

「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、CH₄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



【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

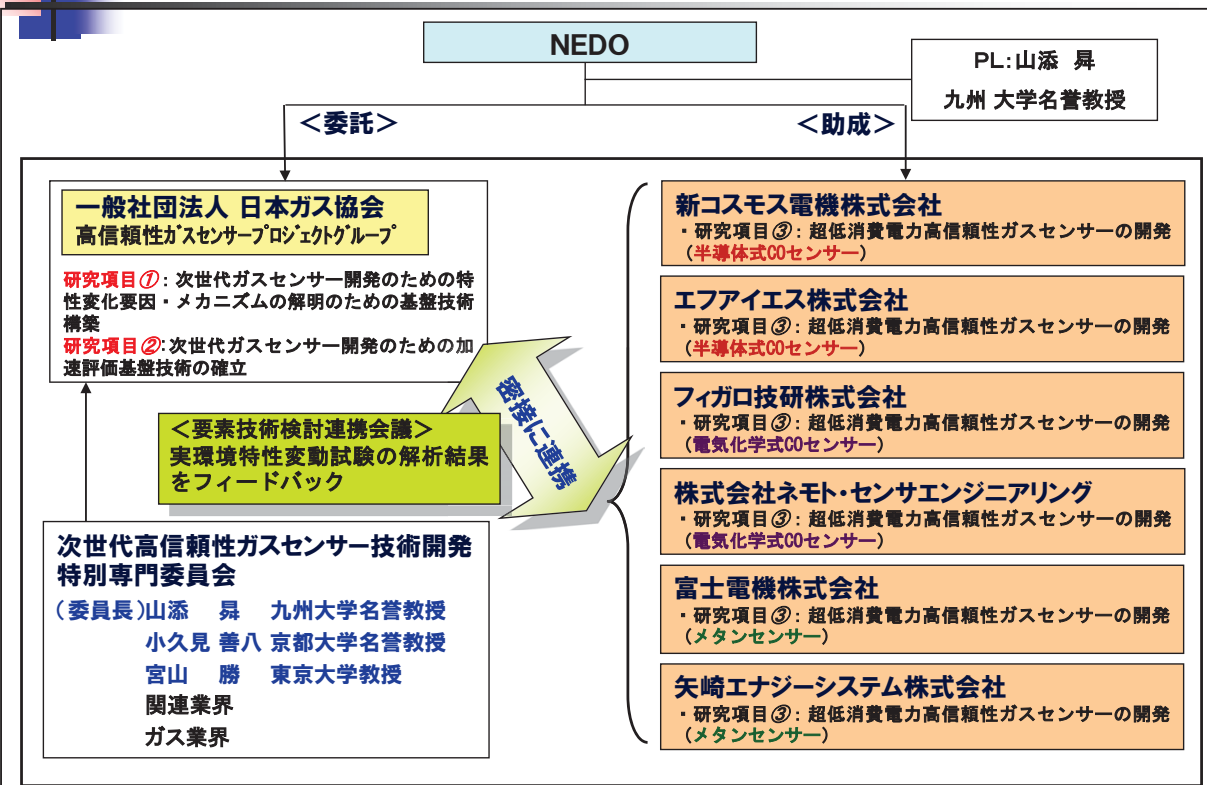
共通基盤技術開発で得られたデータ、解析結果を実用化技術開発に活用。

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 ₄ :6点、CO:7点、H ₂ :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)

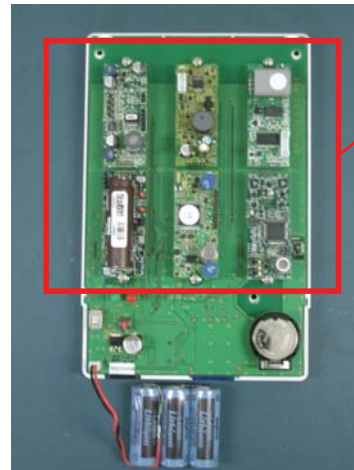
<センサーユニット機能>

◆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)

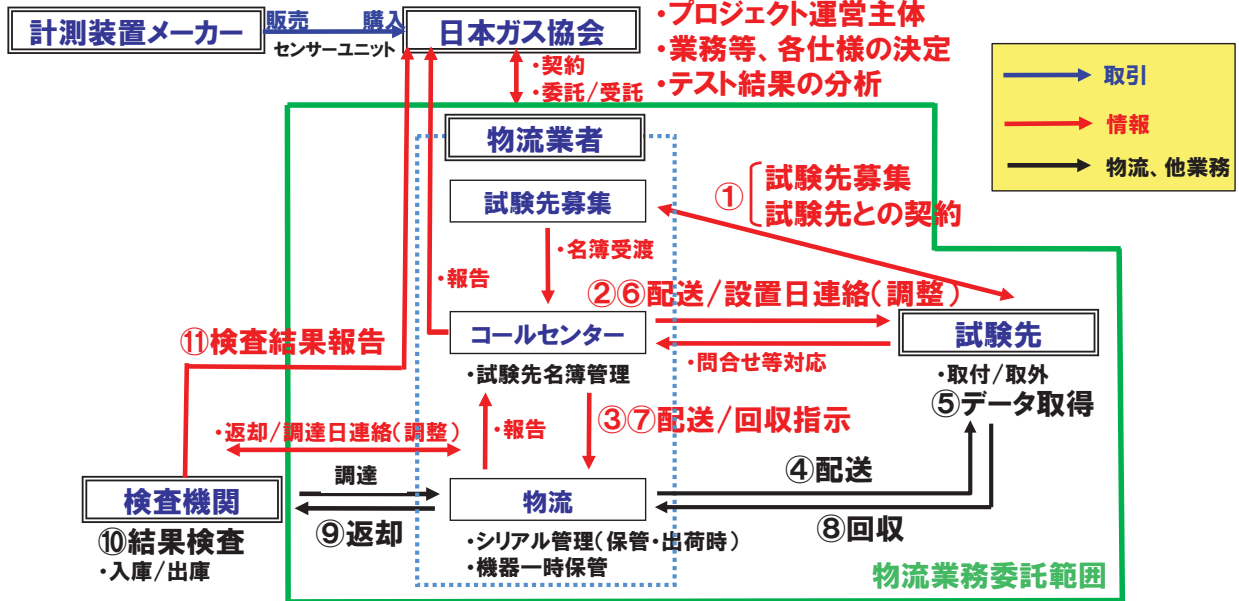
九州・沖縄 沖縄、鹿児島、熊本、宮崎 (可能な限り沖縄、鹿児島)

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)



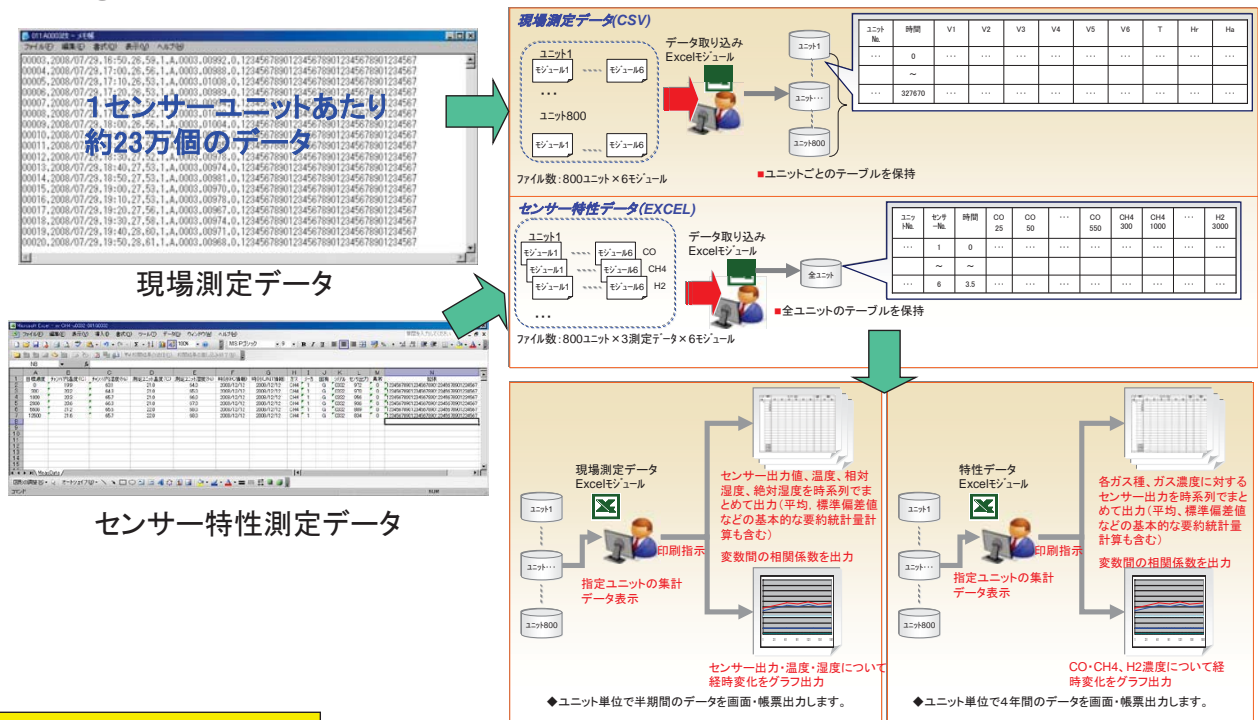
期間 : 平成20年10月~平成23年12月(約3年間)
 時期 : 毎年4月と10月の2回/年(各1ヶ月間で回収~検査~設置を完了)
 →センサーに影響を及ぼす可能性がある高温高湿(夏)、低温低湿(冬)条件でのデータを確実に取得

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＞

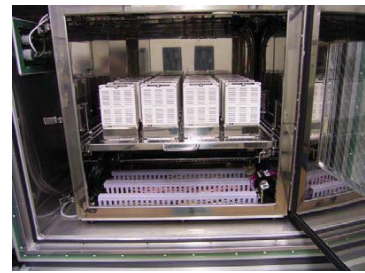
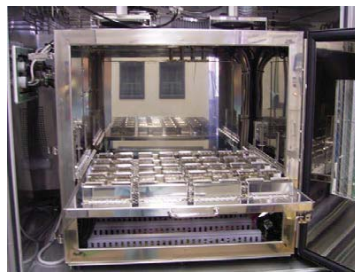
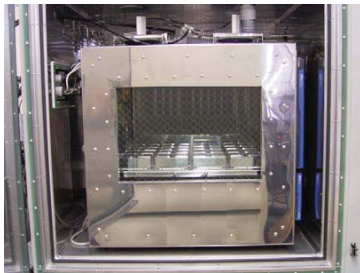
現場から回収したセンサーの感度変動を把握するため、均一の温湿度、ガス濃度に暴露させた時の各センサーの感度を測定する。

◆ガス導入

CH₄、CO、H₂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)



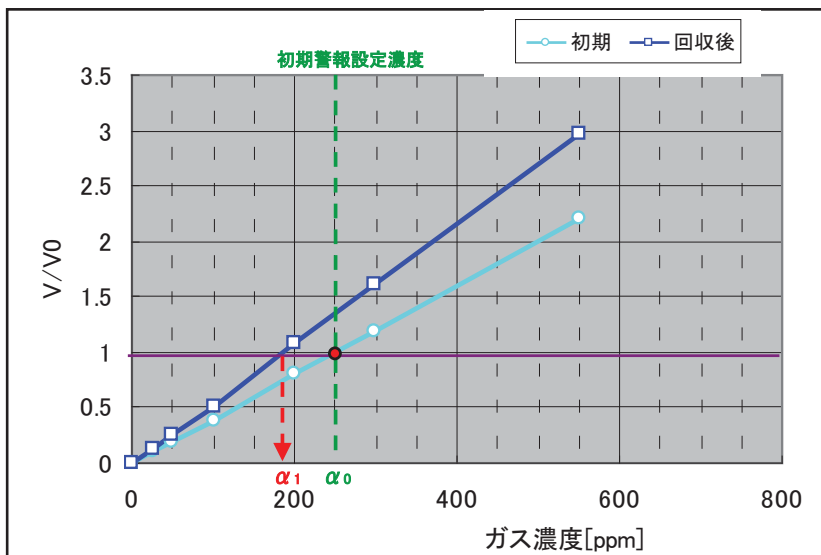
2. 検討内容

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 ₄ :0、300、1000、2000、5500、12500 (ppm) CO :0、25、50、100、200、300、550 (ppm) H ₂ :0、100、300、1000、3000 (ppm)
温度	20℃
湿度	65%
測定順	CH ₄ 、CO、H ₂ 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℃、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: α_1 、2回目回収後: α_2)とする。

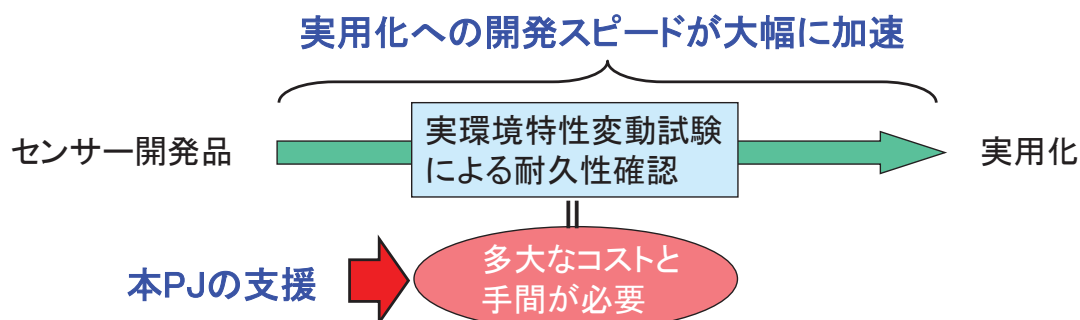
② α_1/α_0 、 α_2/α_0 、 α_2/α_1 をそれぞれ、初期→1回目、初期→2回目、1回目→2回目の警報濃度変化率とする。

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。

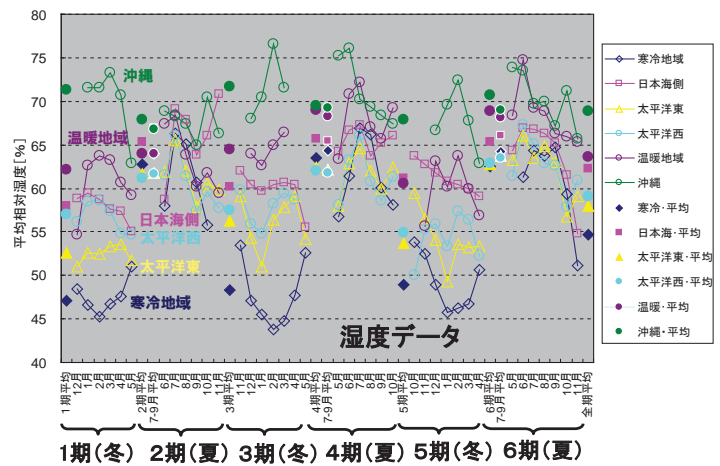
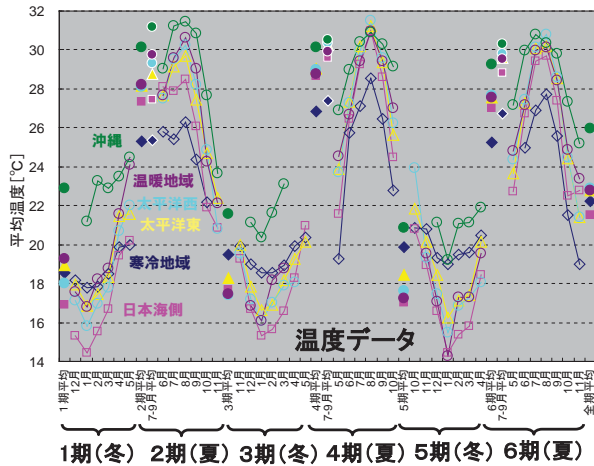


3. 成果の意義

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。

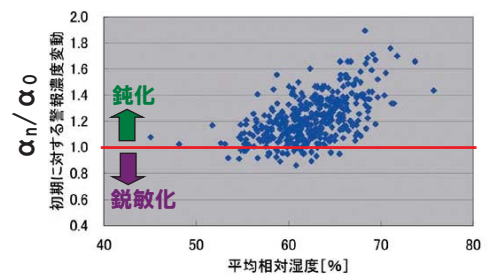
- ・寒冷地域: 冬季の温度は、本州地域と同等以上。
- ・沖縄 : 年間を通じて他地域より高温。湿度も年中高く推移。



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 (α_n / α_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)
- α の定義
 - ・初期 (α_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 (α_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
 CH₄: 0, 300, 1000, 2000, 5500, 12500 ppm
 CO : 0, 25, 50, 100, 200, 300, 500 ppm
 H₂ : 0, 100, 300, 1000, 3000 ppm
- 警報濃度変化率 (α_n / α_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。

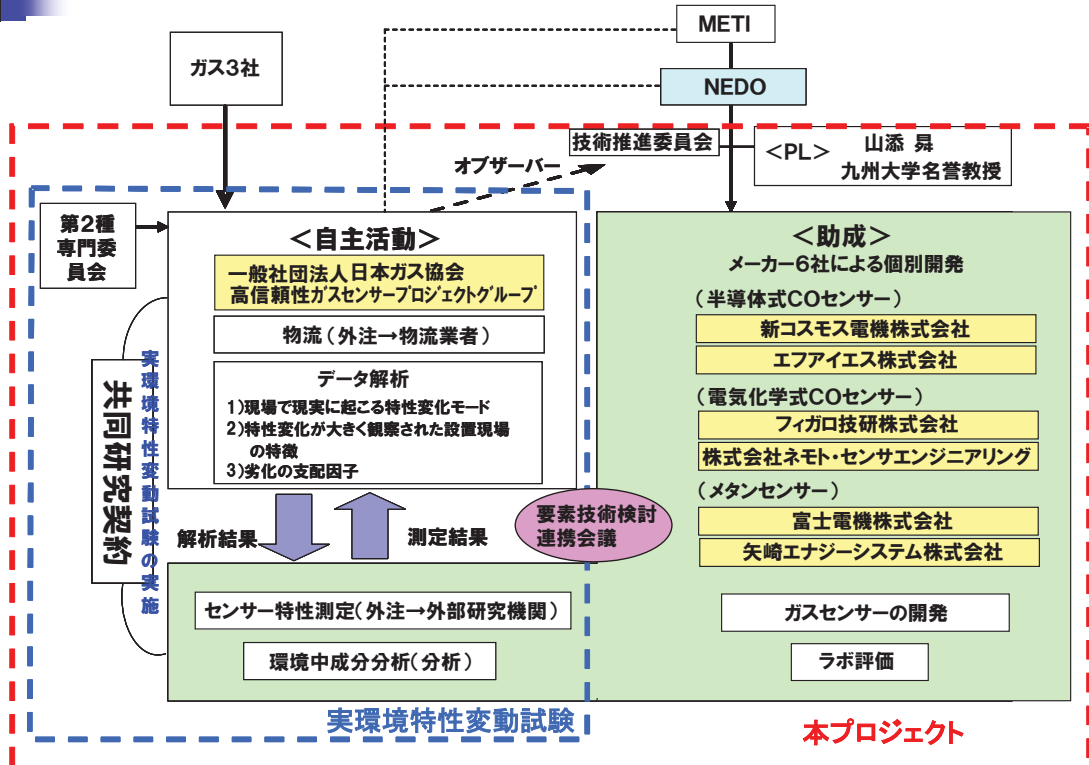
② 次世代ガスセンサー開発のための加速評価基盤技術の確立

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(α_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) △回収センサー特性(α_1)測定	第2期(600台) △ α_2 測定	第3期(600台) △ α_3 測定	第4期(660台) △ α_4 測定	第5期(660台) △ α_5 測定	第6期(660台) △ α_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)	→

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。