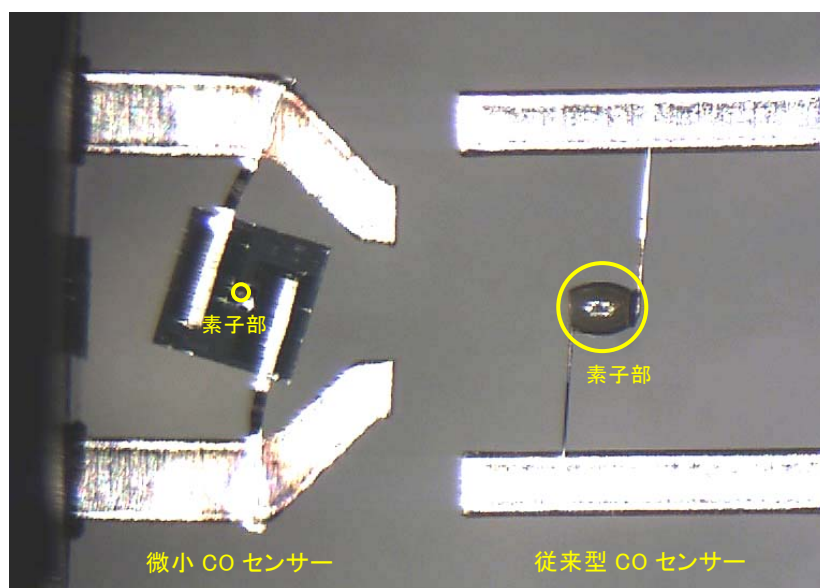
更なる省電力化を実現するため、第二世代電池式 CO センサー開発にて得られた省電力化知見と MEMS 技術を融合し、2008（平成 20）年度下期に MEMS 型微小 CO センサーを開発した。その結果、省電力目標の達成が可能となった。

#### 【センサー素子の小型化】

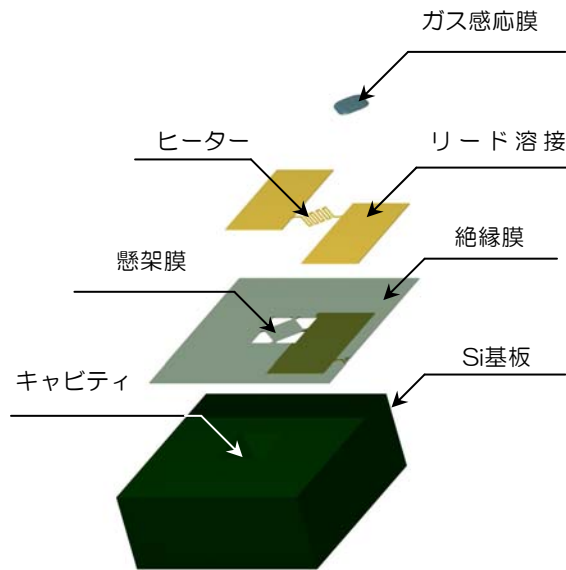
##### i) MEMS 技術によるマイクロ素子の設計

当社で以前から開発を行っていた MEMS 素子構造を採用する事で、大幅な素子小型化が実現された。この MEMS 型センサーでは、基板上に当社独自の CH センサー構造を実現しており、この構造は半導体抵抗検出回路とヒーター回路間の絶縁が不要となるため、非常にシンプルで作製コストが安価となる特長がある。

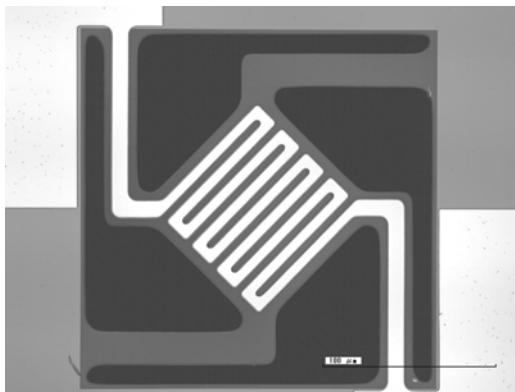
以下の図Ⅲ-2.3.1-9～-12 に微小センサーの構造図と素子写真を示す。



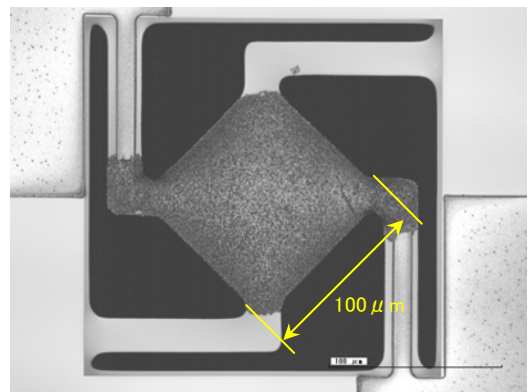
図Ⅲ-2.3.1-9 センサーの比較



図Ⅲ-2.3.1-10 微小 CO センサー構造図



図Ⅲ-2.3.1-11 素子部 (ヒーターパターン)



図Ⅲ-2.3.1-12 素子部

素子部の大きさは  $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m} \times 25\ \mu\text{m}$  (厚さ) で、従来型 CO センサーに対する体積比は約  $1/1000$  となる。この小型化によって大幅に熱容量が低減し熱応答性も向上するため、パージに必要な電力の大幅低減が可能となる。

MEMS 型の微小センサーの実環境特性変動試験スケジュールに関しては、非公開版事業原簿に記載した。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.3

#### 実環境特性変動試験解析結果

##### 【警報濃度比変動の解析】

実環境特性変動試験では、半年毎に回収を行い、ラボでの CO、H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> に対するガス感度測定を実施、そのガス感度の変化を警報濃度比の変化として評価している。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.3.1

#### 設置地域区分【気候条件】

設置地域別の比較評価を行った。その結果、気候および地域因子が特性変化に影響することが判明した。その詳細は非公開版事業原簿に記載している。  
なお、沖縄地区は温暖地域の中でも特に気候条件が大きく違うと予想されたため、一つの設置グループとして扱い評価した。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.3.2

#### その他設置属性【建物構造、建築時期、家族構成】

各設置属性による影響を分析するために、それぞれの属性別での比較評価を行った。その結果、これらの因子では大きな影響が無いことが判明した。その詳細は非公開版事業原簿に記載している。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.3.3

#### ロギングデータの分析

動作中の温湿度影響をより詳しく分析するため、実環境特性変動試験設置時のロギングデータを活用した分析を行った。その結果、環境温湿度が特性変化に影響することが判明した。その詳細は非公開版事業原簿に記載している。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.3.4

#### 設置環境物質の解析

設置箇所に存在する環境物質の影響を評価するために、センサーユニットに搭載した環境分析用活性炭の分析を行った。  
実環境変動試験にて用いているセンサーユニットには、現場環境物質を吸着させるための活性炭が搭載されており、半年毎の測定回収時に未使用品と取替え保管している。こ



### Ⅲ-2.3.1.2.3.4

#### 実環境特性変動試験解析結果の活用成果

実環境特性変動試験の設置環境物資分析結果、警報濃度比データ、ロギングデータの解析により実環境での特性変化要因を特定し、更にその知見をもとに、ラボでの加速試験条件の構築を試みた。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.4.1

#### 環境温湿度の影響評価

実環境特性変動試験で環境温湿度が特性変化要因であることが判明した。そこで加速試験条件確立のために、ラボの恒温恒湿槽にて温湿度を変化させた場合の特性変化挙動を評価した。

なお、その詳細は非公開版事業原簿に記載した。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.4.2

#### 環境物質の影響評価

実環境特性変動試験とラボ試験によって、ある種の環境物質が特性変化要因であることが判明した。

内容に関しては非公開版事業原簿に記載した。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.4.3

#### 加速試験方法の構築

##### 【環境温湿度影響を加速する試験】

実環境特性変動試験およびラボ試験の結果から、6年間（5年間+ $\alpha$ ）のストレスと同等以上となる試験条件を決定した。

その条件は非公開版事業原簿に記載した。

##### 【環境物質の影響を加速する試験】

実環境特性変動試験およびラボ試験の比較から、5年相当の加速試験条件を確立した。その条件は非公開版事業原簿に記載した。

### 【加速試験結果の判定基準】

本プロジェクトでは「寿命 5 年間以上」と「JIA 検査規程を満たす事」を目標としている。

当社では更に高い信頼性を確保するために、JIA 検査規程でより厳しい判定基準を定め評価している。その条件は非公開版事業原簿に記載した。



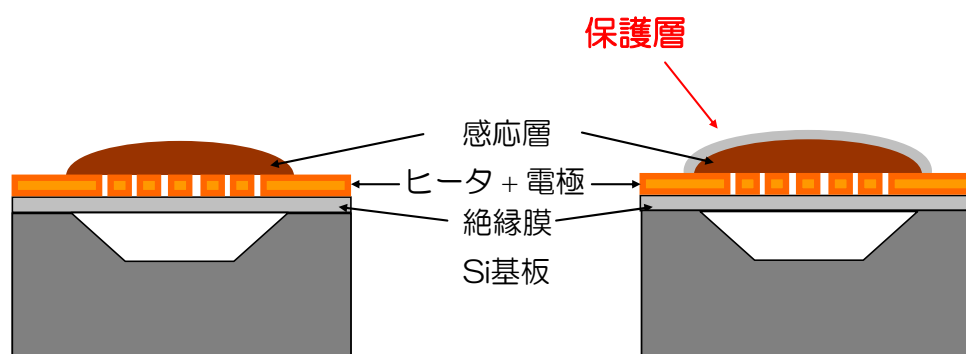
### Ⅲ-2.3.1.2.3.5

#### 特性変動抑制を目的とした MEMS 型微小 CO センサーの改良

##### Ⅲ-2.3.1.2.3.5.1

#### 実環境変動試験結果とセンサーの改良

環境影響因子の影響を低減するために、触媒添加条件の再検討と、感応層保護のための保護層の検討を行った。その構造図を図Ⅲ-2.3.1-13に示す。



図Ⅲ-2.3.1-13 素子構造模式図 (断面図)

「ヒーター＋電極」上の感応層を完全に覆う保護層を新たに設ける事で、環境物質の影響を大幅に低減することが可能となった。

保護層材料に関しては、COガス感度への影響が小さく、且つ環境耐性が向上する材料を調査検討し採用した。

環境影響因子曝露試験にて、保護層なしでは触媒機能劣化による低感度化変化が見られるのに対し、保護層を設けたセンサーは感度変化が非常に小さく抑えられる結果であった。なお、詳細に関しては非公開版事業原簿に記載している。

##### Ⅲ-2.3.1.2.3.5.2

#### 自己診断の方法

想定した環境条件を大きく上回る非常に過酷な環境では、環境物質による感度劣化を避ける事が出来ない場合がある。本プロジェクトでは、実環境試験結果等の解析結果から独自の自己診断手法を開発し、故障検出手法として有効である事を確認した。なお、その方法に関しては非公開版事業原簿に記載している。

### Ⅲ-2.3.1.2.3.5.3

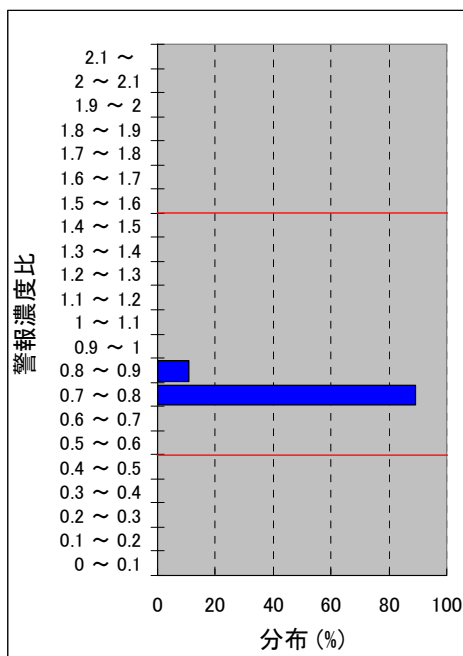
#### 改良センサーの信頼性評価

改良センサーの実環境における5年の信頼性を評価するため、先の検討にて構築した加速評価条件を適用した加速試験を実施した。(図Ⅲ-2.3.1-14、-15)

これら加速試験を行った後の警報濃度は、全て「0.7~1.1」の範囲に分布しており、JIA基準よりも厳しく設定した自社基準「0.5~1.5」をも十分に満たす結果であった。

また更に、JIA規程に定められたセンサー性能に関わる試験も実施し適合する事を確認している。

以上から、実環境中5年以上の信頼性確保と、JIA規程を満足する事が実現できたと判断した。



図Ⅲ-2.3.1-14 温湿度影響加速試験の結果

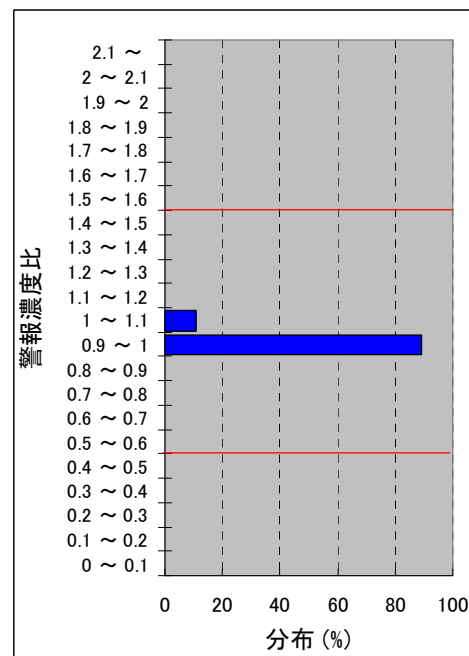


図 2.3.1-15 環境物質影響加速試験の結果


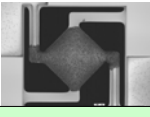

### Ⅲ-2.3.1.3 成果の意義

本プロジェクトにより開発したセンサーの先進性を比較するため、同じ検知原理による当社の従来センサー、競合他社センサーとの比較表を示した。(表Ⅲ-2.3.1-3)

本プロジェクトの開発センサーは、多くの点において従来品以上の性能を有しており、特に電力に関しては、MEMS技術を用いた超微小化の貢献により、電池駆動を可能とするまでの省電力性を有している。

本プロジェクトでの成果によって実用化の目処が得られているため、量産プロセスなどの実用化検討ステージに移行することが可能となった。

表Ⅲ-2.3.1-3 開発センサーの性能比較

		自社		競合品	コメント
		従来品	本プロジェクト開発品		
素子構造・性能	素子サイズ				半導体式の従来品(AC用)と比較して大幅に小型化。 <u>世界最高水準の小型素子</u>
	検知精度	JIA基準を満足	JIA基準準拠	JIA基準を満足	<u>従来品と同性能</u>
	応答性	1分以内	2分以内	1～2分程度	<u>従来品と同性能</u>
	長期信頼性	5年以上	5年以上を担保	5年以上	<u>従来品と同性能</u>
	電力	50mW	43μW	130mW	電力目標達成。(100μW以下) 半導体式の中では <u>世界最高水準の省電力性</u>
製造コスト	低コスト化確立済 (量産技術確立済)	従来品の数倍。 量産技術確立により <u>製造コスト大幅低減</u>	----	<u>低コスト化実現の見込み</u> (センサ周辺部品も削減可能)	

### Ⅲ-2.3.1.4 成果の普及

本プロジェクト期間において、特許出願、研究発表および講演は、ノウハウの流出防止などの戦略的理由から行っていない。

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### Ⅲ-2 研究開発項目毎の成果

#### Ⅲ-2.3 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

#### Ⅲ-2.3.2 半導体式COセンサーの開発（助成先：エフアイエス株式会社）

#### Ⅲ-2.3.2.1 開発目標と達成度

##### a. 背景

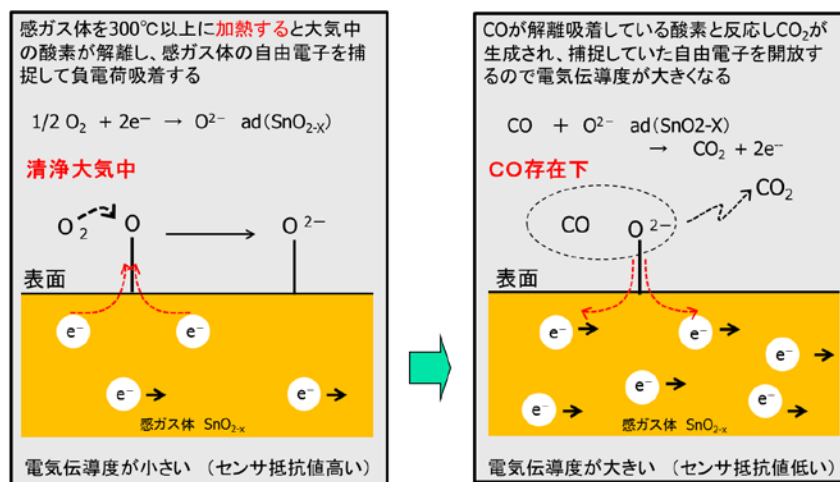
図Ⅲ-2.3.2.1-1に示すのは、半導体式ガスセンサーの検知メカニズムである。一般的な感ガス材料にはn型半導体の特性を持つSnO<sub>2</sub>などの金属酸化物が使用されている。

感ガス体を300℃以上に加熱すると表面近傍に存在する空気中の酸素分子が解離し、感ガス体表面に解離された酸素原子が感ガス体の自由電子を捕捉して負電荷吸着する。感ガス体は自由電子が捕捉されているので電気伝導度が小さくなり、すなわち感ガス体の抵抗が高くなる。

感ガス体に負電荷吸着している酸素と反応するCOが感ガス体の表面に出現すると、負電荷吸着していた酸素が外れて捕捉していた自由電子を開放し電気伝導度が大きくなり、すなわち感ガス体の抵抗が小さくなる。

このような電子の授与によるメカニズムから半導体式と呼ばれており、半導体電子部品のように、ガス検知反応は長寿命である。

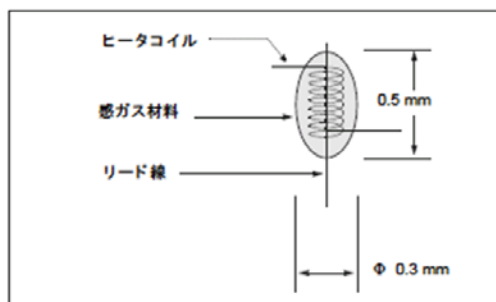
本研究開発に用いた基盤技術は、最低限の加熱により感ガス体に酸素を吸着させ、非加熱期間でその吸着した酸素とCOを反応させることで、超低消費電力のCOセンサーを実現させるものであった。この非加熱期間でのガス検知技術はまだ実用化されていなかったが、本プロジェクトの成果により、非加熱期間でのガス検知技術の実用化に目処を得た。



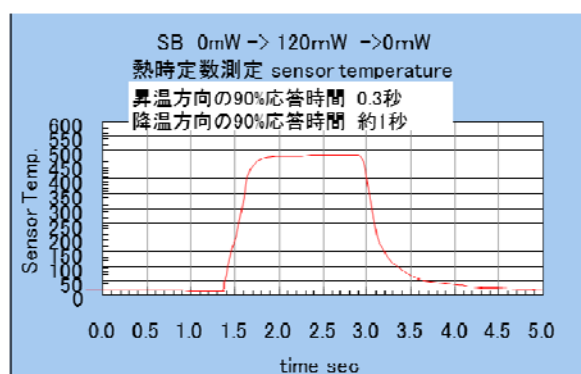
感ガス体表面に酸素を解離吸着させなければならない

図Ⅲ-2.3.2.1-1 半導体式ガスセンサーの検知メカニズム

センサー構造は、ヒーターと電極線を感ガス材料で覆った 0.3mm×0.5mm のラクビーボール型の弊社が保有しているセンサーと同じにした（図Ⅲ-2.3.2.1-2）。半導体式COセンサーは感ガス体表面のクリーニングのため、感ガス体を定期的に高温にする必要があるが、この構造は感ガス体全体をヒーターで直接加熱するため熱効率が良く、感ガス体が小型であることから熱応答性にも優れている（図Ⅲ-2.3.2.1-3）。また、感ガス体はヒーターと電極線のみで保持されており、基板などに固定されていないため熱衝撃性にも優れる。



図Ⅲ-2.3.2.1-2  
感ガス体構造



図Ⅲ-2.3.2.1-3 センサーの熱応答性

短時間のパルス加熱で感ガス体表面をクリーニングし、感ガス体の非加熱期間でガスを検知させる方法は、特許 3999831 の実施例に示すように、消費電力を大幅に低減している。

また特許 3936469 の実施例に示すように、感ガス体の非加熱期間中に発生するCOを検出できるので、非加熱期間の長さによらず、COをすばやく検出させることを発明していた。

図Ⅲ-2.3.2.1-4 は、電池駆動式COセンサーの開発経緯である。1992年に当時の一般的なガスセンサーより消費電力が1/6の小型ビーズ形状の半導体式ガスセンサー（商品名SBセンサー）を開発した。このセンサー構造を用いて感ガス体をH/L駆動（高温/低温駆動）した高性能なCOセンサーSB-50を開発し、1995年から北米など海外に販売した。続けて日本のJIA検定に適合するSB-500を開発し1997年から国内に販売を開始した。また1素子でCOとメタンを選択的に検知するCOメタンワンセンサーを世界で初めて開発に成功させ1999年から販売を開始した。

一方、乾電池で動作するCOセンサーが北米市場から要求があり、SBセンサーで間歇加熱による研究開発を1995年から開始し、0.6mWのCOセンサーを開発したが、高温耐久などの一部の検知性能が不完全であった為に、UL2034の高湿試験を満足することが出来ず、特性改良を進めていた。

図Ⅲ-2.3.2.1-5 は、従来品と本事業の背景技術の間歇加熱のシーケンスの比較である。半導体式COセンサーは、感ガス体の温度を80℃近傍でCOを検知させるが、その温度だけで駆動させると、特性が不安定になるので定期的に感ガス体を300℃以上に加熱させる必要がある。

低消費電力のポイントは、出来るだけ加熱期間を短くすることである。この図のように、本事業では、間歇加熱のシーケンスを見直すことで、従来対比、大幅な低消費電力化を達成した。具体的には、予備検知モードと本検知モードをわけることで、消費電力が0.01mWと、従来対比、大幅な低消費電力化を達成した。

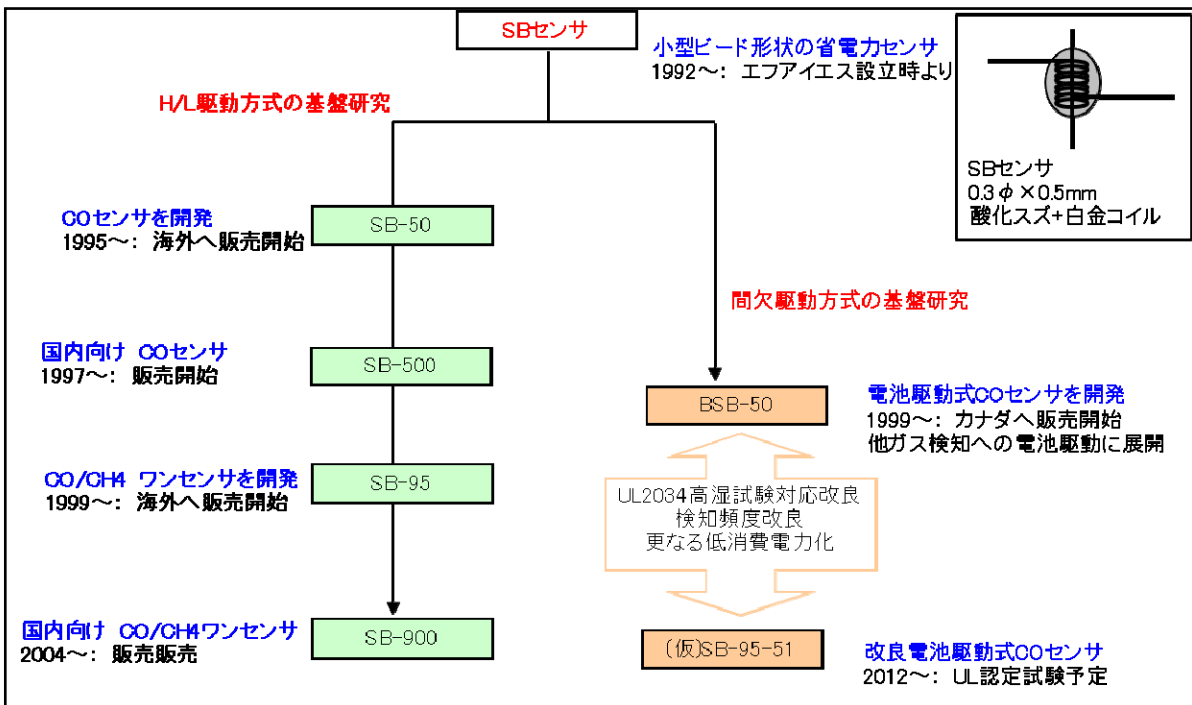


図 III-2.3.2.1-4 電池駆動式 CO センサーの開発経緯

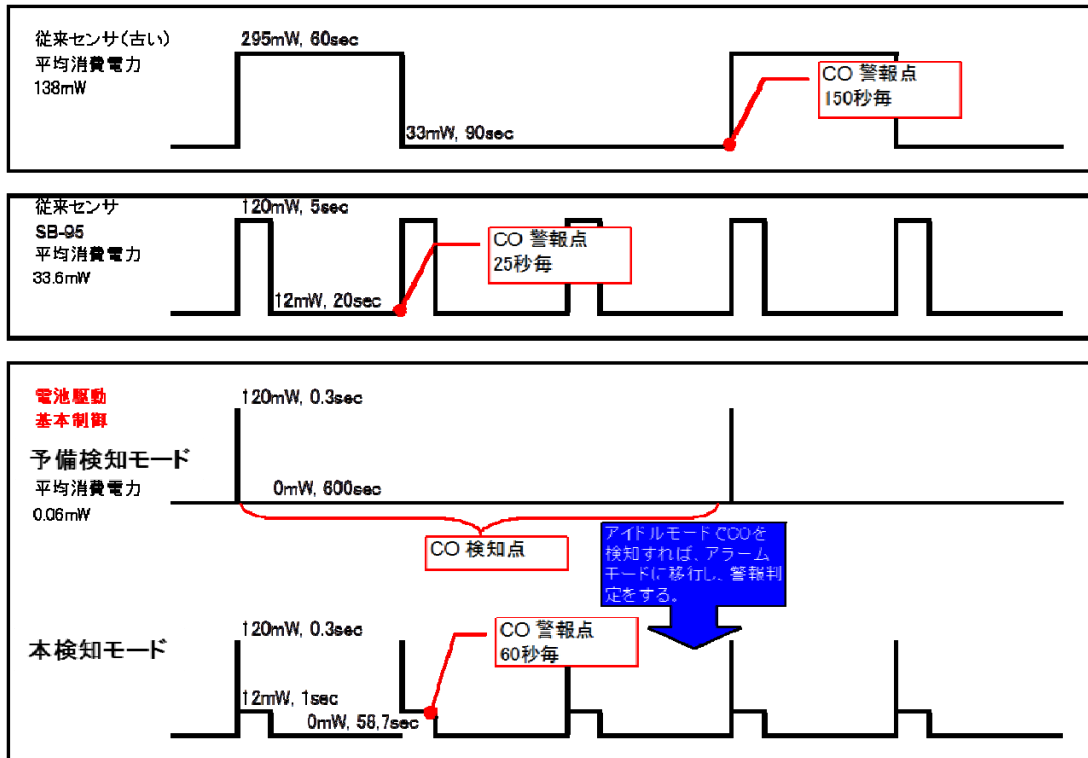


図 III-2.3.2.1-5 従来品と本事業の背景技術の間欠加熱のシーケンスの比較

これら既存技術を基に、図Ⅲ-2.3.2.1-6に示す課題を克服し、事業が定めた目標を達成するように研究開発を進めた。



図Ⅲ-2.3.2.1-6 超低消費電力高信頼性ガスセンサー開発への課題

b. 開発目標と達成度

表 2.3.2.1-1 に示すように、研究項目である「0.1mW 以下の超低消費電力」は、間歇加熱のシーケンスの見直しにより消費電力 0.01mW を実現し、開発目標を大幅に超える超低消費電力を達成した。この開発を CO 以外の H<sub>2</sub> などのガス検知にも応用し、燃料電池用 H<sub>2</sub> ガス漏洩検知装置などに転用する計画である。

「寿命 5 年以上の信頼性」については、実環境特性変動試験とラボ試験から加速条件を定め、その加速試験により 5 年以上の信頼性に目処をつけた。現在評価数を増やして実験中である。

「不完全燃焼警報器検査規程を満足する」については、課題であった高湿鈍化と H<sub>2</sub> 高感度を改善し JIA 検査規程を全項目満足できた。また、警報器としての実用性を確認するために、制御ソフトを組み込んだ回路を作製し、センサー単体ではなく CO 警報器としても検査規程を満足する結果を得た。

表 2.3.2.1-1 研究開発項目：超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

研究開発項目③：超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

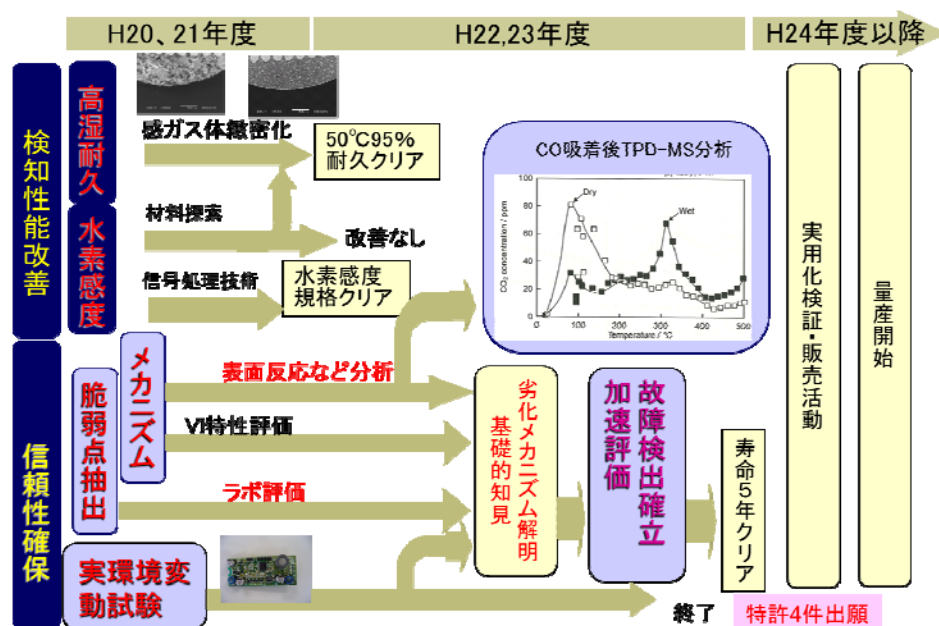
検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント(今後の方策等)
0.1mW以下の超低消費電力を実現する	0.1mW以下	非加熱期間でCOを検出し、0.01mWを実現	◎	CO以外の他ガス検知に波及させる
加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける	寿命5年以上	実環境特性変動試験などのデータから、加速条件を定め、寿命5年以上の信頼性の目処をつけた	○	評価数を増して実験中
「不完全燃焼警報器検査規程[暫定]」(JIA F 039-06)を満足する(COセンサー)	高湿鈍化改善とH <sub>2</sub> 感度抑制しJIA検査規定を満足する	感ガス体の改良やH <sub>2</sub> 補正の考案により、課題を克服し、JIA検査規程を満足できた	○	制御ソフトを組み込んだ実用性評価用の警報器でもJIA検査規定を満足した



### Ⅲ-2.3.2.2 検討内容

#### Ⅲ-2.3.2.2.1 開発内容の検討

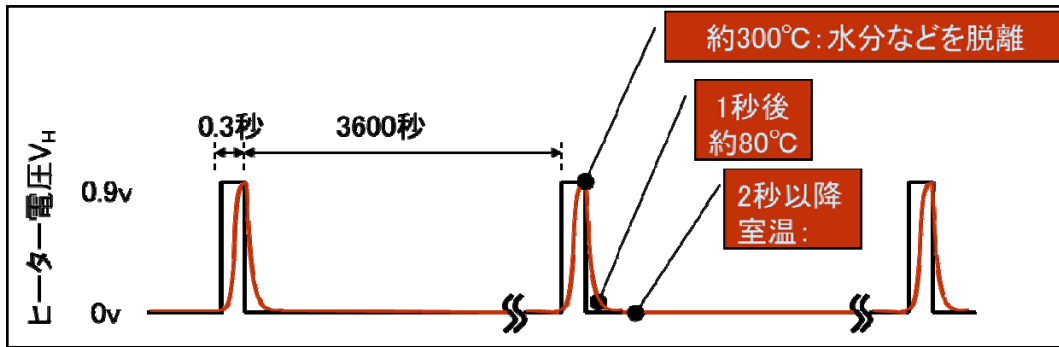
図Ⅲ-2.3.2.2.1-1に示すように、事業の前半は実環境特性変動試験の開始と検知性能の改善を進めた。後半は信頼性確保のために、「劣化メカニズム解明」と、開発品の特徴である「非加熱期間でのCO感度の基礎的知見」の研究を進めた。また、実環境特性変動試験データやラボデータの結果から加速条件を定め、その条件で加速試験を実施し寿命5年以上の信頼性の目途をつけた。



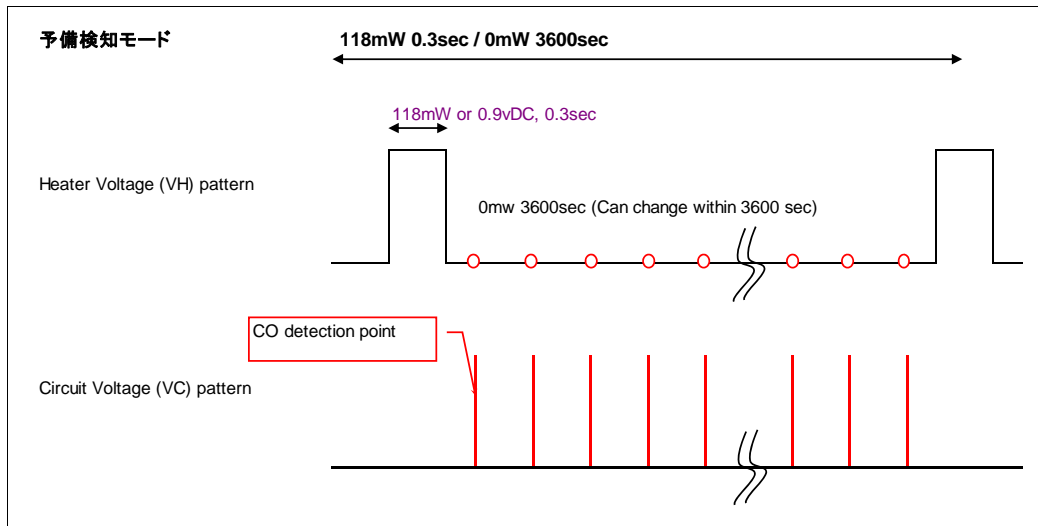
図Ⅲ-2.3.2.2.1-1 年度別開発内容の概略

#### Ⅲ-2.3.2.2.2 超低消費電力駆動の検討

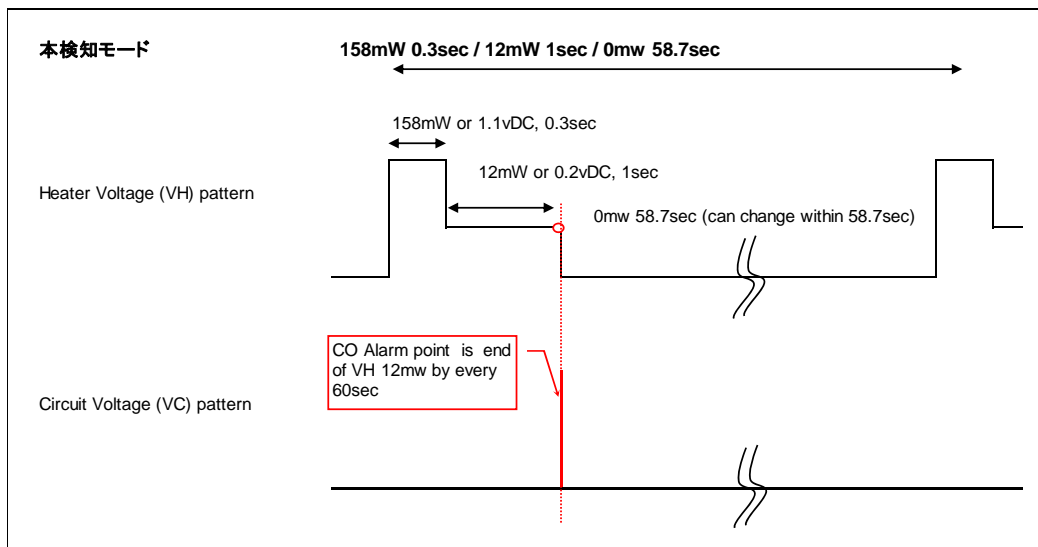
感ガス体に埋没するように配置したヒーターに、所定のヒーター電圧 ( $V_H$ ) を 0.3 秒間印加した後、一定時間ヒーターをオフするオン/オフ駆動方式によって温度を制御した。ヒーターオフ時間は 3600 秒に設定した。ヒーター電圧を 0.3 秒間印加したときの感ガス体の温度は約 300°C で、この期間に感ガス体表面に吸着した水分や雑ガスを脱離させている。ヒーターオフ 1 秒後の感ガス体の温度は約 80°C、2 秒後にはほぼ室温になる (図Ⅲ-2.3.2.2.2-1)。このセンサーは非加熱期間中であれば CO に反応するが、定量的な CO 濃度は測定しにくい。そこで駆動方法の異なる 2 種類の検知モードを切り替える方式を用いた。前記の超低消費電力駆動を予備検知モード (図Ⅲ-2.3.2.2.2-2) と呼び、CO を検出すれば、CO 濃度を高精度に計測できる加熱頻度を上げた本検知モード (図Ⅲ-2.3.2.2.2-3) と呼ぶ駆動に移行し警報を判定させる方式を用いた。このような方式を用いることによって、目標を大きく上回る 0.01mW の超低消費電力を実現できた。



図Ⅲ-2.3.2.2.2-1 感ガス体の駆動と温度



図Ⅲ-2.3.2.2.2-2 予備検知モード駆動

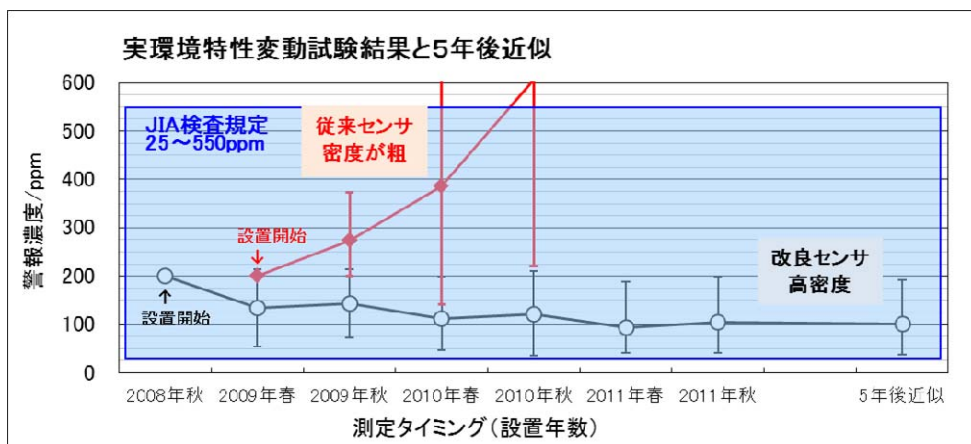


図Ⅲ-2.3.2.2.2-3 本検知モード駆動

### Ⅲ-2.3.2.2.3 実環境特性変動試験の検討

＜実環境特性変動試験のまとめ＞

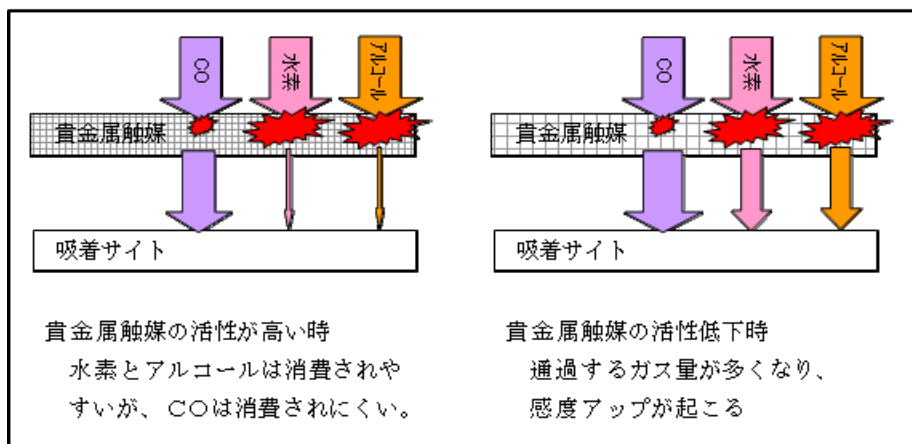
図Ⅲ-2.3.2.2.3-1 は、従来センサーと改良センサーの実環境特性変動試験の結果を示したものである。従来センサーは高温雰囲気中で鈍化する挙動があり、実環境特性変動試験においても設置年数とともに鈍化し、約2年後に JIA 検査規定を外れるものが発生した。感ガス体を高密度にした改良センサーは、実環境特性変動試験中に鈍化挙動が表れず、初期鋭敏化後に安定した挙動であった。



図Ⅲ-2.3.2.2.3-1 実環境特性変動試験結果と5年後近似

改良センサーについては、設置期間の殆どがセンサーの非加熱期間であったが、日本全国いずれの地域においても、感度失活や誤警報が発生することは無く、センサーの改良により、3年間に渡り JIA 検査規定を全数満足できた。また現在の推移からすると5年後近似も JIA 検査規定を満足できると考えられる。

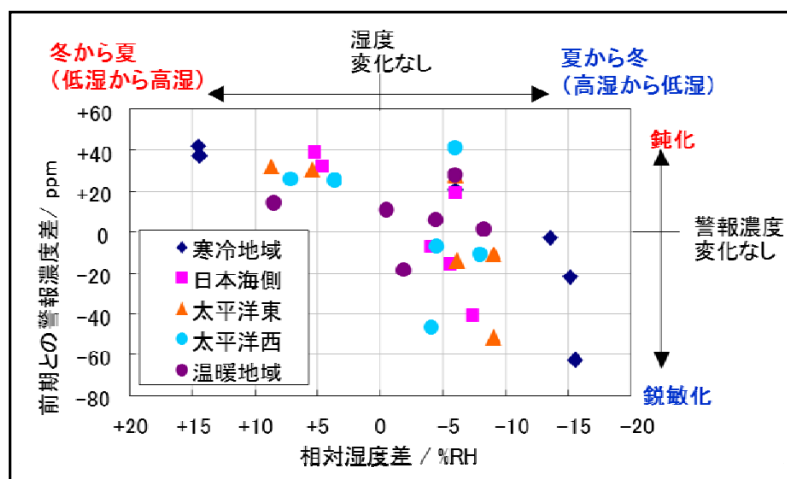
改良センサーについては、目標レベルの信頼性が得られているものの、徐々に鋭敏化する挙動が認められている。この警報濃度の変化は従来の半導体式 CO センサーと同じ鋭敏化であり、雑ガス感度低減目的で添加している触媒の活性低下が要因と考えた。(図Ⅲ-2.3.2.2.3-2)



図Ⅲ-2.3.2.2.3-2 貴金属触媒活性低下による鋭敏化のメカニズム

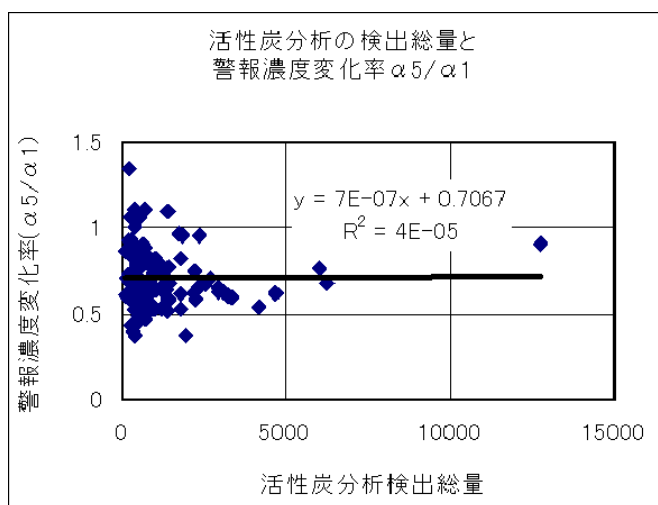
改良センサーについて、一定の温湿度環境下(20℃、65RH%)に設置した JIA リファレンスマニターでは、初期鋭敏化後安定しているのに対し、実環境下に設置したものは、季節による感度の変動が認められた。図Ⅲ-2.3.2.2.3-3 は実環境特性変動試験の相対湿度変化率と警報濃度変化率の関係を示している。

温湿度変動が大きい設置環境のセンサーは、CO 感度の増減変動が大きかった。特に、夏から冬(高湿から低湿)に変化する際に警報濃度が大きく鋭敏化する。これらの事から、設置環境の温湿度変動が感度変化に影響していることを示唆しており、加速試験条件に温湿度変動(温湿度サイクル)を組み込んだ。



図Ⅲ-2.3.2.2.3-3  
実環境特性変動試験の相対湿度変化率と警報濃度変化率の関係

図Ⅲ-2.3.2.2.3-4 は、活性炭分析の検出総量(環境物質)と警報濃度変化率の関係を示している。この図に示すように活性炭分析の検出総量と警報濃度変化率には明確な関係が無かった。また検出成分毎にも検出量と警報濃度変動を検証したが、その関係も無かった。このことから、環境物質は、特性変動に影響を与えていないものと結論した。



図Ⅲ-2.3.2.2.3-4 活性炭分析の検出総量と警報濃度変化率の関係

改良したセンサーは、実環境特性変動試験で目標とする5年以上の寿命に目処を得た。一方、更なる信頼性向上のため、鋭敏化を抑制するための検討を継続した。鋭敏化は、触媒の活性低下が原因と考えられるため、触媒量の最適化などを行い、鋭敏化の抑制にも成功した（Ⅲ-2.3.2.2.4にて後述）。

#### Ⅲ-2.3.2.2.4 加速試験の検討

改良センサーの実環境特性変動試験の挙動は鋭敏化であった。この鋭敏化は、項目Ⅲ-2.3.2.2.3で述べたように、センサー材料に添加している検知対象外のアルコールや水素感度を低減させる目的で添加している貴金属触媒の活性低下による摩耗故障と考え、実環境特性変動試験の累積故障率に近い加速条件を求めた。

加速条件の設定は、実環境特性変動試験とラボ試験の結果から、通電雰囲気とセンサーの加熱温度と加熱頻度を条件として導きだした。その結果、以下のような条件にて、実環境と同様の鋭敏化挙動を再現することに成功した。また、ワイブルプロットの比較により、加速倍率は25倍であることがわかった。

表Ⅲ-2.3.2.2.4-1<加速試験条件>

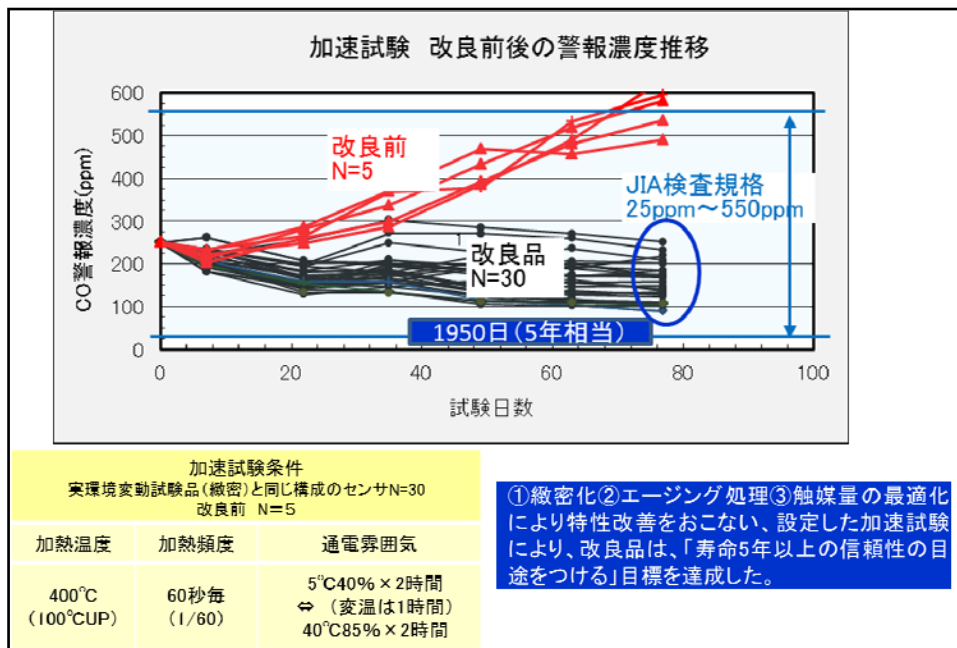
実験結果から以下の条件を加速試験と考えた。

クリーニング時の 加熱温度 (0.3 秒間)	加熱頻度	通電雰囲気	加速係数
400℃ 標準駆動温度より 100℃上昇	60 秒毎	温度サイクル 5℃40%×2 時間 ⇔ (変温は1 時間) 40℃85%×2 時間	25 倍  73 日試験 が5 年相当

環境物質が加速条件にならないかの検討を試みたが、加速を目的に意図して高濃度の環境物質に曝すと故障モードが同じにならないことから加速条件に選定しなかった。

このように確立した加速試験条件を活用し、最終的に得られた改良センサーの加速試験を実施した（図Ⅲ-2.3.2.2.4-1）。改良前品は、実環境試験の挙動が再現され、警報濃度が試験日数と共に鈍化した。一方、感ガス体の緻密化による鈍化の改良、エージング処置、触媒量の最適化などによる鋭敏化の改良により特性改善したセンサーは、77日間の試験日数で JIA の検査規格（25ppm～550ppm）内の変動に収まり 5 年相当の寿命を確認できた。

この結果からもセンサーの特性改良の効果を確認できた。



図Ⅲ-2.3.2.2.4-1 加速試験による5年相当の寿命推定

### Ⅲ-2.3.2.2.5 JIA 検査規定の確認

センサー特性改良品は、課題であった高湿鈍化と H<sub>2</sub> 高感度を改善し、JIA 検査規程を全項目に渡り満足した。

### Ⅲ-2.3.2.3 成果の意義

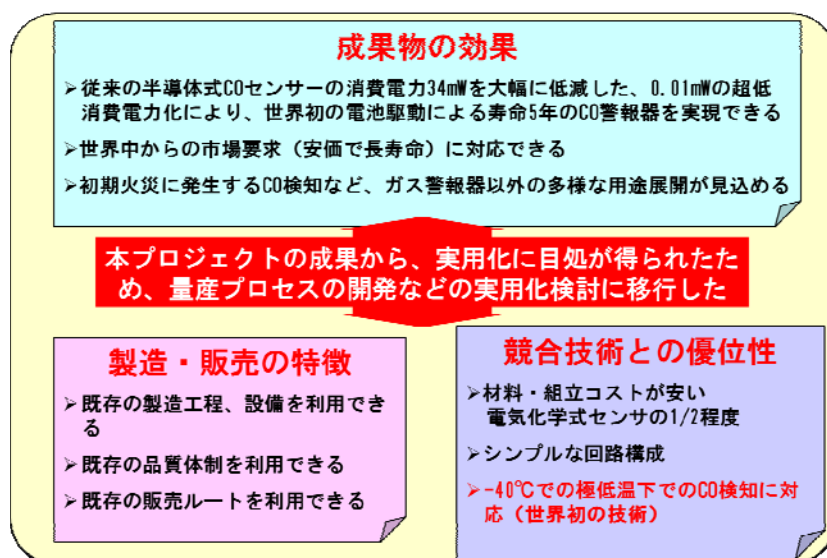
成果物の効果、製造面の特徴、競合技術との優位性は図Ⅲ-2.3.2.3-1に示すように、早期に製造・販売が可能で、応用製品の多様化や技術展開の波及効果を見込める。

本プロジェクトの成果により実用化の目処が得られたため、量産プロセス開発などの実用化検討に移行した。

普及しているガス警報器は電源方式であり、市場からは電池駆動式ガス警報器の要求が多く寄せられている。電気化学式COセンサーは、高価でまたセンサー寿命が短く交換が必要だが、この半導体式センサーは安価で簡単な回路で駆動できるため、普及に貢献できる。屋外設置の場合に、-40℃でCOを検知する要求があるが、従来センサーは-10℃以下は検知出来なかった。しかし成果物は世界で初めて-40℃でも駆動できる。またセンサーの構造・製法は、弊社の既存品と同じ構造・製法であり既存生産ラインを使用して早期に生産できるので設備投資のリスクも無い。

また既存のトレーサビリティを有する品質管理体制により、高信頼性の成果物を安定して量産提供できる。

販売に関しては、ガスセンサーメーカーである当社の既存販売ルートを活用し、本研究開発品の成果物を早期に販売出来る。



図Ⅲ-2.3.2.3-1 成果物の効果



### Ⅲ-2.3.2.4 成果の普及

学会報告は「小型ビーズ形状の半導体式ガスセンサーのVI特性」と「電池駆動半導体式COセンサーの検知機構」を「化学センサ研究発表会」で発表した。

特許については、信号処理による過渡的な挙動を利用した制御や自己診断機能としての故障検出を出願した。緻密な感ガス体構造による特性変動抑制の出願検討している。普及については、既存の販売ルートを活用し、まず国内外の主要顧客に成果物の仕様を紹介し、具体的な商談を進めている。将来、汎用モジュールを作製し、主要顧客以外にも拡販する予定である。

**学会報告 2件発表済**

- 小型ビーズ形状の半導体ガスセンサーのVI特性  
Chemical Sensors, Vol.26 Supplement A (2010)
- 電池駆動半導体式COセンサーの検知機構(長崎大学と共同研究)  
Chemical Sensors, Vol.28 Supplement A (2012)

**特許 4件出願 2件検討中**

- センサー信号の過渡的な挙動を利用した制御  
特願2012-67295、特願2012-67296
- 自己故障診断機能  
特願2009-103453、特願2009-103454

**普及**

- 既存の販売ルートを活用した国内外市場への紹介活動開始  
(商品名SB-95-51で仕様書を顧客に配布済)
- 商用電源を使用しない燃焼機器への紹介

**SB-95-51 (Low Power CO Sensor) SPECIFICATIONS**

Document No.	Date	Issue
SB-95-51	1/10/2011	1st Issue

FIS

図Ⅲ-2.3.2.4-1 成果の普及

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### Ⅲ-2. 研究開発項目毎の成果

##### Ⅲ-2.3 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

##### Ⅲ-2.3.3 電気化学式COセンサーの開発（助成先：株式会社ネモト・センサエンジニアリング）

##### Ⅲ-2.3.3.1 開発目標と達成度

検討項目：研究開発項目③：超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

表 Ⅲ-2.3.3.1-1 開発目標と達成度

最終目標	成果	達成状況	コメント
0.1mW以下の超低消費電力を実現する。	電気化学式ガスセンサーはセンサー自体電力を消費しないため、センサー単体としてはすでに達成。	○	実環境特性変動試験のため開発したモジュールにおいても平均 <u>0.1mW</u> （3V電池使用時）を達成。
加速評価によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。	実環境特性変動試験及びラボ内の熱加速試験を通して、ばらつきがあるもののガス感度の劣化は常温（通常設置環境可）では年率1%程度を確認。	○	仕様範囲内外のあらゆる環境下での寿命（経年劣化）の確認試験を実施。 <u>寿命10年以上</u> を確認。
「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」（JIA F 039-06）を満足する。	センサーの基本特性としての検査項目（濃度、選択性、温湿度特性、各種耐久性、振動などの機械耐久性、粉塵等）は全て満足していることを確認。	○	JIA規格はもちろんであるが、UL規格やEN規格、また今後重要になると考えられるGB規格を視野に入れて検証実施。

### Ⅲ-2.3.3.2 検討内容

都市ガス警報器の加速的な普及及びCO中毒事故の未然防止に資するため、メタン及びCOガスを確実に検出でき、超低消費電力でかつ長期間の信頼性が担保できる革新的高信頼性ガスセンサーの技術開発を目的として、本研究開発を実施する必要性があった。

本プロジェクトで開発される、電池駆動を実現しながら高い信頼性を持つCOセンサー及びメタンセンサーは、確実に不完全燃焼や都市ガスの漏えいを検出し、かつ手軽に設置できる電源コード不用のガス警報器（CO及びメタンの複合検知）の早期実用化に資する。共通基盤技術として、①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明、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を行う。さらに、共通基盤技術で開発した成果をもとに③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発を実施し、都市ガス警報器の普及促進を図ることが目的とされた。

#### Ⅲ-2.3.3.2.1 実環境特性変動試験の解析・検証

電気化学式COセンサーについては、原理的に電力を消費しないため、センサー単体としての目標を達成していた。

一方、電気化学式COセンサーの実用化には、国内のあらゆる環境で5年以上の信頼性を確認することが必須であるが、これまでは、このような試験が可能な環境が整備されておらず、実用化の妨げとなっていた。本プロジェクトにおいて、実環境特性変動試験を実施する環境が整備されたため、その環境を活用し、日本全国での実環境変動試験を実施した。この結果得られたデータを活用し、日本全国のあらゆる環境における特性変動挙動の把握による寿命予測、劣化因子の把握と改良、および加速試験条件の確立を検討した。

### III-2.3.3.2.1.1 回収データの測定結果のまとめ (COガス感度)

Ratio データは非公開原簿に記載

表 III-2.3.3.2.1.1-1 CO Ratio データまとめ

400 台

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	<b>1.0276</b>	<b>0.9840</b>	<b>1.0085</b>	<b>0.9908</b>	<b>0.9953</b>	<b>1.0175</b>
沖縄	<b>1.0362</b>	<b>0.9922</b>	<b>1.0155</b>	<b>1.0021</b>	<b>1.0084</b>	<b>1.0255</b>

200 台

Ratio Ave.	$\alpha_2/\alpha_0$ (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	0.9649	0.9981	0.9685	0.9674	<b>0.9869</b>
日本海側	<b>0.9723</b>	1.0035	<b>0.9939</b>	<b>0.9785</b>	0.9782
太平洋東	0.9680	<b>1.0074</b>	0.9609	0.9769	<b>0.9869</b>
太平洋西	0.9644	0.9925	<b>0.9780</b>	0.9719	0.9862
温暖地域	0.9675	0.9936	0.9645	0.9618	0.9828
沖縄	<b>0.9818</b>	<b>1.0109</b>	<b>0.9780</b>	<b>0.9782</b>	<b>1.0050</b>

尚、上記の $\alpha_0$ は試験実施の初期を示し、 $\alpha_1 \dots$ は半年ごとの回収時試験実施の期間を表している。また、Ratio は初期からの比率（変化率）を意味している。

200 台の結果ではバラツキはあるものの 400 台の結果を含め、温暖地域、沖縄において感度の低下が大きい傾向にあることが確認された。

しかしながら季節変動による上下はあるものの近似ラインの変化の状態は非常に緩やか（どちらかという感度が劣化側ではなく鋭敏化側に傾いている）であることと、数値も非常に小さいことを考えても現時点では傾向がある程度見えるレベルである。今後この結果をふまえ継続的に調査を行うことで詳細の解析が可能になると考えられるが、この結果のように大きな特性変動は認められず、実環境特性変動試験の外挿から 5 年以上の耐久性に目途が得られた。

上記の結果を地域ごとの温度と相対湿度の平均値から相関係数を取ったグラフを次に示す。

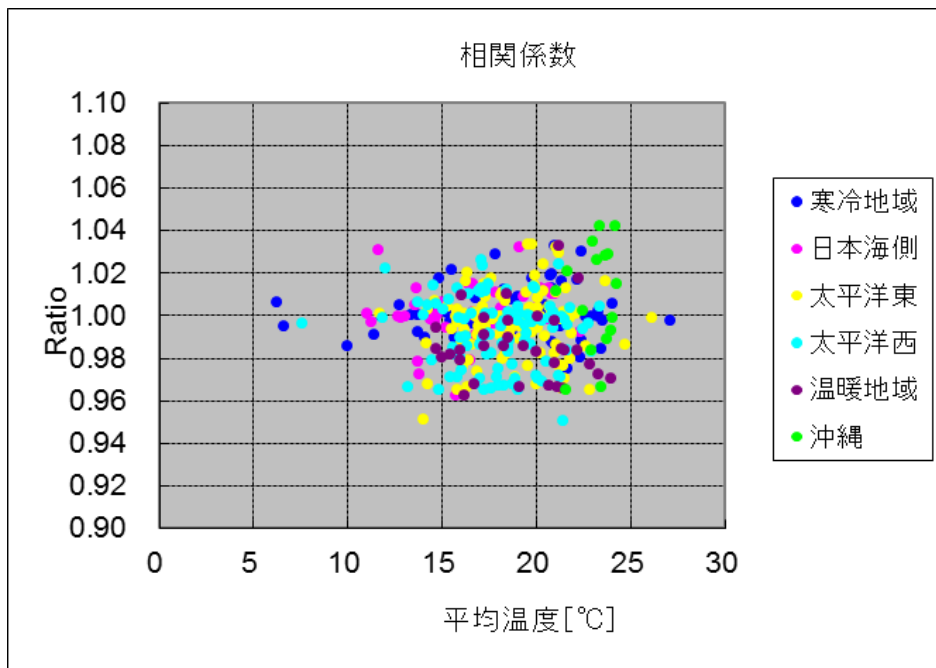


図 III-2.3.3.2.1.1-1 相関係数 (平均温度)

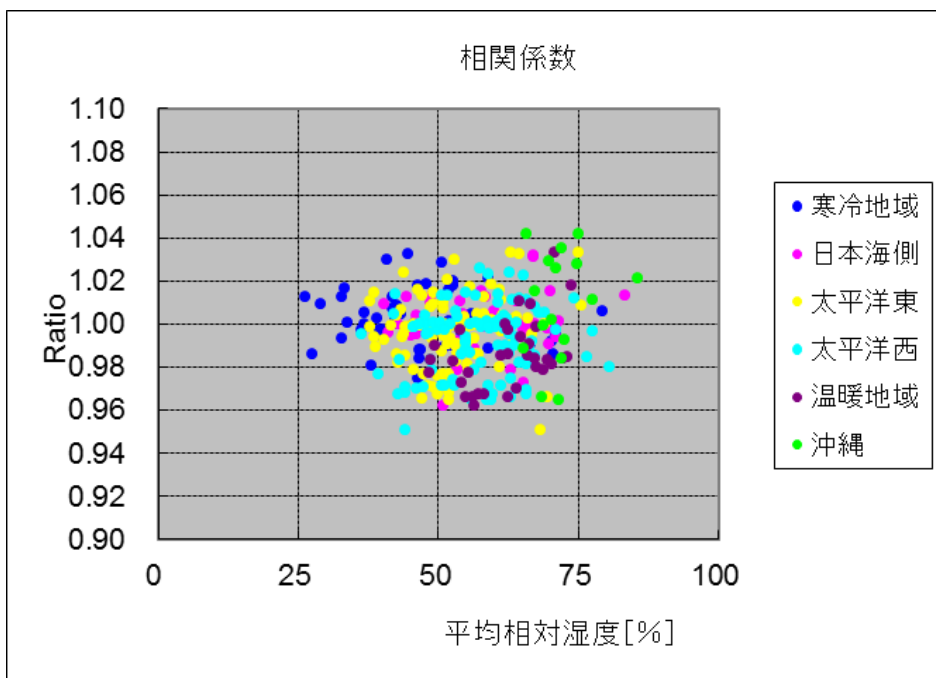


図 III-2.3.3.2.1.1-2 相関係数 (平均相対湿度)

このグラフを表に表すと、

表 III-2.3.3.2.1.1-2 相関係数データ

相関係数		
	温度	相対湿度
全体	0.067	0.005
寒冷地域	0.081	-0.010
日本海側	-0.042	0.014
太平洋東	0.082	0.012
太平洋西	-0.060	0.035
温暖地域	0.155	0.025
沖縄	0.217	0.001

表 III-2.3.3.2.1.1-2よりしいてあげるのであれば、温暖地域、沖縄のように一年を通しての平均気温が高い地域では、相関係数も1側に傾き、若干ではあるが正の相関がみられる。

この結果から、温度がセンサーの劣化に影響があると考えられ、後述する III-2.3.3.2.2.2 熱加速性に関する試験による寿命予測の熱によるセンサーへの影響調査の根拠となる。

### Ⅲ-2.3.3.2.1.2 回収データの測定結果のまとめ (H<sub>2</sub>ガス感度)

CO ガス警報器等ではH<sub>2</sub>感度も非常に重要となっている。今回の試験ではH<sub>2</sub>ガス感度をCO ガス感度の1/4 (25%) を一つの目安として考え、最終的な量産品では1/10 (10%) を目標とした。

今回の試験には各投入時に複数のLotに分けている。これは、LotごとのセンサーのCO ガス感度の経時的な特性を確認するとともに、H<sub>2</sub>ガス感度の経時的な特性も確認している。

非公開原簿にCOガス濃度250ppm時のガス感度出力に対するH<sub>2</sub>ガス濃度1,000ppm時のガス感度出力 (H<sub>2</sub> : 1,000ppm/CO : 250ppm) 【 Ratio 】 のデータを記載。

H<sub>2</sub>ガス感度はCO ガス警報器等では誤報の原因となる可能性が高いため、出来るだけ低い方が望ましく、また、センサー個々のばらつきが少ない方がよい。

結果として、試験に投入しているセンサーはバラツキも少なく、経時的にみてもバラツキの範囲が少なくなる方向になっており、また時間とともにCO ガス濃度 250ppm 時のガス感度出力に対するH<sub>2</sub>ガス濃度 1,000ppm 時のガス感度出力 (H<sub>2</sub> : 1,000ppm/CO : 250ppm) が徐々に小さくなってきていることが分かり、経時的な誤報の可能性は非常に少ないといえる。

尚、今回の試験の投入センサーにおいて、400台投入時より200台投入時、80台投入時の方が初期のH<sub>2</sub>ガス感度が高くなっているが、これは試験結果を早く確認できるよう触媒作成、エージング条件を変えているためである。

現状の量産試作センサーでは本試験の結果から得られた最適条件により目標の1/10 (10%) に近いものを作製出来るレベルまで到達している。

### Ⅲ-2.3.3.2.2 ラボ試験

今回の実環境特性変動試験と並行してラボ内にて、加速評価手法を確立するための試験を実施した。

#### Ⅲ-2.3.3.2.2.1 影響物質（被毒物質）の調査

今回の実環境特性変動試験ではセンサーユニットに活性炭を設置し、吸着物質の調査を行い、その試験と並行してラボ内にて雑ガス曝露試験を実施した。試験結果の詳細を非公開原簿に記載。

高濃度COガス、及び雑ガス曝露においてほとんど影響を受けていないことが確認された。その他酸性ガス、アルカリ性ガス、有機溶剤、香料類、殺虫剤、燻蒸剤、整髪料等のあらゆるガスに対して曝露試験を行ったが、現状までに寿命特性に大きな影響を及ぼす被毒性物質は確認されていない。

この結果から寿命特性に大きな影響を及ぼす被毒性物質は存在しないのではないかと考えられるが、試験条件による程度の違いで結果が変わる可能性も考えられる。現在、実環境特性変動試験において行った活性炭吸着種の調査結果より特定ガスの長期的な曝露及び、6社合同で行った曝露試験の結果より曝露濃度・時間積の結果をふまえさらに試験を進めている。



### Ⅲ-2.3.3.2.2.2 熱加速性に関する試験による寿命予測

ラボ内にて実環境変動試験に投入した試作センサーと同じセンサーを使用して熱加速試験を実施し、CO ガス感度の経時的な挙動に及ぼす温度の影響を調査した。その結果を次に示す。

試験数量 n=各 28  
試験開始 2008 年 12 月 24 日  
試験条件 20°C60%RH 50°C60%RH 70°C60%RH  
追加投入  
試験数量 n=20  
試験開始 2010 年 9 月 3 日  
試験条件 60°C60%RH  
ガス感度測定条件  
一酸化炭素濃度：100、200、500、1,000、5,000ppm  
温湿度：20±2°C、60±10%RH

データを非公開原簿に記載。

この結果から、加速試験の結果でも 5 年以上の耐久性が得られる目途がたち、実環境特性変動試験の結果をサポートする結果が得られた。

### Ⅲ-2.3.3.2.3 故障診断システムの開発

センサー及びセンサー周辺回路の自己診断システムの開発として、今回の実環境特性変動試験に投入したモジュールにはすでに開発が完了している 3 電極タイプの電気化学式センサーの自己診断システムを自己診断回路のメインとして搭載されている。このシステムはすでに特許を取得しており、今回の試験に投入することでセンサーへの影響（耐久性）調査、設置環境変化によるシステムの数値的变化の確認、長期的なシステムの誤作動頻度の確認等を行った。

この記録は全てロギングデータに反映されるようになっており、現在までに収集されたデータからはセンサーへの影響は全くなく、設置環境変化によるシステムの数値に関しての不具合はなく、誤作動も全くないという結果が得られた。

また、このシステムは低コスト化（部品点数の削減）、低消費電力化、システムの簡略化（判定時間短縮）などの課題があり、新型のシステムを開発している。新型の自己診断システムのメインとなる機能の内、回路的に絡む部分を断片的に実環境特性変動試験に投入したモジュールに搭載し、同様にロギングデータに記録を行った。この結果より開発を進め現在完成し、顧客への紹介を始めている。また、現在新型の自己診断システムの特許申請の準備を行っている。

### Ⅲ-2.3.3.2.4 耐久性の改良

#### Ⅲ-2.3.3.2.4.1 特性変動抑制策確立とそれを反映したセンサーの改良

実環境特性変動試験を通し、投入ごとにセンサーの特性変動に一番起因すると考えられる触媒作製を幾通りも試みた。実環境特性変動試験に投入したセンサーを触媒作製条件およびエージング条件ごとに Lot を分けたのもその一例である。

試験を進めるごとに電極触媒作製において、電気化学式ガスセンサーにおける反応界面の考え方について検討を行った。

次に示す図は電気化学式ガスセンサーの検知電極での CO ガスの反応の様子である。

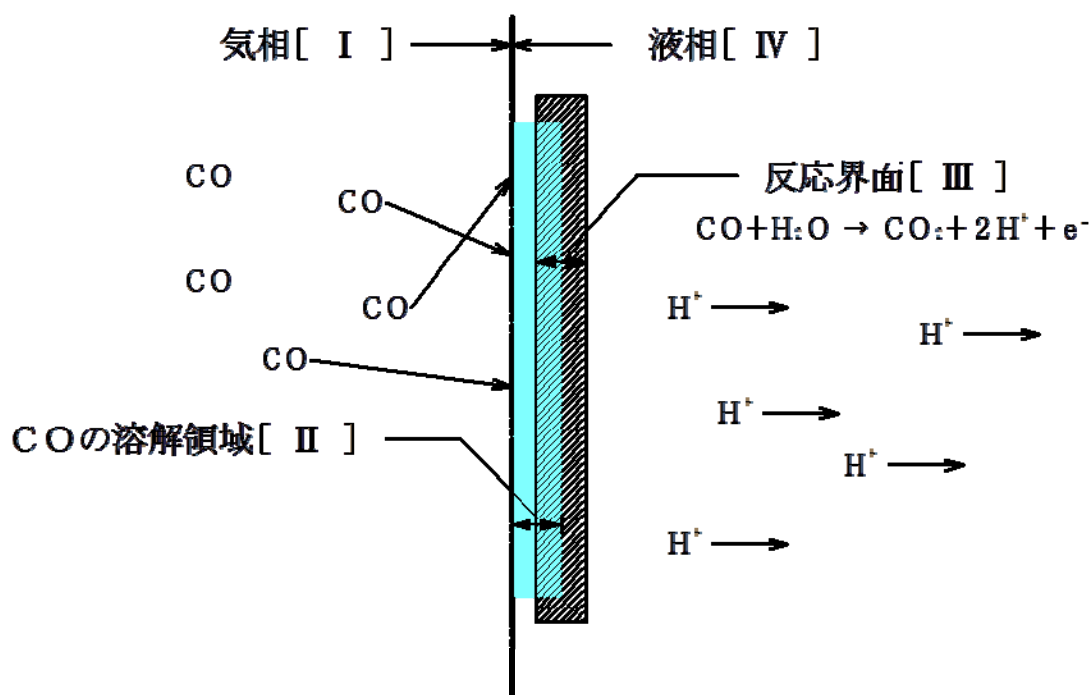
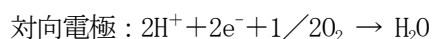


図 Ⅲ-2.3.3.2.4.1-1 検知電極での反応

気相 [ I ] から検知電極に飛び込んできた CO ガスは、まず検知電極にしみ込んでいる電解液中にとけ込む。電解液中にとけ込んだ CO ガスは近くの電極触媒上で電解液中の水分子と反応して電解液中にプロトン、電極上に電子を生成し、 $CO_2$  となる。この触媒近傍の反応領域が図の反応界面 [ III ] であり、電気化学式ガスセンサーのガス感度メカニズム上、最も重要な反応が起きている領域である。

また、電気化学式ガスセンサーでは以下の反応式で CO ガスの酸化反応が起き、この反応量に比例して生成する電流を検出する。



このCOガスの酸化反応は図の反応界面[Ⅲ]で起きており、その全反応量 I は、この領域にとけ込むCOガスの量と反応界面の面積に比例すると考えられる。

従って気相のCOガスの分圧を  $P_{CO}$ 、COガスの電解液への溶解度を  $\alpha$ 、反応界面の面積を  $S$  とすると、全反応量 I は、

$$I \propto \alpha \times P_{CO} \times S \quad (\text{式 a})$$

となるのである。

したがって反応界面の影響は(式 a)から、電気化学式ガスセンサーにおいては反応界面の面積  $S$  を最大化することがCOガスの検知性能の上で重要であることが分かる。この反応界面の面積は、検知電極を構成する微細構造によって大きく違ってくる。

実環境特性変動試験を通し、投入ごとにセンサーの特性変動に一番起因すると考えられる触媒作製を幾通りも試みた。実環境特性変動試験に投入したセンサーを触媒作製条件およびエージング条件ごとにLotを分けたのもその一例である。

試験を進めるごとに電極触媒作製において、電気化学式ガスセンサーにおける反応界面の考え方について検討を行った。

非公開原簿に電気化学式ガスセンサーの検知電極でのCOガスの反応の様子を記載。

また、非公開版には構造に関する改良についても記載。

この改良から従来センサーと新規センサーでは2倍以上の耐久性向上などの改良が実現した。

### Ⅲ-2.3.3.2.5 JIA規定準拠

「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕(JIA F 039-06)を満足する。(平成23年8月現在:「電池式不完全燃焼警報器(浴室外用)検査規定〔暫定〕」)に関して、暫定ではあるが、規定されているセンサーの基本特性としての検査項目(濃度、選択性、温湿度特性、各種耐久性、振動などの機械耐久性、粉塵等)は試作センサーの開発を行う段階にて全て満足していることを確認。

### Ⅲ-2.3.3.3 成果の意義

以上のように最適化された仕様条件となったセンサーは、様々な家庭環境での高い耐久性が確認でき、これらの結果から、家庭用途での実用化に目処が得られた。

現状で、新規センサーを実際の製品に取り付けての実機試験を終了し、平成24年度中に実機投入に向けて製造を開始しているメーカーもあり、実用化への取り組みは着実に進んでいる。

今回のプロジェクトにより開発された民生用電気化学式COガスセンサー「NAP-508」は民生用電気化学式ガスセンサーとしては世界最小、最軽量であり、世界で唯一直接半田実装が可能である。



図 Ⅲ-2.3.3.3-1 NAP-508

### Ⅲ-2.3.3.4 成果の普及

次の表に成果の発表に関して示す。

表 Ⅲ-2.3.3.4-1 成果の発表

	H19	H20	H21	H22	H23	H24	計
特許出願(うち外国出願)	ノウハウ流出防止のため検討中						0件
特許登録		1	1				2件
論文(査読付き)							0件
研究発表・講演			1		1		2件
受賞実績							0件
新聞・雑誌等への掲載	5	1	4	1	4	2	17件
展示会への出展	1		3	3	4	2	13件

特許第4148741号

特許第4367904号

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### Ⅲ-2 研究開発項目毎の成果

#### Ⅲ-2.3 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

#### Ⅲ-2.3.4 電気化学式COセンサーの開発（助成先：フィガロ技研株式会社）

#### Ⅲ-2.3.4.1 開発目標と達成度

ガス検知方式を『液膜2極式』構造の電気化学式とした『超低消費電力高信頼性COガスセンサー』を研究開発対象とし、開発目標として以下を掲げた。

1. センサー周辺駆動回路を含めて0.1mW以下の超低消費電力を実現する。
2. 加速評価によって、寿命5年以上の信頼性と精度維持±30%以内に目処をつける。
3. 加速試験適用後に「電池式不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」（JIA F 039-06）を満足するセンサー性能を確保する。

<自主目標>

4. センサー健全性診断機能として、感度劣化30%以上での自己検出方法を確立する。

以下に、研究開発目標に対する達成度を示す。

表Ⅲ-2.3.4.1-1 研究項目とその達成度

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント (今後の方策等)
■0.1mW以下の超低消費電力を実現する	■0.1mW以下	■センサー周辺の部品選定と自己診断機能実現のためのパラメータを検討し0.066mWを実現	○	■電池駆動警報器の実現に向けて本技術を盛り込む
■寿命5年以上の信頼性、精度の確保に目処をつける	■加速評価手法の確立 ■寿命5年の信頼性	■実環境特性変動試験における3年のデータを外挿して、5年の信頼性を確認 ■加速手法により寿命5年以上の信頼性を確保	○	■加速係数の再見積もりを継続
■「電池式不完全燃焼警報器検査規程」(JIA F 039-06)を満足する	■規程を満足	■加速試験よりJIA規程を満足することを確認	○	■なし
■<自主目標>センサー健全性診断機能を構築する	■様々な感度劣化モードでの自己診断	■3種類の自己診断機能の原理考案	○	■実機に搭載した際の検出精度確認中

◎:大幅達成、○:目標達成、×:達成不可

#### Ⅲ-2.3.4.2 検討内容

#### Ⅲ-2.3.4.2.1 超低消費電力センサーの開発

本プロジェクトではセンサー周辺の部品選定と自己診断機能のパラメータを検討し、センサーを含む消費電力が0.066mW（自己診断機能を含む）とリチウム電池1本で5年間駆動できる低消費電力化を実現できた。これは開発目標の一つである、センサー周辺駆動回路を含めて0.1mW以下の超低消費電力を達成できている。

センサー周辺駆動回路をもつセンサーモジュールには、センサーから得られた電流出力を CO 濃度換算して出力する機能を備えており、またセンサーの健全性を診断する機能として、①センサーの内部ショート、断線のような致命的な欠陥を検知する直流印加法、②センサー内の水タンク枯渇時の前兆を検知する交流印加法、③拡散制御板の小孔の閉塞によるガス拡散性を検知する機能、の3種類の自己診断手法を備えている。

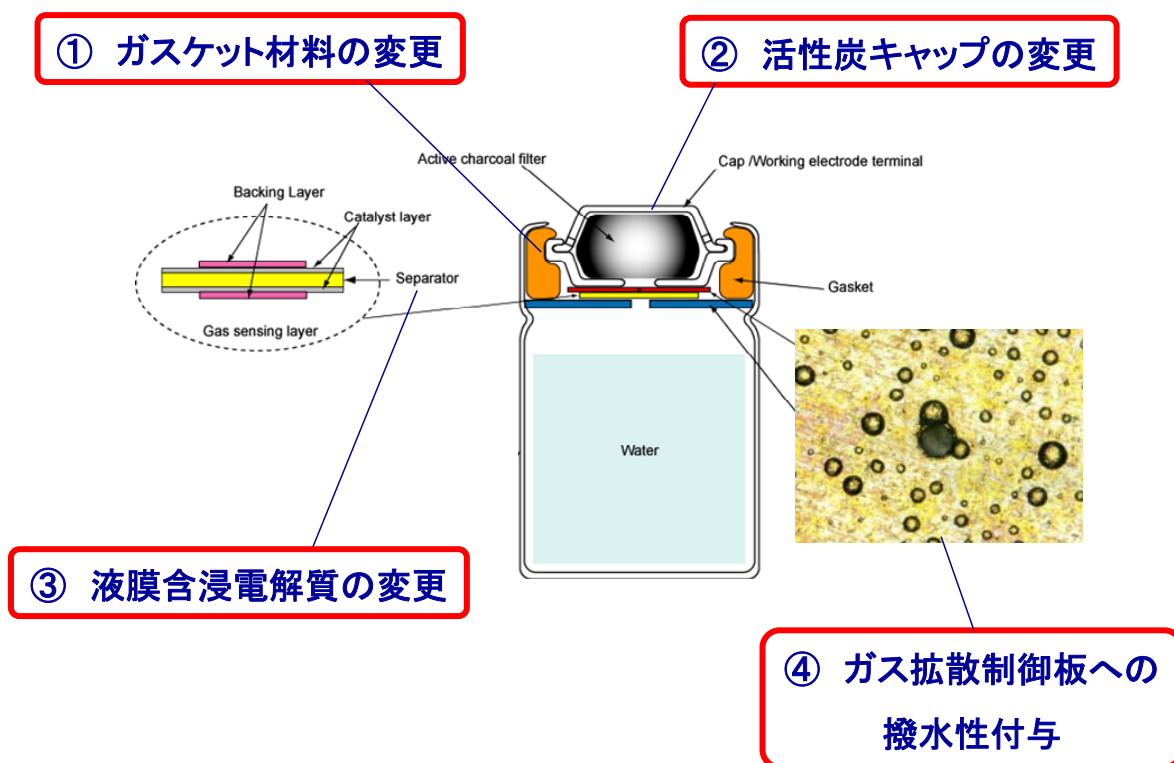
実環境特性変動試験では、このセンサーモジュールが各家庭に設置されている。

### Ⅲ-2.3.4.2.2 特性変化要因の抽出と解析

実環境試験を実施し、実環境における特性変化要因を解析した。実環境における特性変化要因の知見に基づき、加速試験条件の確立を検討した。

### Ⅲ-2.3.4.2.3 センサープロファイルの改良と信頼性データの取得

特性要因の解析結果より、図Ⅲ-2.3.4.2.3-1に示す部材の変更を実施した。ガスケット材料、形状の最適化(①)、活性炭キャップ内の活性炭の固定化(②)、電解質の高純度化(③)、ガス拡散板が結露水により目詰まりを起こすのを防ぐ撥水性の付与(④)を行った。



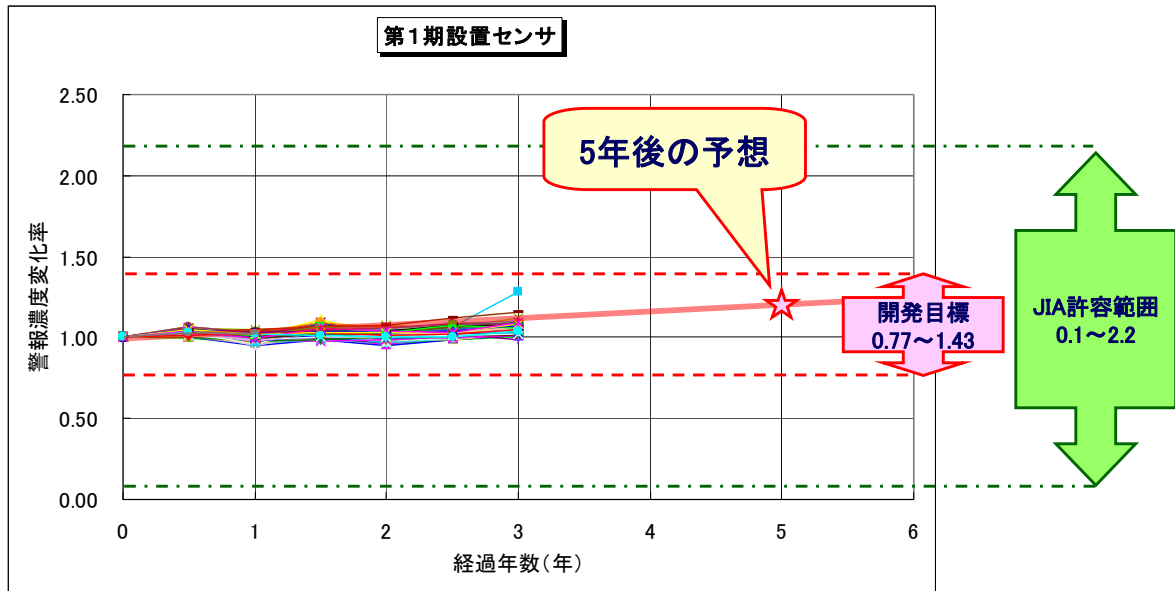
図Ⅲ-2.3.4.2.3-1 センサープロファイルの改良

実環境特性変動試験の結果、3年経過時点で CO 感度変動は JIA 許容範囲に比べて極めて小さいことがわかった。(図Ⅲ-2.3.4.2.3-2 参照) また、3年の特性変化挙動の外挿から、5年の耐久性を十分有することを予想できた。本試験で得られた知見を元に

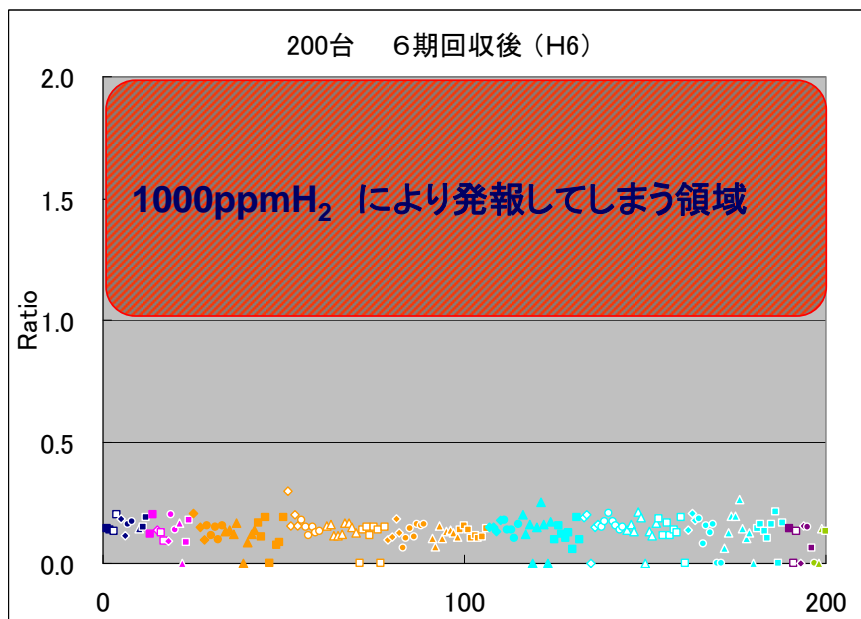


確立した加速試験手法の活用により 5 年以上の耐久性に目処を付けることができた。

また水素に関しては、JIA 基準の 4 倍濃度にセンサーが晒されても、発報の心配なきことを確認した。(図Ⅲ-2.3.4.2.3-3 参照)



図Ⅲ-2.3.4.2.3-2 実環境特性変動試験 (CO) の結果

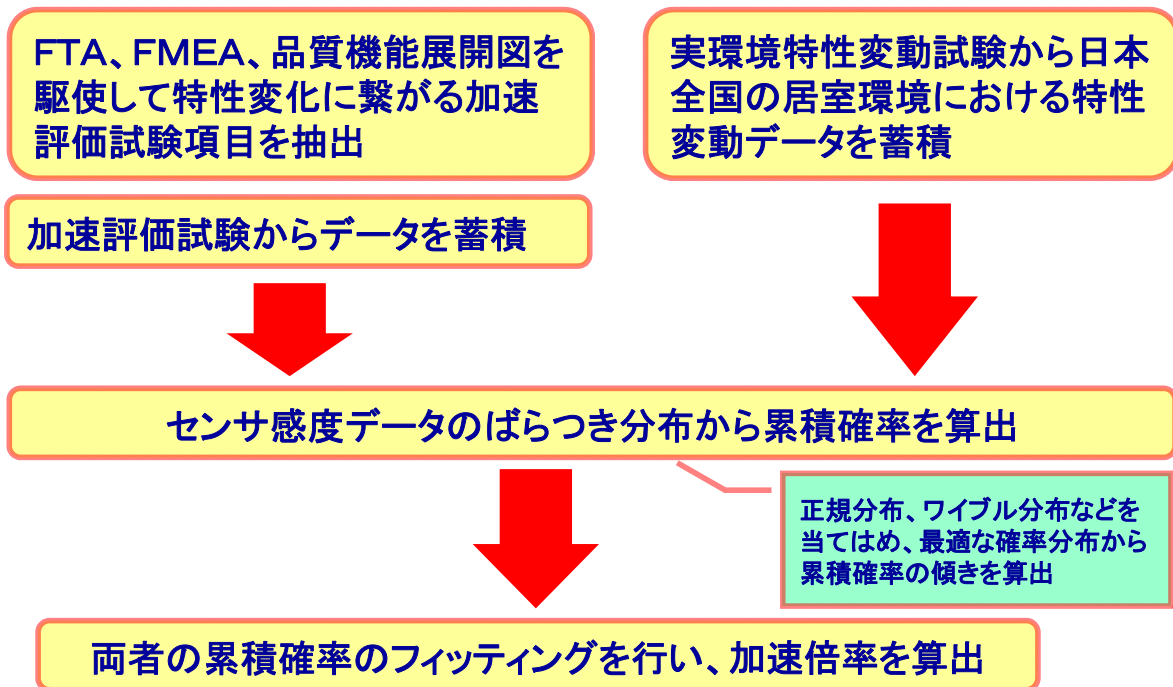


図Ⅲ-2.3.4.2.3-3 実環境特性変動試験 (水素) の結果

#### Ⅲ-2.3.4.2.4 加速評価手法の検討

図Ⅲ-2.3.4.2.4-1 に示すような手順で加速係数の算出を試みた。加速評価試験、実環境特性変動試験のデータを用いて、初期を基準にしたある時期のセンサー感度比率を警報濃度変化率に換算してばらつき分布を求めた。これをばらつき分布の代表格である正

規分布、ワイブル分布などに当てはめた時、警報濃度変化率と累積故障率を軸に取って直線関係が得られるか確認した。結果として、実環境特性変動試験データ、加速評価試験データのいずれも正規分布に従うことを確認し、双方のデータから加速倍率を算出できた。



図Ⅲ-2.3.4.2.4-1 加速評価手法の考え方

#### Ⅲ-2.3.4.2.5 <自主目標> 自己診断機能の原理考案

特性変化要因の解析結果より、次の3つの自己診断手法を考案した。

- 1) タンク内の水枯渇（導電性の低下）によるセンサー性能の劣化前兆を検知する機能
- 2) 触媒反応性の低下によるセンサー性能の劣化前兆を検知する機能
- 3) ガスの遮断（ガス拡散孔の閉塞）によるセンサー性能の劣化を検知する機能

#### Ⅲ-2.3.4.2.6 JIA 規程への適合性

電池式不完全燃焼警報器（浴室外用）検査規程（JIA F 039-6）への適合性を調査した。規程のうち、センサー性能に関わる項目のみを抽出して、その内容を特性変化要因の解析に役立てた。検討結果より、研究対象のセンサーが JIA 規程を満足するセンサー性能を有することを確認できた。

#### Ⅲ-2.3.4.3 成果の意義

4年間のプロジェクトの活動を通じて、以下に示すような成果の意義を見出せた。

1. 低消費電力化 0.1mW 以下の目標に対して、0.066mW を達成することで、CO 警報器の電池駆動化が容易となり、市場の爆発的な拡大が期待できる。
2. これまで電気化学式センサーは産業用・工業用がメイン市場であったが、あらたに多様な家庭環境への設置を前提とした本研究テーマへの取り組みは、電気化学式センサーの用途拡大に繋がる。
3. 本研究では多様な家庭環境におけるセンサーの特性変化要因を解析するために、センサーを現場に設置してモニタリングした。この試みは業界初であり、そこから得られた様々な情報は家庭用 CO 警報器を普及させる上での貴重な根拠データとなる。
4. 高温多湿環境に耐性のある電解液を用いるため、長期にわたる信頼性が高い。
5. 本プロジェクトにより実用化の目処が得られたため、量産化に向けての具体的な実用化検討を開始する。

#### Ⅲ-2.3.4.4 成果の普及

表Ⅲ-2.3.4.4-1 成果の普及

	H20	H21	H22	H23	計
特許出願(うち外国出願)		6(1)	3		9件
研究発表・講演		1	2		3件
新聞・雑誌等への掲載					0件
展示会への出展				1	1件

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### Ⅲ-2 研究開発項目毎の成果

##### Ⅲ-2. 3 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

##### Ⅲ-2. 3. 5 半導体式メタンセンサーの開発（助成先：富士電機株式会社）

##### Ⅲ-2. 3. 5. 1 開発目標と達成度

最終目標	研究開発成果	達成度
(1) 0.1mW以下の超低消費電力を実現する。	・実環境 2.5～3.0 年で 0.1mW 以下の低消費電力を確認。MEMS 技術を応用し微小部のみスポット加熱できる構造とし、間欠駆動にすることによる。	○
(2) 加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。	・実環境 2.5～3.0 年のデータを基に、主たる劣化因子が湿度であることを特定し、実環境での特性変化を再現可能な加速評価条件を確立した。 ・①水分を脱離させるための加熱応答性の向上、②初期安定化処理により、対策したセンサーを確立した条件で加速評価し、寿命 5 年以上の信頼性の目処が立った。	○
(3) 「都市ガス用ガス警報器検査規程」(JIA E 001-07) を満足する(メタンセンサー)。	・「都市ガス用ガス警報器検査規程」(JIA E 001-07) を満足することを確認(センサーのガス感度特性に関わる規程に関して初期性能で確認)。	○

達成度：◎大幅達成、○達成、×未達

##### Ⅲ-2. 3. 5. 2 検討内容

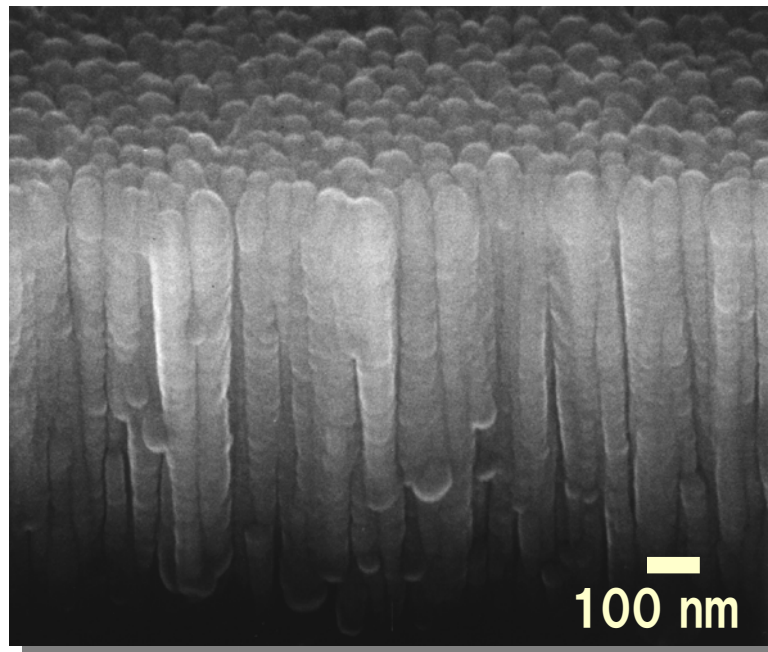
##### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1 超低消費電力化の検討

##### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 1 センサーの薄膜化

薄膜の作製法の一つである“RF スパッタリング法”により、ナノメートルレベルの微細構造を制御し、特殊な“ナノ柱状構造”を持つ SnO<sub>2</sub> 薄膜としている。図 2. 3. 5. 2. 1. 1-1 に、SnO<sub>2</sub> 薄膜の SEM 観察像を示す。この薄膜では、柱状構造間にガス分子が拡散可能であるため高い感度を発現し、かつ、結晶粒子が安定で、長期にわたって感度に変化しないという特長を持っている。

さらに、メタン (CH<sub>4</sub>) のみを選択的に透過し、水素 (H<sub>2</sub>) や一酸化炭素 (CO)、アルコールなどの他の可燃性ガスを燃焼除去する性能を持つ触媒層を、柱状構造 SnO<sub>2</sub> 薄膜の上

に積層して、メタンに感度が高く選択性も高い“薄膜メタンセンサー”とした。



図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 1-1. SnO<sub>2</sub> 薄膜の SEM 観察像

### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2 MEMS 技術による超低消費電力化

薄膜メタンセンサーをベースに、富士電機が保有する MEMS 技術を用い、薄膜マイクロメタンセンサーを開発した。図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2-1 に示すように、薄膜ダイヤフラム上に薄膜ヒータ・SnO<sub>2</sub> 薄膜・触媒層を積層した新規構造とし、センサーの駆動は検知の瞬間のみ加熱する間欠駆動としている。

超低消費電力化のポイントは、次の通りである。

#### a. スポット加熱

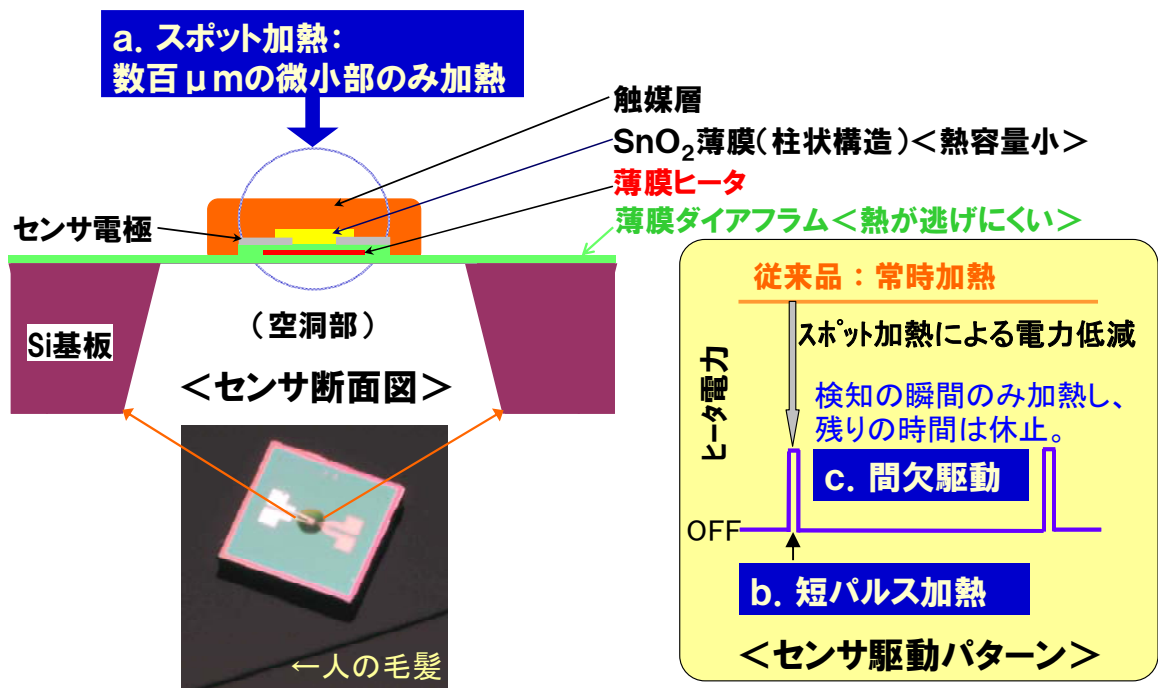
薄さ数  $\mu\text{m}$  の薄膜ダイヤフラム上に薄膜ヒータを形成することで、熱が逃げにくく数百  $\mu\text{m}$  の微小部のみをスポット加熱できる。

#### b. 短パルス加熱

薄膜ヒータの直上に電気絶縁層を介して、熱容量の小さい SnO<sub>2</sub> 薄膜を形成しているために加熱応答性が高く、短パルス加熱ができる。

#### c. 間欠駆動

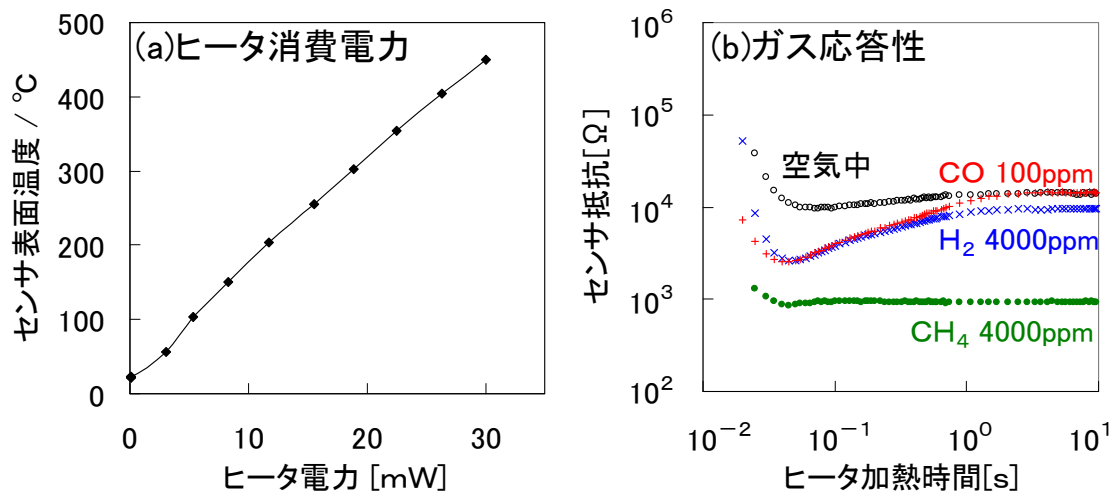
短パルス加熱が可能のため、検知の瞬間のみ加熱し残りの時間は休止する間欠駆動ができる。



図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2-1. 薄膜マイクロメタンセンサーの構造と駆動パターン

開発した薄膜マイクロメタンセンサーについて、図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2-2(a)にヒータ消費電力を、図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2-2(b)にガス応答性を示す。図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2-2(a)では、定常状態でのセンサー表面温度（中心部）とヒータ消費電力との関係を、図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2-2(b)では、ヒータに30mWの電力を供給した際のセンサー抵抗値とヒータ加熱時間との関係を示している。これらの図から、センサーを400℃に加熱するのに必要なヒータの消費電力は30mW以下と低く、かつセンサーのガス応答は速く、わずか数十msでメタンに対する感度（センサー抵抗値の空気中に対する変化）が発生していることが分かる。このように、センサーを400℃に加熱するための消費電力を低減し、かつガス応答性の改善により短パルス駆動が可能となったことで、0.1mW以下の平均消費電力を実現できた。

なお、図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2-2では、ヒータ加熱時間＝数10msではH<sub>2</sub>およびCOで感度が出ているが（Air中抵抗に対しガス中抵抗が低い）、その後、H<sub>2</sub>およびCOの感度が逡減している（H<sub>2</sub>中およびCO中の抵抗値が上昇しAir中抵抗に近づいている）のがわかる。これは、H<sub>2</sub>およびCOは、数10ms以降に触媒層で燃焼除去され、SnO<sub>2</sub>表面上に到達するガス濃度が逡減していくためである。



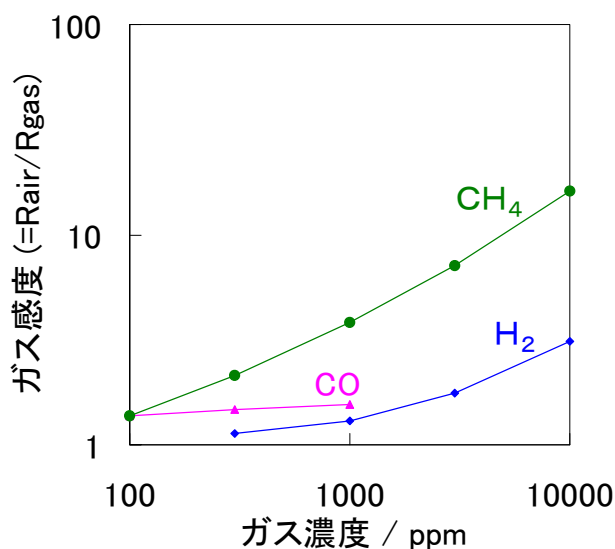
図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 2-2. 薄膜マイクロメタンセンサーのヒータ消費電力とガス応答性  
(各ガス中でのセンサー抵抗の応答性)

### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 3 基本性能

都市ガス警報器用のメタンセンサーとしては、都市ガスの主成分であるメタンに対する感度が高く、かつ H<sub>2</sub> や CO 等の妨害ガスに対する選択性が必要である。

図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 3-1 に、開発した薄膜マイクロメタンセンサーのガス感度特性を示す。ガス感度は、清浄空気中のセンサー抵抗値 (R<sub>air</sub>) とガス存在下のセンサー抵抗値 (R<sub>gas</sub>) の比率 (R<sub>air</sub>/R<sub>gas</sub>) で定義する。

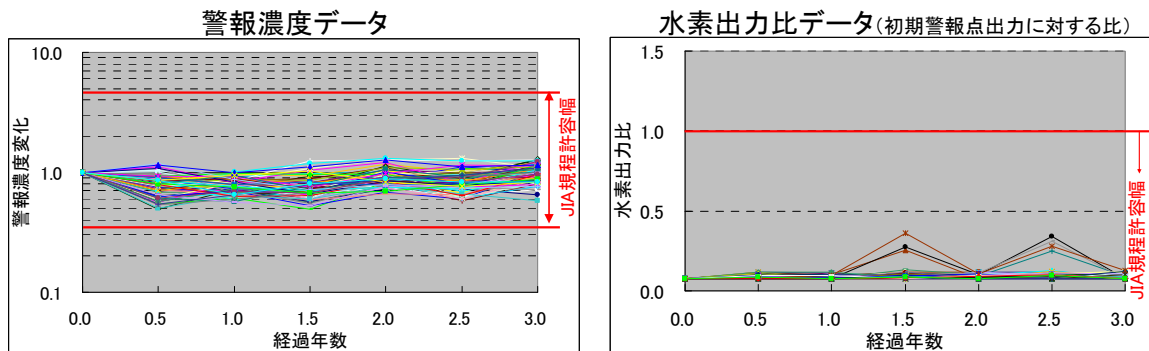
図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 3-1 から、メタン (CH<sub>4</sub>) 濃度に対してガス感度が増大し、メタン 2,000ppm での感度は 5 以上であること、一方、H<sub>2</sub> や CO に対してはガス感度がメタンよりも十分に低く抑えられていること、したがって都市ガス警報器用のメタンセンサーとして十分な基本性能を達成していることが分かる。



図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 1. 3-1. 薄膜マイクロメタンセンサーのガス感度特性

### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 2 実環境特性変動試験データ解析の検討

複数の仕様のセンサーを用意し、実環境特性変動試験に時期を3回に分けて計680台投入した。図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 2-1に、その試験データの一部を示す。このような実環境特性変動試験データから、センサーの仕様に依りメタン警報濃度の安定性に差異があり、加熱応答性を向上させたセンサーは安定性が高いことがわかった。一方、センサーの仕様に依らず水素感度は全く問題無いレベルであった。



図Ⅲ-2. 3. 5. 2. 2-1. 実環境特性変動試験データ

試験に投入したセンサーの仕様、センサー仕様ごとの試験結果、設置先属性との相関解析、設置環境分析結果との相関解析、等の詳細は非公開原簿に記載。

### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 3 特性変化要因分析の検討

現場のログデータから、高湿度で曝されている時間が長いほど、メタン警報濃度変化が大きいことがわかった。主要な特性変化要因として $H_2O$ が抽出された。

詳細は、非公開原簿に記載。

### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 4 高信頼性センサー素子開発の検討

実環境特性変動試験において、センサーの仕様による特性変動の差異が見られた。その推定原因は仕様による加熱効率の違いであり、加熱効率の悪い仕様のセンサーでは $H_2O$ の蓄積が進むためだと考えられる。

そこで改良の方針としては、第一に加熱効率の良い仕様に絞込むこと、更に $H_2O$ の蓄積を抑制する対策を施すこと、である。

詳細は、非公開原簿に記載。

### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 5 加速評価手法構築の検討

Ⅲ-2. 3. 5. 2. 3より、主要な特性変動因子として $H_2O$ が抽出された。更に他の因子も加えて検討し、実環境と同様な特性変動を再現する試験条件を見出した。

試験条件の検討、試験結果（ワイブル解析、加速係数の見積り）、等の詳細は非公開原



簿に記載。

### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 6 信頼性検証の検討

Ⅲ-2. 3. 5. 2. 4 で決めた改良方針に従って作製した改良センサーを、Ⅲ-2. 3. 5. 2. 5 で構築した加速評価手法により評価した結果、特性変動が許容範囲内に抑制された。

これにより、寿命 5 年以上の信頼性の目処が立った。

詳細は、非公開原簿に記載。

### Ⅲ-2. 3. 5. 2. 7 「都市ガス用警報器検査規定」(JIA E 001-07) の検討状況

表Ⅲ-2. 3. 5. 2. 7-1. に示すようなセンサーの基本性能や信頼性に関わる主な試験項目について確認し、JIA 検査規程にある各試験項目を満足する見通しを得ている。

表Ⅲ-2. 3. 5. 2. 7-1. JIA 検査規程の検討状況

	試験項目	結果
JIA 検査規程	濃度試験及び検知遅れ試験	○
	選択性試験	○
	温度試験	○
	湿度試験	○
	耐久性試験	○
	耐衝撃試験	○
	振動試験	○

### Ⅲ-2. 3. 5. 3 成果の意義

実用化に向けて不可欠であった長期信頼性の目処が得られたため、量産・商品化のステージに移行した。

電池駆動式コードレス都市ガス警報器が実現されることで、警報器の普及率が大幅に向上し市場拡大が期待される。

本研究で開発されたメタンセンサーは、従来品の 1/2000 以下の消費電力であり、電池駆動可能で 5 年相当以上の長期信頼性を備えたものとしては世界初である。

また、センサー素子を半導体の製造方法（特に感ガス体はスパッタリング法による薄膜である）によって作製するという意味でも世界初である。1 ウェハ内に数千チップのセンサー素子を同時に作製可能であり、高品質・高量産性が期待できる。

### Ⅲ-2. 3. 5. 4 成果の普及

表Ⅲ-2. 3. 5. 4-1 に、成果の普及についてまとめた。

詳細は、非公開版に記載。

表Ⅲ-2. 3. 5. 4-1. 成果の普及まとめ

分類	内容	件数
研究発表・講演	平成24年9月 第15回XAFS討論会	1件
新聞・雑誌等への掲載	平成23年9月 富士時報84巻4号 平成24年1月 富士時報85巻1号	2件
展示会への出展	平成23年7月 第22回マイクロマシン/MEMS展 平成24年6月 都市ガスシンポジウム2012 平成24年7月 第23回マイクロマシン/MEMS展	3件

### Ⅲ. 研究開発成果について

#### Ⅲ-2 研究開発項目毎の成果

##### Ⅲ-2.3 超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

##### Ⅲ-2.3.6 接触燃焼式メタンセンサーの開発（助成先：矢崎エナジーシステム株式会社）

##### Ⅲ-2.3.6.1 開発目標と達成度（配付資料10参照）

研究開発項目③ 「超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発」

最終目標	研究開発成果	達成度
(1) 0.1 mW以下の超低消費電力を実現する。	<ul style="list-style-type: none"><li>・低熱容量マイクロヒーター技術を導入し、センサー素子、レファラー素子ともに90<math>\mu</math>m角のエアブリッジ構造体上に感ガス材料を塗布してセンサー化した。</li><li>・30秒毎に数十ミリ秒センサーを駆動させる間歇駆動方式を採用し、センサー駆動による消費電力は0.09 mWを実現した。</li></ul>	○
(2) 加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。	<ul style="list-style-type: none"><li>・センサーの加速評価を実施し、感度劣化モデルを推定した。</li><li>・環境加速、被毒加速、熱加速を反映させた劣化率の積上げ結果から、寿命5年以上の信頼性の目処をつけた。</li></ul>	○
(3) 「都市ガス用ガス警報器検査規程」（JIA E 001-07）を満足する（メタンセンサー）。	<ul style="list-style-type: none"><li>・センサー関連15項目による性能は全てクリアした。</li></ul>	○

達成度：◎大幅達成、○達成、×未達

### Ⅲ-2.3.6.2 検討内容

#### Ⅲ-2.3.6.2.1 超低消費電力メタンガスセンサーの検討

弊社においては、ガス警報器、CO警報器、火災警報器を生産しており、既に火災警報器とCO警報器は電池式警報器として市販している。しかし、ガス警報器においては低消費電力型のガスセンサーがなく、現在もAC100V式、DC24V式等、供給電源を必要とする警報器しか保有していない。近年、設置場所の美観や施工性の観点から、簡便に取付け可能なコードレスの電池式警報器の市場ニーズが高まりつつあったが、市販化されているガス警報器用のセンサーは400℃まで加熱する必要があり、素子サイズが1 mm程度もあるセンサーを電池駆動化することは困難であった。

電池駆動化を目指すための方策として、低温動作の感ガス材料の開発またはセンサー素子の小型化があげられたが、都市ガスの主成分はメタンガスであり、低温で反応する感ガス材料を開発することは難しいと判断し、センサーの小型化開発を目指すことにした。小型、省電力素子の開発は接触燃焼式センサーにおいて過去から継続的に実施してきたが、電池駆動化となると微細加工技術が必要で、MEMS技術の導入が必須である。MEMS技術は、そのプロセスの実施費用や試作機、評価等で高額な経費が発生するという課題もあったが、この技術は警報器メーカーとして将来的に不可避なアイテムと考え開発に取り組んだ。同時期にNEDOプロジェクトとして高信頼性ガスセンサー技術開発の公募があり、MEMS技術で作製した接触燃焼式メタンガスセンサーを超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発として申請した。

##### Ⅲ-2.3.6.2.1.1 超低消費電力メタンガスセンサーの概要

本研究の最終目標は、電池駆動可能なガス警報器に搭載するメタンガスセンサーの開発である。検知対象ガスは都市ガスに含まれる主成分であるメタン ( $\text{CH}_4$ ) であり、ガスセンサーの検知原理は、自社で開発実績がある接触燃焼式とした。低消費電力センサーのコア技術は、MEMS技術で作製した極小のマイクロヒーターを発熱源とした素子を作製することで低熱容量化を実現し、30秒に1回のみ検知する間歇駆動方式の導入により、従来技術の消費電力を1/1000以下に低減させ、次世代高信頼性ガスセンサーとして構築する。以下に開発センサーの目標値を示す。

- ①0.1 mW以下の超低消費電力を実現する
- ②加速評価によって、5年以上の信頼性の目処を付ける
- ③都市ガス用ガス警報器検査規定 (JIA E 001-07) を満足する

また、本研究のスケジュールを表Ⅲ-2-3.6.2.1-1に示す。実施項目としては、開発センサーの作製、センサーを駆動させるセンサーモジュールの作製、実環境特性変動試験の投入、得られたデータをフィードバックしたセンサーの改善である。

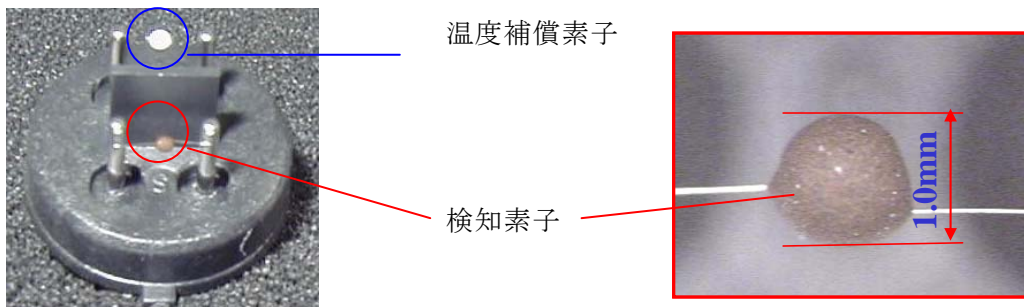
表Ⅲ-2-3.6.2.1-1 開発スケジュール

→ 計画  
→ 実績

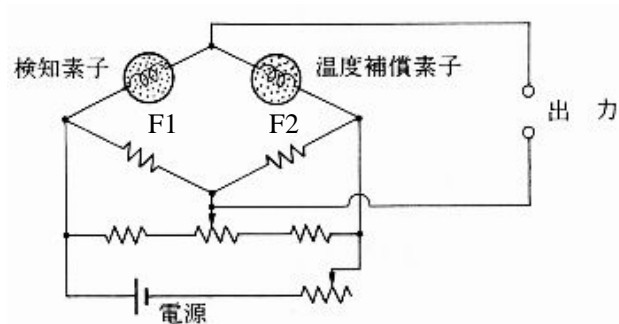
	平成20年度				平成21年度				平成22年度				平成23年度			
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
・ベースセンサーの作製①		→														
・ベースセンサーの作製②					→											
・ベースセンサーの作製③									→							
・センサーモジュールの設計・開発	→	→														
・センサーモジュールの作製①	→	→														
・センサーモジュールの作製②					→											
・センサーモジュールの作製③									→							
・実環境特性変動試験																→
・加速評価技術の構築																→
・選択性向上素子の開発																→
・特性改善センサーの開発																→
・マイクロヒーターの改善																→

### Ⅲ-2.3.6.2.1.2 接触燃焼式ガスセンサー

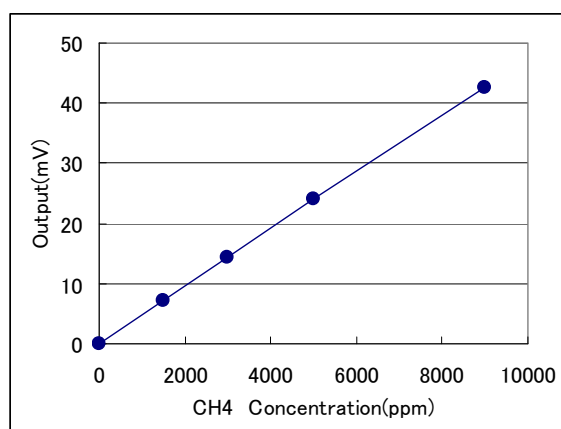
本節では、接触燃焼式ガスセンサーの原理について記述する。接触燃焼式センサーは可燃性ガス測定法の化学的測定法に分類され、ガス警報器として現在も広く普及しているガスセンサーである。弊社においても主にLPG警報器用センサーとして、年間100万台以上を生産している。図Ⅲ-2-3.6.2.1-1に弊社で生産する接触燃焼式センサーを示す。基本構成は、一体型台座に検知素子と温度補償素子が一對配置され、互いの素子の熱干渉を避けるため、台座中央に遮蔽板を設けた構成としている。センサー素子には貴金属を担持したアルミナ系酸化触媒をPtコイルで形成されるヒーターに塗布して作製し、温度補償素子はPtコイルに担体のみを被覆した構成としている。



図Ⅲ-2-3.6.2.1-1 接触燃焼式ガスセンサー



図Ⅲ-2-3.6.2.1-2 検出回路



図Ⅲ-2-3.6.2.1-3 接触燃焼式センサー出力のCH<sub>4</sub>ガス濃度依存性

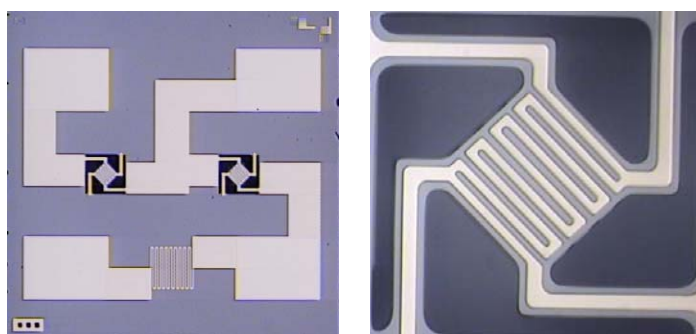
接触燃焼式センサー検出回路を図Ⅲ-2-3.6.2.1-2に示す。検出にはWheatstonブリッジ回路が用いられ、可燃性ガスのない空気中では、検知素子F1と温度補償素子F2は等しい抵抗値となるようバランスを保ち、ブリッジ回路電流の変化がない。しかし、可燃性ガスを含んだ空気が検知素子に接触すると燃焼反応を引き起こし、その燃焼熱により検知素子側の抵抗値が増加しブリッジ回路の平衡がくずれ、電流が発生する。この電流が爆発下限界濃度以下の可燃性ガス濃度にほぼ比例する（図Ⅲ-2-3.6.2.1-3）。

接触燃焼式センサーの優位点として、

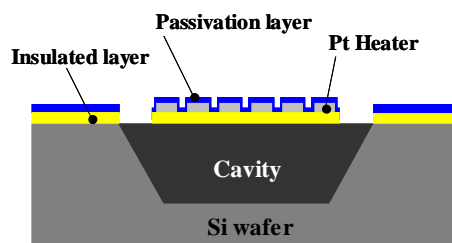
- ・高濃度領域での精度、並びに再現性が良い
  - ・環境温度や湿度の影響を受けにくい
  - ・ガス濃度に応じた出力が直線で、回路が簡単
- などの特徴がある。

### Ⅲ-2.3.6.2.1.3 マイクロヒーター

本研究では、消費電力が既存技術の 1/1000 以下のセンサーが必要となるため、MEMS 技術を用いたマイクロヒーターの作製が不可欠である。マイクロヒーターの作製については、シリコン基板にフォトリソ技術を用いて Pt ヒータパターンを形成した。ヒーター部は外部との熱絶縁を図るため、異方性エッチング技術によるエアブリッジ構造体とし、極限まで熱容量を低下させた。図Ⅲ-2-3.6.2.1-4、図Ⅲ-2-3.6.2.1-5 は、それぞれ、本研究で作製したマイクロヒーターの写真とマイクロヒーターの断面構造である。チップは一辺 1.6 mm 角で、マイクロヒーター部は一辺 90  $\mu\text{m}$  角である。



図Ⅲ-2-3.6.2.1-4 マイクロヒーター外観写真



図Ⅲ-2-3.6.2.1-5 マイクロヒーター断面構造

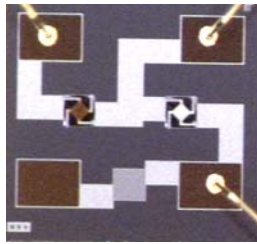
### Ⅲ-2.3.6.2.1.4 超低消費電力メタンガスセンサー

超低消費電力の接触燃焼式ガスセンサーは、マイクロヒーターにメタンガスと接触燃焼反応する Pd 担持触媒を塗布、熱処理を経てセンサー素子とした。センサー素子をステムにダイボンドし、電気信号を取り出すための Au リード線をステム上のピンとセンサー素子リードパッド部にワイヤーボンディングして、ステムアッシーを作製した。さらに、ステムアッシーとセンサーハウジングアッシーとをプロジェクション溶接で接合し、ベースセンサーとした。尚、センサーハウジングアッシーは、センサーリング、センサーキャップ、活性炭フィルターを組付けたものである。作製したベースセンサーは、安定化処理を施した後、電流-電圧特性を調査して得られる温度情報をもとに適正印加電圧値を求め、センサーの初期特

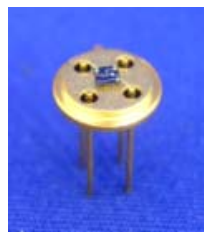
性としてメタンガス及び水素ガス感度を取得した。図Ⅲ-2-3.6.2.1-7にCH<sub>4</sub>感度特性を示す。このセンサーは、数十ミリ秒という極めて短い加熱時間でガス検知可能な状態に移行できるため、センサーを間歇駆動で動作させることで、目標とした0.1mW以下の低消費電力化を実現した。

本研究開発において、この構成のセンサーをベースセンサーとして、平成20年度に400台、平成21年度に200台、平成22年度に60台、合計660台を作製し、実環境特性変動試験に投入した。

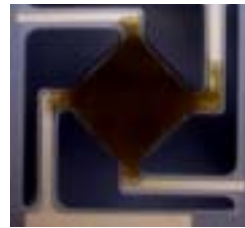
ガスセンサーチップ



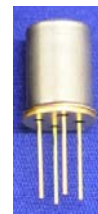
ステムアッシー



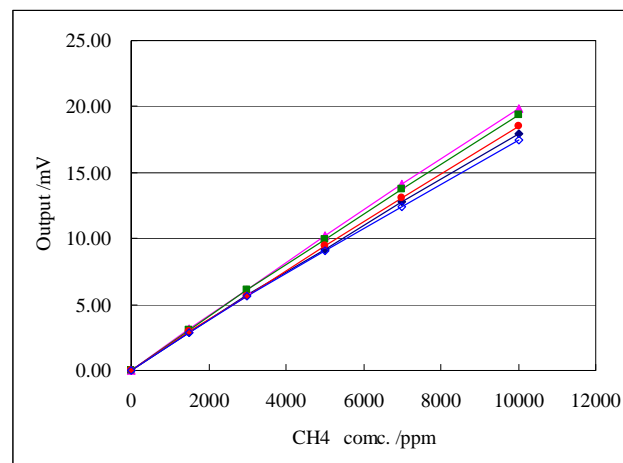
センサー触媒：Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



センサー外観



図Ⅲ-2-3.6.2.1-6 ガスセンサー構造及び外観

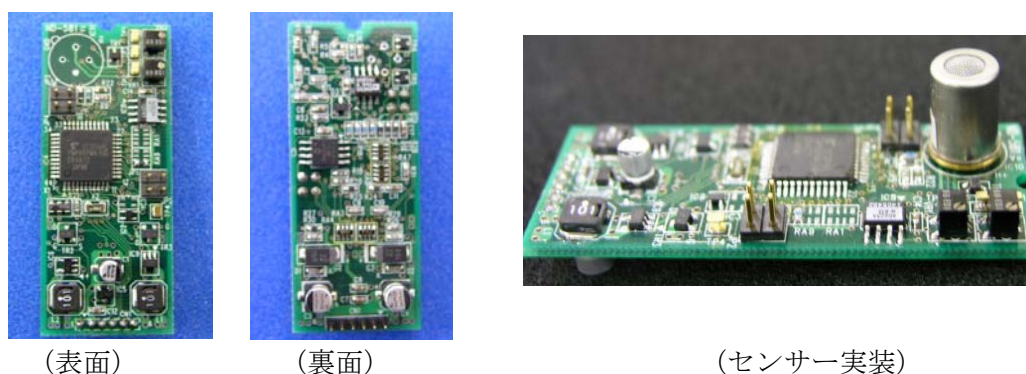


図Ⅲ-2-3.6.2.1-7 超低消費電力メタンガスセンサーのCH<sub>4</sub>感度特性



### Ⅲ-2.3.6.2.1.5 センサーモジュール

本研究開発では、ベースセンサーを駆動させるセンサーモジュールについても設計・開発した(図Ⅲ-2-3.6.2.1-8)。目標平均消費電流は80 $\mu$ A以下である。センサーの動作条件としては、常時400 $^{\circ}$ Cに加熱保持する従来の連続駆動条件では目標とする消費電力を満足できないため、30秒に1回動作させるパルス駆動方式を採用した。ハードウェアの設計にあたっては、消費電力、最大消費電流等を考慮した回路を設計し、ハードウェアの動作については、可能な限り省電力化を図るため、必要時以外は待機状態とした。ソフトウェアは、主に駆動ロジック、直近データの保管機能、通信応答に関するプログラムの他、センサーモジュールの個体判別をさせるシリアルデータ書込み機能、センサー出力をガス濃度へ変換する演算プログラムを搭載した。センサーモジュールはベースセンサーと同数である合計660台を作製した。



図Ⅲ-2-3.6.2.1-8 センサーモジュール基板

センサーモジュールは、センサー固有情報の記録、デフォルト情報、補正值管理、出力データの送信機能を持つ。通信機能は、センサーユニットから発せられるCS信号を受信し、センサーモジュール内部保管データをユニットに送信する。送信データはシリアル信号とし51バイトの構成とした。シリアルデータの割付表を表Ⅲ-2-3.6.2.1-2に示す。

表Ⅲ-2-3.6.2.1-2 シリアルデータ割付表

項目	順列		内容	
1	1	メーカーコード	1byte	
			矢崎:1byte(固定値6)	
2	2	固有コード	1byte	
			デフォルト:1	
3	3~6	シリアル番号	4byte	
			0001~9999任意	
4	7~11	センサー出力値	5byte	
			濃度換算値(〇〇〇〇ppm)	
5	12	センサー異常	1byte	
			正常	異常
			0	1
6	13~28	内部データ	16byte	
			-	
7	29~32	ブランク	4byte	
			ブランク:0000	
8	33~37	センサー電圧値(20倍増幅値)	5byte	
			〇〇〇〇〇 $\times$ 0.1(mV)	
9	38~47	内部データ	10byte	
			-	
10	48~49	ブランク	2byte	
			ブランク:00	
11	50~51	CR/LF	2byte	
			-	
			合計byte数51	

### Ⅲ-2.3.6.2.1.6 実環境特性変動試験投入時期毎のセンサー仕様

実環境特性変動試験の投入時期は平成20年度に400台、平成21年度に200台、平成22年度に60台、合計660台投入し、センサーの仕様については、図Ⅲ-2-3.6.2.1-6に示したセンサーである。

本研究において、①実環境特性変動試験に投入を行い、これらの結果を基に、②特性変化要因を解明し、センサーの改善を行うとともに、③加速評価技術の確立を目指すこととした。詳細は非公開原簿に記載する。

### Ⅲ-2.3.6.2.2 実環境特性変動試験

#### Ⅲ-2.3.6.2.2.1 実環境特性変動試験の目的

本研究開発の目標は、高い信頼性を有し、電池で長期間駆動できる超低消費電力メタンガスセンサーを開発し、ガス警報器として実用化に目処をつけることである。早期目標の達成に向け、基礎技術を用いたベースセンサーを、センサーユニットとして多様な実現場環境に設置し、設置環境におけるセンサーの出力信号、温湿度の変動を記録した。また、定期的にCH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>感度特性の変化の状況を計測し、センサーの経年的な変動を確認した。実環境特性変動試験は、平成20年12月から平成23年12月まで実施した。

#### Ⅲ-2.3.6.2.2.2 実環境特性変動試験の設置場所

実環境特性変動試験の設置先は、一般財団法人日本ガス協会様の指導のもと、多種多様な環境の特性変化を調査するため日本全国を対象としている。地域別の変動要因となる代表的な因子として、気候（温度湿度要因）が挙げられるが、他の要因として、建物構造、建築時期、家族構成に分類することも可能である。

多種多様な実環境におけるセンサーの特性変化を調査する設置条件は、以下の通りである。

##### ①気候・地域因子（＝温度湿度要因）

寒冷地条件、日本海側条件、本州東部条件、本州西部条件、温暖地条件  
（北海道から沖縄の全国を網羅）

##### ②建物構造因子（＝換気率条件等）

木造戸建住宅、鉄筋集合住宅

##### ③建築時期因子（建築時期＝換気率、建物規制条件等）

1999年以前

2000年～2003年 次世代省エネ基準により高気密化が最も過度に進行

2003年以降 建築基準法改正

##### ④家族環境因子（＝調理頻度、在宅率に関連）

単身住居、家族住居

ガス警報器は主に台所に設置されることが想定されているが、実際の設置現場の環境は多様であると考えられる。ガスセンサーは水分や環境発生ガス（VOC）の影響によって特性変化を生ずることが一般的に知られているが、比較的多湿な地域が多く、近年では、建物の高気密化が進行しているため、室内に存在する環境ガス等の影響は過去と比較しても大きくなると予想される。したがって、そのような環境においても影響を受けにくいことが性能として求められる。

本評価に投入したセンサーが多様な設置環境においてどのような挙動を示すか、環境に応じてどのような相関があるのかを調査し、実用化開発に結びつけることを最終の目標とする。また、多様な設置環境で生じる特性変化とその要因分析、その特性変化のメカニズムに沿って同様の特性変化を、ラボ内でより短期間に模擬するための加速評価手法の確立、さらにはこの評価方法を活用し開発技術の効果検証等に反映させる。

### Ⅲ-2.3.6.2.2.3 実環境特性変動試験結果

本評価に投入したセンサーは、検知精度を議論する上で、エアースペース変動と感度変動の二つの変動因子を調査する必要がある。警報濃度はその両方の複合値が反映されることになるが、エアースペース変動はセンサーを構成するヒーター部の変動であり、感度変動は感ガス材料である触媒の状態変化に起因した変動となるため、分離して考える必要がある。

実環境特性変動試験の結果としては、投入時期別の差は認められず、経年的なエアースペース変動と感度変動は確認できた。エアースペースの変動は、ヒーターの特性変化に起因することが分かった。詳細は非公開原簿に記載する。

### Ⅲ-2.3.6.2.2.4 実環境特性変動試験の設置先依存性

実環境特性変動試験を実施するにあたり、その設置先は日本全国の様々な地域を選定し、また、建物構造、建築時期、家族構成等の環境を加味して実施した。また、温湿度のデータ並びに環境ガスとの感度変動の相関解析を実施した。

設置先環境別のセンサー感度変動については、著しい差は認められなかったが、一戸建住宅と集合住宅では経年的な変動に差が認められた。また、温湿度環境における感度変動については、僅かに湿度因子の相関があることが分かった。環境ガスの影響については、特定のガス種において相関が認められた。詳細は非公開原簿に記載する。

### Ⅲ-2.3.6.2.2.5 実環境特性変動試験の成果活用

実環境特性変動試験の結果をフィードバックし、センサー性能向上を図る改善として、ヒーター保護膜や構造の工夫を施した。詳細は非公開原簿に記載する。

### Ⅲ-2.3.6.2.2.6 加速評価技術の構築

本研究のセンサーにおける加速評価に関わる技術確立を実施するため、センサーの劣化モード毎にその影響度を分類し、その後、各種の評価を通じて加速係数を求めた。詳細は非公開原簿に記載する。

### Ⅲ-2.3.6.2.2.7 JIA 都市ガス用ガス警報器検査規定評価

本研究の実施事項である都市ガス用ガス警報器検査規定（JIA E 001-07）の評価において、センサー関連の項目について実施し、規定を満足する性能であることを確認した。

### Ⅲ-2.3.6.2.2.8 本研究における当初目標と成果のまとめ

実環境特性変動試験結果をフィードバックし、センサー材料、構造等の改善に取り組み、劣化モードの分類から5年後のセンサーの感度劣化推定モデルを構築した。5年後の感度劣化を考慮しても、都市ガス用ガス警報器検査規定は満足することを確認した。詳細は非公開原簿に記載する。

### Ⅲ-2.3.6.3 成果の意義

本研究開発は、従来では困難とされてきた高い信頼性を有しつつ電池で長期間駆動する超低消費電力メタンガスセンサーを開発することを目的とした。実用化技術開発においては、低消費電力のコア技術として低熱容量のマイクロヒーターを作製し、ガス検知方式は接触燃焼式を採用したセンサー開発を推進した。開発当初のプロトタイプセンサーを実環境特性変動試験に投入し、得られたデータからセンサーの改善検討を実施し、ガス感度の増大、雑ガス選択性の向上等を図り、最終的に、消費電力の0.1 mW以下のセンサーを開発し、加速評価から5年の寿命に目処を付けることができた。この成果は世界初の技術であり、今後ガス警報器として新規開発する場合、センサーにかかる消費電力はリチウム電池1本分の設計が可能となる。

低消費電力ガスセンサーが開発できたことで、市場ニーズであるコードレス化により、「設置美観の向上」、「施工性の向上」等の効果で警報器設置率は向上していくと考えられ、自社内で生産する警報器についても電池式に変更していく予定である（自社内で生産する警報器は都市ガス用で30万台、LPG用で100万台程度ある）。現在の都市ガス用警報器は半導体式センサーを主に搭載しているが、電池式に対応するセンサーが無く、新規の電池式警報器には本開発成果を導入可能である。また都市ガス用警報器だけでなく、LPG用警報器にもこの技術の応用が可能である。LPG用センサーは都市ガス用センサーからフィルター材を交換することで比較的簡単に反映が可能である。

また、近年は燃料電池用の水素漏洩センサーや吸着燃焼技術を応用したVOCセンサーとしての需要も期待できる。生産数量が増えることにより、センサーのプラットフォームもより安価になり、低コスト市場への要求に応えることが可能となる。

最後に、本開発品と競合するセンサーは半導体式センサーとなるが、現時点において都市ガス用センサーとして市販されているものは無いため比較ができていない。市販レベルのものが入手できる状況になれば、品質とコスト面の比較を行った上で、市場ニーズに合わせた警報器開発を実施していきたいと考えている。

#### Ⅲ-2.3.6.4 成果の普及

本研究開発で出願した特許は以下の通りである。

- ①出願番号：特開 2010-256172 出願日 2009 年 4 月 24 日  
名 称：接触燃焼式ガスセンサーを用いた検出装置およびその温度補正方法  
状 況：公開
  
- ②出願番号：特開 2011-133290 出願日 2009 年 12 月 24 日  
名 称：ガス検出装置  
状 況：公開

また、学会発表、展示会としての成果は以下の通りである。

- ①第 51 回化学センサシンポジウム (2011 年 3 月 31 日)  
〔特別講演 2〕ガス警報器の現状と課題  
発表者：石黒義昭
  
- ②電気化学会第 79 回大会 (2012 年 3 月 29 日～31 日)  
題目 MEMS 接触燃焼式ガスセンサー

## IV. 実用化・事業化の見通しについて

### IV-1. 実用化、事業化の見通し

#### IV-1.1 成果の実用化、事業化の可能性

各機関が開発した新規センサーの実用化検討状況を図IV-1に示す。いずれの機関も電池駆動が可能なレベルの超低消費電力化、実用レベルの信頼性の確保に目途が得られたため、サンプル出荷や量産検討などの実用化に向けた検討を開始しており、実用化に向けた検討が着実に進行している。各社とも1、2年後の上市を目指し、開発を進めている。

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。

図IV-1 成果の実用化、事業化の状況

#### IV-1.2 事業化までのシナリオ

実用化・事業化のイメージを図IV-2に示す。まずは、本プロジェクトでの第一目標であるガス警報器用のセンサーやガス警報器としての実用化が想定される。その市場規模は、都市ガス警報器として1,250万台（2020）の需要が見込まれ、国内市場として510億円／年が見込まれる。電池駆動の実現により、意匠性や設置容易性が高まることによる普及率の向上、現在主流のAC式から電池駆動式への置き換えにより普及が進むものと考えられる。

その他にも、電池駆動の実現により、火災報知器、ガス・石油器具の安全装置など、これまで搭載できなかった新たな用途展開の可能性も考えられる。火災報知器については、2011年時点で、3,470万世帯に普及しており、それらにメタン、COセンサーが搭載される可能性が考えられる。また、本体と給湯部が一体化している元止湯沸器は、2011年時点で、50万台/年の需要があり、それらにメタン、COセンサーが搭載される可能性がある。ガスコンロは、2011年時点で、400万台/年の需要があり、それらにメタン、COセンサーが搭載される可能性がある。

### 都市ガス警報器



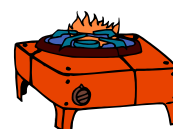
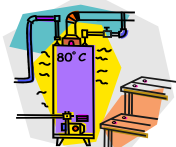
国内：510億円/年  
 (都市ガス警報器 1250万台(2020))  
 → AC式から電池駆動式への置き換え。  
 意匠性、設置容易性による普及率の向上。

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)



主流は、  
電池駆動



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

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>

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-jisiseki/pdf/jgka-hanbaijiseki-2012.pdf>

▶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。

図IV-2 実用化、事業化のイメージ

### IV-1.3 波及効果

本プロジェクトにて開発した波及効果について、図IV-3にまとめた。本プロジェクトにて開発したMEMS技術、省電力アルゴリズムなどの省電力化技術、信頼性改良技術については、他の既存ガスセンサーなどへの応用が可能と考えられる。

今回開発したセンサーの大幅な省電力化により消費電力が大幅に削減され、15,000k1/年の石油削減効果(都市ガス警報器のみ)が期待できる。

また、都市ガス警報器の普及によるガス、CO中毒事故の低減による安全安心に大いに貢献するものと思われる。

### 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。

図IV-3 波及効果

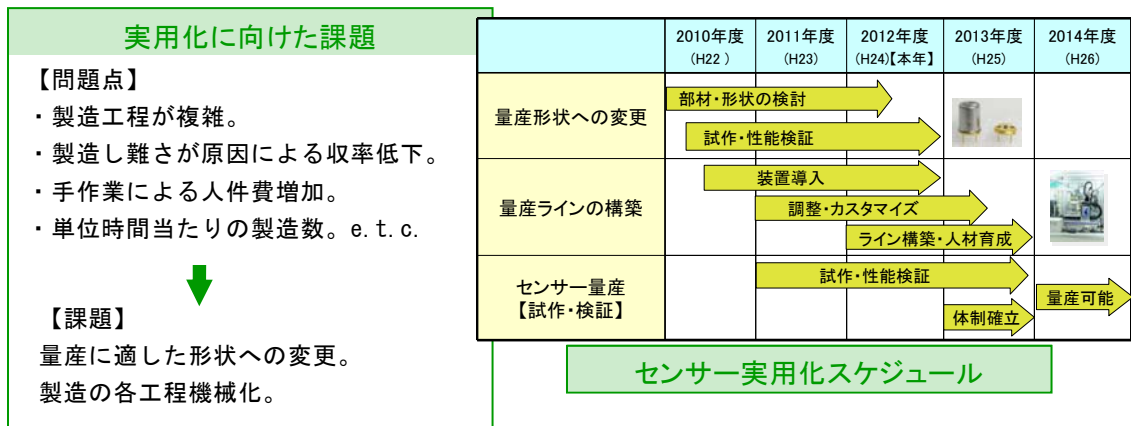
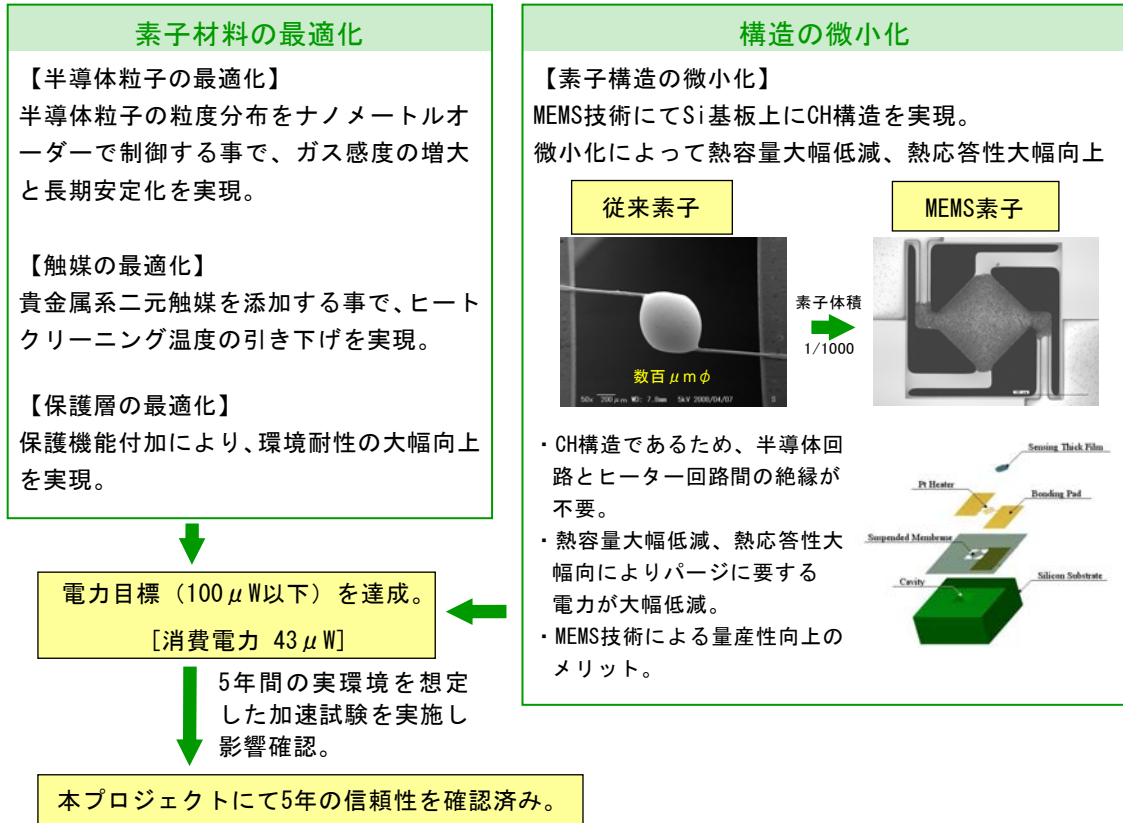



#### IV. 実用化・事業化の見通しについて

##### IV-2 実用化技術における実用化・事業化の見通し

##### IV-2.1 半導体式 CO センサーの開発（助成先：新コスモス電機株式会社）

ナノ制御技術を活用した素子材料の最適化と、MEMS技術による素子構造の微小化によって、電力の大幅低減を実現した。




➡
 2014(平成26)年コードレス警報器実用化 ⇒ 2020年に約100万台規模/年の販売を想定

**【波及効果】**  
 火災検知、機器組み込みセンサー、携帯用検知器、他センサーへのMEMS技術の応用、省エネ効果、二酸化炭素排出量削減効果

本プロジェクトの成果により実用化の目処が得られたため、量産プロセス構築などの実用化検討ステージに移行した。残された課題としては量産技術確立による製造コストの引

下げ等あるが、2013（平成 25）年を目処に開発終了する見込みで、コードレス警報器として 2014（平成 26）年の上市を予定している。

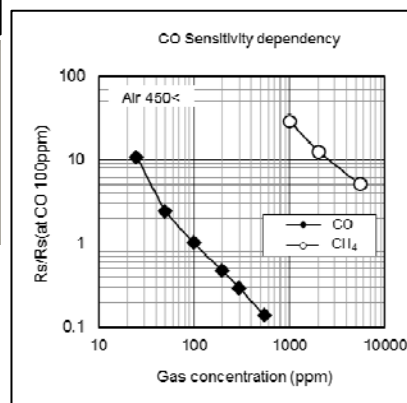
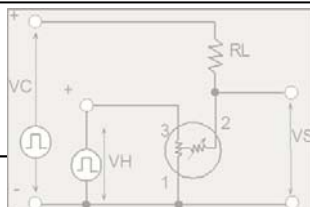
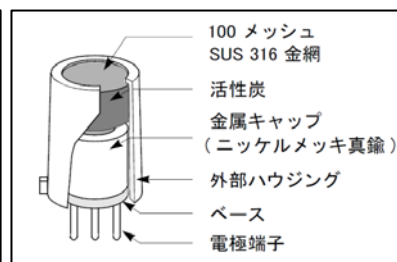
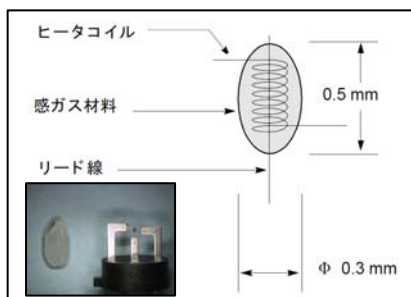
#### IV. 実用化・事業化の見通しについて

##### IV-2 実用化技術における実用化・事業化の見通し

##### IV-2.2 半導体式 CO センサーの開発（助成先：エフアイエス株式会社）

当社の保有する熱衝撃性に優れた小型ビーズ形状の半導体式 CO センサーの構造を基に、センサーを間歇加熱で駆動し、非加熱期間で CO を検知する方式を検討した。精度良く CO を検知出来るように感ガス材料を工夫したことで、家庭用 CO 警報器の要求仕様を満足し、消費電力 0.01mW の電池駆動可能な超低消費電力の半導体式 CO センサーを実現した。

項目	仕様
検出方式	半導体式
検出ガス	CO
消費電力	0.01mW
検出間隔	20秒毎
寿命	5年以上
使用温度範囲	-40°C~50°C
性能	JIA検査規定を満足
価格	従来センサと同レベル

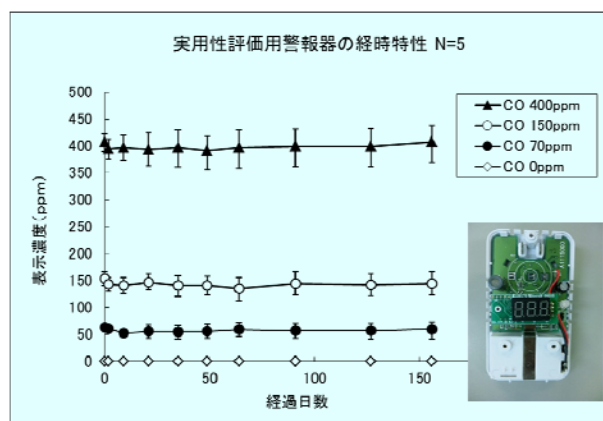


本開発センサーの実用性を確認するため、CO 警報器を作成した。この CO 警報器の消費電力は 0.06mW と警報器としても低消費電力であることを確認した。

また、JIA 検査規定などの警報器検定を満足し、実環境での経時評価も良好な結果である。

既存の製造工程・設備、及び品質体制を利用できるので、早期に製造・販売が開始可能と考えており、平成 25 年に上市を目指している。

開発センサーは加熱期間においてメタンを検知できる。現在のところ、家庭用ガス警報器の規定に適合しないが、産業用途などへ電池駆動 CO・メタンワンセンサーとしても開発を進め、本開発を波及させる。



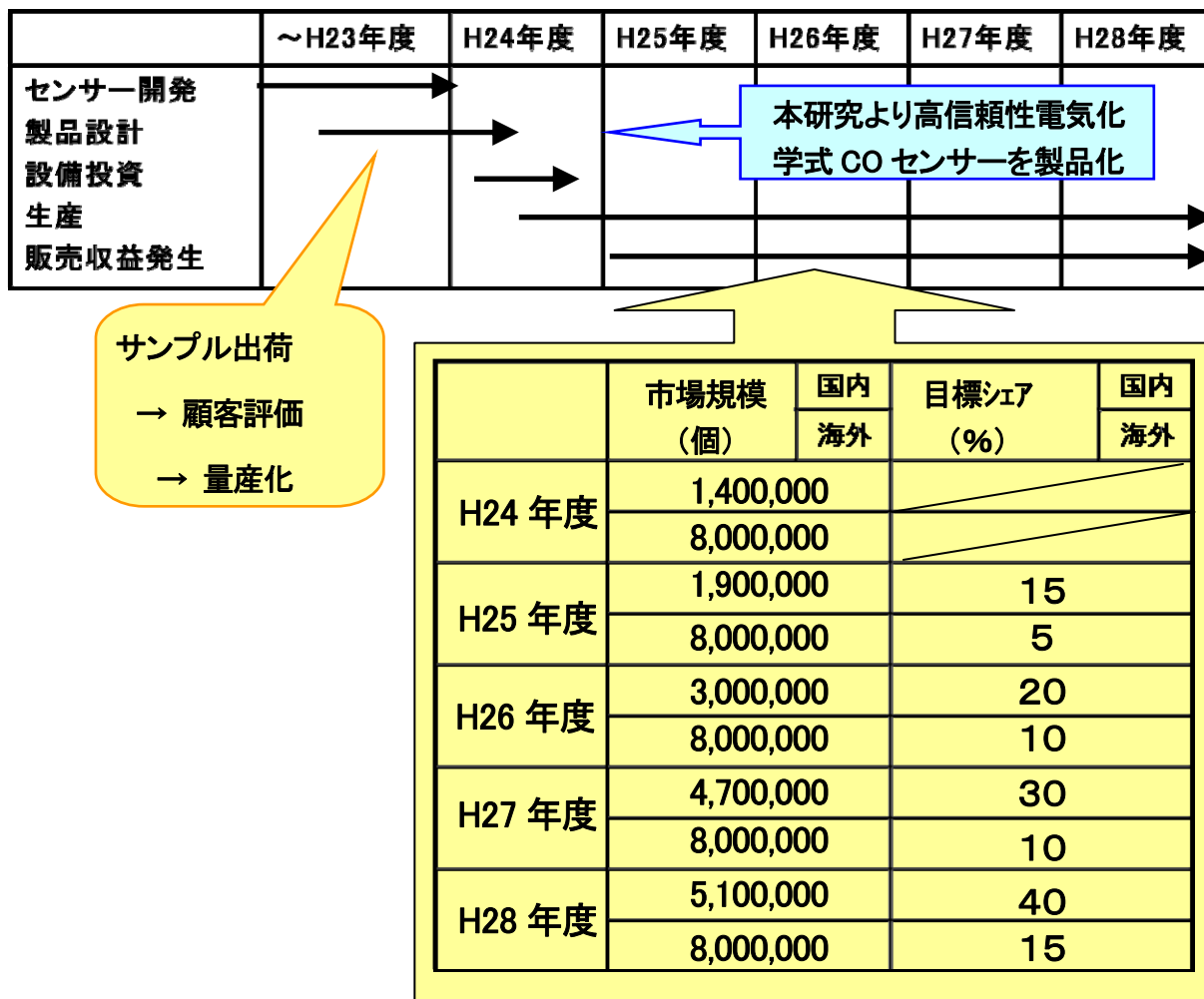
#### IV. 実用化・事業化の見通しについて

##### IV-2 実用化技術における実用化・事業化の見通し

##### IV-2.3 電気化学式COセンサーの開発（助成先：株式会社ネモト・センサエンジニアリング）

表IV-2.3-1に事業化のロードマップを示す。

表 IV-2.3-1 事業化のロードマップ



今回のプロジェクトにより開発された民生用電気化学式COガスセンサー「NAP-508」は民生用電気化学式ガスセンサーとしては世界最小、最軽量であり、世界で唯一直接半田実装が可能である。

最終目標である超低消費電力化、長寿命化、JIA規定の対応は本プロジェクトによりほぼ達成された。

更なる課題としては加速評価法をさらに追求し、更なる長寿命化を確認する。また、更なるコストダウンなどを検討し、コードレスで設置可能なガス警報器用センサーを実用化する。

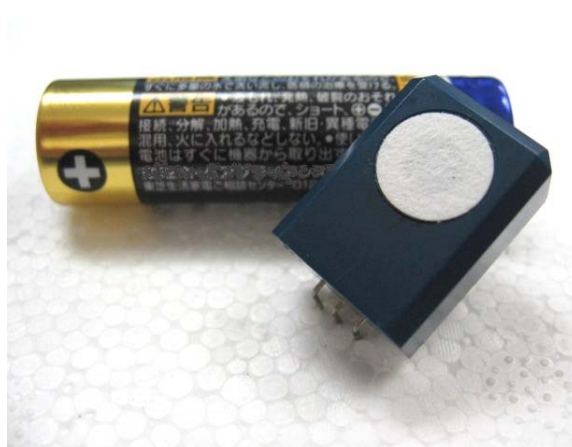


図 IV-1 NAP-508

#### IV. 実用化・事業化の見通しについて

##### IV-2 実用化技術における実用化・事業化の見通し

##### IV-2.4 電気化学式COセンサーの開発（助成先：フィガロ技研株式会社）

- ガス拡散孔による拡散制御により、CO濃度と出力電流との比例関係を成立。
- シンプルな2極構造、弱アルカリ性電解質の使用により低コスト化実現可能。

#### 電気化学式センサーの反応式

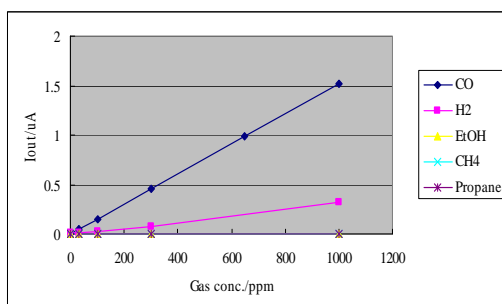
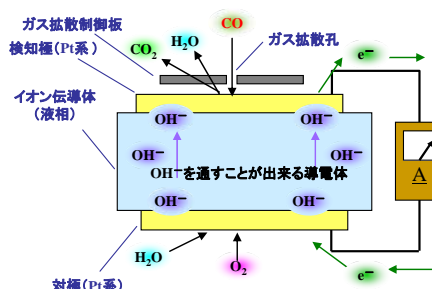
##### <検知極>



##### <対極>



##### <全反応>



本センサーのガス感度特性

#### 本センサーの特徴

1. 小型、消費電力ゼロ(センサー単体)
2. 広範囲のCO濃度まで検知可能
3. 高精度、高選択性(濃度に対してリニア出力)
4. 弱アルカリ性電解質(硫酸タイプに比べて安全)
5. 電池の封止技術を応用して低コスト化を実現

図IV-2.4.-1 センサー原理と特徴

対象センサーは液膜二極式の電気化学セルを用いた構成で、小型化とセンサー周辺回路を含めた消費電力が0.1mW以下を実現でき、電池駆動型警報器を5年以上駆動させることが可能となった。センサーの特徴として、ガス拡散孔を絞ることでCO流入量を制御してCO濃度と出力電流とをリニア出力させながら、水素ガスのような干渉ガスの影響を抑制させている。また従来技術の硫酸式電気化学センサーとは異なり、弱アルカリ性電解質を用いて貴金属触媒量を減らすことでコスト低減の実現に目処を付けた。さらにシンプルな2極構造を採用することで汎用電池の封止技術を応用することが可能となり、低コスト化と信頼性向上が達成できた。

今後は本プロジェクトで実施した信頼性向上のためのセンサー改良技術を、量産化レベルに引き上げることで、寿命5年以上の信頼性を有しながら低コスト化を実現したセンサーを目指していく予定である。その実現のためには、当社が持つ既存ラインを活用しながら諸課題を解決して早期の量産化を達成し、H25年度中の上市と収益の黒字化を見込む。

■ 既存量産ラインも活用し、早期に量産立ち上げ可能。

年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度
センサー工程設計	→				
品質管理工程の確立	→				
製造(既存ライン)					
増産・低コスト化					→
販売					→

年100万個  
レベル量産  
可能

年600万個  
生産

図IV-2.4.-2 事業化スケジュール

#### IV. 実用化・事業化の見通しについて

##### IV-2 実用化技術における実用化・事業化の見通し

##### IV-2.5 半導体式メタンセンサーの開発（助成先：富士電機株式会社）

当初の計画通り、実環境特性変動試験で得られた基礎データおよび分析結果に基づき、センサーの改良と加速評価条件確立を進めた。そして、そこで得られた改良センサーを確立した加速試験条件で評価することで、改良効果が確認でき、5年間の信頼性の目処付けができた。

一方、メタンセンサーの開発と平行して、このセンサーを搭載したコードレス都市ガス警報器の検討を進めている。現在、基本設計（回路含む）を完了し、図IV-2.5-1のような試作機を作製し警報器としての評価を開始している。

今後、本メタンセンサーの量産化を早期に実現し、都市ガス用ガス警報器の普及を図り、ガスの安全利用に貢献していく所存である。



図IV-2.5-1 ガス警報器の外観

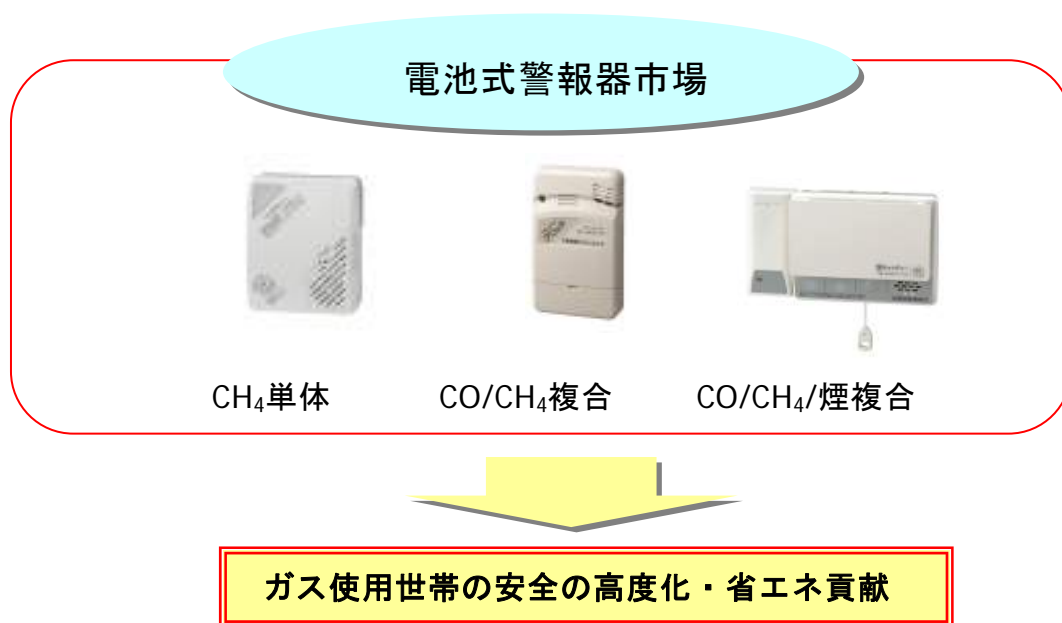
実用化に向けての課題と解決方針、実用化・事業化のシナリオ（市場動向について、実用化・事業化計画、売上・損益の見通し）、波及効果、等の詳細は非公開原簿に記載。

#### IV. 実用化・事業化の見通しについて

##### IV-2 実用化技術における実用化・事業化の見通し

##### IV-2.6 接触燃焼式メタンセンサーの開発（助成先：矢崎エナジーシステム株式会社）

本開発センサーは、接触燃焼式原理を用い、MEMS 技術で作製したマイクロヒーターを持つ超小型のメタンガスセンサーである。接触燃焼式センサーの特徴は、ガス濃度に比例した直線的な出力が得られ、回路構成が比較的簡単に設計できる点にある。市場としては、家庭用の都市ガス警報器に搭載されるセンサーであり、メタン単体型をはじめ、一酸化炭素センサーとの複合警報器、更には火災センサーを合わせた複合警報器に応用可能である。



#### 製品化スケジュール

実施項目	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度
・改善センサー評価	→				
・モニター		→		○	
・信頼性評価(作製ロット別)		→			
・警報器開発			→		
・生産準備			→		
・量産試作				→	
・量産					◎

開発センサーは、最終目標である消費電力 0.1mW 以下、寿命 5 年以上をほぼ達成できる見通しである。残された課題としては、製造コストの削減、市場モニター結果の確認等があるが、2013 年度には開発が終了できる見込みである。この成果を用いることにより、メタンセンサーの省電力化が可能となり、コードレスで設置可能なガス警報器が実現できる。現在、センサーの開発と平行して量産化の検討も進めており、2015 年度には市場投入する予定である。



## V . 成果資料

### V -1. 論文一覧表

#### V -1.1 日本ガス協会

なし。

#### V -1.2 新コスモス電機株式会社

なし。

#### V -1.3 エフアイエス株式会社

なし。

#### V -1.4 株式会社ネモト・センサエンジニアリング

なし。

#### V -1.5 フィガロ技研株式会社

なし。

#### V -1.6 富士電機株式会社

なし。

#### V -1.7 矢崎エナジーシステム株式会社

なし。

### V -2. 学会発表等一覧表

#### V -2.1 日本ガス協会

No	掲載紙	年月日	内容
1	都市ガスシンポジウム（東京）	2008年 6月	次世代高信頼性ガスセンサー技術開発

2	都市ガスシンポジウムアネックス (函館)	2008年 10月	次世代高信頼性ガスセンサー技術開発
---	-------------------------	--------------	-------------------

#### V-2.2 新コスモス電機株式会社

なし。

#### V-2.3 エフアイエス株式会社

No	掲載紙	年月日	内容
1	Chemical Sensors, Vol. 26 Supplement A (2010)	2010/3/31	小型ビーズ形状の半導体ガスセンサのVI特性
2	Chemical Sensors, Vol. 28 Supplement A (2012)	2012/3/31	電池駆動半導体式COセンサの検知機構

#### V-2.4 株式会社ネモト・センサエンジニアリング

No	掲載紙	年月日	内容
1	Sensor+Test 2007 展	2007年 5月	ドイツ Neurnberg Weltweit gibt es keine vergleichbare Plattform, die einen solch intensiven Innovationsdialog zwischen Anbietern von Sensorik, Mess- und Prüftechnik und Anwendern aus allen wichtigen Industriebranchen bietet.
2	Sensor+Test 2009 展	2009年 5月	ドイツ Neurnberg Weltweit gibt es keine vergleichbare Plattform, die einen solch intensiven Innovationsdialog zwischen Anbietern von Sensorik, Mess- und Prüftechnik und Anwendern aus allen wichtigen Industriebranchen bietet.
3	Miconex 展	2009年 8月	中国 上海 国際計測機器展として、世界的にも大規模な計測機器の展示会
4	China Sourcing Fair	2009年 10月	香港 香港最大級のセキュリティ展

5	パテントソリューションフェア2009	2009年 11月	知財活用で企業の未来を照らす
6	Sensor+Test 2010 展	2010年 5月	ドイツ Neurnberg Weltweit gibt es keine vergleichbare Plattform, die einen solch intensiven Innovationsdialog zwischen Anbietern von Sensorik, Mess- und Prüftechnik und Anwendern aus allen wichtigen Industriebranchen bietet.
7	Miconex 展	2010年 9月	中国 北京 国際計測機器展として、世界的にも大規模な計測機器の展示会
8	China Sourcing Fair	2010年 10月	香港 香港最大級のセキュリティ展
9	化学センサ研究会	2011年 1月	各種燃焼機器の高度安全化に対するガスセンサの役割
10	Hong Kong Electronics Fair	2011年 4月	香港 世界的にも大規模な電気機器展
11	Sensor+Test 2011 展	2011年 5月	ドイツ Neurnberg Weltweit gibt es keine vergleichbare Plattform, die einen solch intensiven Innovationsdialog zwischen Anbietern von Sensorik, Mess- und Prüftechnik und Anwendern aus allen wichtigen Industriebranchen bietet.
12	Miconex 展	2011年 8月	中国 上海 国際計測機器展として、世界的にも大規模な計測機器の展示会
13	China Sourcing Fair	2011年 10月	香港 香港最大級のセキュリティ展
14	中国西部国際装備 製造業博覧会	2012年 3月	中国 西安 中国西部地区大規模製造業展

15	Sensor+Test 2012 展	2012年 5月	ドイツ Neurnberg Weltweit gibt es keine vergleichbare Plattform, die einen solch intensiven Innovationsdialog zwischen Anbietern von Sensorik, Mess- und Prüftechnik und Anwendern aus allen wichtigen Industriebranchen bietet.
----	-----------------------	-------------	--

#### V-2.5 フィガロ技研株式会社

No	掲載紙	年月日	内容
1	都市ガスシンポジウム	2009年6月10日	電池駆動式都市ガス警報器用COセンサーの開発
2	電気化学センサー研究発表会	2010年9月3日	液膜二極式COセンサー検知機構の電気化学的解析
3	電気化学センサー研究発表会	2010年9月3日	液膜二極式COセンサーの電解液膜機能の自己診断手法の開発
4	大阪ガスグループ みらい共創フェア	2011年9月13日	電池駆動ガスCO警報器

#### V-2.6 富士電機株式会社

No	掲載紙	年月日	内容
1	第22回マイクロマシ ン/MEMS展	2011年7月 13日～15日	コードレスガス警報器およびMEMSメタンセンサーのポスターおよびサンプルの展示。
2	都市ガスシンポジウム2012	2012年6月 15日	MEMSメタンセンサーのポスター展示。
3	第23回マイクロマシ ン/MEMS展	2012年7月 11日～13日	コードレスガス警報器およびMEMSメタンセンサーのポスターおよびサンプルの展示。
4	第15回 XAFS討論会	2012年9月 10日	触媒の構造解析についての口頭発表。

#### V-2.7 矢崎エナジーシステム株式会社

No	掲載紙	年月日	内容
1	第51回化学センサ シンポジウム予稿	2011年3月 31日	題目 「ガス警報器の現状と課題」 電池駆動型センサー開発の一例としてMEMS型

	集		のメタンセンサーを紹介
2	電気化学会第79回 大会	2012年3月 29日～31日	ポスター展示 「MEMS接触燃焼式ガスセンサー」 センサー原理とサンプル展示
3	都市ガスシンポジ ウム	2012年6月 15日	ポスター展示 「マイクロメタンセンサー」 センサー原理とサンプル展示

### V-3 その他外部発表一覧表（招待講演、解説記事、新聞発表等）

#### V-3.1 日本ガス協会

なし。

#### V-3.2 新コスモス電機株式会社

なし。

#### V-3.3 エフアイエス株式会社

なし。

#### V-3.4 株式会社ネモト・センサエンジニアリング

なし。

#### V-3.5 フィガロ技研株式会社

なし。

#### V-3.6 富士電機株式会社

No	発表日	著者	所属	題名	雑誌等 の名称	巻・号・ ページ	査 読
1	2011年 9月1日	鈴木卓 弥 相馬伸 一 長瀬徳 美	富士電機 株式会社	コードレス都 市ガス警報器 用メタンセン サ	富士時報	84巻・4号・ 278頁	無

2	2012年 1月1日	鈴木卓 弥	富士電機 株式会社	技術成果と展 望－計測・セ ンサ 6. コ ードレス都市 ガス警報器用 メタンセンサ	富士時報	85巻・1号・ 54頁	無
---	---------------	----------	--------------	---	------	----------------	---

V-3.7 矢崎エナジーシステム株式会社

なし。

V-4. 出願特許一覧表

V-4.1 日本ガス協会

なし。

V-4.2 新コスモス電機株式会社

なし。

V-4.3 エフアイエス株式会社

No	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	エフアイ エス (株) 大阪瓦斯 (株)	特願 2009- 103453	国内	2009/4/ 21	公開	ガス検出装置、 このガス検出装 置を備えた燃焼 機器 及びガス警報器	宮藤他
2	エフアイ エス (株) 大阪瓦斯 (株)	特願 2009- 103454	国内	2009/4/ 21	公開	ガス検出装置、 このガス検出装 置を備えた燃焼 機器 及びガス警報器	宮藤他
3	エフアイ エス (株) 大阪瓦斯	特願 2012- 67295	国内	2012/3/ 23	公開	ガス検出装置	松本他

	(株)						
4	エフアイ エス (株) 大阪瓦斯 (株)	特願 2012- 67296	国内	2012/3/ 23	公開	ガス検出装置	松本他

#### V-4.4 株式会社ネモト・センサエンジニアリング

No	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	根本特殊 化学(株)	特願 2002- 284433	国内	2002/9/ 27	登録	電気化学式ガス センサ	前野起男 中野裕美
2	根本特殊 化学(株)	特願 2003- 271793	国内	2003/7/8	登録	電気化学式ガス センサ装置	前野起男 三浦章宏

#### V-4.5 フィガロ技研株式会社

No	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	フィガロ 技研(株) 大阪ガス (株)	特願 2009- 253424	国内	2009/11 /4	出願	インピーダンス から水枯れの前 兆を検出する発 明	井上他
2	フィガロ 技研(株) 大阪ガス (株)	特願 2010- 1378	国内	2010/1/6	出願	ベース電圧から 拡散孔の穴詰ま りを検出する発 明	井上他
3	フィガロ 技研(株) 大阪ガス (株)	特願 2010- 1379	国内	2010/1/6	出願	インピーダンス から穴詰まりを 検出する発明	井上他
4	フィガロ 技研(株) 大阪ガス (株)	特願 2010- 1380	国内	2010/1/6	出願	CO 高濃度曝露に よる感度低下を 改善する発明	井上他
5	フィガロ 技研(株) 大阪ガス	特願 2010- 1381	国内	2010/1/6	出願	3 極式センサー の電極構造に関 する発明	井上他

	(株)						
6	フィガロ 技研(株) 大阪ガス (株)	特願 2010- 87091	国内	2010/4/5	出願	活性炭フィルタ ーの固定方法に 関する発明	井上他
7	フィガロ 技研(株) 大阪ガス (株)	特願 2010- 91902	国内	2010/4/ 13	出願	ガスケット材料 またはシール方 法に関する発明	井上他
8	フィガロ 技研(株) 大阪ガス (株)	特願 2010- 104837	国内	2010/4/ 30	出願	ガス拡散制御用 の小孔周辺の疎 水性膜に関する 発明	井上他
9	フィガロ 技研(株) 大阪ガス (株)	US Patent No. 13/094374	PCT	2011/4/ 26	出願	インピーダンス から穴詰まりを 検出する発明	井上他

#### V-4.6 富士電機株式会社

なし。

#### V-4.7 矢崎エナジーシステム株式会社

No	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	矢崎総業 (株)	特願 2009- 106599	国内	2009/04/ 24	公開	ガス検出装置及 びガス検出装置 の温度補正方法	波多野他
2	矢崎総業 (株)	特願 2009- 291748	国内	2009/12/ 24	公開	ガス検出装置	松尾肇



## 事前評価書

作成日		平成20年1月15日
1. 事業名称	次世代高信頼性ガスセンサー技術開発 (燃料技術開発プログラム・革新的部材産業創出プログラム)	
2. 推進部署名	ナノテクノロジー・材料技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要</p> <p>一酸化炭素 (CO) 中毒やガス漏れ等のガス事故を限りなくゼロに近づける効果的な手段の一つとして、高い信頼性を有し、かつ電池で長期間駆動可能な CO センサーとメタンセンサーを開発対象とする。不完全燃焼や都市ガスの漏洩を検出するこれらのガスセンサーは、誤作動が許されないという使用上の特性のため、非常に高い信頼性が求められ、かつ不具合発生時のリコール費用や社会的信用面でのリスクが大きいため、国家プロジェクトによる研究開発が求められている。そのため、CO センサーやメタンセンサーについて、ナノレベルでのメカニズム解析 (性能支配因子の解明等) 及び開発設計を行うことで、革新的な次世代高信頼性ガスセンサーの開発を目標とする。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費 約 9 億円 (平成 20 年度事業費 約 1 億円)</p> <p>(3) 事業期間：平成 20 年度～23 年度 (4 年間)</p>	
4. 評価の検討状況		
<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>ガスの安全に対する非常に厳しい社会的認識に対して、CO 中毒やガス漏れ事故を限りなくゼロに近づける必要がある。その対策として、ガス警報器を普及させることが効果的であるが、現在普及しているガス警報器は AC100V 仕様であり、設置性・施工性の制約等から普及が進んでいないのが現状である。一方で条例化により近年普及している住宅用火災警報器ではその 80%以上がコードレス (電池式) であることから、高度な信頼性を担保しつつ、省電力技術により電池駆動可能なセンサーを実現することはその普及促進に大きな効果が期待できる。</p> <p>長期間、高い信頼性を保つ電池駆動可能な CO センサーやメタンセンサーの開発は、これまでの技術の延長線上では実現不可能であり、開発設計段階から分子レベルでのメカニズム解析やナノテクノロジーなどの最先端の技術を導入した革新的なセンサーを開発する必要があり、その開発のリスクは非常に高い。一方で、大量普及を目的とした新たな安全装置は絶対に誤作動が許されないという特性上、非常に高い信頼性の実現が求められ、万が一の故障や不具合発生時のリコール費用や社会的信用面でのリスクが大きく、メーカー任せでは開発が進展しない恐れがある。</p> <p>本開発は、基礎的・基盤的性格を有することから、瞬間湯沸器等のガス機器へ搭載する雰囲気検知を目的としたガスセンサーの開発など、警報器以外の形態での不完全燃焼警報機能やガス遮断機能の実現等の波及効果も期待できることから、その開発意義は非常に高いと考えられる。</p>		

## (2) 研究開発目標の妥当性

[目標]

### 【共通基盤技術】[委託事業]

研究開発項目①：次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明

多種多様な実環境における各ガスセンサーの特性変化を抽出する実環境特性変動試験手法の開発、実環境特性変動試験を通じた特性変化要因の分析等の高信頼性ガスセンサー開発のための基盤技術を構築し、次世代ガスセンサーに適した材料設計指針を明らかにする。

達成目標

・各種検知原理に基づくメタン及びCOセンサーの特性変化の要因及びその影響度を解析するとともにメカニズムを解明する。

研究開発項目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

実環境特性変動試験において収集した多量のデータを分析し、複数の方式のメタンセンサー及びCOセンサーについて、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子の解明等を行い、長期信頼性の加速評価のための基盤技術を確立する。

達成目標

・長期信頼性の加速評価のための基盤技術を確立する。

### 【実用化技術】[助成事業（1/2助成）]

研究開発項目③：超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

最新のナノテクノロジーやマイクロマシン技術を駆使して、超低消費電力高信頼性メタンセンサー及びCOセンサーを開発する。その際、共通基盤技術開発と密接な連携をとって、実環境特性変動試験の計測データや分析結果をセンサー開発に反映させ、併せて、加速評価基盤技術に基づき各センサーに適した長期信頼性の具体的加速評価条件を決定し、開発したセンサーの効果検証も行う。また、各々のガスセンサーを現行ガスセンサーと同等以下のコストで製造する方法を開発する。さらに、ガス警報器設計に向けたシステム化のベース技術も開発する。

達成目標

- ・0.1mW以下の超低消費電力を実現する。
- ・加速評価によって、寿命5年以上の目途をつける。
- ・「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」(JIA F 039-06)を満足する(COセンサー)。
- ・「都市ガス用ガス警報器検査規程」(JIA E 001-07)を満足する(メタンセンサー)。

[妥当性]

今回の開発の目的は、電池駆動でAC電源仕様と同等以上の性能を持つガスセンサーを開発することにある。電池駆動を実現するためには、センサー材料のナノレベルでの構造変更や製造方法の開発を行わなければならない、かつ寿命5年以上という高い信頼性を、現在の数千分の1の消費電力で実現することが求められている。さらに、実環境特性変動試験において収集した多量のデータから特性変化要因を解明し、長期信頼性の加速評価のための基盤技術を確立する。

非常に高い目標設定であると考えられるが、ガス警報器を実用化させ普及を加速させる上で必須の事項であるため、妥当である。

## < 参考資料1 >

<p>(3) 研究開発マネジメント</p> <p>公募を実施し、最適な研究開発体制を構築する。また、必要に応じ外部有識者で構成される技術推進委員会を設置して進捗確認をし、情勢変化に対応した実施内容や体制の見直しを随時実施する。</p>
<p>4) 研究開発成果</p> <p>本プロジェクトで開発される、電池駆動を実現しながら高い信頼性を持つ CO センサー及びメタンセンサーは、確実に不完全燃焼や都市ガスの漏えいを検出し、かつ手軽に設置できる電源コード不用のガス警報器 (CO 及びメタンの複合検知) の早期実用化に資する。現在の都市ガス事業者管内で 250 万台以上の普及促進に寄与することが期待される。また、2030 年における省エネ効果は、消費電力の少ないガス警報器が普及することを見込んで、およそ 157,000MWh/年 (原油換算 14,000kl/年) と推定される。</p>
<p>(5) 実用化・事業化の見通し</p> <p>本プロジェクトで基礎技術を検証した後、量産化技術の確立を経て、数年内に確実に製品として実用化・事業化できることが期待できる。本事業の成果を適用することによって期待される 2020 年頃の市場規模は、およそ 510 億円/年と見込まれる。</p>
<p>(6) その他特記事項</p> <p>特になし。</p>
<p>5. 総合評価</p> <p>本プロジェクトの技術開発目標のハードルは極めて高く、かつ非常に高い信頼性が求められるという社会的要求を満たすためには、メーカー単独ではリスクが大きく開発が進展しない可能性が高いため、国家プロジェクトとして取り組む必要がある。そのため、NEDOの実施する事業として適切であると判断する。</p>

「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発基本計画(案)」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成20年3月24日  
NEDO技術開発機構  
ナノテクノロジー・材料技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画(案)に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。  
お寄せいただきましたご意見を検討し、別添の基本計画に反映させていただきました。  
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間  
平成20年2月12日～平成20年2月21日
2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>  
計1件
3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
1. 研究開発の目的		
(2)研究開発の目標		

<p>[意見1]</p> <p>本計画の目標設定は高すぎて到底数年の技術開発期間で達成不可能なものではないかと考えます。</p> <p>例えば、消費電力0.1mWのメタンセンサーを作るという目標があります。しかし、高性能断熱材(熱伝導率10mW/mK)の中に浮かんでいる半径200ミクロンのセンサー(電極を含む熱的に一体化した一切)を仮定し、動作温度を300°Cとすると、単なる積分で必要な発熱量は約5mWとなる。5mWは、導線から逃げる熱や対流伝熱を除外した値なので0.1mWの目標の達成は理論的には不可能ではないが、少なくとも現状のナノマシニングの技術の延長線上で達成できないことは明らかである。</p> <p>また、寿命の予測について言えば現実に5年間の劣化のモデルがあつて初めて加速試験の妥当性が検証できるのだから、これから開発する従来のセンサーの性能を大きく超える新しいセンサーの寿命を加速試験で予測することは、自然科学の方法論で言えば不可能であると言わざるを得ないと考えます。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>本プロジェクトの目標である</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•0.1mW以下の超消費電力を実現する。</li> <li>•加速評価によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。</li> </ul> <p>の二点は、非常に高い目標設定であると考えられるが、一酸化炭素中毒やガス漏れ等のガス事故を限りなくゼロに近づけるための効果的な手段として、高信頼性ガス警報器を実用化させ普及を加速させる上で必須の事項であり、同時に、様々な技術進歩を活用することによって解決することが可能と期待されます。</p> <p>これらの課題を解決可能な新規技術開発アプローチを提案いただくことを期待しております。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし</p>
--	--	---------------------------------

以上

## ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

このプログラムは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的とする。

### 2. 政策的位置付け

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

<参考資料2>

「ナノテクノロジー・材料分野」は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（重点推進4分野）の一つに指定、優先的に資源配分することとされている。

- ・ 我が国の材料技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまでの全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている。

「イノベーション25」（2007年6月閣議決定）

- ・ 「ナノテクノロジー・材料分野」は、中長期的に取り組むべき課題として、「1.生涯健康な社会形成」、「2.安全・安心な社会形成」、「4.世界的課題解決に貢献する社会形成」、及び「5.世界に開かれた社会形成」の分野に位置付けられている。
- ・ 所要の措置を講じていくことが必要である事項として以下の点が指摘されている。
  - ・ 学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成
  - ・ 社会受容を促すための積極的な取り組み
  - ・ 知的財産確保のための戦略的な取り組み

「経済成長戦略大綱」（2006年7月財政・経済一体改革会議）

- ・ 「我が国の国際競争力の強化」の取り組みとして、高度な部品・材料産業やモノ作り中小企業の強化が掲げられている。
- ・ 「技術戦略マップ」の活用等により、ユーザー企業との垂直連携による研究開発を推進することを通して、我が国経済発展の基盤である高品質、高性能な部品・材料産業の強化を図ることが今後の取組として記載されている。

「新産業創造戦略2005」（2005年6月経済産業省）

- ・ 部材分野は、新産業群の創出を支える共通基盤技術として位置づけられている。
- ・ 「高度部材・基盤産業」の集積を形成していることが、「ものづくり」に不可欠な基盤技術のネットワーク化を通じた現場レベルでの迅速かつ高度な摺り合わせを可能としており、我が国「ものづくり」の強みの源泉となっていると記載されている。

### 3. 達成目標

- ・ 世界に先駆けて、ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。

- ・我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに部材産業の付加価値の増大を図る。
- ・ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。
- ・希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

#### 4．研究開発内容

##### [プロジェクト]

##### ．ナノテクノロジーの加速化領域

ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。

##### (1) 異分野異業種融合ナノテクチャレンジ(運営費交付金)

###### 概要

革新的なナノテクノロジーの研究開発を促進し、キーデバイスの早期実現を目指すため、大学や研究機関などの川上と企業などの川下の連携、異業種異分野の連携による提案公募によって、ナノテク実用化に向けたチャレンジを支援する。

###### 技術目標及び達成時期

マテリアル・プロセス研究、加工・計測技術研究、昨今の環境意識向上に対応した研究、社会課題を解決するための基盤技術研究に加え、異分野等の融合研究を推進することにより、2011年度までにナノテクノロジーの産業化のための基盤的技術を確立し、実用化を図る。

###### 研究開発期間

2005年度～2011年度

##### ．情報通信領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子デバイス・光デバイスで世界をリードするとともに、高度化された製造技術の開発を行う。

##### (1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイス(運営費交付金)

###### 概要

従来の半導体は、性能の向上(高速化、低消費電力化、高集積化)を確保するために微細化が進められてきたが、絶縁性、誘電率等の物理的限界、微細化に伴う製造コストの増大など、集積度向上によるメリットが十分達成されなくなっている。

本研究開発では、シリコンで培った微細化技術やデバイス原理を活用しながら、シリコン材料の物理的限界を突破するための“新材料”および“新(デバイス)構造”の開発を行い、次世代の電子デバイス技術を確立する。

###### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、産業界が10年後を見据えた将来の電子デバイスを開発する際に、産業技術として活用できるかどうかの実現可能性を見極め、また技術シーズを確立する。

### < 参考資料3 >

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (2) スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト(運営費交付金)

概要

将来のエレクトロニクスにおいて中核的な基盤技術となり得るスピントロニクス技術(電子の電荷ではなく、電子の自転=「スピン」を利用する全く新しいエレクトロニクス技術)を確立するため、強磁性体ナノ構造体におけるスピンの制御・利用基盤技術を開発し、我が国が世界に誇るシーズ技術を核として、産学官の共同研究体制を構築し、将来の中核的エレクトロニクス技術における我が国の優位性の確保を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立する。また、新ストレージ・メモリデバイス、不揮発性スピン光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能素子の実現のための基盤技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (3) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発(運営費交付金)(再掲)

概要

窒化物系化合物半導体は、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、重要なデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減への貢献を期待されている。このため、従来の半導体材料では実現出来ない領域で動作可能なハイパワー・超高効率の電子素子、超高速電子素子等の作成に必要な窒化物系化合物半導体先進技術の国際競争力を強化すべく、高品質かつ大口径単結晶基板、高品質かつ大口径エピタキシャル成長技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

##### 1) 基板技術(GaN、AlNバルク結晶作製技術)

- ・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

##### 2) エピ技術(エピタキシャル成膜及び計測評価技術)

- ・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
- ・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
- ・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

研究開発期間

2007年度～2011年度



#### (4) 三次元光デバイス高効率製造技術(運営費交付金)

##### 概要

波面制御素子による空間光変調技術を確立し、ガラス中に三次元造形を高精度に一括形成できるプロセス技術を開発する。この技術を用いて、具体的な光デバイスを作製し、当該技術の有効性の確認と市場への早期参入のための基盤技術を確立する。

##### 技術目標及び達成時期

2010年度までに波面制御素子による空間光変調技術を用いたフェムト秒レーザー照射技術等を確立し、高精度の光デバイスを高速に作製できるプロセス技術を開発する。

##### 研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (5) 低損失オプティカル新機能部材技術開発\*(運営費交付金)(再掲)

##### 概要

近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

##### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

##### 研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発\*(運営費交付金)(再掲)

##### 概要

製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

##### 技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

##### 研究開発期間

2006年度～2009年度

(7) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発(運営費交付金)(再掲)

概要

情報通信機器の高機能化や低消費電力化等の要求を満たす半導体集積回路を実現するため、新たな機能性材料開発に貢献する評価基盤技術を開発し、さらに開発した機能性材料を半導体及び半導体集積回路に適用できる統合的なソリューション技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術的目標及び達成時期

2011年度までに、半導体デバイス性能に直結する接合素子の性能性及び信頼性等、半導体製造プロセス全体を俯瞰しつつ、機能性材料開発が可能となる評価基盤技術を開発し、開発した機能性材料を用いた統合的なソリューションが提案できる材料評価基盤を構築する。

研究開発期間

2009年度～2011年度

・ライフサイエンス・健康・医療領域

ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的な医療を実現する。

(1) 次世代DDS型悪性腫瘍治療システムの研究開発事業(運営費交付金)

概要

DDSのさらなる裾野の拡大、及び早期実用化を目指し、様々な外部エネルギー(機器技術)と薬剤技術を組み合わせることにより、比較的人体の深部にある臓器(肺、消化器)等のがんを対象としたDDS型治療システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

光線力学治療システムの前臨床試験の開始及び治療効果・安全性の検証と、超音波診断・治療システムの前臨床試験を可能とする薬剤及び装置の完成に関する開発を難治性がんの治療に向けて行う。

研究開発期間

2006年度～2009年度

(2) 個別化医療実現のための技術融合バイオ診断技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

我が国が有する微細加工技術・表面処理技術といったナノテク等の強みを活かし、染色体異常を高感度、高精度かつ迅速、安価で非コード領域までを検出するゲノムアレイや解析基盤技術開発を行うとともに、全自動解析システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、BAC(染色体の断片)を用いた非コード領域を含むゲノム全領域を検出できる高精度ゲノムアレイを開発する。さらに、臨床現場において、微量サンプル(数ナノグラム)から、12時間以内に染色体異常(増幅、欠失、コピー数多型等)を、低コストかつ定量性・再現性を確保して検出ができる自動染色体異常解析シス

テムのプロトタイプを開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(3) 分子イメージング機器研究開発プロジェクト(運営費交付金)

)生活習慣病超早期診断眼底イメージング機器研究開発プロジェクト

概要

細小血管の分子レベルでの代謝機能を非侵襲で可視化する細胞代謝イメージングを実現し、代謝異常を細胞レベルで観察することにより、生活習慣病に起因する血管病変等合併症の早期の診断・治療を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、ナノテクノロジーを活用した光学基盤技術等を確立することにより、細胞やタンパク質レベルの組織診断を可能とする機器を開発する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

)悪性腫瘍等治療支援分子イメージング機器研究開発プロジェクト

概要

良性・悪性の区別も含めた腫瘍の超早期診断を実現するため、悪性腫瘍に特異的に反応する標的物質を利用することにより生体細胞の分子レベルの機能変化を抽出・検出できる機器の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、全身で3mm、局所で1mmの分解能を有する分子イメージング機器を開発する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

)新規悪性腫瘍分子プローブの基盤技術開発

「概要

分子イメージングにおいて、病変を可視化する分子プローブの開発を一層強化・促進するため、分子プローブの基盤要素技術と評価システムの開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、新規の近赤外蛍光分子プローブ及び小動物用近赤外蛍光イメージングシステムを試作し、同システムを用いて分子プローブのがん特異性を定量的に評価するための条件等を明らかにする。

研究開発期間

2008年度～2009年度

・エネルギー・資源・環境領域

ナノテクノロジーや革新的部材開発技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテ関連産業・部材産業の競争力を強化する。

## ( ) エネルギー制約の克服

### ( 1 ) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発 ( 運営費交付金 ) ( 再掲 )

#### 概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料 ( CFRTP ) の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、高速成形技術、接合技術及びリサイクル技術を開発する。

#### 研究開発期間

2008年度～2012年度

### ( 2 ) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発 ( 運営費交付金 ) ( 再掲 )

#### 概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を持つ壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率 ( 熱の伝わりやすさ ) が  $0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$  以下、壁厚さ  $10 \text{ mm}$  程度の超断熱壁材料および熱貫流率が  $0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$  以下、光 ( 可視光 ) 透過率が  $65\%$  以上 ( Low-E ガラス使用 )、ヘイズ率が  $1\%$  以下の超断熱窓材料を実現する。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

### ( 3 ) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト ( 運営費交付金 ) ( 再掲 )

#### 概要

高純度、高密度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いた従来よりも格段にパワー ( 電力 ) と蓄電量が大きなキャパシタを開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、 $20 \text{ Wh/Kg}$  の高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

#### 研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 革新的省エネセラミクス製造技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

小型炉設備で生産可能な小型セラミック中空ユニットを複数組みあわせることで、これまでその製造が難しかった複雑形状かつ大型セラミクス部材を省エネで製作することができる革新的なセラミック部材製造技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2013年度までに、高機能化された小さな精密ブロックを立体的に組み上げ、高効率で接合、一体化をし、複雑形状や大型の部材を製造可能とする革新的なプロセス技術の基盤を確立し、高耐性部材、高温断熱部材及び高比剛性部材の試作を行う。

研究開発期間

2009年度～2013年度

(5) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融(インフライトメルティング法)し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(6) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)(再掲)

概要

革新的な高効率送電技術を確立して高温超電導ケーブルの実用化を促進するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材(DI-BSCCO等)を活用し、首都圏の系統に接続する実証試験及び評価を行う。

なお、本事業は、発電用施設による電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

研究開発期間

2007年度～2012年度

#### (7) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)(再掲)

##### 概要

超高純度金属材料を発電設備の蒸気配管等に実用化することを目指し、高純度金属材料の高度化に向けた低コスト・量産化製造技術を開発し、実使用環境における超高純度金属材料の耐久性試験等を行う。

なお、本事業は、発電用施設における電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

##### 技術目標及び達成時期

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

##### 研究開発期間

2005年度～2009年度

#### (8) セラミックリアクター開発(運営費交付金)(再掲)

##### 概要

低温域かつ高効率なエネルギー変換を可能とする次世代型セラミックリアクターの実現のため、世界最高効率の燃料電池マイクロセルの集積構造技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

##### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時(650以下)での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証(出力性能2kW/L等)を行う。

##### 研究開発期間

2005年度～2009年度

#### ( ) 資源制約の克服

##### (1) 希少金属代替材料開発プロジェクト(運営費交付金)

##### 概要

ハイテク製品の製造に不可欠であり世界的な需給逼迫が懸念されるレアメタル(タングステン、インジウム、ディスプロシウム)について、ナノテクノロジー等の最先端技術を活用して、代替材料開発・使用量削減を行う。なお、平成21年度からは、これまでの対象3鉱種に加えて、白金、セリウム、テルビウム等も研究開発の対象とする。

##### 技術目標及び達成時期

タングステン、インジウム、ディスプロシウムについては2011年度までに、白金、セリウム、テルビウム等については2013年度までに、使用原単位について現状と比較して削減ができる製造技術を開発し、ユーザー企業、大学等の外部機関に対して機能

評価のためにラボレベルで提供（試料提供）できる水準に至るまでの技術を確立することを目標とする。また、製品の機能や製造コストは現状と同等であることを少なくとも維持することを前提とする。

〔対象元素〕

- ・超硬工具向けタングステン（W）
- ・透明電極向けインジウム（In）
- ・希土類磁石向けディスプロシウム（Dy）
- ・排ガス浄化向け白金族（Pt）
- ・精密研磨向けセリウム（Ce）
- ・蛍光体向けテルビウム、ユーロピウム（Tb、Eu）

研究開発期間

2007年度～2013年度

## （ ）環境制約の克服

### （1）グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発

概要

化学品等の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、原材料・資源の多様化・有効利用、更に、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品等を製造するための必要なGSC（グリーン・サステナブルケミストリー）プロセスを開発する。

技術的目標及び達成時期

2015年度までに、有害な化学物質を削減できる又は使わない革新的な製造プロセス及び化学品の開発、廃棄物、副生成物を削減できる革新的な製造プロセス及び化学品の開発、資源生産性を向上できる革新的な製造プロセス及び化学品の開発を行う。

研究開発期間

2008年度～2015年度

### （2）革新的マイクロ反応場利用部材技術開発\*（運営費交付金）（再掲）

概要

マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成

することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### (3) 循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト(運営費交付金)

概要

我が国で発見された光触媒技術の新産業分野開拓を目指し、サイエンスにさかのぼることにより、紫外光のみならず、可視光レベルでの性能・機能の飛躍的な向上のための技術基盤を構築する。これにより、従来では困難とされてきた医療関連分野や住宅建材分野、環境関連分野等に光触媒技術を導入し、光触媒の最大のメリットである自然エネルギーを利用した安心・安全な環境を提供できる技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、材料レベルで紫外光応答型2倍、可視光応答型10倍の感度向上を達成し、その高感度光触媒を適用した薄膜プロセス技術の基盤技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

### (4) 高感度環境センサ部材開発\*

概要

ダイオキシンをはじめとする極微量有害有機物質を超高感度で安価かつ簡易に計測するために、高感度セラミックセンシング材料を用いた環境センサーを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、ダイオキシン類、エストラジオール及びビスフェノールAについて、 $0.001 \text{ ng} \cdot \text{ml}$ の濃度において有意な電気信号として検出し得る小型・携帯型計測器に挿入可能な寸法のセンサ部材の開発を目標とする。

研究開発期間

2006年度～2010年度

### (5) 次世代高信頼性ガスセンサ技術開発(運営費交付金)(再掲)

概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサ素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサ(COセンサ・メタンセンサ)を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性(数百ppm以下の故障率)、低コストなCOとメタンのセンサを開発する。



研究開発期間

2008年度～2011年度

### ・材料・部材領域

極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域について、ユーザー製造業等との連携（川上・川下連携）を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化する。

#### （1）鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発（運営費交付金）（再掲）

##### 概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造体を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる（1）高級鋼厚板（高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼）溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術（高密度・清浄熱源溶接技術）、及び金属組織制御技術を基本とする材料技術（クリーブ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた）の開発、（2）部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術（駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた）の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

##### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板（高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼）の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

##### 研究開発期間

2007年度～2011年度

#### （2）超ハイブリッド材料技術開発（運営費交付金）

##### 概要

従来実現が不可能と考えられていた相反する複数機能（トレードオフ機能）を両立できる材料を、異種素材の組合せ（ハイブリッド化）により実現するための技術を開発する。要素技術として、異種材料間の界面挙動をシミュレーション技術等により解明し、ナノレベルよりもさらに微小な原子・分子レベルでのハイブリッド化構造・配列制御のための合成技術を開発する。従来の単一材料では実現困難であったトレードオフの性能を引き出すことで、自動車用構造材料、パワーデバイス用材料、光学材料等を出口イメージとした、高機能革新部材製造に必要な技術基盤を開発する。

##### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、電気・電子材料、光学材料、その他工業材料について従来材料では実現できなかった相反機能を解消するとともに、市場評価が可能な成果物を供試し、市場（ユーザー）から、客観的な実用化研究開発課題を抽出する。また、単なる相反機能の解消ではなく、相反機能を制御・実現する技術を開発する。

##### 研究開発期間

2007年度～2011年度

(3) 先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発\* (運営費交付金)

概要

電界紡糸や溶融紡糸等により創製される極微細な繊維状材料に対してナノオーダーの成形加工や微細な界面加工ならびに複合化することで材料を高機能化した革新的部材を創出する。高機能新材料を求めるユーザーの要望を満たす繊維の極微細加工と高次複合化を解決する基盤技術開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、電界紡糸法による繊維高機能化、大型装置化技術およびナノ溶融分散紡糸法による超極細炭素繊維製造技術を開発し、これら基盤技術を活用して、高性能・高機能電池用部材、高性能・高機能フィルター用部材、高性能・高機能医療衛生用・産業用部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(4) 次世代光波制御材料・素子化技術\* (運営費交付金) (再掲)

概要

ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発 (運営費交付金)

概要

複合化金属ガラス(金属ガラスマトリックス中に第二相として微結晶や微粒子または微小空隙等を分散させたもの)を創製して、次世代高密度記録媒体、超微小モータ用部材および高強度・高導電性電気接点部材を開発する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、複合化金属ガラス合金を創製し、従来の金属ガラス単層合金の持つ優れた特徴に加えて、塑性加工性、硬磁気特性、高電気伝導性等を付与する。この複合化金属ガラスの新規特性を用いて、従来の金属ガラス単層合金では為しえなかった革新的部材の開発を行い、さらに多様な工業製品に応用することで、我が国産業の優位性を確保する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

( 6 ) マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト\* ( 運営費交付金 )

概要

マグネシウム合金部材について、製品歩留まりが高く、高耐疲労性を付与する鍛造技術の開発を行う。また、循環型素材としてのマグネシウム合金部材の特性を活かし、リサイクル材の鍛造用ビレット化に係る課題抽出を行う。当該技術開発により、マグネシウム鍛造部材製造技術の基盤を構築し、我が国の家電、自動車等の川下産業の競争力の強化に不可欠な高度部材を供給する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに高強度・高耐疲労・加工性に優れたマグネシウム鍛造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

・ 共通基盤領域

ナノテクノロジー、部材分野の研究開発に必要な加工・計測・解析技術等の共通基盤の確立とともに、リスク不安に対処したリスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化の支援を相互的に推進する。

( 1 ) ナノ粒子の特性評価手法開発 ( 運営費交付金 )

概要

ナノ粒子のキャラクタリゼーション、計測技術の確立とともに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びナノテクノロジーによるリスク不安に対処したリスク管理手法を開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、生体影響等評価手法、暴露評価手法及びリスク評価手法を開発し、ナノ粒子のリスク評価及び管理の考え方の提言を行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

注：\*印のある研究開発プロジェクトは、2006年度より開始された新産業創造高度部材基盤技術開発の一環として実施しているもの。

## 5. 政策目標の実現に向けた環境整備（関連施策）

ナノテクノロジーは、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献する重要な技術シーズである。そのため、ナノテクノロジーの研究開発と一体となった関連施策を実施することで、その成果を市場に出していくことが重要である。主な関連施策を、以下に示す。

### 〔技術戦略マップ〕

- ・NEDO及び経済産業省では、技術戦略マップを策定、毎年改訂し、ナノテクノロジー・部材分野の将来の方向性を見定めながら、合理的かつ効果的な研究開発プロジェクトを推進している。また、技術戦略マップを活用して、多様な連携（川上川下の垂直連携、異業種間の水平連携など）による研究開発を促進、支援し、当該分野の技術革新を促進している。

### 〔サンプル提供・実用化促進〕

- ・NEDOでは、実施するナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクト成果のサンプルを対象として、それらを活用した用途の開発、実用化ないし製品化提案を有する企業とのマッチングを図ることで、プロジェクトの事業化を促進する取組みを実施している。

### 〔標準化〕

- ・経済産業省では、ナノテクノロジー関連の研究開発成果を社会及び市場等に普及するための環境整備として、ナノテクノロジーの標準化活動（ISO/IEC、JIS）を推進している。

### 〔広報〕

- ・ナノテクノロジーに関する先端技術及び製品等の世界最大の展示会である「nano tech」が毎年日本で開催されている。

### 〔社会受容〕

- ・ナノテクノロジーの産業化の推進とともに、ナノ粒子のキャラクタリゼーション技術や人の健康や環境に及ぼす影響等の潜在的な課題に関する知見を蓄積する等のナノテクノロジーの社会受容に対する取組みを推進している。
- ・経済産業省では、2006年度から「ナノ粒子の特性評価手法開発」を開始し、工業ナノ粒子の有害性評価手法、また、そのリスク評価手法の確立を目標としたプロジェクトを開始しているところ。
- ・OECDでは、2006年9月、化学品委員会に工業ナノ材料作業部会（WPMN）が設置され、代表的な14種の工業ナノ材料について、試験計画の合意と試験実施を目的とする「スポンサーシッププログラム」が実施されている。スポンサーシッププログラム対象物質のうち、カーボンナノチューブ（単層、多層）、フラーレンの3物質については日本が中心となって担当し、「ナノ粒子の特性評価手法開発」等の成果で貢献している。

### 〔人材育成〕

- ・経済産業省では、「製造中核人材育成事業」を実施しており、産学連携による波及効果の高い人材育成プログラムを開発、実践している。ナノテクノロジー関連の人材育成プログラムも複数実施している。

（例）ナノテク製造中核人材の養成プログラム

概要：情報家電、燃料電池、ロボット、医療機器、バイオ等の応用分野において、その産業の基盤と創出を支える中堅企業を対象として、「基礎加工技能・技術、特殊な要素技能・技術に習熟し、製造技術の高度化を図る人材」及び「豊富なナノ加工プロセスの知識や先端機器を使いこなすノウハウ等を習熟し、製造現場の技能・技術を統括できず人材」を育成するもの。

- ・ N E D Oでは、我が国の産業技術の発展のため、先端分野や融合分野の技術を支える人材の育成と、人的交流の面から産学連携を促進するための「場」の形成を促進する取組みを実施している（N E D O特別講座）。具体的には、優れた成果を生み出しつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアプロジェクトとし、そのプロジェクトリーダーの所属大学に拠点を設置し、関連技術の人材育成、人的交流の拡大、周辺研究の実施を行うもの。ナノテクノロジー関連の研究開発プロジェクトも複数実施している。

〔関係機関との連携〕

- ・ ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち新材料・新構造ナノ電子デバイスプロジェクト、希少金属代替材料開発プロジェクトにおいては、文部科学省との合同会議を設置するなど、連携しつつプロジェクトを推進している。

〔他省庁との連携〕

- ・ 総合科学技術会議 / 連携施策群において、「ナノバイオテクノロジー」「ナノテク研究推進と社会受容」等が設置され、関係省庁と連携して実施している。

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で、当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

## 7．改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け制定。
- (2) 平成14年2月28日付け制定。材料ナノテクノロジープログラム基本計画（平成12・12・27工総第16号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成14・02・25産局第8号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成15・03・07産局第1号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成16・02・03産局第7号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成17・03・25産局第4号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成18・03・31産局第13号）は、廃止。
- (8) 平成14年2月28日付け制定。
- (9) 平成15年3月10日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成14・02・25産局第9号）は、廃止。
- (10) 平成16年3月7日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成15・03・07産局第5号）は、廃止。
- (11) 平成17年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成16・03・07産局第5号）は、廃止。
- (12) 平成18年3月31日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成17・03・25産局第3号）は、廃止。
- (13) 平成19年4月2日付け制定。革新的部材産業創出プログラム基本計画（平成18・03・31産局第14号）は、廃止。
- (14) 平成20年4月1日付け、ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画制定。ナノテクノロジープログラム基本計画（平成19・03・20産局第1号）および革新的部材プログラム基本計画（平成19・03・19産局第4号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (15) 平成21年4月1日付け制定。ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画（平成20・03・24産局第1号）は、廃止。

## エネルギーイノベーションプログラム基本計画

### 1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを 2050 年までに半減するという長期目標を達成するため、以下に政策の柱毎に目的を示す。

#### 1-1. 総合エネルギー効率の向上

1970 年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030 年までに GDP あたりのエネルギー利用効率を約 30% 向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

#### 1-2. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ 100% を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030 年に向け、運輸部門の石油依存度が 80% 程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

#### 1-3. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

#### 1-4. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時に CO<sub>2</sub> を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

#### 1-5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

## 2. 政策的位置付け

低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）

2008年6月の福田総理（当時）のスピーチ「福田ビジョン」等を受け、我が国が低炭素社会へ移行していくための具体的な道筋を示すため、国全体を低炭素化へ動かす仕組みや革新的な技術開発、国民一人ひとりの行動を促すための取組について策定。

「環境エネルギー技術革新計画」や「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」等に示された革新的技術の開発に5年間で300億ドル程度を投入するという具体的な目標が示された。

環境エネルギー技術革新計画（2008年5月）

温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、以下の戦略等を策定。

1. 低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略
2. 国際的な温室効果ガス削減策への貢献策
3. 革新的環境エネルギー技術開発の推進方策

Cool Earth - エネルギー革新技術計画（2008年3月）

2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受け、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するため、エネルギー分野における革新的な技術開発について検討をおこない、21の技術を選定。

エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
4. 新エネルギーに関する技術
5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。

新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

1. 省エネルギーフロントランナー計画
2. 運輸エネルギーの次世代化計画
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置付けられている。



## < 参考資料4 >

経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

1. 省エネルギーフロンティア計画
2. 次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー次世代化
3. 新エネルギーイノベーション計画
4. 原子力立国計画
5. 資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

### 3. 達成目標

#### 3-1. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、GDP当たりのエネルギー消費指数を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

#### 3-2. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

#### 3-3. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

#### 3-4. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30~40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

#### 3-5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

#### 4. 研究開発内容

##### 4 - . 総合エネルギー効率の向上

##### 4 - - . 共通

###### (1) 省エネルギー革新技术開発事業(運営費交付金)

###### 概要

テーマ公募型事業として、「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」に基づき、「先導研究」、「実用化開発」及び「実証研究」の3つの技術開発フェーズに加え、「挑戦研究」フェーズを追加し、革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減するという長期目標を実現するための「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」の主旨に基づき、大幅な省エネルギー効果を発揮する革新的なエネルギー使用合理化技術について研究開発・実用化を推進する。

###### 研究開発時期

2003年度～2013年度

###### (2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業(運営費交付金)

###### 概要

産業界や社会のニーズに応える省エネルギー技術のシーズの発掘とその育成、並びに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって省エネルギー効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

###### 技術的目標及び達成時期

独創性のある研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的省エネルギー技術の研究開発を促進する。本事業では革新的省エネルギー技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

###### 研究開発期間

2000年度～

###### (3) 新エネルギー技術実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

###### (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

#### 4 - - . 超燃焼システム技術

##### (1) 環境調和型製鉄プロセス技術開発 (運営費交付金) (再掲)

###### 概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素(コークス)の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

###### 技術的目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

###### 研究開発期間

2008年度～2017年度

##### (2) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発 (運営費交付金)

###### 概要

高品位な製鉄材料(鉄鉱石・石炭等)の入手が困難になってきていることから、原料使用量の低減及び、比較的入手が容易な低品位原料の使用拡大を図ることが喫緊の課題となっている。本技術開発では、還元剤として低品位な石炭と鉄鉱石の塊成物を開発し、炉内反応の高速化・低温化を実現することにより、省エネルギーで高効率な革新的製鉄プロセスを開発する。

###### 技術的目標及び達成時期

2011年度までに、革新的塊成物の組成・構造条件の探索、革新的塊成物の製造プロセス、革新的塊成物による高炉操業プロセスを開発する。これらによる効果は、年産400万トン規模の中型高炉に適用した場合の炭材使用量のうち高品位炭使用量が約80%から50%程度に削減可能となるとともに、革新的塊成物を高炉に使用する操業技術の改良による還元材比の低減により、新開発のプロセスを含めた製鉄プロセスでの投入エネルギーは約10%削減される。

###### 研究開発期間

2009年度～2011年度

##### (3) 革新的ガラス溶融プロセス技術開発 (運営費交付金)

###### 概要

プラズマ等による高温を利用し瞬時にガラス原料をガラス化することにより、極めて効率的にガラスを気中で溶融(インフライトメルティング法)し省エネに資する革新的ガラス溶融プロセス技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

###### 技術的目標及び達成時期

2012年度までに、インフライトメルティング法により原料を溶解する技術、カレットをガラス原料として利用するため高効率で加熱する技術、カレット融液とインフライトメルティング法による原料融液とを高速で混合する技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

(4) 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、マイクロリアクター、ナノ空孔などの精密反応場を利用し、反応分子の自由な運動を活性種レベルで制御した革新的な化学反応プロセスと新機能材料創成技術の確立を目指す。さらに、マイクロリアクターとナノ空孔反応場の組み合わせ、各反応場とマイクロ波等のエネルギー供給手段との組み合わせにより協奏的反応場を構成し、さらなる高効率生産等を可能にする基盤技術を開発する。これらの技術の確立により、反応システムの小型化、多段プロセスの簡略化等を通じた化学産業の製造工程等の省エネルギー化を図る。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、マイクロリアクター技術、ナノ空孔技術を軸とし、これらに更にマイクロ波、超臨界流体等のエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場を構成することにより、これまでにない革新的な化学反応プロセスを確立し、新機能材料創成技術を実現する。さらに、これらの技術を用いて高性能・高機能電子材料、医薬中間体などの部材を開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発(運営費交付金)

概要

プラント、構造物や自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、最新の科学的知見を導入し、鉄鋼材料及び鋼構造物を超高機能化する基盤的研究開発を行う。具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる(1)高級鋼厚板(高強度鋼、極低温用鋼、耐熱鋼)溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術(高密度・清浄熱源溶接技術)及びクリープ破壊、金属組織制御技術を基本とする溶接材料技術(クリープ破壊及び水素破壊の機構解明等を踏まえた)の開発、(2)部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適機能傾斜を付与する機械部品鍛造技術(駆動部材の信頼性確保のための耐疲労破壊特性の向上を踏まえた)の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、高級鋼厚板(高強度鋼・極低温用鋼・耐熱鋼)の溶接を予熱・後熱なしに可能とする溶接技術と材料技術を開発するとともに、傾斜機能部材の鍛造技術を開発する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (6) 希少金属等高効率回収システム開発

### 概要

小型電子・電気機器にはベースメタルや、金、銀等の貴金属の他、インジウム、ニッケル等の希少金属等を含有している。現状では、これらの機器が廃棄された後は、非常に高温で処理する乾式製錬技術を用いてリサイクル・処理されているため、多大なエネルギーを消費するばかりか、回収可能な金属が銅、金、銀等に限定されており、その他の希少金属等は回収できずに廃棄処分されている。このため、湿式製錬技術を活用した高効率な最適技術の開発等を通じて、回収工程の省エネルギー及び希少金属等の回収率向上を図る。

### 技術目標及び達成時期

- ・ 従来方法(乾式製錬)で処理する場合に比べて、大幅な省エネルギーの実現(省エネルギー効果:原油換算で約78万kL/年削減)
- ・ 廃小型電子・電気機器、廃超硬工具等中に含まれる希少金属等の回収率の向上(インジウム0%→90%、ニッケル50%→95%、コバルト0%→95%、タンタル0%→80%、タングステン90%→95%、レアアース0%→80%)

### 研究開発期間

2007年度～2010年度

## (7) 低品位鉱石・難処理鉱石に対応した革新的製錬プロセス技術の研究開発

### 概要

世界的な鉱石品位の低下、不要元素等の不純物の増加に対応するため、我が国非鉄金属業においては、低品位鉱石の利用拡大による我が国の鉱物資源の安定供給確保の強化が喫緊の課題となっているため、低品位・難処理鉱石の革新的な省エネルギー型の製錬プロセスを開発する。

### 技術目標及び達成時期

低品位鉱石及び難処理鉱石から効率的に銅等有用な非鉄金属を回収するため、低品位鉱石・難処理鉱石に対応した省エネルギー型プロセスによる新たな選鉱技術、製錬技術及び不純物対策技術の研究開発を行う。

#### (1) 高品位精鉱回収技術

低品位鉱石・難処理鉱石から高品位の精鉱を得る選鉱技術の開発。

ハンドリングが難しい極微細鉱等難処理鉱を処理する製錬技術の開発。

#### (2) 有用金属の抽出等回収技術

低品位精鉱から含有金属を高効率に回収する製錬技術の開発。

#### (3) 高濃度不純物の除去等対策技術

不要な元素(ヒ素、ビスマス、アンチモン等)等を多く含む精鉱からの不純物除去、分離、安定化等技術の開発。

上記要素技術を開発し、将来的にエネルギー消費原単位の悪化が予測される非鉄金属製錬について、省エネルギー見込み量、原油換算約2.6万KLを達成。

### 研究開発期間

2009年度～2012年度

## (8) 環境調和型水循環技術開発

### 概要

我が国が強みを持つ、膜技術を始めとする水処理技術を強化し、省水型・環境調和型の水循環システムの開発に資する省エネ・省水型の要素技術を開発する。

### 技術目標及び達成時期

2013年度までに、以下の技術を開発する。

- 革新的膜分離技術の開発：

従来法に比べ膜透過加圧エネルギー等を50%以上削減。

- 省エネ型膜分離活性汚泥法(MBR)技術の開発：

従来法に比べ膜洗浄の曝気(空気気泡)エネルギー等を30%以上削減。

- 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発：

従来法に比べ汚泥の削減により汚泥処理・処分エネルギーを80%以上削減。

- 高効率難分解性物質分解技術の開発：

従来法に比べ窒素処理に係るエネルギーを50%以上削減。

オゾン酸化法等のエネルギーを50%以上削減。

### 研究開発期間

2009年度～2013年度

## (9) 微生物機能を活用した環境調和型製造基盤技術開発

### i) 微生物機能を活用した高度製造基盤技術開発(運営費交付金)

#### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、省エネルギーかつ環境負荷が少ないといった特徴を有する微生物機能を活用した有用物質の革新的な生産プロセス(モノ作り)の技術を構築するため、産業用途に必要な機能既知遺伝子で構成されたゲノムを持ち、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞の創製や、微生物反応の多様化・高機能化技術を開発するとともに、バイオマスを原料として有用物質を体系的かつ効率的に生産する(バイオリファイナリー)ための基盤技術を開発する。

### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、物質生産性向上につながる性能を備えた高性能宿主細胞を創製するとともに、バイオプロセスの実用化適用範囲の拡大のための微生物反応の多様化・高機能化技術の開発を行う。バイオリファイナリー技術については、バイオマスを高効率で糖化し、糖から高効率で各種化成品の基幹物質を生産するバイオプロセス体系を構築する。

### 研究開発期間

2006年度～2010年度

ii) 微生物群のデザイン化による高効率型環境バイオ処理技術開発（運営費交付金）

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、従来エネルギー多消費・廃棄物多排出型であった廃水・廃棄物処理において、微生物群の構成及び配置等を人為的に制御（デザイン化）することで、その処理効率を大幅に向上させ、省エネルギーで廃棄物も少ない高効率型廃水、廃棄物処理の基盤技術を確立する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、特定有用微生物群を人為的に安定導入・維持もしくは人為的に空間配置・優先化させる等のデザイン化技術を開発し、従来の廃水、廃棄物処理に比べより高効率で省エネルギーな処理技術を開発するとともに、実用化に資するための実証可能なテストプラント規模にて評価する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(10) 省エネルギー型化学技術創成研究開発補助事業

概要

化学企業が有する技術シーズの中で、省エネルギーのポテンシャルが大きいにもかかわらず民間だけで事業を進めるには開発リスクが大きいこと等がネックになって十分な研究開発費が投じられていない技術に対して、戦略的な研究開発支援を実施することにより、化学産業のみならず、各種最終製品や他産業において抜本的なエネルギー効率の改善を促進するものである。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、将来の発展が有望な技術に関する研究開発の実施とその実用化と普及を通し、化学産業のみならず他分野も含めた我が国省エネルギー対策への一層の寄与を目標とする。

研究開発期間

2004年度～2010年度

(11) エネルギー使用合理化繊維関連次世代技術開発

概要

製造エネルギーの低減を図ることができる革新的な繊維製品製造技術の開発や、使用することでエネルギー消費の低減が可能となる新たな繊維製品を開発。

技術的目標及び達成時期

2010年度までに、以下の開発を行う。

次世代資材用繊維の開発

ポリエチレンテレフタレート製造エネルギー低減技術の開発

研究開発期間

2005年度～2009年度

## (12) 高効率ガスタービン実用化技術開発

### 概要

省エネルギー及びCO<sub>2</sub>削減の観点から電力産業用高効率ガスタービンの実用化を目指し、大容量機(25万kW程度(コンバインド出力40万kW))の高効率化(52%~56%)のために1700級ガスタービンの実用化に必要な先端要素技術を適用した各要素モジュールの検証等を実施する。また、小中容量機(10万kW程度)の高効率化(45%~51%)のために有望とされている高湿分空気利用ガスタービンの実用化に必要な多段軸流圧縮機、多缶燃焼器等の開発を行うとともにシステムの信頼性等の検証を行う。

### 技術的目標及び達成時期

1700級ガスタービン実用化技術開発：先端要素技術を活用した燃焼器、タービン、圧縮機等各モジュールの検証等を行い、送電端熱効率56%以上の達成が可能なことを確認する。

高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発：2011年までに軸流圧縮機の3.5%(空気重量比)吸気噴霧冷却技術、低NO<sub>x</sub>燃焼技術(運用負荷帯で10ppm以下)等を開発すると共に、実機に近い条件での要素機器の信頼性・耐久性を確認する。

### 研究開発期間

2008年度~2011年度

## (13) エネルギー使用合理化高効率パルプ工程技术開発(運営費交付金)

### 概要

紙パルプ産業では、環境に関する自主行動計画に基づき、2010年度までに製品当たり化石エネルギー原単位を1990年度比13%削減し、CO<sub>2</sub>排出原単位を10%削減することを目指し、紙パルプ工程における省エネルギー対策を着実に進めているものの、より一層の省エネルギー対策を進めるためには、技術開発によるブレークスルーが必要となっている。紙パルプ産業は、エネルギー多消費型産業のひとつであり、紙パルプ工程での省エネルギー対策は波及効果が大きいことから、紙パルプ工程におけるエネルギー使用合理化に資する技術開発を提案公募により実施する。

### 技術的目標及び達成時期

京都議定書の第1約束期間中、又は、第2約束期間中を目途として実用化に至るような技術開発を行うことで、京都議定書の第1約束期間の目標を着実に達成するとともに、現在、検討が行われている第2約束期間に向けた省エネルギー対策の更なる深化を進めていく。

### 研究開発期間

2005年度~2010年度

## (14) 革新的省エネセラミックス製造技術開発(運営費交付金)

### 概要

小型炉設備で生産可能な小型セラミック中空ユニットを複数組みあわせること



で、これまでその製造が難しかった複雑な形状を持つ大型セラミックス部材を省エネで製作することができる革新的なセラミック部材製造技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。  
技術目標及び達成時期

2013年度までに、高機能化された小さな精密ブロックを立体的に組み上げ、高効率で接合、一体化をし、複雑な形状の部材や大型の部材を製造可能とする革新的なプロセス技術の基盤を確立し、高耐性部材、高温断熱部材及び高比剛性部材の試作を行う。

研究開発期間

2009年度～2013年度

- (15) 発電プラント用超高純度金属材料開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (16) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発(4 - - 参照)
- (17) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発(4 - - 参照)
- (18) 石油精製高度機能融合技術開発(4 - - 参照)

#### 4 - - . 時空を超えたエネルギー利用技術

- (1) カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト(運営費交付金)

概要

高純度、高密度に配向した長尺の単層カーボンナノチューブの大量合成技術を開発するとともに、これを用いた従来よりも格段にパワー(電力)と蓄電量が大きなキャパシタを開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。  
技術目標及び達成時期

2010年度までに、単層カーボンナノチューブの高度配向技術及び大量生産技術を確立するとともに、キャパシタ製造技術を確立することで、20Wh/Kgの高エネルギー密度と耐久性を有する電気二重層キャパシタを開発する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

- (2) イットリウム系超電導電力機器技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 高温超電導電力ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (4) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (7) 水素貯蔵材料先端基礎研究事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (8) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (9) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (10) 大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (11) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (12) 革新型蓄電池先端科学基礎研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

#### 4 - - . 省エネ型情報生活空間創生技術

##### (1) グリーンITプロジェクト(運営費交付金)

###### 概要

情報化社会の進展に伴うIT機器の消費電力の大幅な増大に対応し、抜本的な省エネを実現するため、サーバ、ネットワーク機器等の各装置の省エネに加え、省エネ型の巨大コンピューティング技術(グリーン・クラウドコンピューティング技術)、パワーエレクトロニクス技術を開発する。

###### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、IT機器・システムのエネルギー消費効率を2倍に向上させる基盤技術を開発する。

###### 研究開発期間

2008年度～2012年度

##### (2) 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発(運営費交付金)

###### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、ネットワークで伝送されるデータ量の爆発的増加に伴い、関連機器の消費エネルギーが増大している中で、ネットワーク全体の消費電力量を抑制することが喫緊の課題であり、消費エネルギーの低減に大きく貢献するルータ・スイッチの高速化のための研究開発を実施するとともに、機器そのものの消費エネルギーを低減するための研究開発を実施する。

###### 技術的目標及び達成時期

2011年度までに、1チャンネルあたり40Gbps超の通信速度に対応するトラフィック計測・分析・管理技術や40Gbpsのインターフェース、さらなる通信速度向上(100Gbps超)を実現するハードウェア技術、SFQ(単一磁束量子)スイッチに関する実現を可能とするための基盤技術を開発する。

###### 研究開発期間

2007年度～2011年度

##### (3) 次世代大型低消費電力ディスプレイ基盤技術開発(運営費交付金)

###### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、次世代の大型液晶及び大型プラズマディスプレイに関する低消費電力ディスプレイを実現するための研究開発を行う。

###### 技術的目標及び達成時期

2011年度までに、液晶に関しては、高効率バックライト、革新的なTFTアレイプロセス技術・製造装置及び低消費電力型の画像処理エンジン等に係る技術を確立する。また、プラズマディスプレイに関しては、超低電圧駆動等に係る技術を確立する。

###### 研究開発期間

2007年度～2011年度

(4) 有機発光機構を用いた高効率照明の開発 (運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、蛍光灯に代わる高効率照明として有機EL発光機構を用いるための技術開発課題(発光効率、演色性、面均一性、生産コスト)等を明らかにし、それをブレイクスルーしうる技術シーズを抽出する。

技術目標及び達成時期

2009年までに現在一般に普及している蛍光灯照明に代わる高効率照明としての必要スペックを達成するとともに、次世代照明として同じく期待されているLEDとの差別化要素を技術的に達成し、大面積/高スループット/低コストで量産するプロセス技術を開発する。また、現在蛍光灯の間接・拡散照明が用いられている照明機器を代替する有機EL照明を実用的なコストで製造できる技術を確認する。

研究開発期間

2007年度～2009年度

(5) マルチセラミックス膜新断熱材料の開発 (運営費交付金)

概要

住宅やビルなどの冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を持つ壁および窓材料を、セラミックスのナノ多孔体構造やポリマー複合化構造などからなるマルチセラミックス膜アセンブリ技術によって開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、熱貫流率(熱の伝わりやすさ)が $0.3\text{ W/m}^2\text{ K}$ 以下、壁厚さ10mm程度の超断熱壁材料および熱貫流率が $0.4\text{ W/m}^2\text{ K}$ 以下、光(可視光)透過率が65%以上(Low-Eガラス使用)、ヘイズ率が1%以下の超断熱窓材料を実現する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(6) 超フレキシブルディスプレイ部材技術開発 (運営費交付金)

概要

製造工程等の省エネルギー化を実現するために行う。従来、表示デバイスの製造には、真空蒸着と高温下での焼成と、それに伴う排ガス排水処理が必須であった。これを、ロールtoロール方式に代替することで常圧、常温下での製造を実現し、フレキシブルな薄型ディスプレイを製造する。そのために、有機TFT材料およびコンタクトプリント技術等を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術的目標及び達成時期

2009年度までに、実用化に向けた実証のための巻き取り方式ディスプレイのプロトタイプを試作する。またフレキシブルデバイス材料開発に貢献する部材ならびに薄膜複合化技術を開発し、これらをパネル化するための実用化技術を確立する。

#### 研究開発期間

2006年度～2009年度

### (7) 低損失オプティカル新機能部材技術開発（運営費交付金）

#### 概要

近接場光の原理・効果を応用した低損失オプティカル新機能部材技術を開発し、実用化の目処を得ることを目的とする。動作原理に近接場光を用いるオプティカル新機能部材は、従来の材料特性のみに依存した光学部品では不可能な機能・性能を発揮し、液晶プロジェクター・液晶ディスプレイなど情報家電の省エネルギー、高性能・高信頼化を図る上でのキーデバイスとなることが期待できる。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、共通基盤技術として、ナノ構造部材の設計・作製・評価技術を開発するとともに、ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする低損失オプティカル新機能部材を検討し機能を確認する。

#### 研究開発期間

2006年度～2010年度

### (8) 次世代光波制御材料・素子化技術（運営費交付金）

#### 概要

ガラス材料に関する精密モールド技術を確立し、機能性の高い光波制御素子を低コストで生産できるプロセス技術を開発することで部材の小型化・高機能化を図りつつ、省エネを実現する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までにサブ波長レベルの微細構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現し、実装可能な具体的なデバイスを作製する。

#### 研究開発期間

2006年度～2010年度

### (9) 次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業

（運営費交付金）

#### 概要

ゼロ・エミッションハウスによる生活の大幅な省エネの実現に向け、家屋内直流配電システムや、電力需給の状態に応じた太陽電池等の分散型電源の制御、電力ネットワークを活用した家電の制御等、住宅全体としてエネルギーの最適制御

を行うシステムの開発・実証を行う。

技術的目標及び達成時期

2011年度までに、直流給電・配電に関する規格の標準化、直流配電の電流・電圧の規格化、蓄電池設置に係る安全規制の改正に対する提案が可能となる技術を確立する。

研究開発期間

2009年度～2011年度

#### 4 - - . 先進交通社会確立技術

##### (1) エネルギー I T S ( 運営費交付金 )

概要

平成19年5月の「次世代自動車・燃料イニシアティブ」に基づき、運輸部門のエネルギー消費効率改善のため、自動運転・隊列走行技術、高度交通流制御技術等の省エネルギーに資する I T S 技術の開発を行う。

技術的目標及び達成時期

2012年度までにCO2削減効果評価方法の確立を図るとともに、2020年代に実用化が見通せる運転制御、隊列走行の基盤技術の確立を目指す。

研究開発期間

2008年度～2012年度

##### (2) サステナブルハイパーコンポジット技術の開発 ( 運営費交付金 )

概要

炭素繊維複合材料は、軽量、高強度等の優れた特性を有している。従来の熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維複合材料では成形性・加工性に乏しくリサイクルが困難であったため、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維複合材料 ( C F R T P ) の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、炭素繊維と熱可塑性樹脂との中間基材を開発し、高速成形技術、接合技術及びリサイクル技術を開発する。

研究開発期間

2008年度～2012年度

##### (3) 次世代構造部材創製・加工技術開発 ( 次世代航空機用 )

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、航空機、高速車両等の輸送機器への先進材料の本格導入を加速させるため、先進複合材料及び先進金属材料について部材開発、設計試作及び評価を実施することで、軽量化によりエネルギー使用効率を大幅に向上させる革新的な構造部材の創製・加工技術の開発を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、複合材の構造健全性診断技術、チタン合金の創製・加工技術を確立するとともに、航空機用エンジンへの適用を目指し、耐熱・耐衝撃性に優れた複合材料を開発する。

#### 研究開発期間

2003年度～2012年度

#### (4) 環境適応型小型航空機用エンジン研究開発(運営費交付金)

##### 概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、エネルギー使用効率を大幅に向上し、環境対策にも優れた次世代の小型航空機用エンジンの開発にとって重要な要素技術の研究開発を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、エネルギー使用効率を大幅に向上する構造設計技術、騒音、NOx等の環境負荷対応に優れた環境対策技術、インテグレーション技術、高バイパス比化等の高性能化技術といった要素技術の研究開発・実証を行う。

#### 研究開発期間

2003年度～2010年度

#### (5) 省エネ用炭素繊維複合材技術開発

##### 概要

航空機、自動車、鉄道、船舶等の輸送機械等における炭素繊維複合材の適用範囲を拡大し、省エネルギーの促進を図るため、先進的な炭素繊維複合材成形技術や、耐雷対策の容易化技術等の研究開発・実証を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2013年度までに、従来の方法に比べ、曲率の大きな部位の成形も行うことができるVaRTM(バータム)法等の炭素繊維複合材成形技術や、炭素繊維複合材を用いた製品の耐雷性能を容易に確保する技術の研究開発・実証を行う。

#### 研究開発期間

2008年度～2013年度

#### (6) 燃料電池システム等実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

#### (7) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

### 4 - - . 次世代省エネデバイス技術

#### (1) ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発 - うち窒化物系化合物半導体基板・エピタキシャル成長技術の開発(運営費交付金)

##### 概要

窒化物系化合物半導体は、パワーデバイス、高周波デバイス、発光デバイス等、重要なデバイスの飛躍的な性能向上と消費電力削減への貢献を期待されている。このため、従来の半導体材料では実現出来ない領域で動作可能なハイパワー・超

高効率の電子素子、超高速電子素子等の作成に必要な窒化物系化合物半導体先進技術の国際競争力を強化すべく、高品質かつ大口径単結晶基板、高品質かつ大口径エピタキシャル成長技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。  
技術目標及び達成時期

2011年度までに、次世代窒化物系半導体デバイスを実現する以下結晶作製技術を開発する。

1) 基板技術 (GaN、AlNバルク結晶作製技術)

- ・口径2～4インチで高品質エピ成膜を可能とする低コストの単結晶基板作製技術の確立。

2) エピ技術 (エピタキシャル成膜及び計測評価技術)

- ・低欠陥高品質エピ層を実現する成膜技術及び膜成長過程を計測評価する技術の確立。
- ・高出力かつ高安定動作可能なエピ層の実現
- ・高耐圧超高速な新しいデバイス構造の開発

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (2) 次世代低消費電力半導体基盤技術開発 (MIRAI) (運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、IT化の進展、IT利活用の高度化を支え、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード(微細化レベル)45nm以細の次世代低消費電力半導体を実現するため、微細加工の基盤技術やマスク(半導体素子製造過程で用いる原板)の低コスト化・製造時間短縮に必要な基盤技術の開発等を行う。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、マスク設計・描画・検査の各工程に共通的なマスクデータ処理技術、繰り返しパターンやパターン重要度を利用した描画・検査高速化技術等の基本的な開発及びEUVLマスク基盤技術として、許容欠陥の指標明確化、ブランクス位相欠陥検査技術の確立等を完了する。

研究開発期間

2001年度～2010年度

## (3) 半導体アプリケーションチッププロジェクト (運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、情報通信機器、特に、情報家電(車載を含む)の低消費電力化を実現できる半導体アプリケーションチップ技術の開発を行う。

技術目標及び達成時期

2009年度までに情報家電の低消費電力化を実現できるアプリケーションチ

ップ技術を開発する。

研究開発期間

2003年度～2009年度

(4) 次世代プロセスフレンドリー設計技術開発(運営費交付金)

概要

エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものであり、あらゆる機器に組み込まれている半導体の低消費電力化を図るため、テクノロジーノード45nm以細の半導体に対応するSoC(System on Chip)設計技術を開発する。具体的には、テクノロジーノード45nm以細の半導体の共通設計基盤技術開発として、DFM(Design For Manufacturing)基盤技術を中核とした設計及び製造の全体最適を確保する全く新しいSoC製造フローを開発する。

技術目標及び達成時期

テクノロジーノード45nm以細のSoC開発において製造性を考慮した共通設計基盤技術を確立し、システムLSIデバイスの省エネルギーを実現するとともに、設計生産性を従来予想に比べ2倍にすることを目標とする。

研究開発期間

2006年度～2010年度

(5) 半導体機能性材料の高度評価基盤開発(運営費交付金)

概要

情報通信機器の高機能化や低消費電力化等の要求を満たす半導体集積回路を実現するため、新たな機能性材料開発に貢献する評価基盤技術を開発し、さらに開発した機能性材料の半導体及び半導体集積回路への適用を可能とする統合的なソリューション技術を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術的目標及び達成時期

2011年度までに、半導体デバイス性能に直結する接合素子の性能性及び信頼性等、半導体製造プロセス全体を俯瞰しつつ、機能性材料開発が可能となる評価基盤技術を開発し、開発した機能性材料を用いた統合的なソリューションが提案できる材料評価基盤を構築する。

研究開発期間

2009年度～2011年度

4 - - . その他

(1) 次世代構造部材創製・加工技術開発(次世代衛星基盤)

概要

国際商業市場における我が国衛星メーカーの競争力を強化するべく、準天頂衛星システム(利用者に対し、米国が運用するGPSとの補完による高精度な位置情報等の提供を可能にするシステム)の構築に不可欠な基盤技術(産業競争力強



化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等)の開発を行う。本プロジェクトの一部については、他部門と比較して需要増加の割合が高い運輸部門のエネルギー消費を抑制すべく、自動車、高速車両等の輸送機器の軽量化・効率化にも資する複合材料製造設計等の基盤技術を確立するためのものであり、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

静止軌道と一定の角度をなす傾斜軌道に複数の衛星を配置し、見かけ上、常に天頂付近に最低1つの衛星を位置させるシステム。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、準天頂衛星システムの構築に不可欠な基盤技術(産業競争力強化にも直結する衛星の軽量化、長寿命化に関する技術等)の開発を実施し、宇宙空間での技術実証を行う。

研究開発期間

2003年度～2010年度

#### 4 - . 運輸部門の燃料多様化

##### 4 - - . 共通

- (1) 新エネルギー技術実用化補助事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

##### 4 - - . バイオマス由来燃料

- (1) 新エネルギー技術研究開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) E3地域流通スタンダードモデル(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) バイオマス等未活用エネルギー実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (4) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) セルロース系エタノール革新的生産システム開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

##### 4 - - . G T L 等の合成液体燃料

- (1) 天然ガスの液体燃料化(G T L)技術実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

##### 4 - - . 燃料電池自動車および水素関連技術

- (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (3) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (4) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (5) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (6) 燃料電池システム等実証研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

##### 4 - - . 電気自動車

- (1) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)
- (2) 革新型蓄電池先端科学基礎研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

#### 4 - . 新エネルギー等の開発・導入促進

##### 4 - - . 共通

###### (1) 新エネルギー技術研究開発(運営費交付金)

###### 概要

新エネルギーの自立的普及に向けて、太陽光、風力、バイオマスなど新エネルギー分野でのイノベーションを促進すべく、高効率かつ低コストを目指した先進的技術開発を実施する。具体的には以下の研究開発を実施する。

- A. 革新的な太陽電池の開発を実施する研究拠点を形成し、海外との研究協力等を行いながら、超長期の視野に立って、飛躍的な性能向上を目指した太陽光発電技術の開発を推進する。(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)
- B. 中長期的に、より一層の高効率化と低コスト化を目指して、革新的な材料、構造等を採用した太陽光発電技術の開発を推進する。(太陽光発電システム未来技術研究開発)
- C. 2020年の目標発電コスト14円/kWhおよび太陽光発電システムの大幅な効率向上を実現すべく、未来技術研究開発などで得られた要素技術開発の成果の内、実用化が期待できる太陽電池作製に係る技術について課題を設定し早期実用化を助成する。(太陽光発電システム実用化促進技術開発)
- D. 電力供給源としての太陽光発電の信頼性を確立し、今後の太陽光発電システムの円滑な普及促進を図るため、太陽光発電システムの大量普及時に不可欠な性能評価技術やリサイクル・リユース技術等システムの共通基盤技術に係る研究等を実施する。(太陽光発電システム共通基盤技術研究開発)
- E. PVシステムの普及拡大のため、「集中連系型太陽光発電システム実証研究」の設備を有効利用しながら、認証制度にも資する複数台連系に係わる試験方法を確立する。(単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究)
- F. 風力発電技術の国際的な動向を把握しつつ、我が国の複雑地形における風力発電利用上の各種課題を克服するための基礎から応用までの技術について研究開発を行う。具体的には我が国の厳しい風特性を反映した風特性モデルの確立及び高々度風況観測を簡便に行うためのリモートセンシング技術の精度検証・評価を行う。

また、全国規模での落雷電流計測、落雷様相観測による雷特性の把握、落雷特性・落雷保護対策と被害実態との相関把握、上記を踏まえた効果的な落雷保護対策の検討及び実機規模での実雷による保護対策検証等を実施し、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。(次世代風力発電技術研究開発事業)
- G. 我が国特有の海上特性や気象・海象条件を把握し、これらの自然条件に適した洋上風況観測法や風力発電システムに関する技術開発とその実証を行なうと共に、環境影響評価システム手法を確立する。(洋上風力発電技術研究開発)
- H. バイオマスのエネルギー利用の促進を図るためには、発生地域が分散し、形状・性状が多種多様にわたるバイオマス資源を利用しやすい形態の有用エネルギーへ効率的に転換できる技術を開発する。(バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発)

I . 世界的にもベンチャー企業による太陽光発電、新型風力発電、燃料電池、バイオ燃料分野におけるイノベーション活動が活発化していることを踏まえ、詳細目標設定・多段階選抜形の米国 S B I R 制度を参考に特定のキーテクノロジーに対するベンチャーのチャレンジを強力に支援する。(新エネルギーベンチャー技術革新事業)

#### 技術目標及び達成時期

- A . 2050年までに「変換効率が40%超」かつ「発電コストが汎用電力料金並み(7円/kWh)」の太陽電池を実用化することを目指した研究開発の中で、変換効率40%超の実現に向けた技術の基礎・探索研究段階と位置づけて研究開発を実施する。
- B . 2020年頃に業務用電力料金並の発電コスト(14円/kWh、モジュール製造原価として75円/W程度)、2030年頃に火力発電の発電コスト(7円/kWh、モジュール製造原価として50円/W程度)の実現に向けた中・長期的な技術開発を行う。
- C . 2015年に向けて市場競争力を備えた本格生産・商用化を目指す。
- D . 2020年度の技術開発目標である発電コスト14円/kWhを目指し、中期的な視点での太陽光発電の普及拡大に資する。
- E . 2009年度末までに、電力系統側が受け入れ可能な、導入台数の制限のない能動型単独運転検出装置の試験方法を確立する。
- F . 2012年度までに、風力発電の基礎から応用までの技術について、国際的な動向を把握しつつ、我が国特有の気象・地形に起因する各種問題(風車耐久性等)を克服するための研究開発を行って、我が国の風車産業の振興に資するとともに、IEA RD&D WINDなどの最先端の国際的風力発電共同研究に研究成果を反映させる。

また、2012年度までに、高精度落雷リスクマップを作成するとともに、風力発電設備へのより効果的な落雷等に対する対策を策定する。

- G . 2013年度までに、我が国の海象・気象条件に適した、洋上風況観測システム、洋上風力発電システム及び環境影響評価の手法等の技術を確立する。
- H . 2004年度より、バイオマスエネルギー転換プロセスにおける各工程のボトルネックを抽出し、2008年度までに開発が完了するよう、それぞれのボトルネックをブレイクスルーする要素技術開発を提案公募方式により実施する。更に、2005年度より2009年度まで、バイオマスのエネルギー転換・利用技術等の分野において2030年の普及を目指した新規な革新的技術を発掘するための先導技術研究開発を提案公募方式により実施する。
- I . 潜在的なオプションの顕在化や関連産業分野の技術開発による技術革新により、新エネルギー導入促進技術オプションの多様化と経済性の向上に寄与する。

#### 研究開発期間

2007年度～2011年度

## (2) 新エネルギー技術フィールドテスト事業(運営費交付金)

### 概要

2010年度の新エネルギー導入目標達成に向け、新技術を活用した太陽光発電及び太陽熱利用システムの有効性の検証、バイオマス熱利用システムの性能・経済性等の検証、風車立地に必要な高所の風況データの収集・解析など総合的な新エネルギーフィールドテストを実施する。具体的には以下のフィールドテストを実施する。

- A. 新技術を活用した太陽光発電システム等を設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。(太陽光発電新技術等フィールドテスト事業)
- B. 新利用形態の太陽熱利用システムや未利用分野においてシステムを設置し、出力特性等の情報収集及び分析を行うことで、その有効性を確認するとともに、ガイドラインの策定等により広く情報発信を行う。(太陽熱高度利用システムフィールドテスト事業)
- C. 広く薄く賦存するバイオマスを、民間企業や研究機関等において研究開発が終了段階をむかえた高効率に熱利用できるシステムを設置し、設置場所の熱需要に合わせたフィールドテストを実施することにより、実運転におけるバイオマス熱利用転換システムとしての課題抽出、解決を行い、早期実用化を図り、バイオマスエネルギーの導入促進を行う。(地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業)
- D. 風力発電の導入目標(2010年度300万kW)を達成するため、共同研究事業者と大型風車の導入普及に必要な高所の風況データの収集・解析・評価を行い、公開する。(風力発電フィールドテスト事業)

### 技術目標及び達成時期

- A. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。
- B. 設置システムについて、2007年度に策定したガイドラインを2009年度に改訂する。また、2012年度及び2015年度に見直し改訂する。
- C. 一定レベルまで確立されたバイオマス熱利用技術について、性能や経済性等の状況・データを収集・分析し、熱利用システムの有効性を実証するとともに、これらの結果を公表することで汎用性の高い熱利用システムの確立し、2010年度のバイオマス熱利用の導入目標(308万KL)達成を目指す
- D. 2010年度までに、高所の風況データの解析・評価を行い、導入普及に有用な資料の取りまとめを行い、これらの結果を風力発電事業者、研究機関や風力発電事業を計画している各種団体等に公開することにより、風力発電導入の素地を形成し、風力発電の導入を拡大する。

### 研究開発期間

2007年度～2011年度

### (3) 新エネルギー技術実用化補助金(運営費交付金)

#### 概要

科学技術基本計画における戦略的技術領域・課題にかかる技術課題等で石油代替エネルギーの製造・生成・利用に資する実用化開発を行う民間企業に対し助成支援する。

#### 技術目標及び達成時期

助成事業終了後3年以上を経過した時点で25%の実用化達成率。加えて、知的資産経営の方針に対する審査時の評価を通じて、「技術等の知的資産を活かす経営の下で収益拡大を図る(技術を経営、収益につなげる)」意識を普及させる。

#### 研究開発期間

2000年度～

### (4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業(運営費交付金)

#### 概要

産業界や社会のニーズに応える石油代替技術のシーズの発掘とその育成、並びに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の若手研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって石油代替効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

#### 技術目標及び達成時期

独創性のある若手研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的石油代替技術の研究開発を促進する。本事業では革新的石油代替技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、石油代替技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

#### 研究開発期間

2000年度～

## 4 - - . 太陽・風力

### (1) 太陽光発電無線送受電技術の研究開発

#### 概要

将来の新エネルギーシステムとして期待される宇宙太陽光発電システム(SSPS)の中核的技術として応用可能なマイクロ波による太陽光発電無線送受電技術の確立に向け、安全性や効率性等の確保に不可欠な精密ビーム制御技術の研究開発を行う。

#### 技術目標及び達成時期

2012年度までに複数のフェーズドアレイパネル間の位相同期を行い、パイロット信号の方向にマイクロ波を電送するレトロディレクティブ技術を活用した精密ビーム制御技術の確立を目指す。

研究開発期間

2008年度～2012年度

#### 4 - - . 電力系統制御・電力貯蔵

##### (1) 革新型蓄電池先端科学基礎研究(運営費交付金)

概要

電池の基礎的な反応原理・反応メカニズムを解明することで、既存の蓄電池の性能向上及び革新型蓄電との実現に向けた基礎技術の確立を目指す。

技術目標及び達成時期

世界最高レベルの放射光施設を用いた評価装置により、蓄電池の反応メカニズムを解明するとともに、2030年に電気自動車の航続距離500km、コスト1/40を実現すべく、新材料の開発を行う。

研究開発期間

2009年度～2015年度

##### (2) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)(4 - - 参照)

##### (3) 大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証事業(運営費交付金)(4 - - 参照)

#### 4 - - . バイオマス・廃棄物・地熱等

##### (1) E3地域流通スタンダードモデル創成事業(運営費交付金)

概要

離島(全域)におけるエタノール3%混合ガソリン(E3)の製造から給油までの大規模なフィールドテストを通じ、E3利用に関する社会システムモデルの構築と一般社会へ適用する際の技術課題の抽出を行う。

技術目標及び達成時期

2010年の「京都議定書目標達成計画」の導入目標(50万kl)に資するため、2009年度にE3利用の社会モデルを構築し、2011年度までにその検証を行う。

研究開発期間

2007年度～2011年度

##### (2) バイオマス等未活用エネルギー実証事業(運営費交付金)

概要

地域に賦存する未活用な資源であるバイオマスをエネルギーとして有効活用するため、溶融ガス化等熱化学的変換技術による燃料化システムやメタンガス等生物化学的変換技術による燃料化システム等の実証試験事業、事業可能性調査等を実施し、利用ノウハウ等を蓄積、本格的なバイオマス等エネルギーの導入を推進する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、バイオマス等の種別やエネルギー変換手法、更には地域

特性を加味した一連のエネルギー転換システム毎のフィージビリティスタディや試験設備の設置により、バイオマス等の運搬・収集、エネルギー転換及びエネルギー利用に係るデータの収集、分析、評価を実施し、その結果をフィードバックすることによって本格的なバイオマス等エネルギーの導入を目指す。

研究開発期間

2001年度～2009年度

### (3) バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（運営費交付金）

概要

バイオマスエネルギーの資源収集・運搬、転換、残渣処理、利用までの一連の利活用システムについての、各要素の連携の最適化を図るための実証を実施することによって、地域特性に適合した地域主導によるバイオマスの地産地消・地域循環型の先導的モデルシステムを構築することによりバイオマスエネルギーの導入を促進する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、国内バイオマス資源の安定的かつ経済的な供給システム、最適なエネルギー転換技術、エネルギー転換後に発生する残渣の処理等の一連の地産地消型エネルギー転換システムについて、ノウハウ蓄積、課題抽出及びその対策方法の策定、技術確立を行う。また、ここで確立されたバイオマスエネルギーシステムは他地域への波及を先導する事例となることを目標とする。

研究開発期間

2005年度～2009年度

### (4) セルロース系エタノール革新的生産システム開発（運営費交付金）

概要

大規模安定供給が可能で、かつ食料と競合しない、草本系、木質系のセルロース系バイオマス原料の栽培からバイオエタノール製造までの一貫生産システムを構築し、環境負荷、経済性等を評価する。加えて、大規模生産に当たり危惧されている、生態系破壊、森林破壊、ライフサイクルでの環境負荷増大等の負の影響についての適切な評価、認証等、持続可能なバイオ燃料の生産拡大を担保する社会システム整備のあり方についても調査研究を行う。

技術目標及び達成時期

2015年までに、製造コスト40円/L以下、エネルギー回収率35%以上を達成するための技術開発を行う。

研究開発期間

2009年度～2013年度

#### 4 - - . 燃料電池

##### (1) 固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発(運営費交付金)

###### 概要

自動車用、家庭・業務用等に利用される固体高分子形燃料電池(PEFC)の実用化・普及に向け、要素技術、システム化技術及び次世代技術等の開発を行うとともに、共通的な課題解決に向けた研究開発の体制の構築を図る。

###### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、固体高分子形燃料電池の経済性・耐久性の向上や高性能化のための技術開発を行い、燃料電池の普及段階へ向けて必要な基本的技術を確立する。

###### 研究開発期間

2005年度～2009年度

##### (2) 燃料電池先端科学研究(運営費交付金)

###### 概要

燃料電池の基本的反応メカニズムについての根本的な理解を深めるために、高度な科学的知見を要する現象解析及びそのための研究体制の整備を行い、現状の技術開発における壁を打破するための知見を蓄積する。

###### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、燃料電池内における反応機構を電気化学(電極触媒反応、イオン移動、分子移動等)及び材料化学(溶解・腐食反応、錯形成反応、ラジカル反応、固相内拡散等)の観点から解明する。また、燃料電池新技術の性能を適切に評価・実証するための基本システムを構築する。

###### 研究開発期間

2005年度～2009年度

##### (3) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発(運営費交付金)

###### 概要

固体酸化物形燃料電池(SOFC)は発電効率が高く、分散型電源として期待されるが、実用化・普及のためには耐久性・信頼性向上、低コスト化等の課題を解決することが必要であり、材料開発や劣化要因解明など基盤的な要素技術の研究を行う。

###### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、耐久性・信頼性の向上のための劣化要因解明等の基礎研究、低コスト化のための材料等や高出力セルスタックの開発、起動停止対応等の実用性向上のための技術開発を実施する。

###### 研究開発期間

2008年度～2012年度



#### (4) セラミックリアクター開発（運営費交付金）

##### 概要

低温域かつ高効率なエネルギー変換を可能とする次世代型セラミックリアクターの実現のため、世界最高効率の燃料電池マイクロセルの集積構造技術等の開発を行う。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

##### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、新電解質材料の適用や電極反応の高効率化等による、低温作動時（650以下）での出力性能を向上させる材料技術と共に、マイクロセルの集積構造化や精緻なインターフェース構築のための製造プロセス技術を開発。そして、これらの技術を統合することにより、次世代型セラミックリアクターとしてのプロトタイプモジュール実証（出力性能2kW/L等）を行う。

##### 研究開発期間

2005年度～2009年度

#### (5) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発（運営費交付金）

##### 概要

水素の製造・輸送・貯蔵等に係る機器やシステムについて、性能・信頼性・耐久性の向上や低コスト化を目指す水素利用技術の研究開発を行い、水素社会の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

##### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素製造・貯蔵・輸送・充填に関する機器やシステムの信頼性・耐久性向上、低コスト化、性能向上等実用化検証や要素技術開発、及び当該技術を飛躍的に進展させることができる革新的技術開発や調査研究などを行い、その成果を産業界に提供することにより、水素エネルギー初期導入間近の関連機器製造・普及技術として完成させ、水素社会の真の実現に必要な基盤技術の確立を図る。

##### 研究開発期間

2008年度～2012年度

#### (6) 水素貯蔵材料先端基盤研究事業（運営費交付金）

##### 概要

世界トップ水準の優れた研究者を中核に、国内外の研究機関・企業のバーチャルな連携の下、高圧水素貯蔵に比べよりコンパクトかつ効率的な水素貯蔵を可能とする水素貯蔵材料の性能向上に必要な条件等を明らかにすることにより、燃料電池自動車の航続距離の飛躍的向上を図る。

##### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、水素貯蔵材料の基本原則、さらには水素貯蔵能力の革新的向上に必要な条件を明らかにすることにより、水素をより安全・簡便・効率的かつ低コストに輸送・貯蔵するための技術基盤を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

(7) 水素先端科学基礎研究事業(運営費交付金)

概要

水素の輸送や貯蔵に必須な材料に関し、水素脆化等の基本原理の解明及び対策の検討を中心とした高度な科学的知見を要する先端的研究を、国内外の研究者を結集し行うことにより、水素をより安全・簡便に利用するための技術基盤を確立する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、水素脆化、水素トライボロジーの基本原理の解明及び対策の検討等を行い、水素をより安全・簡便に利用するための技術指針を産業界に提供する。

研究開発期間

2006年度～2012年度

(8) 水素社会構築共通基盤整備事業(運営費交付金)

概要

燃料電池の導入・普及に資する基盤整備のため、製品性能の試験・評価手法及び国内外の基準・標準の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2009年度を目途に、安全性等に係るデータを取得し、そのデータを基に試験・評価手法の確立、国際標準の確立、規制の再点検を三位一体で進める。

研究開発期間

2005年度～2009年度

(9) 固体酸化物形燃料電池実証研究(運営費交付金)

概要

発電効率が高く、分散型電源として期待される固体酸化物形燃料電池(SOFC)の研究開発・実用化の促進のため、耐久性を始めとしたデータの取得・課題抽出等のための実証を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、SOFCシステムの実証試験を数十～数百台規模で実施し、蓄積が不足している耐久性を始めとした実証データの取得・課題抽出等を行い、SOFC技術開発等へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2007年度～2010年度

( 1 0 ) 燃料電池システム等実証研究 ( 運営費交付金 )

概要

実条件に近い中での燃料電池自動車等の実証走行や、高圧水素貯蔵システム、多角的な燃料供給システムの検証を進め、水素エネルギー社会における水素利用の課題等を抽出するとともに、燃料電池・水素に対する国民的理解の醸成を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実使用条件下における技術的課題を抽出するとともに、環境特性、エネルギー総合効率、安全性、耐久性等に関する基準・標準に資するデータを取得し、燃料電池自動車、水素ステーションの研究開発等へのフィードバックを行う。

研究開発期間

2006年度～2010年度

( 1 1 ) 将来型燃料高度利用技術開発 ( 4 - - 参照 )

4 - . 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

4 - - . 軽水炉・軽水炉核燃料サイクル

< 新型軽水炉 >

( 1 ) 次世代軽水炉等技術開発

概要

2030年前後に見込まれる大規模な代替炉建設需要に対応するため、安全性・経済性、信頼性等に優れ、世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発を行う

技術目標及び達成時期

2010年度までに、次世代軽水炉の実現に必要な要素技術開発等及びプラント概念の成立性について見通しを得るための概念設計検討を行う。

研究開発期間

2008年度～2010年度 ( 見直し )

< 軽水炉使用済燃料再処理技術の高度化 >

( 2 ) 使用済燃料再処理事業高度化

概要

再処理施設で用いられるガラス固化技術について、より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能な新しい性状のガラスを開発するとともに、これに対応しうる新型の溶融炉を開発することにより、我が国の使用済燃料再処理技術の高度化を図る。新型ガラス溶融炉の開発に際しては、六ヶ所再処理工場の運転経験を反映する研究もあわせ行う。

技術目標及び達成時期

より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能なガラス及び溶融炉の開発等によって、より高品質のガラス固化体を製造可能なガラス固化技術を開発する。

また、本事業によって開発されたガラス固化技術を、5年程度で更新が計画されている日本原燃株式会社六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉及び同工場のガラス固化施設の運転に反映させる。

研究開発期間

2009年度～2011年度

#### < プルサーマルの推進 >

##### (3) 全炉心混合酸化物燃料原子炉施設技術開発

概要

プルサーマルが当面のプルトニウム利用策として期待されていることを踏まえ、既存の軽水炉に比べ約3倍のプルトニウムを装荷することができる全炉心混合酸化物燃料原子炉に必要な技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、原子炉の開発に必要な設計、解析、試験等を行い、全炉心混合酸化物燃料原子炉技術を確立する。

研究開発期間

1996年度～2011年度

#### < 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの円滑な移行のための技術開発 >

##### (4) 高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発

概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。そのなかで、次世代再処理工場から発生する高線量回収ウラン等を既存軽水炉燃料製造施設で取扱可能とする、次世代再処理工場と調和可能な回収ウラン等の除染技術について、調査・基礎試験等を行い、商業的に利用可能な除染技術候補の検討等を実施する。選定された技術については、プロセス試験等を実施する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、回収ウラン等の除染プロセスの候補技術の洗い出し及び候補プロセス技術の基礎試験を終了し、次世代再処理技術との適合性の検証を行い、プロセス試験を実施すべき除染プロセス技術を選定する。

また、2015年までに、選定した除染プロセス技術について工学化規模でのプロセス試験を行い、商業的に利用可能な転換前高除染技術としての実効性を検証する。

研究開発期間

2007年度～2015年度

#### < ウラン濃縮技術の高度化 >

##### (5) 遠心法ウラン濃縮技術開発

概要

我が国におけるウラン濃縮技術や生産能力の維持・向上のため、世界最高水準

の性能を有するなど国際的に比肩し得る経済性と性能を有する新型遠心分離機を開発する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、国際役務価格\$100/kg SWU相当を目指して、現在実用化している金属銅遠心分離機の約5倍という高い分離性能や同遠心分離器を上回る寿命など国際的に比肩し得る技術レベルを有する新型遠心分離機の開発を目指すとともに、最終仕様の新型遠心分離機を多数台用いたカスケード試験の実施により商用プラントとしての信頼性を確立し、運転要領の策定を行う。

研究開発期間

2002年度～2009年度

#### < 回収ウラン >

##### (6) 回収ウラン利用技術開発

概要

六ヶ所再処理工場で回収される回収ウランを再濃縮し、再び軽水炉で利用するため、濃縮施設等既存施設への影響等を把握し、転換プロセスを中心とした回収ウラン利用技術を開発する。併せて劣化ウラン酸化固形化についても検討を行う。

技術目標及び達成時期

2012年頃までに、劣化ウランの取扱・管理の容易さや貯蔵効率を向上させるための劣化ウラン酸化固形化（再転換を含む）技術の研究開発を行い、同技術に係る基礎プロセスを確立する。2015年度頃までに、再処理により回収される回収ウランの濃縮が可能な商用遠心分離機的设计を確定する。

研究開発期間

2008年度～2015年度

#### < 共通基盤技術開発 >

##### (7) 革新的実用原子力技術開発

概要

第4世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）や国際原子力エネルギー・パートナーシップ（GNEP）等の国際協力枠組みにおいて国際連携による研究開発が提案されている技術分野や、近年希薄化が懸念される原子力を支える基盤技術分野について、産業界の参画やニーズ提示のもと、大学等が実施する研究活動への支援や将来の原子力人材の育成を実施しており、各分野の目的に沿った革新的な技術開発を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度まで、基盤技術分野、国際協力技術分野において個別テーマ毎に研究開発を実施する。

研究開発期間

2000年度～2011年度（見直し）

#### 4 - - . 高速増殖炉（FBR）サイクル

##### （1）発電用新型炉等技術開発

###### 概要

FBR実証炉及び関連サイクル施設の早期実現を図るため、文部科学省と連携し、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を推進する。具体的には、実証炉に必要な要素技術のうち、設計・建設段階において必要となる実プラント技術として、格納容器設計技術、耐震性評価技術、高温材料設計技術、保守・補修技術、大型構造物製作技術の試験等を実施する。

###### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証炉の概念設計へ反映しうる設計基準データ等の技術的根拠を得る。

###### 研究開発期間

2007年度～2010年度

##### （2）高速炉再処理回収ウラン等除染技術開発（4 - - 参照）

#### 4 - - . 放射性廃棄物処理処分

##### （1）地層処分技術調査等

###### 概要

###### ）地層処分共通技術開発

高レベル放射性廃棄物等の地層処分における共通的技术として、今後段階的に進められる処分地選定の際に重要となる地質等調査技術の高度化開発を行う。

###### ）高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

高レベル放射性廃棄物処分に係る基盤技術として、人工バリア等の長期性能評価技術、処分場操業の際のオーバーパック溶接や搬送・定置等の遠隔操作技術の開発を行う。

###### ）TRU廃棄物処分関連技術開発

TRU廃棄物の地層処分に係る基盤技術として、高レベル放射性廃棄物との併置処分の可能性も念頭に、TRU廃棄物に固有に含まれる核種の閉じ込め技術や人工バリア等の長期性能評価技術の開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

###### ）地層処分共通技術開発

2011年度までに、処分地選定の初期段階で必要となる地上からの調査技術のうち、特に沿岸域の環境や高精度での地下水評価等に係る調査評価技術の高度化・確証を行う。

###### ）高レベル放射性廃棄物関連処分技術開発

2011年度までに、人工バリア等の長期性能評価技術や遠隔操作等の工学技術について高度化を図り、幅広い地質環境に対応可能な技術選択肢と成立性を提示する。

###### ）TRU廃棄物処分関連技術開発

2011年度までに、TRU廃棄物に固有に含まれるヨウ素129や炭素1

4の閉じ込め、高アルカリ環境下での人工バリアの性能評価等に関し、幅広い地質環境に対応可能なデータ・モデルの整備と技術選択肢の提示を行う。

研究開発期間

1998年度～2011年度

## (2) 管理型処分技術調査等

### ) 地下空洞型処分施設性能確認試験

概要

T R U廃棄物や発電所廃棄物等の余裕深度処分において検討されている「地下空洞型処分施設」の成立性確認のため、実規模大の空洞を利用した総合的な確認試験を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、実規模大の空洞内にコンクリートピット等からなる地下空洞型処分施設を構築し、施工性や初期性能の総合的な確認を行う。

研究開発期間

2006年度～2011年

## (3) 放射性廃棄物共通技術調査等

概要

### ) 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

放射性廃棄物処分に係る国内外の最新知見の収集・分析、重要かつ基礎的な課題の抽出並びに研究を実施し、長期に及ぶ処分事業等を支える技術基盤の拡充を図る。

### ) 放射性核種生物圏移行評価高度化調査

放射性廃棄物処分の安全評価に共通的な基盤情報として、生物圏における核種移行プロセスを評価するため、日本の風土を反映した核種移行パラメータ・モデルを整備する。

技術目標及び達成時期

### ) 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

2011年度までに、放射性廃棄物処分に共通的な重要基礎技術として、地質環境の長期安定性評価、人工バリアや岩盤の長期挙動評価等に係る知見を整備する。

### ) 放射性核種生物圏移行評価高度化調査

2011年度までに、沿岸域の環境も含めたわが国表層環境への適用とT R U廃棄物に固有の核種等を考慮した、生物圏核種移行のモデルとデータベースを構築する。

研究開発期間

2001年度～2011年度

#### 4 - - . 原子力利用推進に資する電力系統技術

##### (1) イットリウム系超電導電力機器技術開発(運営費交付金)

###### 概要

世界的にも我が国が最先端の技術力を有する次世代高温超電導線材を活用し、経済社会の基盤となる電力の安定的かつ効率的な供給システムを実現するため、系統を適正に制御し、電力供給を安定化させるための技術及び発電電力を無駄なく輸送するための高効率な送電技術の確立を目指す。

###### 技術目標及び達成時期

2012年度までに、イットリウム系超電導線材を用いたSME S、電力ケーブル、変圧器実現のための重要な技術開発を行い、各機器の成立性を実証する。

###### 研究開発期間

2008年度～2012年度

##### (2) 高温超電導ケーブル実証プロジェクト(運営費交付金)

###### 概要

革新的な高効率送電技術を確立して高温超電導ケーブルの実用化を促進するため、工業生産プロセスで実用化レベルに達している高温超電導線材(DI-BSCCO等)を活用し、首都圏の系統に接続する実証試験及び評価を行う。

なお、本事業は、発電用施設による電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

###### 技術目標及び達成時期

2011年度までに、200MVA級の中間接続部を有した三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66KV実系統に接続して、12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

###### 研究開発期間

2007年度～2012年度

#### 4 - - . その他電力供給安定化技術

##### (1) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業(運営費交付金)

###### 概要

大規模太陽光発電を電力系統に連系した場合に課題となる系統安定化対策やピーク対策のための技術等を開発するとともに、その有効性を実証する。

また、国内外の先進的な次世代技術の価格性能を比較することを通じて技術開発を加速する。

###### 技術目標及び達成時期

2010年度までに、下記の実証研究を行い、その有効性を確認する。

- (イ) 蓄電池等を組み合わせた出力変動抑制システムの有効性。
- (ロ) 発電出力のピーク制御(午後のピーク帯へのシフト)の有効性。
- (ハ) 大型インバータによる高調波抑制システムの有効性。
- (ニ) 国内外メーカーの太陽電池モジュールの特性比較を行い、性能、経済性等



を比較・検証。

研究開発期間

2006年度～2010年度

## (2) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発(運営費交付金)

概要

蓄電池技術は、新エネルギーの出力安定化や燃料電池自動車(FCEV)・ハイブリッド自動車(HEV)・電気自動車(EV)等の高効率次世代自動車に共通する重要なコア技術である。そこで、高性能蓄電システムに係る要素技術開発、新材料開発及び基盤技術の開発を行う。

A．系統連系円滑化蓄電システム技術開発

B．次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

技術目標及び達成時期

A．2010年度末において、寿命10年、コスト4万円/kWh、1MW規模のシステムおよび要素技術の確立と2030年において寿命20年、コスト1.5万円/kWh、20～30MW規模の蓄電システムを見通せる技術開発。また、新エネルギー対応の充放電パターン等、基礎データの整備、大型化に伴う安全性や寿命等の評価手法の確立。

B．2011年度末において、電池開発では、0.3kWhモジュールを作製し、重量エネルギー密度100Wh/kg、出力密度2000W/kg、寿命10年、コスト4万円/kWhを達成すること(条件:3kWhの組電池、100万台生産ベース)。電池構成材料及び電池反応制御技術の開発では重量エネルギー密度200Wh/kg、出力密度2500W/kg、コスト3万円/kWhを小型単電池で達成すること(上記と同条件)。たま、電池周辺機器開発では、格段の高性能化、コンパクト化、低コスト化を達成すること。さらに、重量エネルギー密度500Wh/kgを見通せる新規概念・構造の蓄電池基礎開発の他、劣化・寿命診断法、安全性評価などの各種試験法等の開発およびそれら共通基盤技術の基準・標準化。

研究開発期間

2007年度～2011年度

## (3) 発電プラント用超高純度金属材料の開発(運営費交付金)

概要

超高純度金属材料を発電設備の蒸気配管等に実用化することを目指し、高純度金属材料の高度化に向けた低コスト・量産化製造技術を開発し、実使用環境における超高純度金属材料の耐久性試験等を行う。

なお、本事業は、発電用施設における電気の供給の円滑化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2009年までに、不純物総量100ppm未満、溶解量数100kg以上の低コスト・量産化技術製造技術を開発するとともに、製造された超高純度材料が発電プ

ラントの各種機器に適用でき、本材料の持つ優れた特性を長期に亘って発揮できることを確認する。

研究開発期間

2005年度～2009年度

#### 4 - . 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

##### 4 - - . 石油・天然ガス・石炭の探鉱・開発・生産技術

###### (1) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型/特別研究(運営費交付金)

概要

石油及び可燃性天然ガス資源の開発に係る技術の振興を図る観点から、大水深、複雑な地層といった悪条件化が進む石油・天然ガスの探鉱・開発技術、利用拡大が見込まれる天然ガス田の開発促進に資する天然ガス有効利用技術等について、短期間で実用化が期待され、民間ニーズに直結した研究開発を提案公募により実施する。

技術目標及び達成時期

2012年度までに、我が国の石油・天然ガスの探鉱・開発技術力の向上、及び天然ガスの利用の促進に向けた天然ガスの有効利用技術の開発を行う。

研究開発期間

2001年度～2012年度

###### (2) 石炭生産技術開発

概要

石油代替エネルギーである石炭の安定供給を図るため、発熱量が低いものの低灰分、低硫黄といった特徴を有する低品位炭の有効利用を目的として、低品位炭の発熱量を高め、自然発火性を抑制する低品位炭改質技術を開発する。

技術目標及び達成時期

2009年度までに、3500～5000kcal/kgの発熱量の低品位炭を瀝青炭並みの6000kcal/kg以上に改質する低品位炭改質技術を開発し、600t/d大型実証プラントでの製造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2009年度

###### (3) 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発(運営費交付金)

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から、石油製品等に含まれる化学物質によるリスクを把握し、必要な対策を適切に行うことを可能とするため、*in vitro*培養系技術等の活用により遺伝子組換え細胞等を用いた*in vitro*系簡易有害性予測手法、また、トキシコゲノミクスを活用した短期動物試験結果と相関する遺伝子発現データセットを開発する。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、遺伝子導入技術、幹細胞分化誘導技術、生物発光技術等

を適用した培養細胞を用いて、試験期間1ヶ月程度、発がん性、催奇形性及び免疫毒性を予測評価できる試験手法を開発し、また、遺伝子発現解析技術を短期動物試験に適用し、28日間反復投与試験結果と相関する遺伝子発現データセットを完成させる。また、標準的な試験プロトコルを策定する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (4) 石油資源遠隔探知技術の研究開発

概要

我が国が開発・運用する多様な地球観測センサ(ASTER、PALSAR等)の地球観測データを用いて、石油・天然ガス等の安定供給確保のため、資源開発・探査、環境観測等に有効なデータの処理解析手法の研究開発を行う。また、地球観測データのような大容量のデータを容易に扱えるシステムの研究開発を実施することで資源開発・探査、環境観測を含む多様な分野でのリモートセンシングの利用拡大を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、資源開発・探査、環境観測等の分野における地球観測データ処理・解析技術の向上及び地球観測データの利用の拡大を図る。

研究開発期間

1981年度～2010年度

#### (5) ハイパースペクトルセンサ等の研究開発(運営費交付金)

概要

資源開発に有効な岩石・鉱物や地質構造解析の高次元解析を可能とするハイパースペクトルセンサの開発を行うとともに、軌道上におけるデータ取得の実証を行い、センサ技術の確立を行う。

技術目標及び達成時期

2011年度までにスペクトル分解能200バンド前後のハイパースペクトルセンサを開発し、地表面のスペクトル情報を取得して資源開発に有効なセンサ技術の実証を行う。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (6) 次世代合成開口レーダ等の研究開発

概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した合成開口レーダである次世代合成開口レーダ(PALSAR)の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

#### 技術目標及び達成時期

PALSAARの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、レーダ技術の高度化（アンテナ指向の電子制御化、分解能の向上、多偏波観測等）を図る。

#### 研究開発期間

1993年度～2010年度

### (7) 極軌道プラットフォーム搭載用資源探査観測システムの研究開発

#### 概要

石油の生産及び流通の合理化を図る観点から行うものであり、石油及び可燃性天然ガス資源等の開発に資するため、資源探査能力を格段に向上した光学センサである資源探査用将来型センサ（ASTER）の健全性評価やセンサを維持することにより、取得される画像データを用いた石油・天然ガス資源の遠隔探知を行う技術を確立する。

#### 技術目標及び達成時期

ASTERの開発、健全性の評価・維持を実施することにより、2010年度までに、センサ技術の高度化（ポインティング機能の追加、分解能の向上、熱センサの搭載等）を図る。

#### 研究開発期間

1987年度～2010年度

## 4 - - . 石油・天然ガスの有効利用技術

### (1) 石油燃料次世代環境対策技術開発

#### 概要

バイオマス燃料から製造した石油製品が自動車排出ガスに及ぼす影響、新たな自動車燃焼技術（自着火燃焼（着火までに燃料と空気を十分に混合し、その混合気体を点火プラグの使用なしで圧縮することにより着火させる燃焼法でNOx排出低減、熱効率が高い等の利点がある））に適応した燃料に関する技術開発を実施する。

また、建設機械、発電機等のオフロードエンジンの排ガスによる環境負荷低減や石油燃焼機器の効率的な利用を進めるための技術開発を実施する。

#### 技術目標及び達成時期

バイオマス燃料の利用時における、燃料と自動車エンジン技術の両面の影響評価を進め、技術的課題を解決し、運輸部門における燃料多様化を目指す。

また、オフロードエンジンの規制は欧米が先行していることから、2012年頃、欧米において規制強化が予定されている排ガス規制に対応した技術を確立し、我が国における規制強化に対応可能な燃焼技術を実現することを目指す。

#### 研究開発期間

2002年度～2011年度

## (2) 石油精製高度機能融合技術開発

### 概要

石油精製業を中心とする石油コンビナート全体の横断的かつ高度な運営機能の融合を図り、単独企業のみでは達成困難なコンビナート域内の省資源、省エネルギーの向上を進めるため、異業種異企業間における限りある貴重なエネルギー資源の利用効率の高い生産技術に関し技術の開発・実証を行う。

### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、我が国における他のコンビナートへの波及効果を含め、CO<sub>2</sub>排出量を63万トン/年削減可能とする技術を確立する。

### 研究開発期間

2006年度～2009年度

## (3) 将来型燃料高度利用技術開発

### 概要

省エネ、二酸化炭素削減効果が見込まれる燃料電池自動車の燃料である高純度(99.99%以上)水素を安定的かつ経済的に供給することは重要である。石油は、その長所として豊富な水素供給余力と安価な水素製造技術及び全国に展開した災害に強いガソリンスタンドを保有している。これら石油の長所を活かした水素供給システムの確立により、水素社会の早期実現に貢献するものである。本事業では、製油所からの高純度水素供給技術開発とガソリンスタンドを拠点とする高純度水素製造技術開発を行う。

### 技術目標及び達成時期

コスト低減のため製油所におけるナフサから高効率(80%以上)な高純度水素製造を可能とする新たな技術を開発する。また、供給地のガソリンスタンドにおいて有機ハイドライドから高純度の水素を高効率(80%)に取り出すための水素発生装置を開発する。また、脱硫後の灯油硫黄分を検出限界以下の10ppb以下とする脱硫剤の開発を行うとともに、貴金属使用量を2-3wt%から0.5wt%以下まで低減しても、従来と同等の高い性能が維持できる改質触媒を開発する。さらに、膜分離型反応器を用いた99.99%高純度水素の製造効率を80%、4万時間の耐久性が期待できる水素製造システムを開発する。

### 研究開発期間

2008年度～2010年度

## (4) 革新的次世代石油精製等技術開発

### 概要

原油価格の高騰・高止まりや原油の重質化と製品需要構造変化等の石油を巡る大きな環境変化のなか、連産品である石油製品を今後とも長期的に安定化かつ効率的に供給するためには、製油所の更なる高度化に向けた技術の開発実用化が必要である。このため、非在来型原油を含めた重質油を原料として、製油所におけるボトムレス化、余剰となる分解留分の高付加価値等のためのプロセスや触媒技術等の開発を行う。また、次世代の技術シーズ創出のため、これまでの技術とは

異なる発想により我が国唯一の革新的な新規触媒研究、新規膜分技術研究、新規製造プロセス研究等を産官学の連携等により実施する。

技術目標及び達成時期

2011年度までに重質油対応型高過酷度接触流動分解技術(HS-FCC)については、3千BD規模(商業レベルの1/10規模)の実証研究を通じ、プロピレン収率20%以上(既存技術4%程度)、将来不足が予想される高オクタン価ガソリン基材(RON98(既存技術92程度))の製造を可能とする技術を確立する。

研究開発期間

2007年度～2011年度

#### (5) 次世代高信頼性ガスセンサー技術開発

概要

一酸化炭素中毒やガス漏れなどのガス事故を限りなくゼロに近づけるため、センサー素子のナノレベルでのメカニズム解析及び開発設計を行い、コードレスで高信頼性を有する次世代高信頼性ガスセンサ(COセンサ・メタンセンサ)を開発する。

なお、本事業は、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から行うものである。

技術目標及び達成時期

2011年度までに、最先端のナノテクノロジー及びMEMS技術を導入し、電池駆動で5年以上の長寿命、高信頼性(数百ppm以下の故障率)、低コストなCOとメタンのセンサを開発する。

研究開発期間

2008年度～2011年度

#### (6) 天然ガスの液体燃料化(GTL)技術実証研究(運営費交付金)

概要

硫黄等を含まず排出ガスがクリーン、着火性が高いという特徴を有することから石油系燃料代替として期待されるGTLについて、天然ガス中に含まれるCO<sub>2</sub>を除去せず、原料として積極的に活用することから、従来利用が困難であったCO<sub>2</sub>を多く含むガス田からの天然ガスが利用可能、CO<sub>2</sub>除去装置が不要であることによる生産設備コストの低減が可能、といった強みを有する我が国独自のGTL製造技術の確立を図る。

技術目標及び達成時期

2010年度までに、実証プラントによる運転研究(500バレル/日)を行い、商業規模でのGTL製造技術を確立する。

研究開発期間

2006年度～2010年度

#### (7) 石油・天然ガス開発・利用促進型大型/特別研究(運営費交付金)(4 - - 参照)

#### (8) 高効率ガスタービン実用化技術開発(4 - - 参照)

#### 4 - - .メタンハイドレート等非在来化石資源の利用技術

##### (1)メタンハイドレート開発促進委託費

###### 概要

日本周辺海域に相当量の賦存が見込まれ、国産のクリーンなエネルギー資源として有望なメタンハイドレートを利用可能とするため、資源量評価手法、生産手法及び環境影響評価手法等の確立のための技術開発を行う。

###### 技術目標及び達成時期

2016年度までに、商業的産出のための技術を整備することを目指し、日本周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存状況と特性の明確化、有望賦存海域からのメタンハイドレート資源フィールドの選択及び現場産出試験等による生産手法の確立等を推進する。

###### 研究開発期間

2001年度～2016年度

##### (2)革新的次世代石油精製等技術開発(4 - - 参照)

#### 4 - - .石炭クリーン利用技術

##### (1)革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト

###### 概要

石炭の高効率な利用を図るために、

- ・酸素吹きによる石炭ガス化発電の開発実証及び化学吸収法によるCO<sub>2</sub>の分離・回収技術の実証
- ・石炭ガス化発電からCCSまで一貫したトータルシステムの設計等
- ・次世代IGCC(石炭ガス化複合発電)など革新的な石炭ガス化技術にかかる先進基盤研究

を行う。

###### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、パイロットプラントにおいて、高圧の石炭ガスからCO<sub>2</sub>の分離・回収技術の確立及びガス化炉の信頼性向上へ向けて、3炭種以上の適応炭種拡大試験を実施する。

###### 研究開発期間

2007年度～2012年度

##### (2)国際革新的ゼロエミッション石炭火力発電プロジェクト補助金

###### 概要

石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>の削減技術について諸外国との実証事業等を実施し、当該技術の普及基盤を整備することにより、エネルギー供給に対する環境上の制約を取り除き、もって我が国エネルギー需給構造の安定化を図る。

###### 技術目標及び達成時期

石炭ガス化技術等実証普及事業では、海外において取り組みが進められているゼロエミッション型石炭火力発電の石炭ガス化・発電技術、CO<sub>2</sub>分離回収技術、

CO<sub>2</sub>輸送貯留技術等に関する情報収集や関連する技術調査の実施等により、我が国におけるゼロエミッション型石炭火力発電の実用化開発に資する技術・知見を得る。

酸素燃焼国際共同実証事業では、既存の微粉炭火力発電の改造による酸素燃焼方式のゼロエミッション型石炭火力発電プラントの実用化を目標とするものであり、既存のプラントの改造により対応可能であること、酸素燃焼を行うことにより、燃焼ガスからCO<sub>2</sub>を分離する装置が不要であることから、比較的lowコストで極めて大きなCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。

石炭火力発電原油増進回収国際共同事業では、2008年5月の日中首脳会談で合意された「日中間でのCCS-EOR（二酸化炭素の回収・貯留、石油増進回収法）協力」に係る日中共同事業として、中国における石炭火力発電CCS-EOR事業の事前調査としてCCS-EORの有効性確認、CCS-EORの経済性・事業実現性等を検討する。これらにより、多量のCO<sub>2</sub>排出削減を実現するモデルの構築、世界のCO<sub>2</sub>排出削減への貢献が期待出来る。

研究開発期間

2007年度～2016年度

### (3) 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金

概要

従来の超々臨界圧火力発電（USC）は、蒸気温度の最高温度は630程度が限界で、送電端熱効率も42～43%が原理的限界といわれてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により、700以上の蒸気温度を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧火力発電技術（A-USC）の開発を行うものである。A-USCは、蒸気温度700級で46%、750級で48%の高い送電端熱効率の達成が可能な技術であり、2020年以降増大する経年石炭火力発電のリプレース需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。そのため、ボイラーメーカー、タービンメーカー及び材料メーカーが共同でA-USCの技術開発に取り組む。

技術目標及び達成時期

平成22年度までにシステム基本設計を完了し、シミュレーションにより送電端熱効率46%～48%の達成が可能なことを確認する。平成24年度までにボイラー、タービン部材等が700以上の蒸気温度に耐えられるかどうかを試作、評価し、経済性を含めたシステム成立性への見通しを得る。平成27年～平成28年度に実缶試験、回転試験を実施し、蒸気温度700以上の条件下でボイラー、タービンの信頼性を確認する。また、ボイラー、タービン部材について3万～7万時間の長期信頼性試験を実施し材料特性を検証する。

研究開発期間

2008年度～2016年度



#### (4) 石炭利用技術開発(一部、運営費交付金)

##### 概要

環境適合的な石炭利用の拡大を図るため、石炭利用プロセスにおける環境影響を低減させる手法の開発等、クリーン・コール・テクノロジーの開発を行う。

##### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、

- ・ 化学原料等に利用可能な合成用ガスを石炭乾留ガスから無触媒で製造する技術をパイロットプラントで確立する(無触媒石炭乾留ガス改質技術開発)。

2011年度までに、

- ・ 石炭利用プロセスにおいて、環境分析技術の高精度化、環境影響成分の挙動解析のためのモデルの構築等により、環境への影響低減手法を開発する(戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発)。

##### 研究開発期間

1995年度～2011年度

- ・ 戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発 2007年度～2011年度
- ・ 無触媒石炭乾留ガス改質技術開発 2006年度～2009年度

#### (5) 噴流床石炭ガス化発電プラント開発費補助金

##### 概要

供給安定性に優れた石炭の高効率かつ低環境負荷での利用を図るため、石炭をガス化して燃料とし、コンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンの組合せ)を駆動する高効率発電技術(石炭ガス化複合発電技術(IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle)の実証試験を行う。

##### 技術目標及び達成時期

2009年度までに、25万kWの実証機を用いた実証試験により、熱効率40.5%(送電端、高位発熱量ベース)を目指す。この目標は50万kWの商用機における熱効率46～48%に相当する。本技術は実証試験終了後の2010年度より商用化が可能である。

##### 研究開発期間

1999年度～2009年度

#### (6) 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)(4 - 参照)

4 - - . その他・共通

- ( 1 ) 新エネルギー技術実用化補助事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 2 ) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 3 ) 固体高分子形燃料電池実用化戦略の技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 4 ) 燃料電池先端科学研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 5 ) 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 6 ) 水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 7 ) 水素貯蔵材料先端基盤研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 8 ) 水素社会構築共通基盤整備事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 9 ) 水素先端科学基礎研究事業 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 10 ) 固体酸化物形燃料電池実証研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )
- ( 11 ) 燃料電池システム等実証研究 ( 運営費交付金 )( 4 - - 参照 )

## 5．政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

### 5 - ．総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

### 5 - ．運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

### 5 - ．新エネルギー等の開発・導入促進

- 補助金等による導入支援
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

### 5 - ．原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

### 5 - ．化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

## 6．研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したもの）は、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

## 7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池/水素エネルギー利用プログラム基本計画(平成16・02・03産局第6号)は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第8号) 新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第10号) 燃料技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第12号) 電力技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第11号) 原子力技術開発プログラム基本計画(平成16・06・04産局第13号)は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第14号) 新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第9号) 燃料技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第17号) 電力技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第12号) 原子力技術開発プログラム基本計画(平成17・03・25産局第13号)は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画(平成17・03・29産局第2号)は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成17・03・31産局第19号) 新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第15号) 燃料技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第18号) 電力技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第17号) 原子力技術開発プログラム基本計画(平成18・03・31産局第16号)は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成19・03・26産局第1号) 新エネルギー技術開発プログラム基本計画(平成19・03・20産局第4号) 燃料技術開発プログラム基本計画(平成19・03・19産局第7号) 電力技術開発プログラム基本計画(平成19・03・16産局第3号) 原子力技術開発プログラム基本計画(平成19・03・23産局第2号)は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (6) 平成21年4月1日付け制定。エネルギーイノベーションプログラム基本計画(平成20・03・25産局第5号)は廃止。

## 2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

# 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

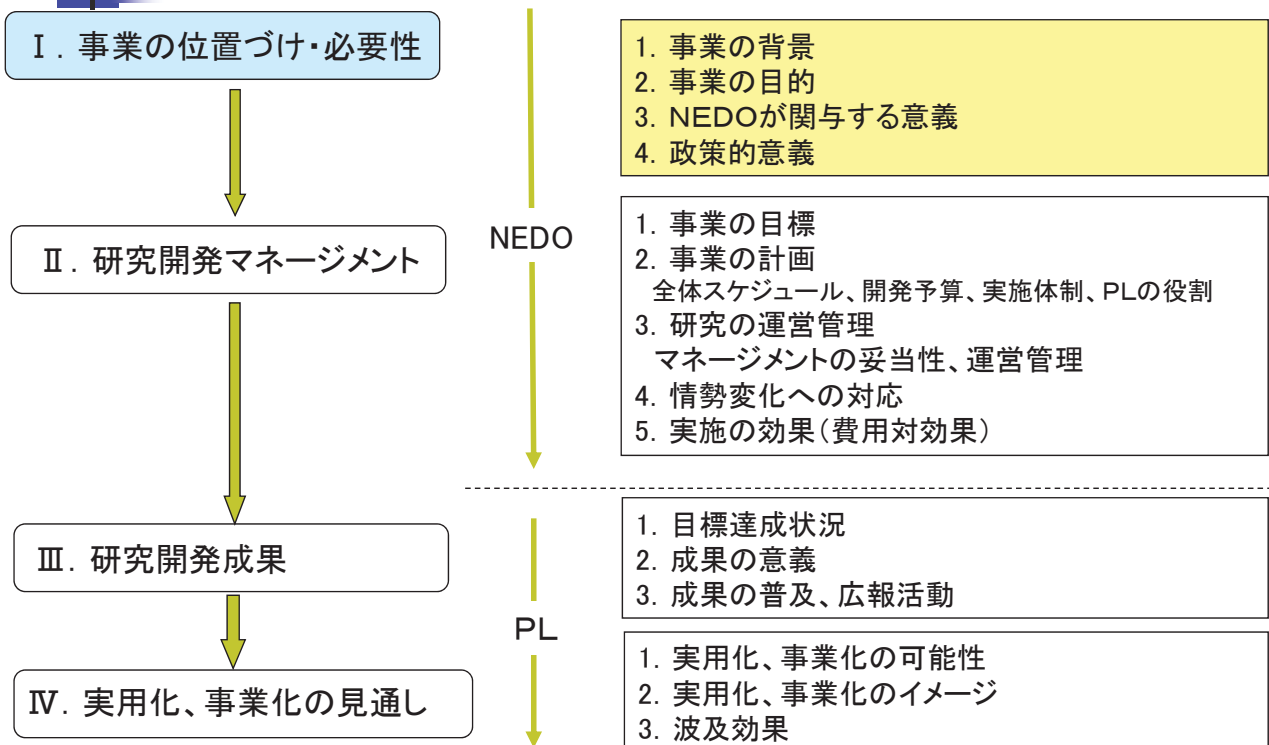
### 4. プロジェクト全体の概要について(公開)

#### 4-1. 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
電子・材料・ナノテクノロジー部

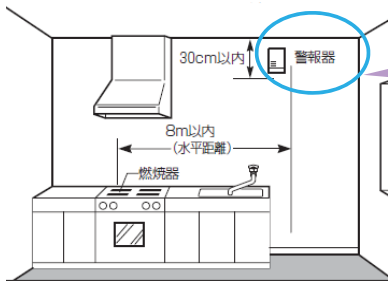
平成24年10月1日(月)

## 概要説明 報告の流れ



# 背景

- 平成18年における一連の瞬間湯沸器によるCO中毒事故をきっかけに、ガス安全に対する社会的な関心が高まっている。
- このような状況に対し、国は、ガス警報器の普及促進などの安全対策に取り組んできたが、近年の都市ガス警報器の普及率はほぼ横ばいである。
- 現在主流のAC式は、設置・施工性・美観上に課題があり、普及率停滞の一因である。
- 電池駆動によるコードレス化の実現により、普及率の向上が期待できるため、省電力化によるガス漏れとCO両者が検知可能な電池駆動式都市ガスセンサーの開発に取り組んだ。



出典：ガス警報器設置マニュアル  
<http://www.gkk.gr.jp/download/manual7.pdf>



都市ガス警報器 (AC式)

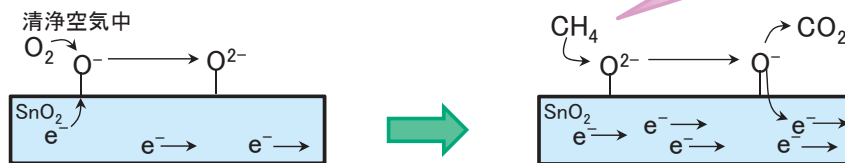
現在主流のAC式は、設置性・施工性・美観上の課題あり。

省電力化による電池駆動可能なセンサーの実現へ

# 現行ガスセンサー技術の課題

## 1. 半導体式センサー

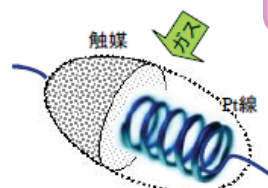
酸化物半導体素子：吸着酸素との反応による抵抗減少を検知



400°C程度の加熱が必要。

## 2. 接触燃焼式センサー

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

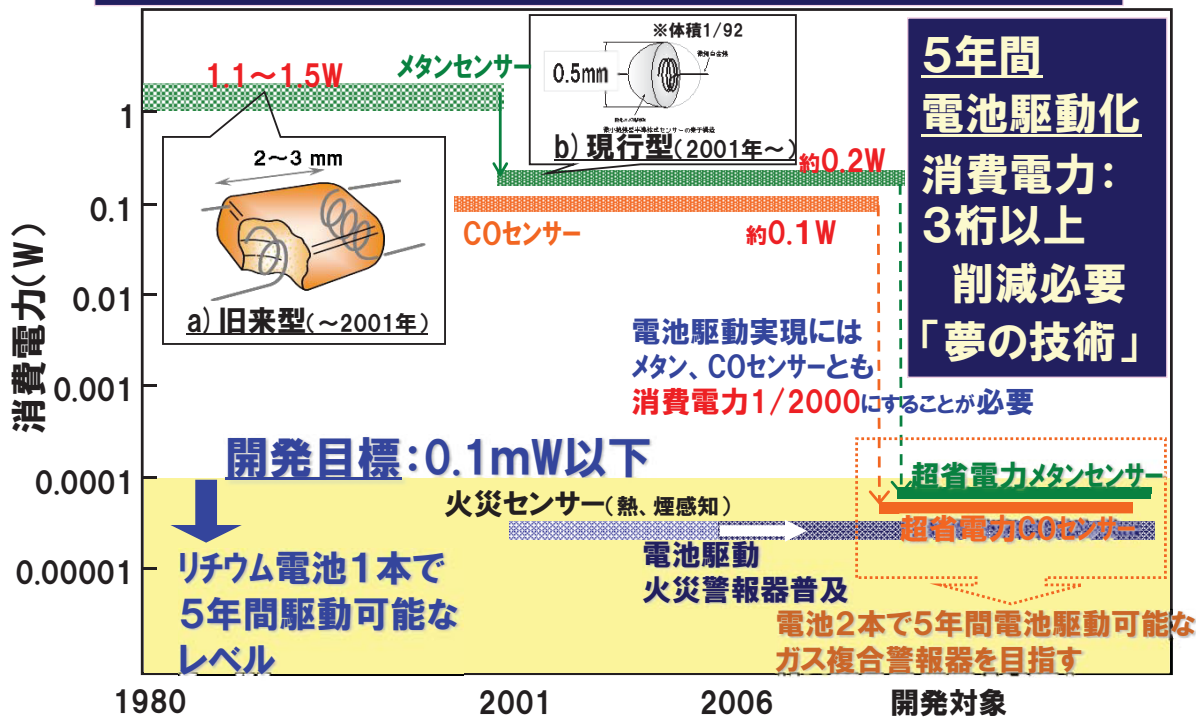


400°C程度の加熱が必要。

➤ 原理的にガス検知時に加熱が必要であり、長期電池駆動は困難。

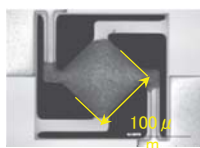
# 電池駆動化への目標レベル

## 従来焼結体型センサーの微小化では省電力化に限界



# 技術開発と実環境試験の必要性

## 超低消費電力化技術

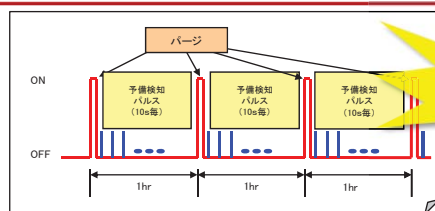


MEMS化技術

超小型化による加熱効率の劇的向上



ナノテクノロジー

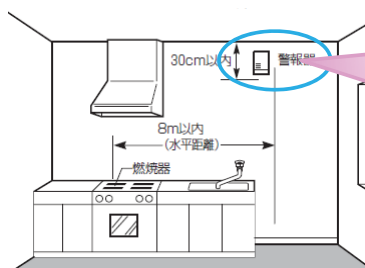


間歇駆動

世界をリードする国内メーカーの力を結集

目標: 0.1mW

## 実使用環境



台所などの厳しい環境(温度、湿度、油、煙)

多様な気候帯や、多様な建物条件の台所環境



業界団体との緊密な連携の活用

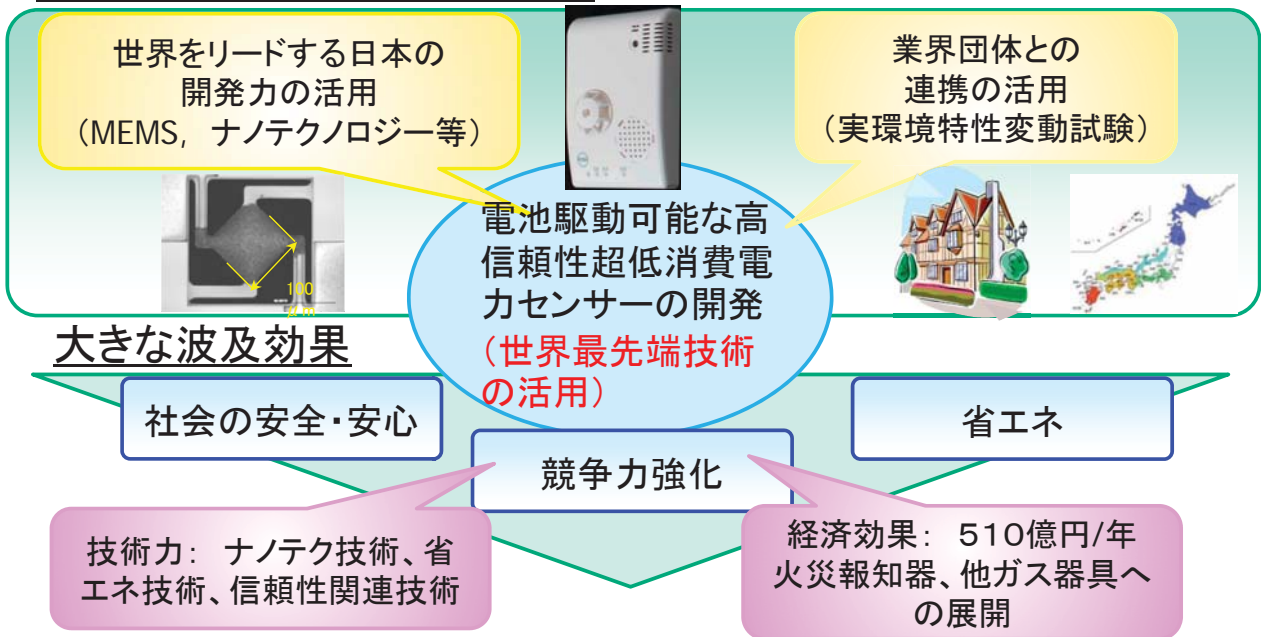
目標: 5年

➢ガス警報器は、人の命を守る安全機器であり、非常に高い信頼性が必要。  
⇒ 実用化には、様々な環境での信頼性の確認が必要。



# 事業の目的・意義

## NEDOサポートによる開発促進



# NEDOが関与する意義

## 背景

- ・国民の安全・安心を守るという観点から、社会的公共性は高い。
- ・信頼性の高い超低消費電力化技術開発のハードルは極めて高い。また、大規模な実環境特性変動試験(場所確保、データ回収システム構築等)のハードルも極めて高い。メーカー単独ではリスクが大きく開発が進展しない可能性が高い。



## NEDOが関与する意義

- ・社会的公共性も高く、国が関与すべき事業であり、開発費用の一部負担により開発の加速が期待できる。
- ・中立な立場であるNEDOが関与し、多くの企業が共通で利用可能な実環境試験環境を整備することで、実用化を加速する。

# 国の政策における位置づけ(ガス安全)

## ガス安全高度化計画

<ロードマップ> 安全高度化目標の達成に向けた実行計画(アクションプラン)

1. 消費段階

対 策	2010年	2020年	2030年	実施主体
■機器・設備対策				
○安全型機器・設備の取替の普及拡大		開発(国プロ)	商品化・普及促進	国、事業者、製造者
・警報器の開発		開発(国プロ)	商品化・普及促進	国、事業者、製造者
○家庭用非安全型機器の取替促進		取替促進		国、事業者(★)
・安全装置を搭載していない機器の取替促進		取替促進		国、事業者(★)
○業務用機器・設備の安全性向上				

**・警報器の開発** 開発(国プロ)

○関係事業者の安全意識向上のための周知・啓発				
・(主に給排気設備の)設備設計・工事に関する指導	制度化作計	制度化	指導	国(★)

2. 供給段階及び製造段階における保安対策

対 策	2010年	2020年	2030年	実施主体
■他工事事故対策				
○道路・需要家地内共通の事故対策				
・他工事事故対策等に係る他省庁との連携	検討	連携実施		国(★)
■ガス工作物の経年化対応				
○本支管対策(要対策ねずみ跡調査)		対策実施(★大事業者)	対策実施(その他事業者)	事業者
・優先順位付けに基づいた対策実施の推進				
○灯外内管対策(保安上重要な建物)		対策実施(★大事業者)		事業者(★)
・優先順位付けに基づいた対策実施の推進(国の補助金制度等の活用)				
○高経年製造設備対応		検討	連携実施	事業者
■特定製造所内での供給支障対策				
○作業ミスの低減に重点を置いた教育・訓練				
・的確な配送管理の実施に向けた関係者間の相互確認教育	検討	対策実施		事業者
・ガス工作物の適確な操作手順に関する教育・訓練	検討	対策実施		事業者

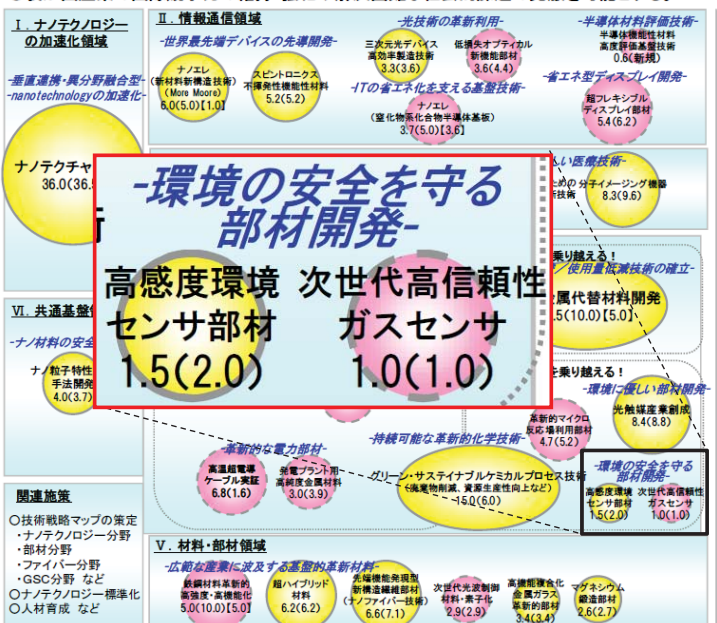
# 国の政策における位置づけ(ナノテク)

## 2. ナノテク・部材イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：188億円】

※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度予算)[20年度補正予算]

○あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を確立する。  
 ○我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服を可能とする。



### IPGの目標

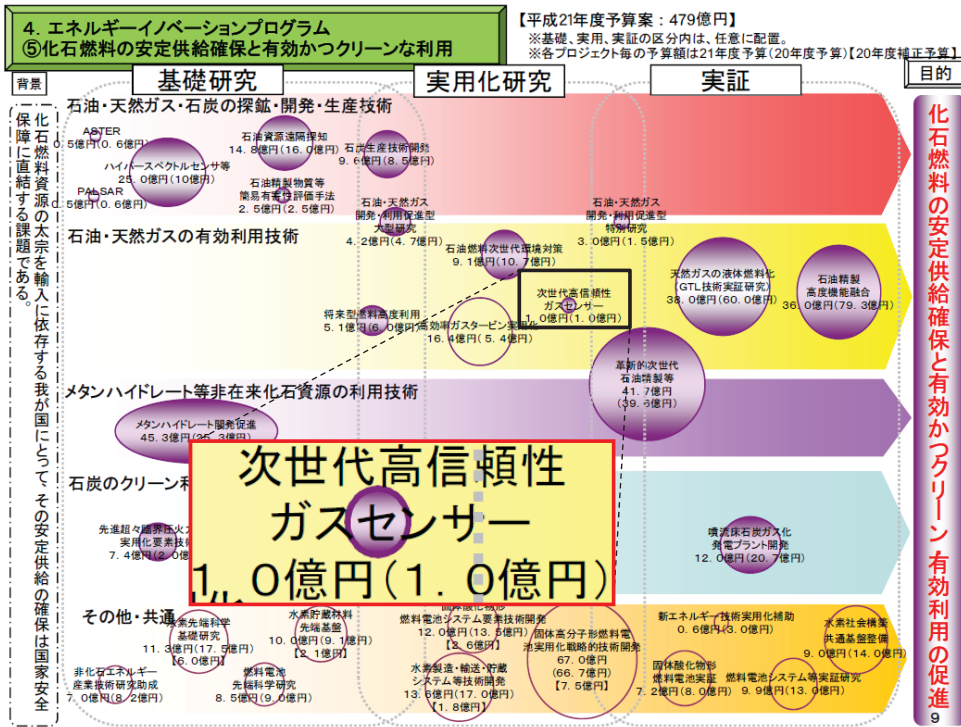
- ナノテクによる不連続技術革新 -  
 世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。

- 世界最強部材産業による価値創出 -  
 我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る。

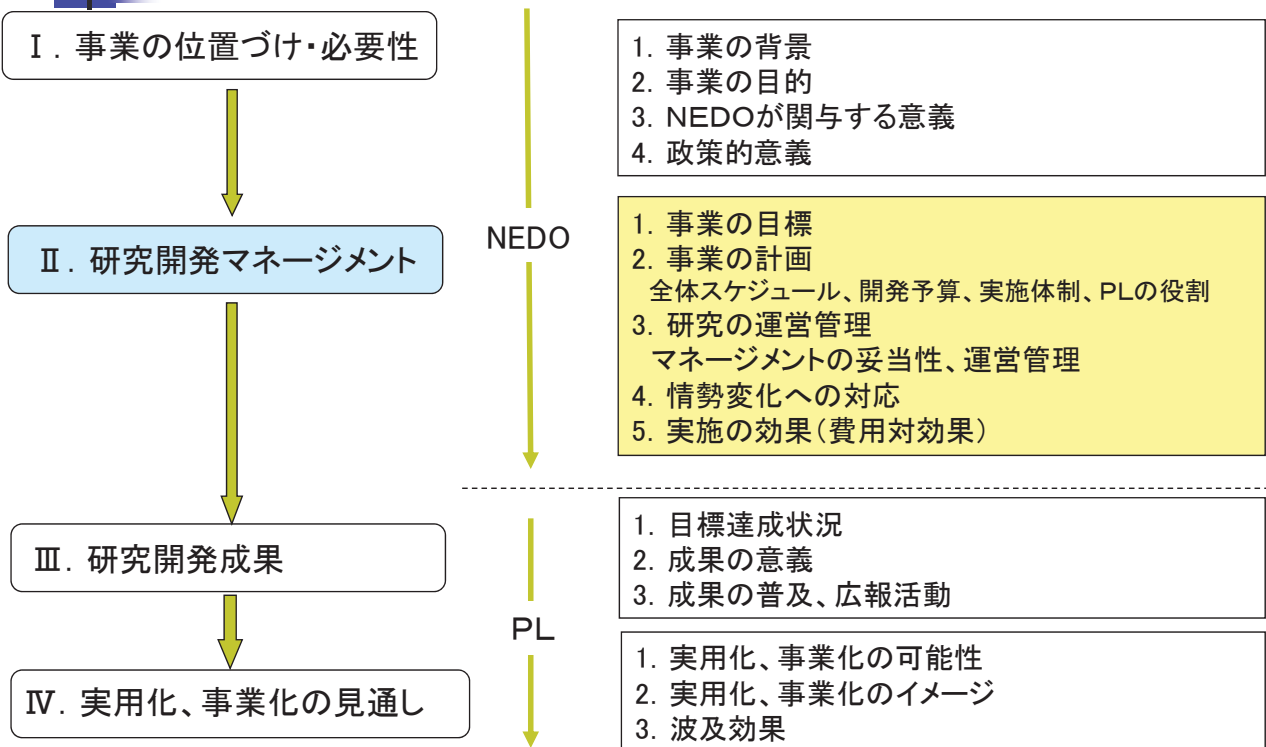
- 広範な産業分野での付加価値増大 -  
 ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。

- エネルギー制約・資源制約などの課題解決 -  
 希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

# 国の政策における位置づけ(省エネ)



## 概要説明 報告の流れ



# 事業の目標

## 【共通基盤技術】(委託)

- ①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・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

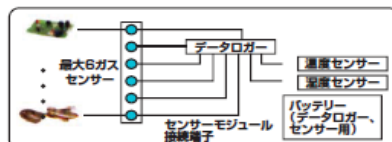
## 【実用化技術】(助成)

- ③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発
  - ・0.1mW以下の超低消費電力を実現する。
  - ・加速評価等によって、寿命5年以上の信頼性の目途をつける。
  - ・「不完全燃焼警報器検査規程〔暫定〕」(JIA F 039-06)を満足する(COセンサー)。
  - ・「都市ガス用ガス警報器検査規程」(JIA E 001-07)を満足する(メタンセンサー)。

# 全体スケジュール

項目	研究開発内容	プロジェクト期間				
		H20	H21	H22	H23	H24以降
①②共通基盤技術の確立	①実環境特性変動試験環境確立 (センサーユニット*開発、設置場所選定・設置、データ処理システム開発)	→				
	②長期信頼性の加速評価基盤技術の確立 (実環境におけるセンサーユニット設置と動作確認)	→	<自主事業>	実環境データの回収、解析と各社へのデータフィードバック		
③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発	低消費電力センサー開発	→	→	→	→	
	加速評価手法の確立		→	→	→	
	実環境における特性変化因子解析と改良		→	→	→	
★自主開発	実用化、事業化研究				各社での実用化研究	→

\*センサーユニット



実用化に目途が得られた実施者は、本PJと並行して、量産化などの実用化検討に移行

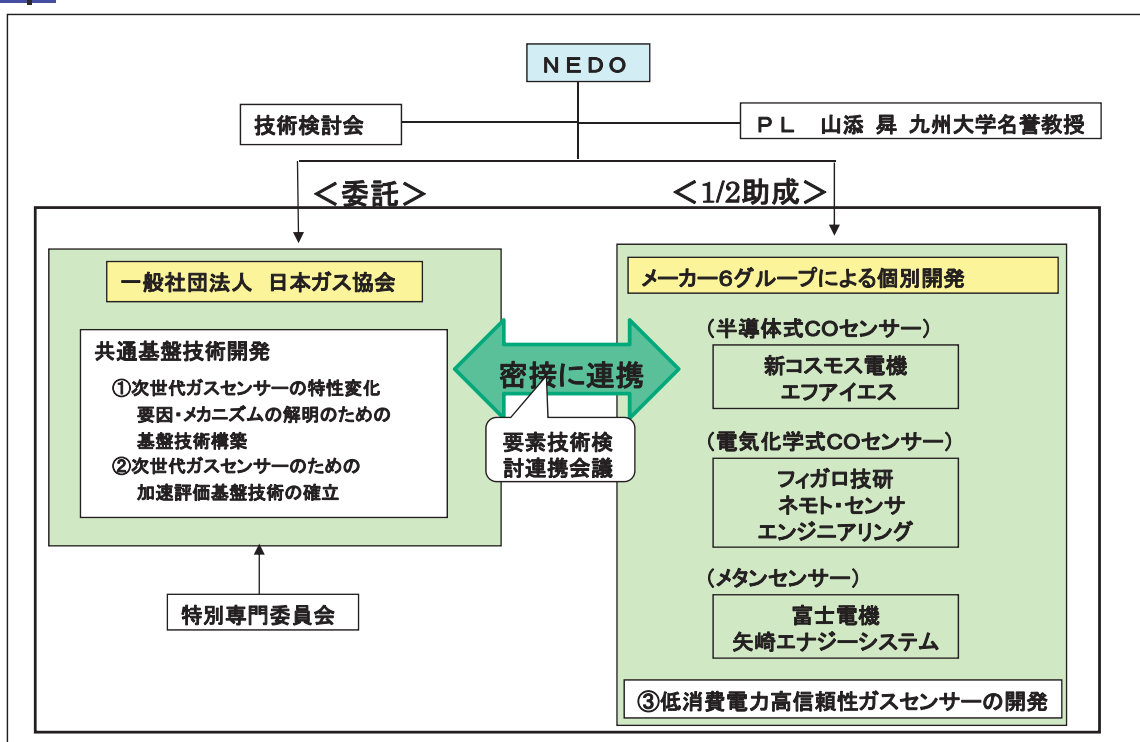
# 開発予算

単位 百万円

研究開発項目	20年度	21年度	22年度	23年度
①次世代ガスセンサーの特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築	60	センサーユニットの回収、データ解析 (自主事業)		
②次世代ガスセンサーのための加速評価基盤技術の確立				
③低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発	38	99	81	61
・COセンサーの開発		71	58	39
・メタンセンサーの開発		28	23	22
合計	98	99	81	61

総額: 3.4億円

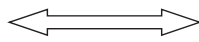
# 実施体制



## PLの役割



指示・協議



プロジェクトリーダー(PL)  
山添 昇(九州大学)

山添PL: 効率的なプロジェクト推進のため、研究開発を統括。強力な指導力の下、プロジェクトを推進。

- ・研究体の組織構成の決定
- ・研究体所属研究者の選任
- ・予算の配分
- ・年度毎の概算要求案の策定
- ・研究計画の変更
- ・研究経過の報告
- ・研究終了報告
- ・研究体知的財産権取扱管理
- ・論文等外部発表管理
- ・各種関係会議への対応、総括
- ・事業計画の策定および実施

## マネジメントの妥当性

### 研究開発マネジメント

- ・業界団体との連携による大規模実環境特性変動試験体制の整備。
- ・進捗状況に応じた実施体制見直し。
- ・技術検討会、技術指導会等による進捗管理および専門家の指導による研究加速。

### 知的財産マネジメント

- ・各社戦略に基づく特許出願と知的財産の確保。  
(開発した技術に関する知的財産は企業に帰属。)
- ・事業戦略上秘匿した方が良いと思われるノウハウは知的財産化しない。

### 実用化の促進

- ・体制見直しによるセンサー実用化開発への予算の重点化による開発促進。

## 運営管理

### H22. 2. 1 技術検討会

	氏名	所属・部署	役職
委員	宮山 勝	東京大学	教授
委員	小久見 善八	京都大学大学院	名誉教授
委員	藤本 正之	東京ガス株式会社	部長
委員	出馬 弘昭	大阪ガス株式会社	部長
委員	中村 泰久	東邦冷熱株式会社	取締役

(敬称略・順不同)

### H23. 9. 30 技術検討会

	氏名	所属・部署	役職
委員	乾 佳彦	大阪ガス株式会社	部長
委員	小久見 善八	京都大学大学院	名誉教授
委員	川口 恵生	東邦ガス株式会社	部長
委員	田中 崇	東京ガス株式会社	部長
委員	宮山 勝	東京大学	教授
アドバイザー	大西 久男	社団法人日本ガス協会	副部長
アドバイザー	榊山 豊久	社団法人日本ガス協会	副部長
アドバイザー	佐々木 克宏	社団法人日本ガス協会	課長

(敬称略・順不同)

→ 寿命予測と改良方法について継続的議論必要とのコメントあり。



### H24. 1. 30 技術指導会

	氏名	所属・部署	役職
	山添 昇	九州大学	名誉教授
	大西 久男	社団法人日本ガス協会	副部長
	榊山 豊久	社団法人日本ガス協会	副部長
	佐々木 克宏	社団法人日本ガス協会	課長

(敬称略・順不同)

→ 寿命予測と改良方法に関する指導会実施。

### 現場訪問(山添PL,NEDO)

1回/年(合計4回)実施

→ 進捗状況、実用化・事業化検討状況確認。

### 要素技術検討連携会議 (日本ガス協会、企業6社)

2~3ヶ月/回実施

→ 実環境特性変動試験解析結果のフィードバック。

## 情勢変化への対応

### 1. 共通基盤技術の確立による体制見直し

平成20年度、共通基盤技術の確立により共通基盤技術開発を終了し、助成企業によるセンサーの実用化開発を主体とする体制に見直した。

### 2. 基本計画の改定

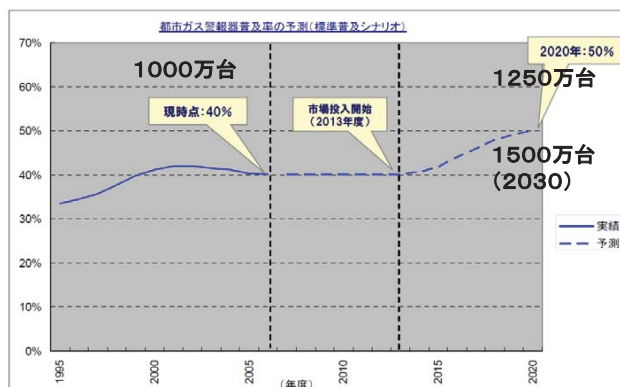
上記体制変更に合わせて、基本計画の改定を実施した(平成21年3月)。

震災の影響による一部助成事業者の研究開発期間を変更した(平成24年2月)。

# 実施の効果(費用対効果)

- プロジェクト総額: 3.4億円(4年間)
- 市場規模予測: 約510億円(2020年) (都市ガス警報器として)  
 都市ガス警報器普及率(50%@2020年)  
 市場規模 = 1,250万台 × 339円/月 × 12ヶ月 = 508.5億円/年
- 省エネ効果: 157,000MWh/年(原油換算15,000kl/年)(2030年)  
 省エネ効果 = (1200mW - 0.1 × 2mW) × 24h/日 × 365日 × 1,500万台  
 = 157,000MWh/年 = 15,500kl/年(原油換算)

＜都市ガス警報器の普及シナリオ＞





# 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

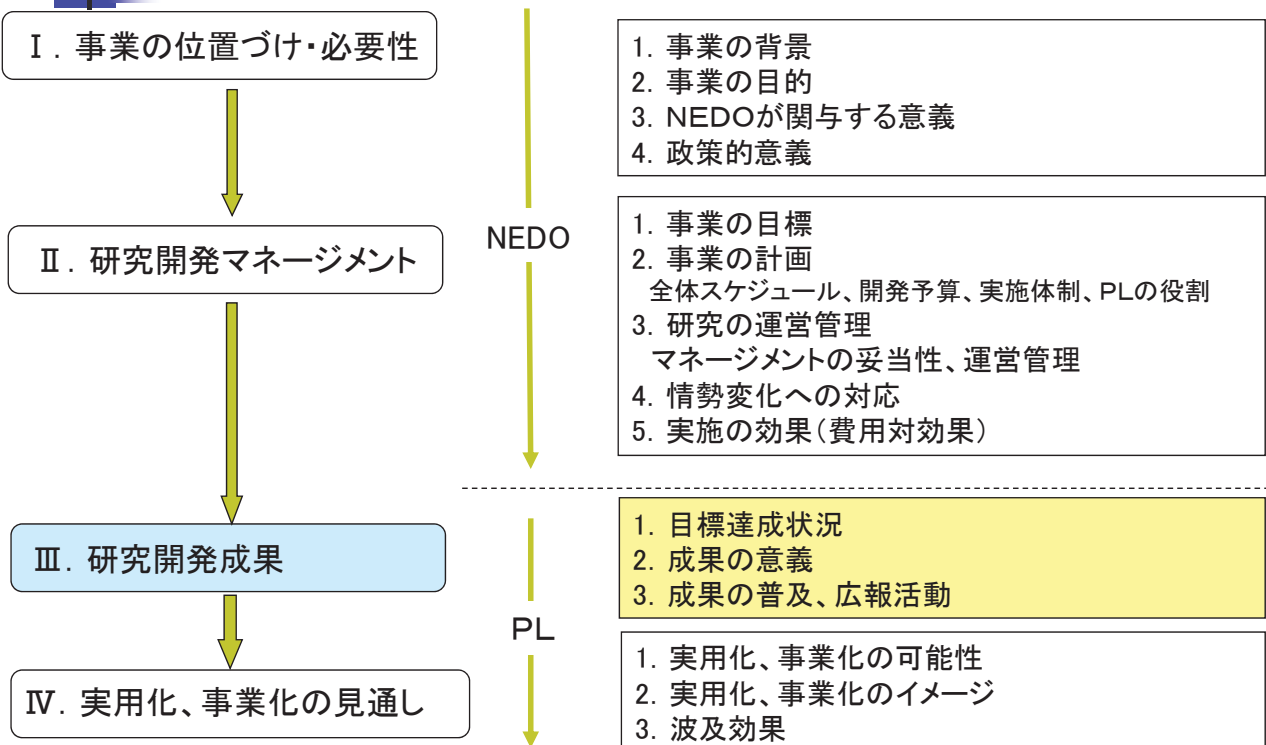
### 4. プロジェクト全体の概要について(公開)

#### 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)

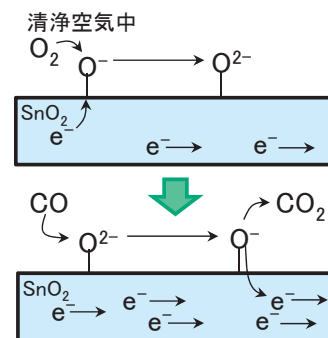
日本を代表するセンサーメーカー6社と日本ガス協会の連携  
世界をリードする日本の技術の活用

- 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)

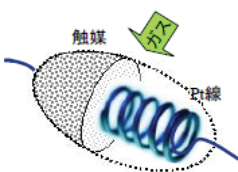
酸化物半導体素子: 厚膜型、ビーズ型、熱線型



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)

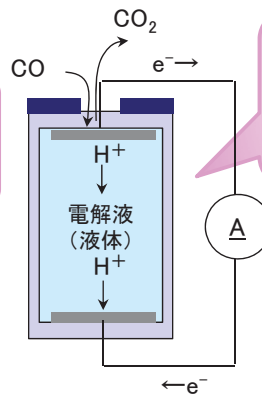
燃焼触媒に白金線条を埋設した素子



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

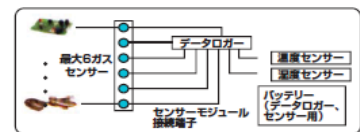


担当: 日本ガス協会

①設置場所の選定:  
日本全国  
(北海道～沖縄)  
(400箇所)

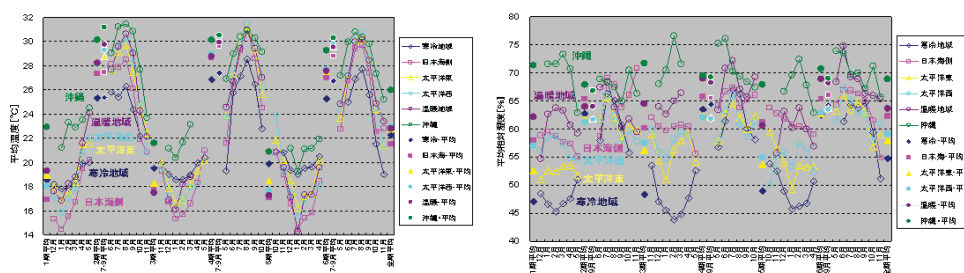
②実環境でのガスセンサー感度、環境温度、湿度の観測システム構築

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)

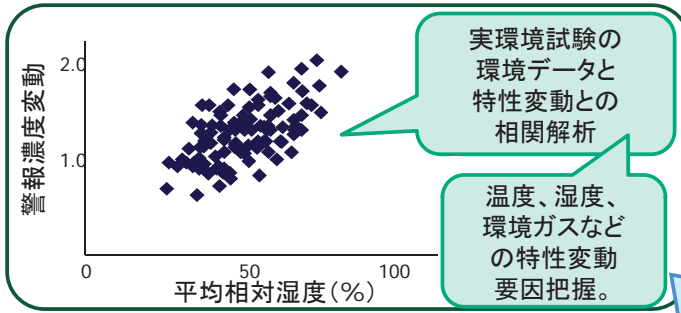


温度、湿度、環境ガスなどの環境データを回収・解析し、各社にフィードバック

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

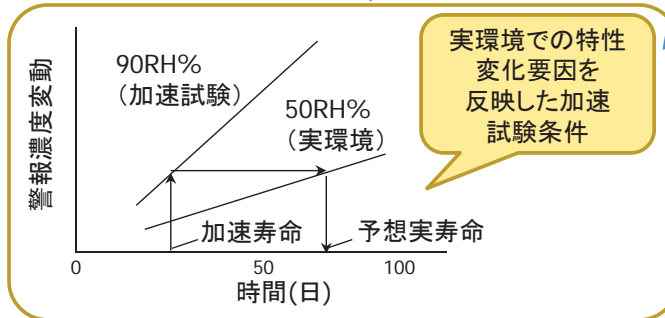
## 実環境試験に基づく特性変化要因解析と把握



## 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。

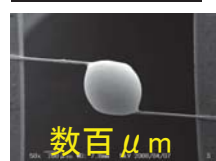
# ガスセンサー開発内容概要①

## 1. 半導体式COセンサー(新コスモス電機)

### (1) 低消費電力化

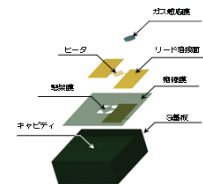
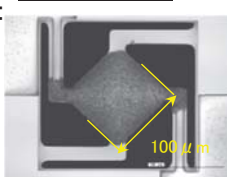
- ① MEMS化
- ② 間歇駆動
- ③ 動作温度の低温化 (触媒種)

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。

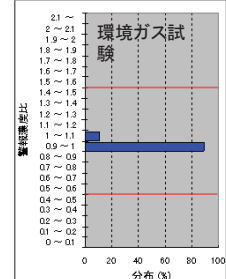
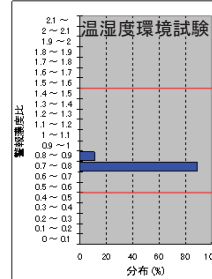
### (2) 信頼性

- 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)



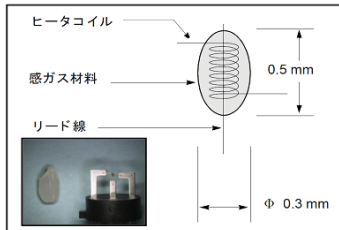
➤ 実用化に目処が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行。

# ガスセンサー開発内容概要②

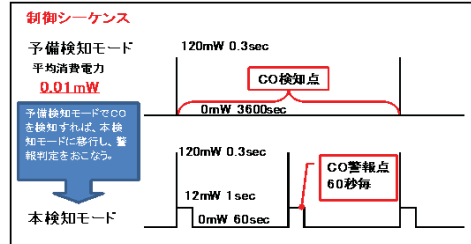
## 2. 半導体式COセンサー(エフアイエス)

### (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。

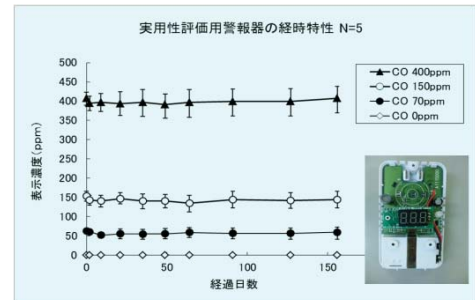
### (2) 信頼性

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

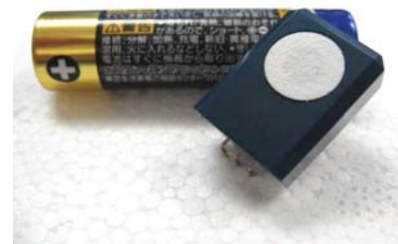
実環境で大きな劣化がなく、目標の寿命に目途。

#### 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

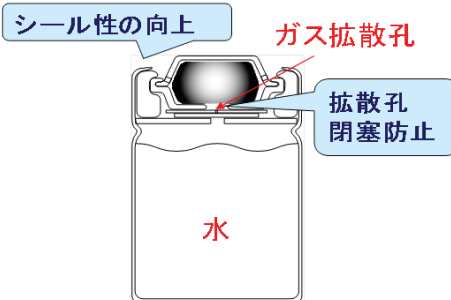
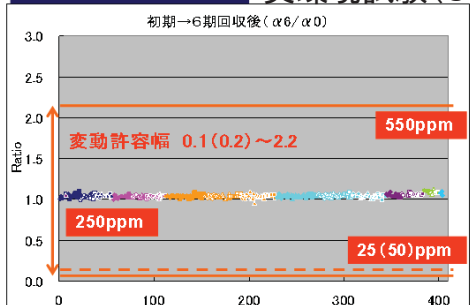
実環境では大きな劣化がなく、目標の寿命に目途。

#### 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。

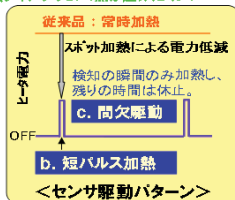
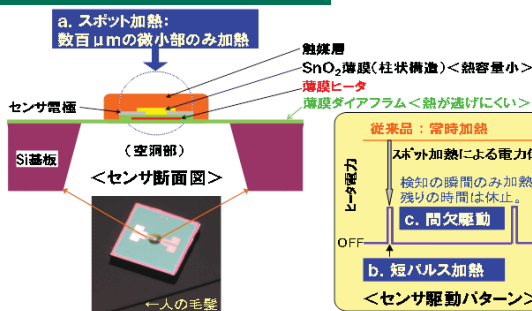
# ガスセンサー開発内容概要⑤

## 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

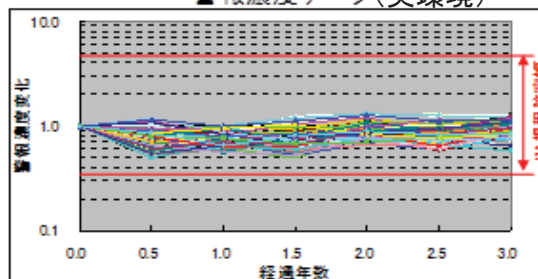
#### ① 実環境における特性変化要因の特定

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)



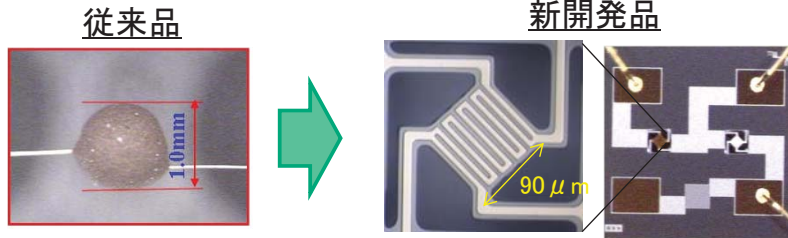
➤実用化に目処が得られたため、量産化などの実用化検討ステージに移行。

## 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

#### (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

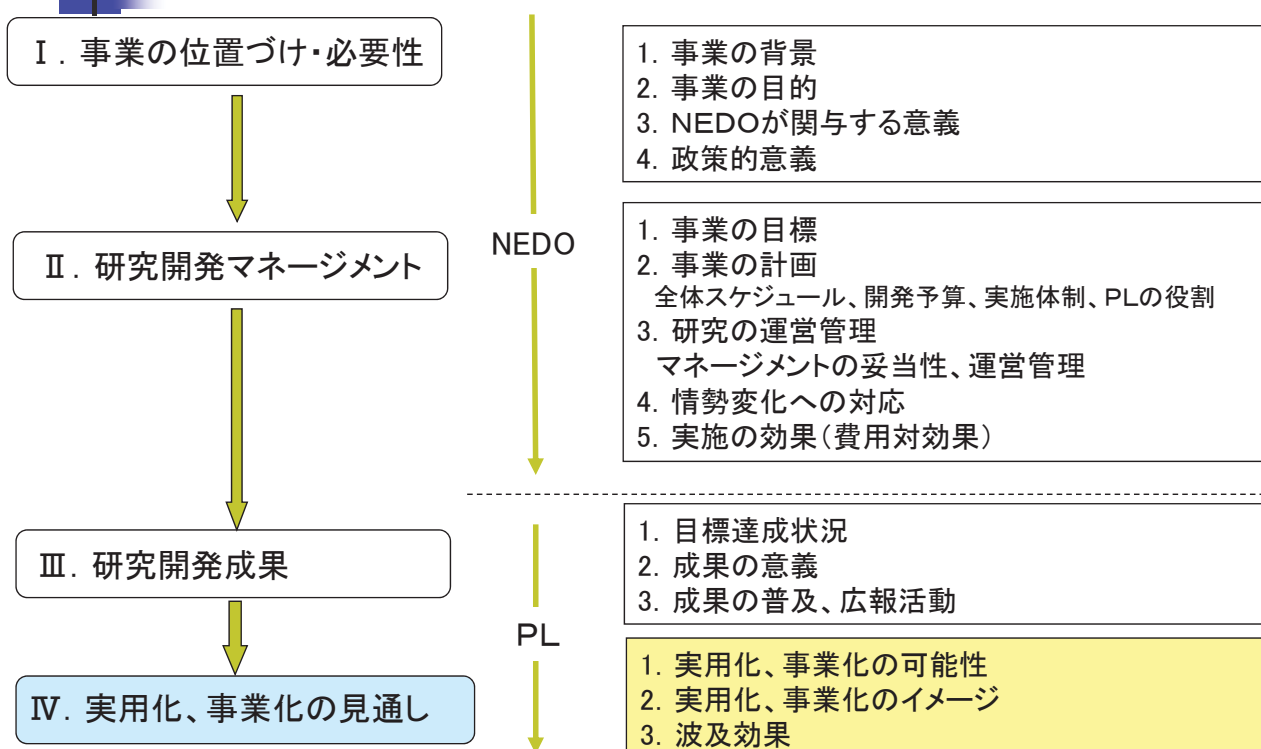
	H20	H21	H22	H23	計
特許出願 (うち外国出願)		10(1)	3	2	15
研究発表・講演		3	3	2	8
新聞・雑誌等への掲載	1	4	1	6	12
展示会への出展		3	3	7	13

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)

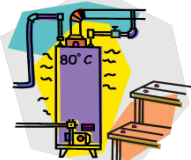


火災報知器  
(メタン、COセンサー)  
3470万世帯(2011)<sup>a)</sup>

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。

## 「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」プロジェクト

### 5. プロジェクトの詳細説明

#### 5-1. 研究開発成果並びに実用化の見通し

##### 研究開発項目①

次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの  
解明のための基盤技術構築

##### 研究開発項目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

＜委託先＞一般社団法人 日本ガス協会

平成24年10月1日（月）

1/26

## 研究開発の目標と分担

### 【共通基盤技術】(日本ガス協会)

- ①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築
  - 各種検知原理に基づくメタン及びCOセンサーの特性変化要因及びその影響度を解析するためのデータ収集システムを開発し、メカニズム解明のための基盤技術を構築する
- 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
  - 上記①で開発したデータ収集システムを活用し、各種センサーの実環境特性を測定・解析することにより、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子を特定し、長期信頼性を加速評価し得る基盤技術を確立する

### 【実用化技術】(メーカー)

- ③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発
  - 0.1mW以下の超低消費電力を実現する
  - 各センサーに適した長期信頼性の具体的加速評価条件を決定し、寿命5年以上の信頼性の目処をつける
  - 「不完全燃焼警報器検査規程[暫定]」を満足する(COセンサー)
  - 「都市ガス用ガス警報器検査規程」を満足する(メタンセンサー)

# 内容

- プロジェクトの背景と課題設定
- 開発するセンサーの要件
- 研究開発の目標
- 研究開発課題と相互の相関
- 研究開発体制(平成20年度)
- 研究開発の成果について
  1. 開発目標と達成度
  2. 検討内容
  3. 成果の意義
  4. 成果の普及
- 委託事業の全体成果
- 研究開発体制(平成21年度以降)
- 全体のまとめ(自主事業含む)

3/26

## プロジェクトの背景と課題設定

相次ぐCO中毒やガス漏れ事故の発生

都市ガスの供給、ガス機器の両面での安全確保に加え、**CO検知機能を有するガス警報器の普及**が急務

更なる普及推進のためには、**ガス警報器のコードレス化(電池駆動化)**が必要

- 台所ではAC電源が確保しにくい、設置箇所に制約を受ける
- 配線が美観を損ねる

製品信頼性・  
安全性に対する  
社会的要求水準  
の高度化

**高い信頼性を持ち、電池駆動できる  
超省電力型ガスセンサーの開発が必要**

# 開発するガスセンサーの要件

## 機能

- **電池で駆動し、COとガス漏れを検知する**

## 信頼性、寿命

- **5年以上(電池交換なし)**
- **台所など厳しい環境(動作回数、温度、湿度、油煙等不純物)下でも、最低限の本数の電池で駆動すること**

## コスト

- **既存の交流電源式の警報器と同等以下**

## 開発するセンサー候補

- **半導体式COセンサー**
- **電気化学式COセンサー**
- **マイクロメタンセンサー**

# 研究開発の目標

## 【共通基盤技術】(日本ガス協会)

- ①次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築
  - 各種検知原理に基づくメタン及びCOセンサーの特性変化要因及びその影響度を解析するためのデータ収集システムを開発し、メカニズム解明のための基盤技術を構築する
- 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
  - 上記①で開発したデータ収集システムを活用し、各種センサーの実環境特性を測定・解析することにより、経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子を特定し、長期信頼性を加速評価し得る基盤技術を確立する

## 【実用化技術】(メーカー)

- ③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発
  - 0.1mW以下の超低消費電力を実現する
  - 各センサーに適した長期信頼性の具体的加速評価条件を決定し、寿命5年以上の信頼性の目処をつける
  - 「不完全燃焼警報器検査規程[暫定]」を満足する(COセンサー)
  - 「都市ガス用ガス警報器検査規程」を満足する(メタンセンサー)

# 研究開発課題と相互の相関

## 【共通基盤技術】

### ＜実環境特性変動試験＞

**試験先**  
  
 半年に1回(春・秋)のセンサーユニット回収・再設置により、センサーに影響を及ぼす可能性がある高温高湿(夏)、低温低湿(冬)条件でのデータを確実に取得

660件の一般家庭  
 設置環境におけるガスセンサーの出力信号、環境温度湿度の変動を記録

センサーユニット  
 (複数センサーを搭載)

ガスセンサー特性変化測定  
 特定の温湿度、CO、CH<sub>4</sub>濃度下でのガスセンサーの特性変化状況を計測

**記録データ回収・特性試験装置**



恒温恒湿槽  
 試料ガス発生装置  
 測定制御装置 (条件制御、データ収集)  
 ガス分析装置  
 データ解析

## 【実用化技術:個別センサー開発】

### ＜ラボ試験＞

#### センサーメーカー

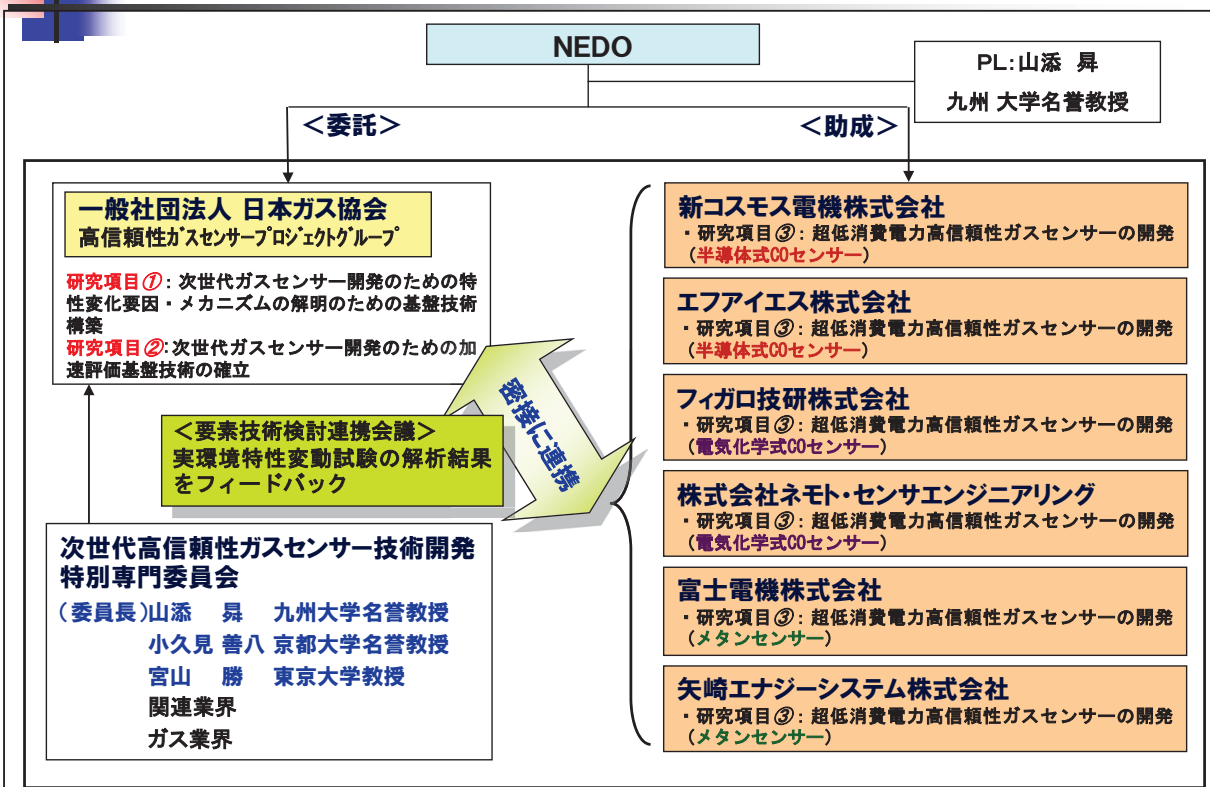
ラボで各々のセンサーの構成・機能に応じた多様なストレス因子(温度・湿度、腐食・被毒ガス等)を印加した際の特性変化挙動を調査

特性変化メカニズムの解明  
 長期信頼性の加速評価試験条件の決定

共通基盤技術開発で得られたデータ、解析結果を実用化技術開発に活用。開発ステップを同時並行化。

→技術開発の効果的な運営と期間短縮  
 ※各センサーの構成材料や詳細構造に関わる事項⇒ 実用化技術開発において各センサーメーカーが実施 (具体的な特性変化メカニズムの解明や加速評価手法の確立)

# 研究開発体制(平成20年度)



# 研究開発の成果について

## 1. 開発目標と達成度

### 研究開発項目①

次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント(今後の方策等)
センサーユニットの設計・製作	6種類の異なるセンサーの特性測定を同時に可能とする	目標仕様のセンサーユニットを製作	○	実環境特性変動試験手法の一部として成果を活用する(H21年度以降の助成事業にて活用済み)。
センサーユニットの設置先選定と設置	日本全国の居住環境のジャンル分けと統計的理論による必要サンプル数を決定するとともに、センサーユニットの効率的な回収・設置を実現する	温度湿度要因、建物換気率等に相関のある4因子を組合せ、60グループに分類して設置先を選定した。また、効率的なセンサーユニット回収・設置を実現するとともに、適切な機器管理、個人情報取扱方法を実現した。	◎	同上
データ処理システムの製作	1ユニットあたり約23万個のデータを定量解析できるシステムとする	目標仕様のデータ処理システムを製作	○	同上

# 研究開発の成果について

## 1. 開発目標と達成度

### 研究開発項目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

検討項目	最終目標	到達値	達成状況	コメント(今後の方策等)
センサー特性変化測定装置の設計・製作	各種検知原理のセンサーモジュールの特性変化計測を可能とする	センサーユニット20台を均一の温湿度、ガス濃度に曝露させた時の各センサーの感度を自動測定できる装置を製作	○	実環境特性変動試験との併用により、各種センサーの経年変化特性の解析、劣化モード・劣化因子を特定し、長期信頼性の加速評価を実現するための基盤技術として活用する(H21年度以降の助成事業で活用済み)。
センサー感度特性測定方法の確立	各センサーの具体的な測定手順、測定条件を設定	センサー感度を測定する条件として特定の温湿度、各種ガス濃度(CH <sub>4</sub> :6点、CO:7点、H <sub>2</sub> :5点)を設定し、適切な測定値を得ることができる測定手順を設定	○	同上



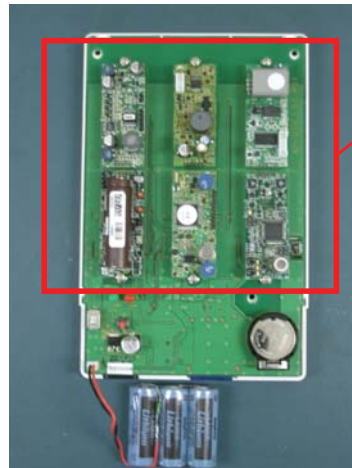
## 2. 検討内容

### ①-1. センサーユニットの設計・製作(目標達成)

#### <センサーユニット機能>

- ◆ロギングデータ収集:設置現場にて10分毎にデータを受信しメモリーカードへ記録  
記録データ:日付、時刻、温度、湿度、センサー出力値、異常情報
- ◆測定データ収集:JIAにて各ガス濃度における測定データを受信しPCへ送信

設置現場  
雰囲気成分分析用  
活性炭を  
内蔵



6種のセンサー  
モジュールを搭載

## 2. 検討内容

### ①-1. センサーユニットの設計・製作(目標達成)

項目	仕様
大きさ	200 mm × 130 mm × 50 mm (A5サイズ以下)
重量	450 g (モジュール含: 515 g)
電源	Li電池駆動及び外部電源供給可能
動作電圧	2.4~3.4 V
使用温度範囲	-10°C~50°C
機能	点検モード、ロギングモード、測定モード
表示方法	ランプにより各モード及び異常を表示
通信	ロギングモード:10分毎にデータを受信しメモリーカードへ記録 測定モード:PCからの指示タイミングでデータを受信しPCへ送信
記録データ内容	日付、時刻、温度、湿度、センサー出力値、異常情報

## 2. 検討内容

### ①-2. センサーユニットの設置先選定と設置(目標達成)

- a. 気候、地域因子(=温度湿度要因): 5条件
- 寒冷地条件、日本海側、本州東部条件、本州西部条件、温暖地条件
- b. 建物構造因子(=換気率条件等): 2条件
- 木造戸建住宅、鉄筋集合住宅
- c. 建築時期因子(建築時期=換気率、建材規制条件等): 3条件
- 1999年以前物件 住宅の省エネルギー基準改正前
  - 2000年~03年 次世代省エネ基準により高気密化が最も過度に進行
  - 2003年以降 建築基準法改正(シックハウス対策強化後&自動換気システム導入)
- d. 家族環境因子(=調理頻度、在宅率に関連): 2条件
- 単身居住、家族居住
- の4因子を組み合わせると、60グループに分類

## 2. 検討内容

### ①-2. センサーユニットの設置先選定と設置(目標達成)

H20年度投入分・400台

建築年 ①1999年以前 ②2000~2003年 ③2003年以降

	北海道 (寒冷地)			日本海側 (北陸4県・山陰 地方)			本州太平洋側						九州・沖縄 (温暖)			計	
							東部 (関東・中部)			西部 (関西・瀬戸内)							
建築年	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③		
戸建	単身	5			5			10			10			5			35
	家族	5	5	5	5	5	5	7	8	7	7	8	7	5	5	5	89
集合	単身	18			18			16	16	16	16	16	16	18			150
	家族	6	6	6	6	6	6	12	12	12	12	12	12	6	6	6	126
地域計	56			56			116			116			56			400	

寒冷地 北海道、青森、岩手、秋田 (可能な限り北海道)

日本海側 石川、富山、新潟、福井、鳥取、島根

太平洋側東部 『東京、千葉、神奈川、埼玉』、『愛知、三重』 (それぞれのグループで半数ずつ)

太平洋側西部 『大阪、京都、兵庫』、『和歌山、岡山、広島、愛媛、高知、徳島、香川』 (同上)

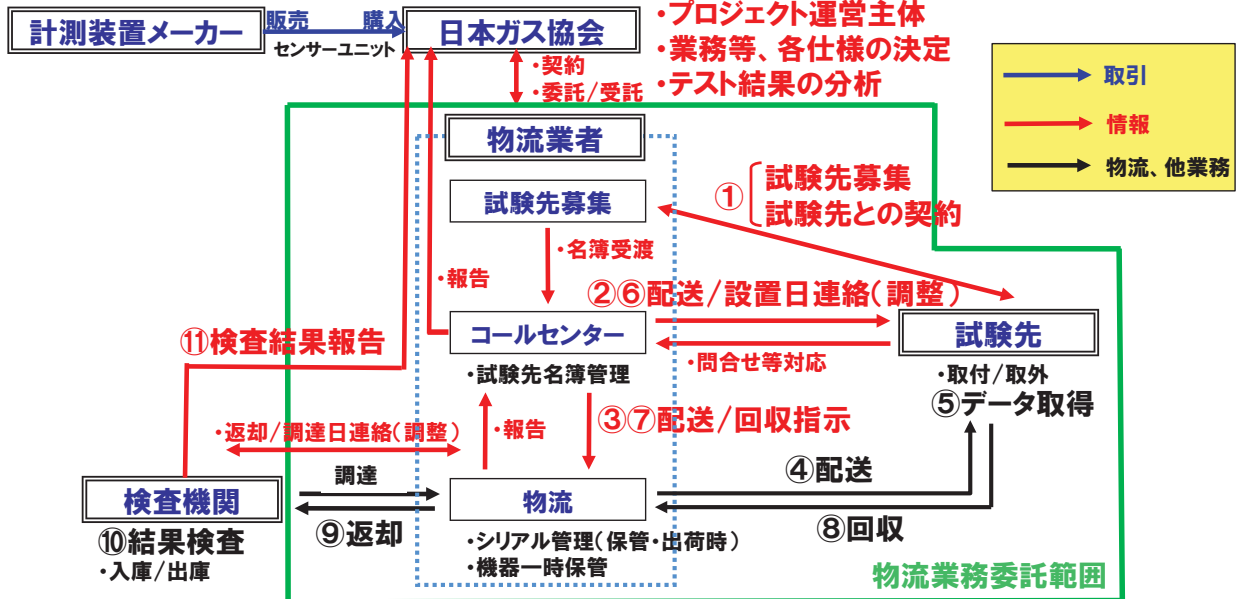
九州・沖縄 沖縄、鹿児島、熊本、宮崎 (可能な限り沖縄、鹿児島)

集合住宅単身のうち、北海道、日本海側、九州・沖縄については、入居して2年以内の方や・室内クリーニングやリフォームをしている方を中心に選ぶ。

公開

## 2. 検討内容

### ①-3. ロジスティクス構築(目標達成)



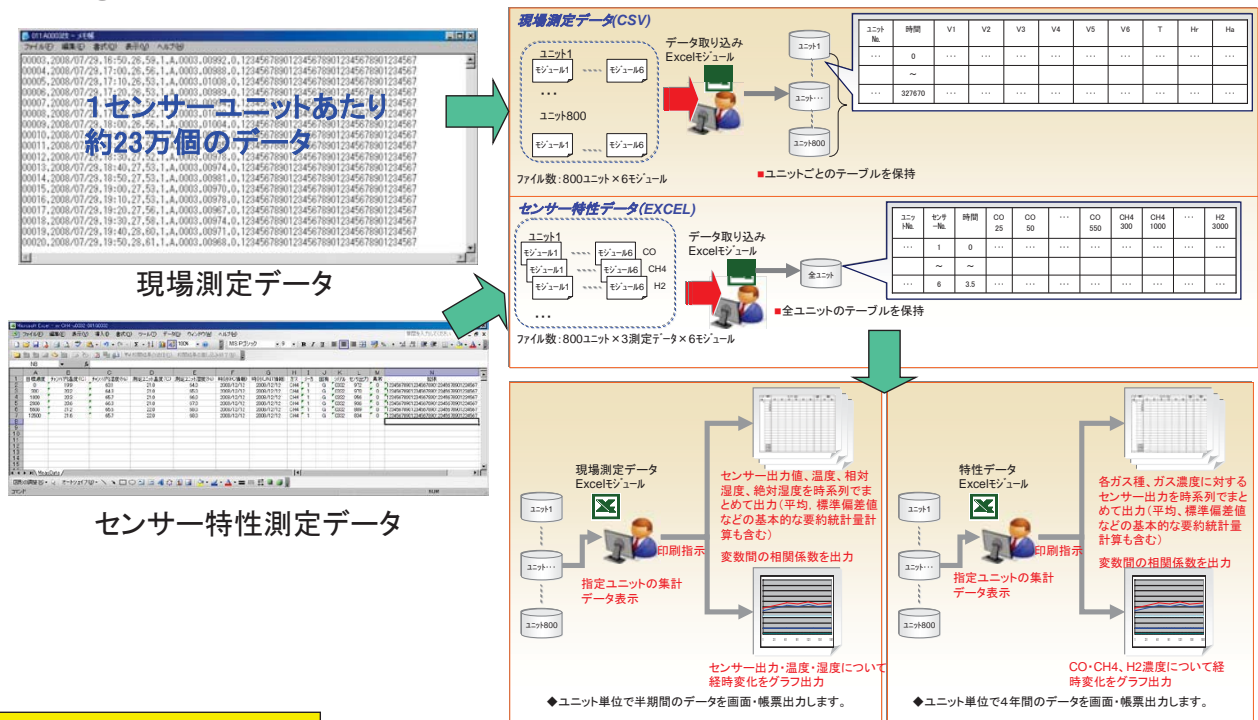
期間 : 平成20年10月~平成23年12月(約3年間)  
 時期 : 毎年4月と10月の2回/年(各1ヶ月間で回収~検査~設置を完了)  
 →センサーに影響を及ぼす可能性がある高温高湿(夏)、低温低湿(冬)条件でのデータを確実に取得

事業原簿 p.Ⅲ-2. 1-17

公開

## 2. 検討内容

### ①-4. データ処理システムの製作(目標達成)



事業原簿 p.Ⅲ-2. 1-22

## 2. 検討内容

### ②-1. センサー特性変化測定装置の設計・製作(目標達成)



#### <測定チャンバー機能>

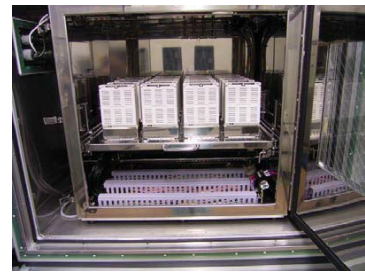
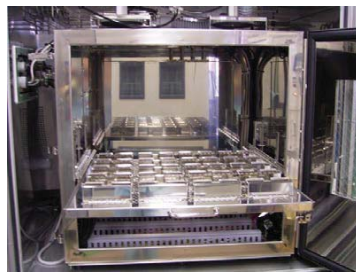
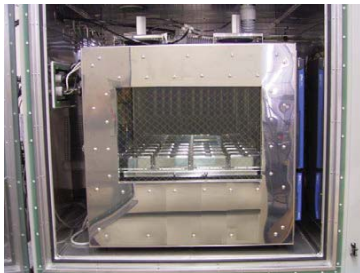
現場から回収したセンサーの感度変動を把握するため、均一の温湿度、ガス濃度に暴露させた時の各センサーの感度を測定する。

#### ◆ガス導入

CH<sub>4</sub>、CO、H<sub>2</sub>ガスを独立経路で自動で所定濃度を供給

#### ◆ユニットを一度に20台設置可能

JIAに設置して測定(外注)



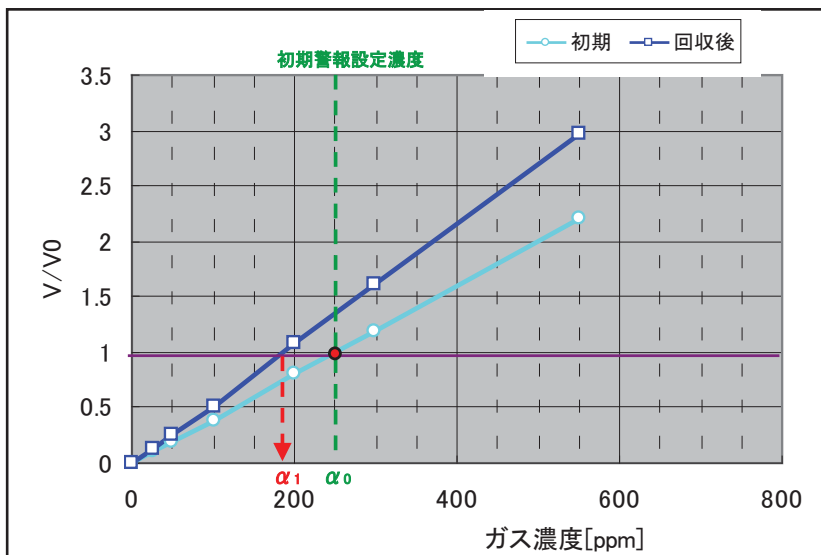
## 2. 検討内容

### ②-2. センサー感度特性測定方法の確立(目標達成)

項目	内容
ガス濃度	CH <sub>4</sub> :0、300、1000、2000、5500、12500 (ppm) CO :0、25、50、100、200、300、550 (ppm) H <sub>2</sub> :0、100、300、1000、3000 (ppm)
温度	20°C
湿度	65%
測定順	CH <sub>4</sub> 、CO、H <sub>2</sub> の順で、低濃度から高濃度へ切り替える
測定の時間	測定前:6時間以上、20°C、65%の環境下に置く ガス種変更:前ガスが完全にパージされてから10分以上後実施 ガス濃度変更:所定のガス濃度に達した後5分以上の安定時間を確保
その他	現場回収後においては、故障モジュール・ユニットの交換、電池交換、分析用活性炭の収集を行う

# (ご参考) 警報濃度変化率の算出方法

## ■ 濃度に比例したセンサー出力値の場合



① 回収後センサーの濃度-出力比プロットにおいて警報レベルの出力( $V/V_0=1$ )を与えるガス濃度を直線を内挿して求め、これを回収後警報濃度(1回目回収後: $\alpha_1$ 、2回目回収後: $\alpha_2$ )とする。

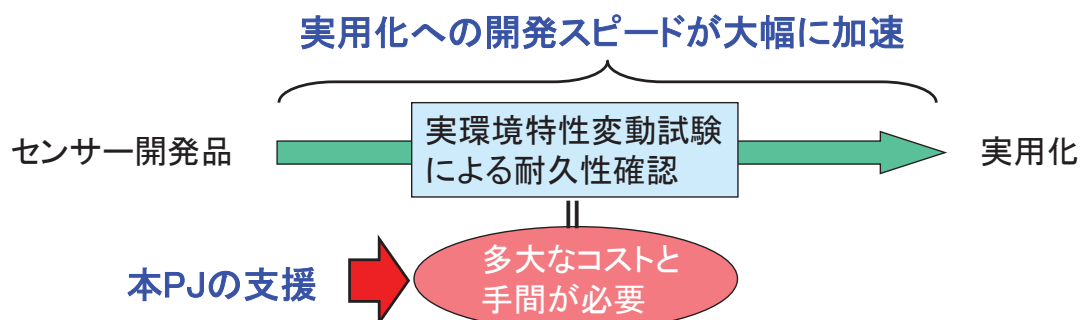
②  $\alpha_1/\alpha_0$ 、 $\alpha_2/\alpha_0$ 、 $\alpha_2/\alpha_1$ をそれぞれ、初期→1回目、初期→2回目、1回目→2回目の警報濃度変化率とする。

公開

## 3. 成果の意義

- ① 実環境特性変動試験の手法を開発し、センサー特性変化データを効率的に取得することを可能とした。
- ② 実環境特性変動試験との併用により、各種センサーの長期信頼性の加速評価を実現するための基盤技術を確立した。

**本成果は、H21年以降の助成事業での各種高信頼性ガスセンサー開発に活用された。**

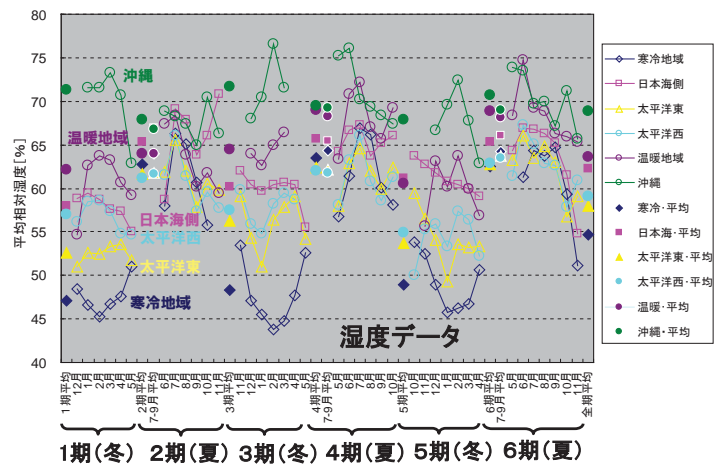
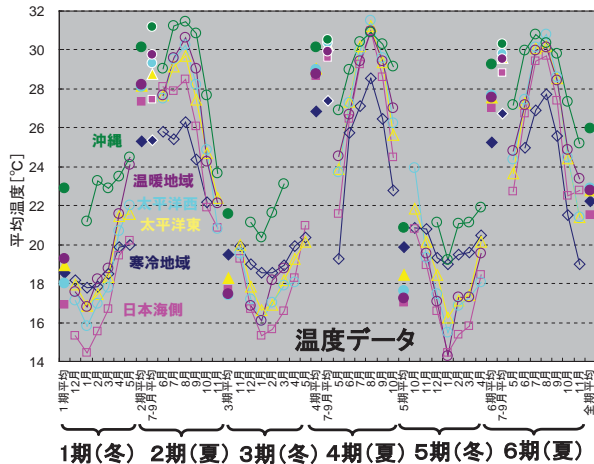


### 3. 成果の意義

助成先センサーメーカー6社との共同研究(自主活動)で実施した実環境特性変動試験により、センサーユニット設置先の温度・湿度データを3年間(半年/期×6期)にわたり取得

一般家庭建物内における地域別の温湿度変動傾向を見出した。

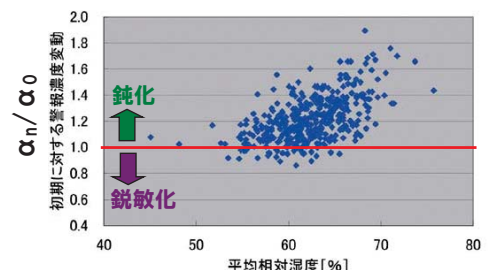
- ・寒冷地域: 冬季の温度は、本州地域と同等以上。
- ・沖縄 : 年間を通じて他地域より高温。湿度も年中高く推移。



### 3. 成果の意義

実環境特性変動試験ならびにセンサー特性変化測定で取得したデータは、各社での温度・湿度・環境ガス条件とセンサー特性変化の関係解析に活用。

- 警報濃度変化率 ( $\alpha_n / \alpha_m$  : 第m期→第n期の変動)を特性変動の指標とする。  
( $0 \leq m < n$   $m=0$ は初期(設置前)を表す)
- $\alpha$ の定義
  - ・初期 ( $\alpha_0$ ) : 各センサー毎に設定した警報濃度 (CO:200, 250ppm、CH4:3000, 4000ppm)
  - ・回収後 ( $\alpha_n$ ) : 初期および回収後にJIAで測定した各センサーの感度測定\*結果から算出。回収後の感度測定において、初期警報濃度の出力値を与えるガス濃度。
- \* 感度測定: 以下のガス中で各センサーの出力値を測定  
 CH<sub>4</sub>: 0, 300, 1000, 2000, 5500, 12500 ppm  
 CO : 0, 25, 50, 100, 200, 300, 500 ppm  
 H<sub>2</sub> : 0, 100, 300, 1000, 3000 ppm
- 警報濃度変化率 ( $\alpha_n / \alpha_m$ )の意味
  - ・1より小さい : 感度上昇(鋭敏化)  
→ 設定濃度より低濃度で警報
  - ・1より大きい : 感度低下(鈍化)  
→ 設定濃度より高濃度で警報



解析例: 特性変動と平均相対湿度の相関(イメージ)

## 4. 成果の普及

### ○ 委託事業期間(H20年度)の成果発表

番号	発表者	所属	タイトル	発表先	発表年月
1	堀内 隆博 他5名	社団法人 日本ガス協会	次世代高信頼性ガス センサー技術開発	都市ガスシンポジウ ム(東京)	2008年 6月
2	堀内 隆博 他7名	社団法人 日本ガス協会	次世代高信頼性ガス センサー技術開発	都市ガスシンポジウ ムアネックス(函館)	2008年 10月

委託事業終了後(H21年度以降)も、都市ガスシンポジウム、都市ガスシンポジウムアネックス、世界ガス会議にて自主活動成果も含めた成果発表を実施(上記2件を含め合計10件)。

## 委託事業の全体成果(共通基盤技術)

### 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社のセンサーモジュールが搭載可能なユニットを開発済み。
実環境における設置 場所選定	○	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660台を設置した。
定期的なセンサー設置 回収システム構築	○	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。

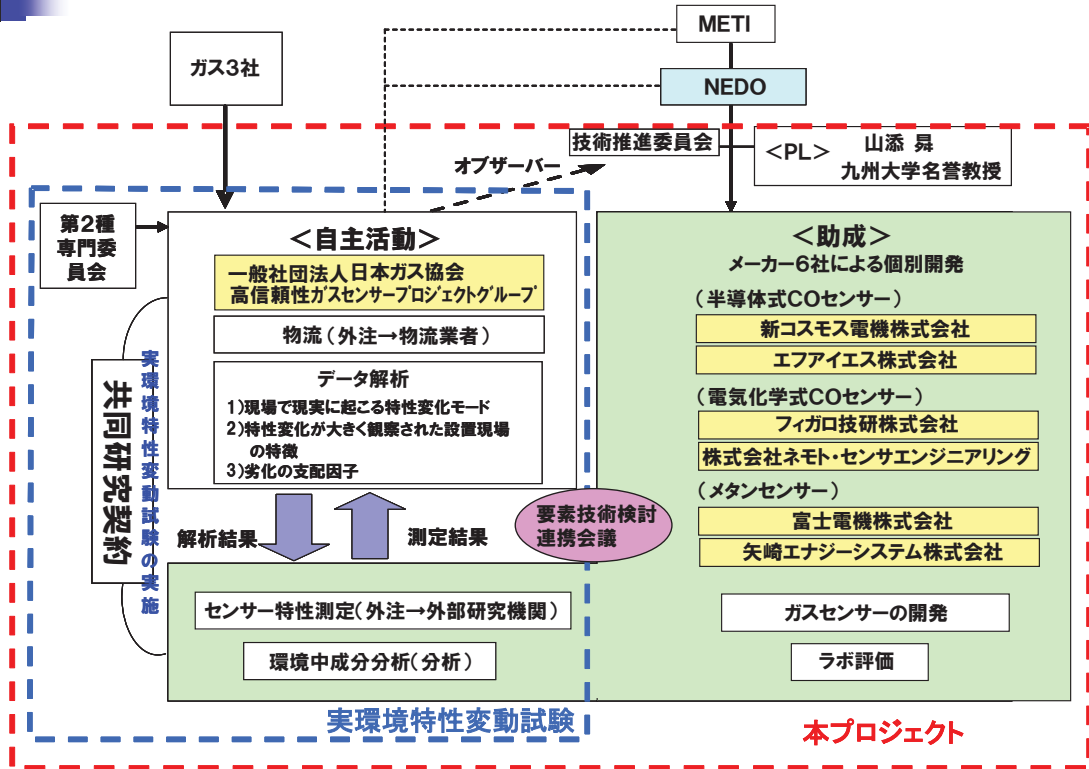
### ② 次世代ガスセンサー開発のための加速評価基盤技術の確立

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	○	実環境設置センサーの特性変化データ取得のための基盤技術を確立した。この基盤技術で得られたデータを各センサーメーカーにフィードバックし、各社が行う具体的加速評価条件決定につなげた。

○:達成済み、△:一部達成、×:未達

公開

# 研究開発体制(平成21年度以降)



公開

# 全体のまとめ(自主事業含む)

## ＜プロジェクト実施実績＞

項目		H20年度	H21年度	H22年度	H23年度												
委託事業	特性変化要因・メカニズム解明のための基盤技術構築	実環境特性変動試験方法の構築 △センサーユニット400台設置(実環境特性変動試験の開始)															
	加速評価基盤技術の確立	センサー特性変化評価手法の構築 △センサー特性初期値( $\alpha_0$ )測定(400台)															
自主事業	実環境特性変動試験の実施 ・物流、データ解析(JGA) ・回収センサーの特性変化測定(メーカー)	<table border="1"> <tr> <td>第1期(400台)</td> <td>第2期(600台)</td> <td>第3期(600台)</td> <td>第4期(660台)</td> <td>第5期(660台)</td> <td>第6期(660台)</td> </tr> <tr> <td>△回収センサー特性(<math>\alpha_1</math>)測定</td> <td>△<math>\alpha_2</math>測定</td> <td>△<math>\alpha_3</math>測定</td> <td>△<math>\alpha_4</math>測定</td> <td>△<math>\alpha_5</math>測定</td> <td>△<math>\alpha_6</math>測定</td> </tr> </table>				第1期(400台)	第2期(600台)	第3期(600台)	第4期(660台)	第5期(660台)	第6期(660台)	△回収センサー特性( $\alpha_1$ )測定	△ $\alpha_2$ 測定	△ $\alpha_3$ 測定	△ $\alpha_4$ 測定	△ $\alpha_5$ 測定	△ $\alpha_6$ 測定
	第1期(400台)	第2期(600台)	第3期(600台)	第4期(660台)	第5期(660台)	第6期(660台)											
△回収センサー特性( $\alpha_1$ )測定	△ $\alpha_2$ 測定	△ $\alpha_3$ 測定	△ $\alpha_4$ 測定	△ $\alpha_5$ 測定	△ $\alpha_6$ 測定												
加速評価に資するデータの取得 ・環境物質分析(各種活性炭試験) ・センサーユニット設置環境調査	→ 活性炭分析(第1期回収品) → 活性炭分析(第2期回収品) → 活性炭分析(第3期回収品) → 活性炭曝露試験 → 活性炭分析(第4期回収品) → 設置環境調査(アンケート) → 設置環境調査(電話ヒアリング)																



# 全体のまとめ(自主事業含む)

## 【委託事業】 平成20年度

- 特性変化要因・メカニズム解明のための基盤技術として、実設置環境におけるセンサー開発品の特性変動を評価する実環境特性変動試験の仕組みを構築した。
- 次世代ガスセンサー開発のための加速評価基盤技術として、一定雰囲気条件におけるセンサー特性変化を効率的に評価できる手法を構築した。
- 様々な実設置環境におけるセンサー特性変動要因を把握するため、日本全国の一般家庭400件にセンサーユニットを設置した。

## 【自主事業】 平成21～23年度

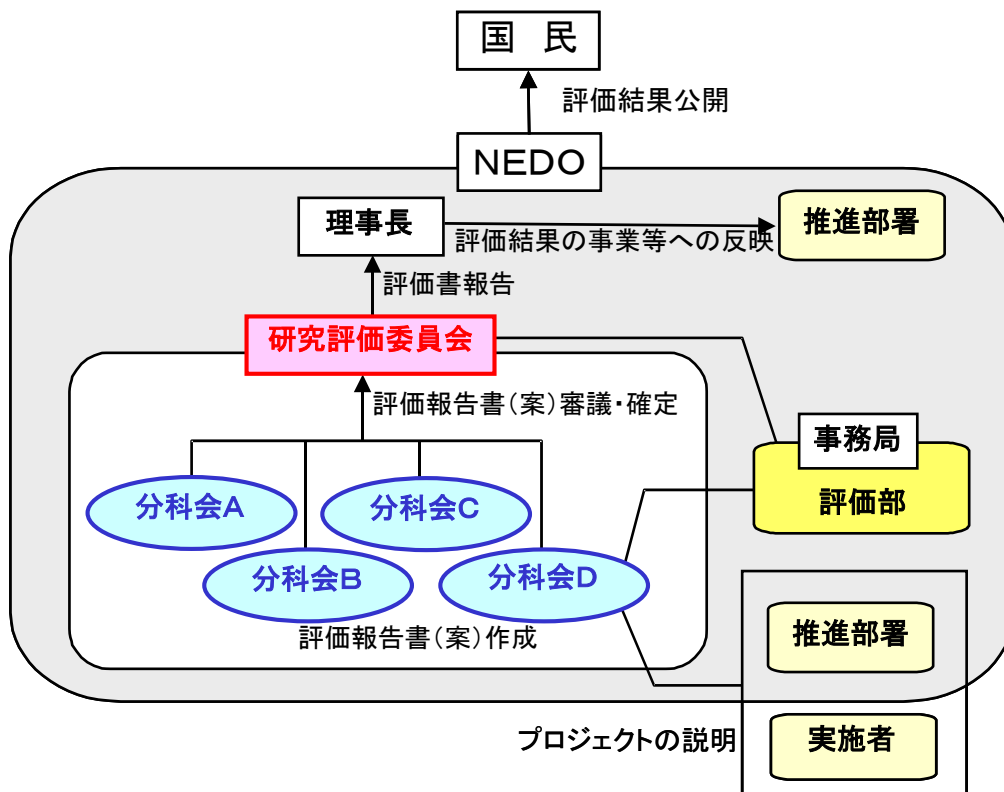
- 助成先センサーメーカー6社との共同研究で実施した実環境特性変動試験において、物流業務とデータ解析業務を担当した。
- 実環境特性変動試験におけるセンサーユニット設置先を660件まで拡大した。
- 実環境特性変動試験により、日本全国の一般家庭における温度・湿度の年間変動傾向を明らかにした。
- 各種活性炭試験等(メーカーと共同実施)により、センサー特性変動に影響を与える環境物質を特定した。

## 参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



## 1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

## 2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者
- ジャーナリスト

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある6名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

## 3. 評価対象

平成20年度に開始された「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

## 4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実

施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

## 5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべきものである。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料1-7頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

## 評価項目・評価基準

### 1. 事業の位置付け・必要性について

#### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

#### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

### 2. 研究開発マネジメントについて

#### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

#### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

#### (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

#### (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

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

#### (5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

#### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

#### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### 4. 実用化、事業化の見通しについて

#### (1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっ

ているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。



## 標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2010. 3. 26

### 【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第25回研究評価委員会（平成22年3月26日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1…、2…、3…、4…が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)…、(2)…が標準的評価基準、それぞれの基準中の…が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

#### 1. 事業の位置付け・必要性について

##### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

##### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

#### 2. 研究開発マネジメントについて

##### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

##### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

### (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

### (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

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

### (5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

## 3. 研究開発成果について

### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）

（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）

- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

## 4. 実用化、事業化の見通しについて

### (1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

### (2)事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

### (3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

\*基礎的・基盤的研究開発の場合

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1)研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

### (2)研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

### (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

### (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

### (5)情勢変化への対応等

- ・進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。(※)
- (※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」)
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

#### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### 4. 実用化の見通しについて

#### (1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

#### (2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。

- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

\* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

### (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法を經由する場合、研究管理法が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

### (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

### (5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1) 目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。(※)  
(※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」)
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

#### (3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱(特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等)は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (4) 成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手(ユーザー、活用・実用化の想定者等)に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### 4. 実用化の見通しについて

#### (1) 成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。



## 参考資料 2 評価に係る被評価者意見

研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くななどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。

## 参考資料 3 分科会議事録

**研究評価委員会**  
**「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」(事後評価) 分科会**  
**議事録**

日 時：平成24年10月1日(月) 10:00~17:50

場 所：WTCコンファレンスセンター Room A  
世界貿易センタービル 3階

**出席者(敬称略、順不同)**

<分科会委員>

分科会長	今中 信人	大阪大学 大学院工学研究科 応用化学専攻 教授
分科会長代理	原 和裕	東京電機大学 工学部 電気電子工学科 教授
委員	大藪 多可志	金沢星稷大学 経済学部経営学科 教授
委員	岡田 治	株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ 代表取締役社長
委員	高田 雅介	長岡技術科学大学 理事・副学長 工学部長 工学研究科長 電子デバイス・光波エレクトロニクス工学 教授
委員	平田 俊明	東京ガス株式会社 技術開発本部 商品開発部 スマートエネルギーハウス開発グループ グループマネジャー

<推進者>

和泉 章	電子・材料・ナノテクノロジー部 部長
田谷 昌人	電子・材料・ナノテクノロジー部 主任研究員
三宅 邦仁	電子・材料・ナノテクノロジー部 主査
佐藤 隆行	電子・材料・ナノテクノロジー部 主査
井出 陽子	電子・材料・ナノテクノロジー部 主任

<実施者>

山添 昇(PL)	国立大学法人 九州大学 名誉教授
大西 久男	大阪ガス株式会社 エネルギー技術研究所 触媒・センサー・計測技術チーム マネジ
若狭 匡輔	一般社団法人 日本ガス協会 技術開発部 新技術開発グループ マネジャー
佐々木 克宏	一般社団法人 日本ガス協会 技術開発部 新技術開発グループ 課長
三橋 弘和	新コスモス電機株式会社 センサ本部 第一技術部 部長
佐藤 武司	新コスモス電機株式会社 センサ本部 第一技術部 固体センサ第二グループ リーダー代理
松本 晋一	エフアイエス株式会社 営業開発第一部 マネージャー
栗林 晴美	エフアイエス株式会社 営業開発第一部 アシスタントマネージャー
菅井 孝	株式会社ネモト・センサエンジニアリング 技術開発本部 取締役 本部長

三浦 章宏	株式会社ネモト・センサエンジニアリング 技術開発本部 副主任研究員
宇高 利浩	フィガロ技研株式会社 第一営業部門 取締役 部門長
藤森 裕樹	フィガロ技研株式会社 第一営業部 副部長
渡部 雅教	富士電機株式会社 電力・社会インフラ事業本部 東京事業所 機器生産センター 計測・情報機器部 ガス機器課 課長
鈴木 卓弥	富士電機株式会社 技術開発本部 製品技術研究所 計測技術開発センター センサデバイス開発部 主査
名川 良春	矢崎エナジーシステム株式会社 ガス機器開発センター 開発企画部 部長
波多野 博憲	矢崎エナジーシステム株式会社 開発企画部 センサ研究チーム チームリーダー

<オブザーバー>

川原 佑介	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 ガス・熱供給保安係長
-------	-----------------------------------

<企画調整>

中谷 充良	NEDO 総務企画部 課長代理
-------	-----------------

<事務局>

竹下 満	NEDO 評価部 部長
三上 勉	NEDO 評価部 主幹
土橋 誠	NEDO 評価部 主査
内田 裕	NEDO 評価部 主査
松下 智子	NEDO 評価部 職員

一般傍聴者 1名

## 議事次第

### 【公開セッション】

1. 開会、分科会の設置について、趣旨説明、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について
4. プロジェクトの全体概要について
  - 4-1. 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
  - 4-2. 研究開発成果、実用化の見通しについて
  - 4-3. 質疑応答
5. プロジェクト詳細説明
  - ① 次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築
    - 5-1. 研究開発成果（共通基盤技術開発）
    - 5-2. 質疑応答

非公開資料の取り扱いについて

### 【非公開セッション】

- ③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発
  - 5-3. 研究開発成果及び実用化、事業化の見通し（共通基盤技術の活用／実用化開発）

### 【公開セッション】

6. まとめ・講評
7. 今後の予定、その他
8. 閉会

## 議事内容

### 【公開セッション】

1. 開会、分科会の設置について、趣旨説明、資料の確認
  - ・開会宣言（事務局）
  - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1-1、1-2に基づき事務局より説明。
  - ・今中分科会長挨拶
  - ・出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介（事務局、推進者）
  - ・配布資料確認（事務局）
2. 分科会の公開について
  - 事務局より資料 2-1 及び 2-2 に基づき説明し、議題「5. プロジェクトの詳細説明」の中の議題「5-3. 研究開発成果及び実用化、事業化の見通し（共通基盤技術の活用／実用化開発）」を非公開とすることが了承された。

### 3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について

評価の手順を事務局より資料 3-1～3-5 に基づき説明し、了承された。

また、評価報告書の構成を事務局より資料 4 に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

### 4. プロジェクトの全体概要について

#### 4-1. 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント

推進者より資料6.1に基づき説明が行われた。

#### 4-2. 研究開発成果、実用化の見通しについて

実施者より資料6.2に基づき説明が行われた。

#### 4-3. 質疑応答

4-1. および4-2. の発表に対し、以下の質疑応答が行われた。

【今中分科会長】 ただいまの説明に対して、ご意見、ご質問等お願いします。技術の詳細は議題 5 で議論します。ここでは主に事業の位置付け・必要性、マネジメントについてお伺いします。

【岡田委員】 消費電力を減らす上で間歇駆動、電気を流し続けるのではなく、あるタイミングだけ流すということが行われます。それはそれで仕方がないと思いますが、そのインターバルの長さが大事です。長すぎると、その間に何かあると困ります。そのインターバルの説明、ないしは、インターバルがこの間隔で妥当であるという説明がありませんでした。その内容について教えて下さい。

【九州大学：山添名誉教授(PL)】 検知を、いかに早期に行うことができるか。瞬間的に行うことができればよいと思いますが、瞬間的に行うことは皆要求しません。1分遅れと、1分以内、そういう対応が可能な間隔を決める必要があります。それで十分この検査規定に対応しています。これは CO の検知とメタンの検知では若干違うと思いますが、対応できるようにしています。

【今中分科会長】 どの程度の間隔でオン・オフしていますか。

【九州大学：山添名誉教授(PL)】 予備的に何か問題がないかを確認する時は、1 時間に 1 回パルスをかけます。正確な情報とは言えないかもしれませんが、何か異常があった場合は検知モードに切り替わり、1 分間に 1 回、0.3sec、スイッチをオンにして高温にしてから下げます。そこで本検知を行いますので、1分に1回はとれます。それで十分に要件を満たします。

【大阪ガス：大西マネージャー】 ご参考までに。要求事項で出したメタンについては、警報を発する必要のある濃度のガスに触れてから 1 分以内に警報を発することとなっています。同様に、CO については、濃度によって異なりますが、2 分半あるいは 5 分以内に警報を発するという規定があります。

先生が説明されたように、間歇駆動をしているメーカーごとに、検査規定に適合す

る駆動間隔のコントロールをしています。詳細内容は、後ほどの実施メーカーの説明でご理解いただければと思います。

【今中分科会長】 事業の位置付け・必要性、マネジメントについて、ほかに質問をお願いします。

【原分科会長代理】 将来的な見通しが国内市場となっています。技術開発したものが海外にも輸出できれば市場は広がると思います。その点は、このプロジェクト終了後に各社が対応するという位置付けですか。

【NEDO：田谷主研】 先ほどの説明だけではわかりませんが、海外展開を狙っている企業が見つかります。午後の非公開セッションで各社から説明があると思います。

【今中分科会長】 ほかにいかがでしょうか。大藪委員、いかがですか。

【大藪委員】 経済波及効果を5百数十億円と記載しています。これは、既に市場に出ているものにプラスした形でしょうか。この研究による波及効果をどのようにみているのか、わかりませんでした。

【NEDO：三宅主査】 この前提は、既に設置している台数が電池駆動式になり、さらに電池駆動式によって普及率が向上する部分の台数を合計したものです。

【大藪委員】 ありがとうございます。

【今中分科会長】 ほかにいかがですか。高田委員、いかがですか。

【高田委員】 「環境ガス」という言葉を使用しています。技術的な質問になるかもしれませんが、環境ガスとは、具体的にはどのようなものですか。

【NEDO：田谷主研】 これも非公開セッションで説明されるところがあります。

【高田委員】 後でも結構です。

【NEDO：田谷主研】 よろしいですか。

【高田委員】 はい。後にします。

【今中分科会長】 平田委員、いかがですか。

【平田委員】 電池駆動で、コードレス化することによって普及率が向上すると見込んでいます。私たちユーザーも電池駆動化は重要な要素だと思います。その普及率向上の見通しを、全国レベルでスタディ等していれば教えて下さい。

【NEDO：三宅主査】 この事業に関しては事前にそうしたニーズ調査等も行っています。その調査に基づくとコードレス化のニーズは高く、普及率は施工性、美観、設置性も上がるため、向上するという予測があります。今回の普及率の向上はこの事前調査をもとにしたものです。過去に普及したLPガスの普及率の曲線を参考に計算しています。

【NEDO：田谷主研】 このプロジェクトが始まる前に有識者委員会等で、どうすればよいのかという議論が行われました。電池駆動だけではないと思いますが、やはり電池駆動にすることによって、美観、施工性という意味では楽になるので普及するのではないということになりました。現状は約40%と記憶していますが、2020年までに10ポイント程度は上がるであろうという予測を立てています。



一方、電池駆動にした場合の良さは普及だけではなく、停電時にもガスを使用可能であるなどの安全性能向上という良さもあります。

【今中分科会長】 ほかにいかがですか。

【原分科会長代理】 将来的な普及については、コストが重要な要素であると思います。一般の人が設置する気になる価格は数千円か、1万円といった辺りだと思います。高いものになると、欲しいが設置しないという人が増えてくる。そのコストの見通しは、各社に質問する以外にないのでしょうか。

【NEDO：田谷主研】 はい。

【今中分科会長】 ほかによろしいですか。では、私から位置付けという点で質問します。最初に紹介がありましたが、なぜこの技術開発を進めたのかということ、COについてはパロマの事故があり、大事だということになりました。硫化水素に関してもいろいろと悲惨な事故が起っていますが、本プロジェクトでは硫化水素ではなく、メタンを対象にしています。なぜメタンにしたのか、位置付けという点でお聞きします。

【NEDO：三宅主査】 パロマのガス事故は、実際にはCO中毒でしたが、ガス安全という意味では、ガス漏れによる事故も起きています。ガス安全を図る警報器に関しては、メタンとCOの両方が検知可能な機器が現在主流になっています。両方のセンサーの開発が必要であるということで、メタンとCOを選択しました。

【今中分科会長】 「ガス」ということで、ですね。

【NEDO：三宅主査】 はい。

【今中分科会長】 環境ガスがいろいろという話が出ていたので、どうかと思い質問しました。

【NEDO：三宅主査】 そういうことではありません。

【今中分科会長】 わかりました。主は、都市ガスの漏洩ということですね。

【NEDO：三宅主査】 都市ガスの漏洩防止という意味です。

【今中分科会長】 一般的な、工場などの漏洩ということではないですね。

【NEDO：三宅主査】 そういうことではありません。

【今中分科会長】 COについても、炭を使っていた、練炭を使っていたということがありますが、そういうところではないのですね。

【NEDO：三宅主査】 今回は、一連のパロマのガス事故がありましたので、一応それを前提にしています。都市ガスを前提にしています。

【今中分科会長】 わかりました。あと、寿命について、リチウム一次電池で5年と言われました。電気化学方式は3年が目標と理解してよいですか。それとも、電気化学方式も5年ですか。

【NEDO：三宅主査】 すべて5年です。

【今中分科会長】 電気化学方式3年はクリアしたと言われましたが。

【NEDO：三宅主査】 あれは、実環境テストで3年を終了しており、5年もつ目途が得ら

れているという意味です。すべて5年を目標にし、その用途は得ています。

【今中分科会長】 わかりました。ほかにいかがですか。

【高田委員】 午後の話になると思いますが、寒冷地として北海道、日本海側として北陸4県と山陰地方となっています。その日本海側に住む者としてクエスチョンマークがつくデータがあります。資料6-2の8ページの一番下にグラフが2つあります。左が温度データ、右が湿度データです。これを見ると、寒冷地よりも日本海側のほうが、湿度が低くなっています。このようなことがあるのでしょうか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 午後に説明しようと思っていたことです。今回は、設置環境として、各地域の家庭の台所を想定しています。

【高田委員】 ということは、北海道のほうが外は寒いが、部屋の中は暖かいということですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 おっしゃる通りです。

【高田委員】 人が住んでいればそうですが、例えば外出1週間などといった時に、帰宅すると結構冷えていたということがあります。私、アメリカの寒い地域にいたことがあります。帰宅すると凍りついていた。マイナス20℃ぐらいの時、部屋にも入れず、車のエンジンもかからないということがありました。これは暖房がついていることが前提ですね。非常に寒いところではどうなのでしょう。作動しないということは全然考えないということですか。これは結構暖かいですね。15℃、16℃は快適環境です。

【今中分科会長】 ガス漏れなので、家庭内での、室内でのガス漏れということですね。

【高田委員】 無人の時でもガス漏れは起こるかもしれません。

【大阪ガス：大西マネージャー】 設置を想定しているのは、ガス消費段階における安全・安心を担保するためのガス警報器です。そのガス警報器の設置基準があります。燃焼機器が設置されている箇所から、ある一定の範囲に設置すべく基準が定められています。その設置基準を満たす台所環境における箇所に設置します。午後一番に説明しますが、その環境において10分に1回温度をロギングします。このデータ自体は代表値として、期間中、1カ月ごとに全世帯を平均しています。個々に見ると、最低気温は北海道に他の地域に比べて低いものが見られましたが、高田委員のご指摘のように、寒冷地域全体を1カ月の平均値に換算すると、恐らく、ほかの地域よりもたっぴりと暖房をされていることが原因と思いますが、客観的な統計処理の結果から見ますと、このようになります。

【大藪委員】 今の質問に関連して、日本各地で660個のユニットを設置して様々なデータを取得したということは、その時の回収のロジスティクスを構築して、そのデータから各社にフィードバックを行ったということになります。どのようなロジスティクスになりますか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 午後、具体的な成果として説明します。

【大藪委員】 わかりました。

【今中分科会長】 NEDO のマネジメントという点で、特許が平成 21 年に 10 件出願され、3 年ほどたちます。審査請求等は進めているのでしょうか。

【NEDO：三宅主査】 はい。各社の方針に基づき適切に管理されています。

【今中分科会長】 半分以上は請求されているということでしょうか。具体的には、午後のほうがよいですか。

【NEDO：三宅主査】 はい。午後のほうがよいと思います。

【今中分科会長】 その辺りの進捗状況をマネジメントしているか聞いたかったのです。

あと、都市ガスということですが、最近、コンロ式のガスコンロの爆発などの事故が起きています。そういうところにもこれを使うことができればよいと、位置付けという点で思いました。これはいかがでしょうか。

【NEDO：和泉部長】 今日説明しているのは、このプロジェクトをなぜ実施したかという背景として、こういう状況があり、こう対応するというところで、都市ガスを選んだということ。もちろん、技術的にほかの分野に活用できる技術があれば、各社が使うことは、我々にとっても非常にありがたいことです。午後の各社の取組の中で、そういうものがもしあれば、ぜひ紹介してほしいと思います。また、いろいろな議論をしていただければありがたいと思います。

【今中分科会長】 よろしいですか。ありがとうございました。後で質問等が出てくるかもしれません。それにつきましては、本プロジェクトの詳細説明後をお願いします。

## 5. プロジェクト詳細説明

① 次世代ガスセンサー開発のための特性変化要因・メカニズムの解明のための基盤技術構築

② 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

5-1. 研究開発成果（共通基盤技術開発）

実施者より資料7.1に基づき説明が行われた。

5-2. 質疑応答

5-1. の発表に対し、以下の質疑応答が行われた。

【今中分科会長】 最初に、日本ガス協会は、ガスメーカー3 社からの委託と言われましたか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 はい。今、説明した委託事業終了後、平成 21 年度以降の自主事業は、その財源を、NEDO からの委託事業ではなく、大阪ガス、東京ガス、東邦ガスの大手 3 社から拠出を受けて自主事業として継続してきました。

【今中分科会長】 協会としては、得られた成果を、全国のガスメーカーにもフィードバックして普及を図るということですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 実環境特性変動試験の結果に限定すると、日本ガス協会

とガスセンサーメーカー6社との間で共同研究契約を結び、両者の間で成果を共有しようという契約を結びました。

まず初期の段階としては、この共同研究の中で得た成果を、一旦は日本ガス協会からこの資金の拠出を受けた都市ガス3社に報告しています。以降の全国の展開については、その商品を業界に出していったって実用化する形でフィードバック還元をしていきたいと考えています。

【今中分科会長】 ガスセンサーの要件について、電池の本数を最低限と書いてあります。具体的には、1本ということですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 ここでは特定のスペックを書いていないため、わかりにくかったかと思います。ここで言う最小限とは、警報器を売る立場からすると、そこに入っている電池がどのようなものであろうが、最終的にはコストが従来のもと同程度以下になればよいという考え方があります。これをガスセンサーの消費電力までブレークダウンすると、リチウムの一次電池の単三サイズのもの1本で、例えばCOセンサーならCOセンサー、メタンセンサーならメタンセンサー、それぞれのセンサーを、1本の電池で5年間賄うことのできる消費電力を達成することによって、最終製品としては、従来の交流型と警報器のコストとして同等以下を目指せると考えて、目標を設定しました。

これをガスセンサーの平均消費電力に換算すると0.1mW未満のものであれば達成できると考えています。それが最終的な実用化開発の目標項目の1番目の部分にリンクしているものです。

【今中分科会長】 そうすると、3Vを1個ということですね。

【大阪ガス：大西マネージャー】 はい。

【今中分科会長】 わかりました。委員の先生方、いかがでしょうか。原委員、どうですか。

【原分科会長代理】 少し気になるのは劣化要因です。原因としては、やはり温度や湿度で、高温・低湿、それから様々なガスがあるということでした。一方、それらに対して影響を受ける側は、必ずしもメインのセンサー材料だけではなく、触媒や保護層、フィルターなども影響を受けると思います。また、ヒーターや電極が影響を受ける、ハウジングの問題もあるなど、劣化の仕方はマトリクス状に様々な形になると思います。

【大阪ガス：大西マネージャー】 ご指摘の通りです。

【原分科会長代理】 今の説明では、全部を網羅したわけではなく、ある程度代表的なところを押さえたと理解してよいですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 はい。この前段階になるところで、少し説明が抜けているかもしれません。もちろん、並行して、各センサーメーカーでは、ラボでそれぞれのセンサーの構成材料のうち弱点になる項目の調査をしてもらっています。その弱点になりそうな部分に対して影響を与えそうなストレスをかける試験は、各社のラボで別途、実施しています。並行してラボで様々な過負荷試験、ストレス試験を行いなが

ら、それでも明らかにできない、現場に設置しなければわからない部分、現場に実際に出してみないと明らかにできない因子を抽出することを、実環境特性変動試験に期待しています。

今、先生からご指摘のあった、ヒーターや構成材料についての弱点、これらの多くはラボでの評価試験によっても抽出できるものが多いと思います。一方、現場に出さないとストレスの強度もわからない、実態の把握もできない、どの程度のストレスをかけると現場においては相当の試験になるのかわからないという部分に今回は着目しました。

現場において気になるのは、繰り返しになりますが、温度・湿度、雰囲気中の、各センサーによって作用の仕方が異なることです。形式によってどのような成分がストレス因子になるかは異なります。様々な化学的な作用をするものについて、それがどの程度、ある環境でどういう変化をするか明らかにしようとしてきました。

この委託事業ではなく、自主事業の期間で本格的に実施したので、今回の報告からは割愛しましたが、少し捕捉します。先ほど回覧した箱の中に活性炭を仕込んでいます。これは一体何を意識しているのかというと、当初は 400 件、私どもガス協会の自主事業によって最終的には 660 件の規模に増やしたものにそれぞれ付けて、後ほど、半年に 1 回収しました。この場所はどうもあやしい、変なものがあるのではないかと気になる現場については、その活性炭に吸着された物質を測定することによって、その特異な現象が何によるものなのか、単純な温度・湿度なのか、化学成分によるものか、調査しています。

【原分科会長代理】 ありがとうございます。

【今中分科会長】 高田委員、どうぞ。

【高田委員】 電池という基本的なことで質問します。変な例ですが、私、先週、あるホテルに行くと、金庫のシステムについて支配人が、コンピュータにつながっているので安心だと一生懸命に言います。我々が部屋に入り、財布を入れると金庫が閉まらない。大学の先生もおり、コンピュータが壊れているのではないかと言っていたのですが、技術の人が来て、結局、電池切れであったことがわかりました。

【大阪ガス：大西マネージャー】 開かなくなるよりは良かったかもしれません。

【高田委員】 出発時間ぎりぎりのチェックアウトであれば、これでは困ると思いました。このような金庫にはお金を入れたくありません。

そういうことで、電池というものは、今のようなケースでは、最後の最後に電池切れだとわかることになります。別にその間、死ぬわけではないですが、そういうことは多いです。ライトの場合、暗くなり、最後につかなくなり、電池が切れたとわかります。素人でもすぐにわかる、電池を交換すればよいということならばよいのですが、一般家庭の主婦が、天井に取りつけた器具の電池に対して、そろそろ切れそうだということがどうしたらわかるものでしょうか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 センサーの仕様というよりは、電池駆動の警報器の商品の仕様にかかわる話と理解しました。電池駆動警報器、ガス警報器についても、そういう配慮は当然しています。火災警報器についても電池駆動のものが一般住宅に対する設置義務化に伴って実用化されています。そのような電池駆動化の火災警報器でも同様ですが、今後、得られたセンサー技術の成果を活用する電池駆動警報器については、当然、電池の電圧の状況を常に監視する仕組みを入れて、最終的に電池の容量が低下したり性能が低下したりすることによってセンサーを動かさなくなる、あるいは、お客様に対して、音や光でお知らせする機能を失う前に、余裕をもって、自己診断機能によってお客様に電池が切れそうだということを、音声と光でお知らせする機能を入れる予定です。電池駆動の火災警報器でも同様のものが入っています。同じ設計思想でそういう機能を仕込んでいきたいと考えています。

【今中分科会長】 ほかにいかがですか。岡田委員、どうぞ。

【岡田委員】 資料の5ページにコストについて、従来のコード式と同等以下と書いています。次のページには目標について書いてありますが、そこに、コストとして同等以下を担保するという表現がありません。これは1枚にまとめたから抜けただけで、どこかにコストに対するターゲットというか、同等は同等でよいですが、それを担保する表現が見当たりませんがどうしてですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 6ページは、NEDOの基本計画書に記載された項目を箇条書きにまとめました。5ページは、私どもガス業界の立場から、このセンサー技術に対する期待、電池駆動警報器に搭載するための要件としてまとめた、やや違うまとめ方になっています。

私どもは、最終的に製品として、従来の交流式のものと同等以下を満たしてもらえばそれでよいという立場で書きました。繰り返しになりますが、これを具体的に達成するには、どのようなスペックを満たせばよいか、ことガスセンサーの性能要件に落とし込んでいった時には、やはり電池駆動警報器の中に4本も、5本も電池を搭載すると、従来の交流式のものと同等のコストを目指すことは難しいであろうということがありました。具体的なガスセンサー技術という研究課題の目標としてブレークダウンするに当たっては、単三タイプのリチウム電池1本以下に抑えれば、結果的に従来の交流タイプの警報器と同等以下が目指せるのではないかと、この部分にリンクさせて、こういう書き方をしています。

説明が1つ抜けていましたが、私どもも、この開発を始めるに当たって、最も大きなネックになると思われたのが電池搭載コストです。それを最小限にすることをセンサーに求める要件として整理し、それをセンサー単体の性能要件としては消費電力の部分に集約させたということです。

【岡田委員】 もう一つ。これも非公開セッションでのデータになると思いますが、例の加速試験の前に、劣化の様々な要因など、加速の場合はメカニズムですが、その辺の話

が午前中にもありませんでした。そこは非公開セッションでということでしょうか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 この中で様々な因子を述べましたが、あるセンサーについては温度・湿度が主要因であり、あるセンサーについては化学物質が主要因でした。センサーの形、各メーカーの技術によって違う点があるため、ここでは一般化した表現は控えています。

【岡田委員】 実際はいろいろ複合した因子であるため、例えば温度を上げれば、それで加速される因子は加速試験になりますが、吸着や被毒では逆にマイルドになります。1つの条件で加速試験になるようなものができるのかと思いながら聞いていましたが、やはりメーカーによって幾つかの方法で実施して、総合して目途をつける、そういう形ですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 はい。ご指摘のように、温度を上げる、下げるというのは、複数の要因にとってトレードオフの関係になります。あるものにとっては促進、あるものにとっては抑制条件になります。各メーカーのそれぞれのセンサーにおいて、幾つの性能変動因子を考えるか。それを総合的に5年相当に加速するには、闇雲にどのセンサーも温度を上げてよいということになりません。あるものについては温度を下げたほうがよい技術もあるかもしれません。振ったほうがよい技術もあるかもしれません。それぞれについては、後ほどご報告することになると思います。

【今中分科会長】 ほかにいかがですか。

【平田委員】 2点、質問します。9枚目のスライドの「センサーユニットの設置先と設置」の達成状況が二重丸印で評価されています。この具体的なポイントをわかりやすく教えて下さい。

それと、今回の基盤技術の成果として、「実用化への開発スピードが大幅に加速」と19枚目のスライドに書いています。定量化は難しいと思いますが、スピードアップのイメージをわかりやすく解説してほしいと思います。よろしくお願いします。

【大阪ガス：大西マネージャー】 まず1点目、設置先の選定についてです。どのような趣旨で二重丸としたかご説明します。民生の家庭用の電子部品を全国の多種多様な環境において試験するに当たり、このような因子を振ればよいとするお手本になるものはありませんでした。私どもはガス事業者としてガス警報器を現場で設置してもらうに当たり、現場から返ってきたものの原因を解析しており、世間一般に知られていない、気候因子だけではなく、建築時期因子や家族環境因子などが大きく、返却されてくるものの割合や結果が違ってくることを、ノウハウとして知っています。そのノウハウを活用して、このような4項目、60条件を設置しました。

2つ目は、平成20年度、この助成事業の中では予算の制約もあって400台という限られた台数の中で、60グループの各因子を抽出するためのクロス分析的な設定の仕方を取りました。主に家族、戸建、集合、単身家族の4項目、それから建築時期についての詳細は本州の東部と西部で見えており、地域ごとの要因については、北海道、日本

海側、温暖地域をクロス分析の考え方で組み合わせることによって、必要最小限のもので十分な知見が得られるように工夫しました。

後者ですが、スピードアップの観点には 2 つあると思います。まず一つは、今までガスセンサーについては、良くも悪くも、実時間のデータを取らないと結果が分からないというのがこれまでの常識でした。5年間の寿命を担保するには、5年間のデータを各メーカーが時間をかけて蓄積しました。そういうことから、そもそも現場で起きている現象、現場で起きている特性変化と、ラボで様々なストレスをかけた時の特性変化を、先ほど山添先生のご説明にありましたように、突き合わせることによって加速評価手法というものをセンサーメーカーごとに検討する基礎が、この実験データによって得られたことが大きなポイントの1つ目になります。

さらに、これは主要因ではありませんし、ネガティブな意味もあるかもしれませんが、従来であれば、現場に出してみないとわからない現象、これが開発段階で多種多様な環境に置くことによって、開発段階で抽出することができました。現場に出してからトラブルが起これ、それを改良するという、開発にとってはステップバックになる可能性の芽をつんだという観点では、各センサーメーカーが個々に実施する形式では難しいデータ取得の知見が得られたと考えています。これを総合して開発スピードを大幅に加速することができたのではないかと、ここでは表現した次第です。

【今中分科会長】 それでは、大藪委員、お願いします。

【大藪委員】 ただいまの最初の質問とも関係しますし、原委員の質問とも関係します。今のロジスティクスの話で、日本全国で 660 の家庭でクロス分析を行うために測定ユニットを配布してデータを集めた時に、いろいろな家庭があったと思います。その特徴は何かありましたか。例えば劣化要因になる特徴を地域ごとに見出すことができたのでしょうか。もしあれば、新しく開発するユニットの中にそういう要因を凌駕する内容を盛り込むシステムなのでしょうか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 1点目についても、2点目についてもそうですが、特定のセンサーメーカーの知見にかかわることですので、具体例を挙げることはここでは控えます。中には、それが主要因であったというメーカーもあったようです。そのメーカーがどちらかは、後ほど聞いていただければわかると思います。その知見をもとに改良しているという話は、後ほどあるかもしれません。

【今中分科会長】 よろしいでしょうか。

【大藪委員】 はい。

【今中分科会長】 ほかにいかがですか。妨害ガスとして水素を対象にしたわけですが、台所にはアルコール、エタノールがあると思います。これはどのように評価していますか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 あえて水素を使ったことには理由があります。アルコール、エタノールの場合、各センサーに、アルコールを除去する活性炭フィルターが付



けてあります。この活性炭フィルターにアルコールを作用させると、アルコールを吸着してしまう不可逆な影響を測定段階で与えてしまいます。これをおそれて、アルコールを避けました。

水素はアルコールそのものではありませんが、いわゆる還元性ガスの代表ガスとして、フィルターに不可逆的な影響を与えない還元ガスの代表として、今回、選定しました。例えば、旧来型の半導体ガスセンサー、メタンセンサーにおいては、水素に対する感度の変動とアルコールに対する感度の変動がリンクするという知見も、古いタイプの酸化スズの半導体ガスセンサーについては得られています。そのようなことも参考にしながら、センサーに対して不可逆影響を与えない干渉ガス、妨害ガスになるような還元性ガスの対象として水素を選んだという経緯があります。

【今中分科会長】 フィルターの関係でエタノールにしなかったということですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 そうです。

【今中分科会長】 エタノールがある状況下では、使えるかどうかはまだわからないということですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 エタノールについては、エタノールという対象がわかっています。エタノールを意識した試験は、各センサーメーカー個別のラボ試験で標準的に行っています。影響度の試験についてはそちらに譲ったということです。

【今中分科会長】 わかりました。5年ということで電池の寿命が注目されていますが、センサー素子の寿命は、例えば電池が切れた、交換するという場合、素子自体、回路自体はすべて再利用できるのですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 今、回路自体に対して性能担保の目標期間がまだ定められていないので、はっきりしたことは申せません。

【今中分科会長】 加速実験をされているわけですから、その結果を踏まえて言うことができると思いますが、目標としては、素子自体も再利用を考えているということですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 素子は現場での実績が出てくれば、さらに5年以上延ばすということも実態に応じて検討していきたいと思います。私どもは、ガス事業者として、世界初の電池駆動警報器を世の中に入れて、それを展開していく初期の段階では、まずは商品トータルの寿命として5年というものを目標にして、それ以降の技術検証状況に応じて延長は必然的に考えていくことになると思います。

【今中分科会長】 そうすると、ユニットごとの交換を考えているということですか。

【大阪ガス：大西マネージャー】 はい。当面は、商品としては5年間、電池ごと、ユニットごと、お客様先で交換することを想定しています。

【今中分科会長】 センサー素子を新しくして、また別にリースするということですね。

【大阪ガス：大西マネージャー】 まず、今のところは、5年間ですべて回収して、そこで寿命は終わる。そこでまるまる新品に取り替えるという運用から始めたいと考えています。それ以降の検証によって、今、先生が言われた可能性も探っていきたいと考え

ています。

【今中分科会長】 わかりました。ほかにいかがですか。よろしいですか。ちょうど予定の時間になりましたので質疑応答を終わります。ありがとうございました。

非公開資料の取り扱いについて

【非公開セッション】

③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発

5-3. 研究開発成果及び実用化、事業化の見通し（共通基盤技術の活用／実用化開発）  
省略

【公開セッション】

6. まとめ・講評

【NEDO：土橋主査】 以後の議論は再び公開となります。ここから先の皆様のご発言は、議事録に名前と発言内容が載りますので、ご留意いただくようお願いいたします。

【今中分科会長】 それでは、「まとめ・講評」に入ります。お気づきの点は後日でも結構です。質問票にして事務局までお寄せ下さい。

それでは、委員の皆様から講評をいただきます。平田委員から始めて、最後に私という順序で講評したいと思います。まず平田委員からお願いします。

【平田委員】 本日は、研究成果のご説明をどうもありがとうございました。私、ユーザーの立場から一言コメントさせていただきます。

昨今、天然ガスへの注目度が高まっている中で、私ども都市ガス事業者も、お客様に都市ガスを安全・安心に使っていただくことの重要性をこれまで以上に強く感じています。本日各メーカー、関係者の皆様から、非常に力強い、実用化の目途が立ったという説明していただきました。また、これまでの皆様のご尽力に対して厚く御礼申し上げます。

今後、実際に商品に搭載するには課題があることもあわせてご紹介いただきました。ぜひ、お客様に喜んでいただくことのできる形で世の中に出していく、そのために私どもも協力させていただきたいと思っています。今後ともどうぞよろしく願いいたします。

以上です。

【今中分科会長】 高田委員、お願いします。

【高田委員】 本日は、いろいろなことを期待してここに座りました。もともとガスセンサーには多様な方式があります。それを皆さんが知った上で、自分の会社の方式がベストであるという話を聞くことができると思っていました。6社とも、ほかの方式についてはほとんど言及せず、皆さんそれぞれが目標を達成したという説明でした。非常にすばらしいのですが、それぞれ自分の目標が達成されたということで、皆さんが横

綱だという感じで聞きました。1社だけ、これから他方式との比較調査を行うという発言がありました。本日の発表の中では、具体的にはそういうことを言うてはいけないのかもしれませんが、もしもこれから、例えば私が何かのセンサーを買おうと思った時に、どの方式が良いのか、この方式ならばどの会社がよいのかわからず、皆さんすばらしいという感じで終わった気がします。

ということで、評価としては全部二重丸がつかだろうという感じがしてしまいます。

コメントになったかどうかわかりませんが、以上です。

【今中分科会長】 ありがとうございます。次に岡田委員、お願いします。

【岡田委員】 実は、私も、20～30年前に、大阪ガスでこういうものに携わっていたので、そのころから比べるとかなり進んだという気がします。

ただ、プロジェクト全体としては、みんながコストについては同等ということを書いています、目標に出ていません。同等を担保することをプロジェクト全体としては、普及を目指すにしても、グローバル展開を図るにしても、入れておくべきだと思います。

あと、加速試験は重要です。それに基づいて5年間を担保しています。加速試験は、劣化のメカニズムに基づき、いろいろ試験しています。会社によっては幾つかの因子に着目した加速試験を実施しているところ、1つだけのところもあったように思いますが、やはりそこが一番大事だと思います。

それから、平常時のインターバル、間歇で行っていますが、そこはレベルがそれぞれそろっているような、そろっていないような。ある基準だと問題ないということですが、連続に近いようなところもある一方で、何分間は割り切って通電していないところもあります。今日はそこがわかりませんでした、電力量を増やすために、連続通電ではなく間歇で行う時のインターバルの考え方、妥当性などは重要だと思います。その辺りも、世に出ていく時は考え方が受け入れられるかということになると思います。

あと、各社一緒ですが、様々な分野で展開する、グローバルに展開することも視野に入れているのであれば、ノウハウにすべき部分と特許にすべき部分を明確にする必要があります。黙っていればノウハウが守られるわけではありません。市販品として売る場合、お客様の中には海外のコンペティターもいます。バラして分析するという事は当然予測すべきです。そういうことをされると守れないものをノウハウとして、それを非公開にしていると逆に不都合なことになると思います。

開発したものは、技術的には非常に高い選択性や安定性を持っており、安全技術としては以前に比べてレベルが上がっており、頼もしく思いました。

【今中分科会長】 大藪委員、お願いします。

【大藪委員】 協会も含めて各社がまとまって、同じ目標に向かって研究調査を進めてきたことは非常によかったと思います。その中に、各社固有の技術が、各社各様で育った

こともよかったと思います。それがまた、日本の技術として世界に通用するものになりつつあることも力強く感じました。

あとは、日本の普及率を 40%から 50%に上げ、それが世界で普及する一つのきっかけになる方法をこれから考えて、少し経済効果を出してほしいと考えています。

以上です。

【今中分科会長】 原委員、お願いします。

【原分科会長代理】 私自身も大学で細々とセンサーをいろいろつくっていましたが、今回のように、飛躍的に低電力化して、かつ、長寿命で高信頼性のものをつくった。気が遠くなるような困難な課題をいずれのメーカーも克服したことは、大変素晴らしいことだと思います。

今後は、これをベースにして、これで満足しないで、安全・安心以外にもガスセンサーは様々なニーズ、要望があります。例えば健康や食品、医療など様々なニーズがありますので、そうしたものにも応用して、国際競争力を維持してもらおうとよいと思います。

関連して、非常に良いものができた場合、現状ある規格、UL や EM などを満足しているだけではなく、自社の製品に合わせた新しい規格を国際規格として提案することも、将来的には必要になってくると思います。よく言われる失敗例として、RF タグがあります。せっかく技術的に良いものをつくったけれども、ヨーロッパで規格を先に国際標準として決められてしまい、思うように売れなかったという例があります。その二の舞にならないように、そうした国際標準規格の提案も考えるとよいと思います。

以上です。

【今中分科会長】 私も今、化学センサーの研究に携わっています。今は特に接触燃焼式を中心に取り組んでいます。今回の電気化学式、半導体式、接触燃焼式、すべて大変興味深く聞きました。目標をすべて達成しており、実用化のめどが立ち量産化に近い。6社とも全社が目標を達成したということで、最終評価は、そういう点では評価できる内容であると思います。

特許について各メーカーに質問した主旨は、権利化できることは主張して国際戦略を目指してほしい、特に、最近、国際的なことはいろいろと問題が起きていますので、主張できることは主張し、自分の立ち位置を示してほしいと思います。

やはり社会貢献が大事です。特に CO は有毒ガスですので悲惨な事故を防ぐためにも、できるだけ早く市販化してほしいと思います。

今回は都市ガスの民生用限定と伺いましたが、ほかの分野、例えば製鉄業でも CO は出ています。そこでも CO センサーの要求はあります。今回の成果を民生用だけではなく、そうした分野にもフィードバックしてもらおうと、社会貢献という点でも非常に大きいと感じました。

もう一つ指摘したいことは、全国で 600 件のデータ取得を実地したことです。これ

は大変評価できると思います。研究室や実験室だけで得ることのできるデータにはない、その場で得たデータであるため、非常に貴重なデータベースになっていると思います。このデータを参考にして、さらに市販化に向けて研究、開発を進めてほしいと思います。

山添先生、6社ともすべて市販化の目途が立ったということで、お疲れまでした。評価としては、十分に評価に値すると考えております。

以上です。

それでは、推進部の和泉部長より、一言お願いいたします。

**【NEDO：和泉部長】** 本日は、長時間の審査をありがとうございました。また、有意義なご意見をたくさんいただきまして、ありがとうございました。

このプロジェクトは、センサーメーカー、警報器のメーカーのみならず、日本ガス協会という、ユーザー側とメーカー側が協力して実現したプロジェクトです。特に、日本ガス協会は、ガス会社のサポートとして実証試験を積極的に実施していただきました。改めて感謝したいと思います。NEDOの委託をうまく活用していただきました。さらにメーカーが、調査結果をうまくフィードバックして開発に生かしていただいたことは、私ども推進部にとっても大変ありがたいと思っております。改めて感謝します。

議論にありましたように、このプロジェクトは世の中の安心・安全、国内の安心・安全の振興、企業の競争力を高めるという2つの目的で始めたものです。プロジェクトが終わればすべて終わりということではありません。本日お話しいただいた方向で、事業者の皆様の実用化・商業化が進むことを、私どもの立場からしても、これから拝見していきたいと思っております。引き続き実施者の皆様もよろしくお願ひしたいと思います。

改めまして、本日の審査を長時間どうもありがとうございました。

**【今中分科会長】** これにて分科会を終わらせていただきます。

7. 今後の予定、その他
8. 閉会

## 配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO 技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDO における研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業原簿（公開）
- 資料 5-2 事業原簿（非公開）
- 資料 6 プロジェクトの概要説明資料（公開）
  - 資料 6.1 事業の位置付け・必要性及び研究開発マネジメント
  - 資料 6.2 研究開発成果及び実用化の見通し
- 資料 7 プロジェクトの詳細説明資料
  - ①②共通基盤技術の確立（研究開発成果）
    - 資料 7.1 一般社団法人日本ガス協会（公開）
  - ③超低消費電力高信頼性ガスセンサーの開発（研究開発成果及び実用化・事業化の見通し）
    - 資料 7.2 新コスモス電機株式会社（非公開）
    - 資料 7.3 エフアイエス株式会社（非公開）
    - 資料 7.4 株式会社ネモト・センサエンジニアリング（非公開）
    - 資料 7.5 フィガロ技研株式会社（非公開）
    - 資料 7.6 富士電機株式会社（非公開）
    - 資料 7.7 矢崎エナジーシステム株式会社（非公開）
- 資料 8 今後の予定

## ○その他

## 参考資料 4

評価結果を受けた今後の取り組み方針について

評価結果を受けた今後の取り組み方針について

評価における主な今後の提言	今後の取り組み方針
<p>○警報器の普及率を上げるうえでの障害は、警報器のコードレス化だけでなく、価格の問題も大きい。素子の小型化や低消費電力化をベースに、思い切った低価格化も目指すべきではないか。また、加速試験の正確性を多くの方が納得できる形で示し、その手法が世界基準となるよう進行させることを望む。</p> <p>○本プロジェクトで開発したガスセンサーの評価手法は開発期間短縮や開発コスト低減に寄与することが期待される画期的な成果であり、今後、医療・健康・介護、食品工業、農業等各種センサー開発への応用など普及を期待したい。なお、本プロジェクトで培った技術の国際競争力はあると判断できるので積極的に海外戦略を進めることを望む。</p>	<p>○開発成果は、プロジェクト参画企業により、各種センサに応じた加速評価試験結果の提示やサンプル出荷等により、コストや既存技術との比較等を検討しながら、各企業のもつ量産化ノウハウや販売実績・国内外の販売網を活用することにより、1～2年後の商品化を目指している。</p>



本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術  
総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集して  
います。

平成25年3月

NEDO 評価部

部長 竹下 満

主幹 三上 強

担当 内田 裕

\*研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載していま  
す。

([http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu\\_index.html](http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html))

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地  
ミューザ川崎セントラルタワー20F  
TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162