

「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」
事後評価報告書

平成22年2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22年2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 村田 成二 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32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	7
研究評価委員会委員名簿	8
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. 個別テーマに関する評価結果	1-11
2. 1 揮発性有機化合物対策用高感度検出器の研究開発	
2. 2 揮発性有機化合物対策用高感度検出器利用の ための周辺技術調査	
3. 評点結果	1-19
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

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、「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」の事後評価報告書であり、第18回研究評価委員会において設置された「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の研究開発」（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24回研究評価委員会（平成22年2月5日）に諮り、確定されたものである。

平成22年2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

「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」

事後評価分科会委員名簿

(平成21年12月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	ふじい しゅうじ 藤井 修二	東京工業大学 大学院情報理工学研究科 情報環境学専攻 教授
分科会長 代理	しみず やすひろ 清水 康博	長崎大学 工学部 材料工学科 機能材料化学 教授
委員	なかがわ ますお 中川 益生	岡山理科大学 理学部 応用物理学科 教授
	のぎき あつお 野崎 淳夫	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授
	ほり まさひろ 堀 雅宏	横浜国立大学 教育人間科学部 特任教授
	もり やすあき 森 康明	神奈川県衛生研究所 企画情報部 部長

敬称略、五十音順

審議経過

● 第1回 分科会（平成21年12月2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. プロジェクトの概要説明
5. プロジェクトの詳細説明
6. 全体を通しての質疑
7. まとめ・講評
8. 今後の予定
9. 閉会

● 第24回研究評価委員会（平成22年2月5日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

シックハウス問題を引き起こす室内空気汚染は依然として、大きな社会問題であり、国家的にも継続的に取り組むべき課題である。本事業では室内空気中の揮発性有機化合物を高感度で検出するセンサの実用化に目処を付けており、その貢献度は高い。

VOC モニターとしての半導体ガスセンサは簡便ではあるが、選択性、VOC間の感度差、湿度の影響の点が本質的な問題が長い間あったので、この三つの問題を解決した高感度・安定・安価なセンサ素子の開発に成功したことは高く評価できる。センサ素子の研究開発について、ほぼ目的を達しており、今後実用化技術への展開が望まれる。

しかし、周辺技術調査については、提案された換気システムも汚染対象物質をVOC等にした程度で、従来の濃度計測による換気量制御方法と大差ない。開発された感度と選択性のあるセンサを用いての換気制御と省エネ評価が必要である。

2) 今後に対する提言

開発した気相成分センサ群の特性は秀逸であり、今後も詳細なガス検知機構の解明が進むことを期待する。今後、多方面への応用が可能と考えられるため、量産技術の展開、測定機の開発などが望まれる。

さらに、省エネの観点から、開発したセンサ技術を空気清浄機などのガス除去装置へ適応すれば、より効果的な対策技術となりうる。

なお、住環境の安全・安心の観点からは低濃度長期曝露が大きな課題であると考えられる。今後、更に低濃度レベルでのセンサ素子の開発や、室内環境に存在する難揮発性化合物についてのリアルタイム検出技術の開発を期待する。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本研究開発は、「安全・安心」に係わる科学技術の進展を促進する事業の1課題であり、法改正に起因した問題解決を図ることの必要性から、公共性が高く、民間企業のみでは、取り扱いきれない側面がある。開発された高性能のセンサ群は、調査した住宅換気システムへの応用以外にも、将来的には燃焼制御による省エネなどへの広範な応用が期待される。

しかし、VOC等のセンサ素子の開発、デバイス化の研究開発のみをエネルギーイノベーションプログラムの下で行うには、多少問題である。VOC計測による換気量制御が、エネルギー削減に至るかどうかは、換気量の削減が前提であるが、換気量決定には他の環境要素も関係するため、総合的視点が必要と考える。

2) 研究開発マネジメントについて

VOC等のセンサ素子の開発目標、計画、事業体制は妥当と考える。特にガスセンサの研究開発については、その一部が適切な研究機関に再委託され、それらの研究機関との協働により十分な成果が得られている。

また、VOCやHCHOのセンサ技術には課題があり、環境管理のための簡易測定法の需要を踏まえて戦略的な目標が設定されていたといえる。

一方、周辺技術調査がエネルギーイノベーションプログラムでの採用の中心であると考えられるのに対し、エネルギー削減効果に関する解析、実験評価などの検討は、十分とはいえない。センサの研究開発と周辺技術調査を同時進行した理由もあって、開発したセンサを実際に屋内の換気システムの検知部として、特性の評価が出来ていない。今後の検証が望まれる。

3) 研究開発成果について

選択性・感度・応答特性に優れた検出器の開発に関する目標は、十分に達成できている。湿度の影響軽減とホルムアルデヒド・VOCセンサにおける選択性、T-VOCセンサにおける感度の均一性を半導体ガスセンサにそれぞれ付与した技術は、現時点では世界最高水準であり、この分野にブレークスルーとなることが期待できる。また、その成果は、広く公開され、また、国際会議での優秀発表賞を受賞するなど、社会的評価も高い。

しかし、換気システムについては、既往技術の域を出ていない。検出器を利用した換気システムについては、開発されたセンサを組み込んだシステムの実用性の評価と実用上の課題の抽出が不十分であり、目標とする規模の省エネ効果が得られるか疑問である。

4) 実用化の見通しについて

新技術に基づく高感度で安定かつ安価なセンサは、実用化の可能性が非常に高い。開発されたセンサはプロトタイプの建築分野における簡易計測器としての普及が期待でき、その波及効果は応用面のみならず、学術的にも期待できる。この新技術に基づく種々のセンサの基礎研究・開発研究の進展を期待する。

なお、T-VOCセンサによるVOC測定に際し、素子に複数の金属を同時に添

加する効果で感度のバラツキは減少しているが、今少しバラツキを解消できる工夫が欲しい。

また、センサの長期特性と実環境における精度(分析で求めた T-VOC との差)、複数の典型的な実住宅における最終的システムの省エネ効果などを明確にすべきである。

研究評価委員会におけるコメント

第24回研究評価委員会（平成22年2月5日開催）に諮り、了承された。
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	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
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	オリンパス株式会社 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 企画グループ コーディネーター
	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	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 取締役社長
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	国立大学法人東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 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 精密機械工学 精密機械工学専攻 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
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 教授・総合技術研究所所長
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	

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

シックハウス問題を引き起こす室内空気汚染は依然として、大きな社会問題であり、国家的にも継続的に取り組むべき課題である。本事業では室内空気中の揮発性有機化合物を高感度で検出するセンサの実用化に目処を付けており、その貢献度は高い。

VOC モニターとしての半導体ガスセンサは簡便ではあるが、選択性、VOC間の感度差、湿度の影響の点が本質的な問題が長い間あったので、この三つの問題を解決した高感度・安定・安価なセンサ素子の開発に成功したことは高く評価できる。センサ素子の研究開発について、ほぼ目的を達しており、今後実用化技術への展開が望まれる。

しかし、周辺技術調査については、提案された換気システムも汚染対象物質をVOC等にした程度で、従来の濃度計測による換気量制御方法と大差ない。開発された感度と選択性のあるセンサを用いての換気制御と省エネ評価が必要である。

<肯定的意見>

- センサ素子の研究開発について、ほぼ目的を達しており、今後実用化技術への展開が望まれる。
- 投入された研究費以上の優れた成果を上げており、その成果は、積極的かつ発展的に社会に還元されるべきと考える。
- ハイブリッド材料を用いた画期的なホルムアルデヒドセンサをはじめとして、3タイプの高感度・安定・安価なセンサ素子の開発に成功したことは高く評価できる。また化学物質対策を目的とした住宅換気システムへの応用もある程度期待できる。
- シックハウス問題を引き起こす室内空気汚染は依然として、大きな社会問題であり、国家的にも継続的に取り組むべき課題である。
本事業はシックハウス対策を目的とした改正建築基準法における問題、すなわち機械換気によるエネルギーロスの解決を図るもので、その目的は明確であり、極めて有意義なものである。
特に、本事業では室内空気中の揮発性有機化合物を高感度で検出するセンサの実用化に目処を付けており、その貢献度は高い。
- VOC モニターとしての半導体ガスセンサは簡便ではあるが、選択性、VOC間の感度差、湿度の影響の点が本質的な問題が長い間あったので、この三つの問題をかなり解決したプロトタイプの一体型HCHO・芳香族・T-VOCセン

サを開発された点は評価できる。

<問題点・改善すべき点>

- 周辺技術調査については、一般研究と差異がない。また、提案された換気システムも汚染対象物質を VOC 等にした程度で、従来の濃度計測による換気量制御方法と大差ない。
- 省エネを目標とした住宅換気システムに関しては、その効果は疑問である。
- 適応事例の充実化があげられる。
- 省エネ効果 20%で、家庭全体からみた省エネ効果の大きさと費用を比較したとき、必ずしも実用性が十分とはいえない。
開発された感度と選択性のあるセンサを用いての換気制御と省エネ評価が必要。

<その他の意見>

- ・ 地球温暖化を課題に挙げているが、研究遂行上の実験方法に関して一部研究者の配慮が乏しい。

2) 今後に対する提言

開発した気相成分センサ群の特性は秀逸であり、今後も詳細なガス検知機構の解明が進むことを期待する。今後、多方面への応用が可能と考えられるため、量産技術の展開、測定機の開発などが望まれる。

さらに、省エネの観点から、開発したセンサ技術を空気清浄機などのガス除去装置へ適応すれば、より効果的な対策技術となりうる。

なお、住環境の安全・安心の観点からは低濃度長期曝露が大きな課題であると考えられる。今後、更に低濃度レベルでのセンサ素子の開発や、室内環境に存在する難揮発性化合物についてのリアルタイム検出技術の開発を期待する。

<今後に対する提言>

- ・開発されたセンサ素子は、今後多方面への応用が可能と思われるため、量産技術の展開、測定機の開発などが望まれる。
- ・研究成果が積極的かつ発展的に社会に還元されることを強く期待する。
特にガスセンサについては、今後も詳細なガス検知機構の解明が進むことを期待する。
- ・開発した気相成分センサ群の特性は秀逸であり、その基礎研究と他分野への広範な応用研究を期待する。
- ・本事業では室内空気汚染物質の中で、建材、家庭用品等から発生するホルムアルデヒドと揮発性有機化合物を取り上げ、一応の成果を示した。
今後の課題としては、対象物質と解決技術の領域拡大があげられる。
すなわち、尿尿、生ゴミなどに由来する不快な臭気物質についても取り組むべきである。また、省エネの観点から、開発したセンサ技術を空気清浄機などのガス除去装置へ適応すれば、より効果的な対策技術となりうる。
- ・新センサ性能と換気制御のマッチングと、制御システムの構築に取り組むべき。センサは1～3年の長期間使用後の性能評価を行なう。
- ・揮発性有機化合物を的確に管理し、快適で健康的な室内空気室濃度を実現するとともに、併せて換気量を最小限に抑えることで省エネルギー化の推進を図るため、リアルタイムに検知できるセンサ素子を開発し、実環境下で検証するなどその成果は評価できる。気になるのは住環境の安全・安心の観点からは低濃度長期曝露が大きな課題であると考えます。今後、更に低濃度レベルでのセンサ素子の開発や、室内環境に存在する難揮発性化合物についてのリアルタイム検出技術の開発を期待します。

1. 2 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本研究開発は、「安全・安心」に係わる科学技術の進展を促進する事業の1課題であり、法改正に起因した問題解決を図ることの必要性から、公共性が高く、民間企業のみでの組織体では、取り扱いきれない側面がある。開発された高性能のセンサ群は、調査した住宅換気システムへの応用以外にも、将来的には燃焼制御による省エネなどへの広範な応用が期待される。

しかし、VOC等のセンサ素子の開発、デバイス化の研究開発のみをエネルギーイノベーションプログラムの下で行うには、多少問題である。VOC計測による換気量制御が、エネルギー削減に至るかどうかは、換気量の削減が前提であるが、換気量決定には他の環境要素も関係するため、総合的視点が必要と考える。

<肯定的意見>

- VOC等のセンサ素子の開発、デバイス化の研究開発は、課題も多く、NEDOの関与すべき事業と考えられる。
- 本研究開発は、「安全・安心」に係わる科学技術の進展を促進する事業の1課題であるので、国策としてNEDOが強く関与することが妥当な事業と判断される。
- 開発された高性能のセンサ群は、調査した住宅換気システムへの応用以外にも、将来的には燃焼制御による省エネなどへの広範な応用が期待される。投じた予算を遥かに超える成果が得られたと言える。
- (1)NEDOの事業としての妥当性
本事業が省エネ関連のプログラムのもとで実施されるのは、自然である。法改正に起因した問題解決を図ることの必要性から、本事業には公共性が高く、民間企業のみでの組織体では、取り扱いきれない側面がある。そのため、本事業をNEDOで扱う事に問題はない。
また、本事業の費用対効果は、概ね良好と言える。
- (2)事業目的の妥当性
妥当である。
- 建築物の省エネ化と良好な空気質が求められている中で適切なテーマである。
- 世界的課題である地球温暖化防止と経済成長を両立させるため新たな技術的シーズを公的研究機関と民間企業が連携して社会的ニーズとして製品化していくことは重要である。企業にとってリスクの高い研究であり、また、VOCセンサ評価法の国際標準化に取り組む「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」事業はNEDOが関与すべき必要な事業である。

<問題点・改善すべき点>

- VOC 計測による換気量制御が、エネルギー削減に至るかどうかは、換気量の削減が前提であるが、換気量決定には他の環境要素も関係するため、総合的視点が必要と考える。

VOC 等のセンサ素子の開発、デバイス化の研究開発のみをエネルギーイノベーションプログラムの下で行うには、多少問題である。

- 本開発研究で行われた周辺技術調査の範囲では、それほど省エネ対策として有効とは考えられない。
- 公的研究プロジェクトや研究資金は、国の科学技術基盤の強化に資するものであるべきである。そのため、我が国の現状を考えると、NEDO プロジェクトへの参加企業の選定にはさらなる工夫が求められる。

近年、マスコミ等を通して、大手企業が中小企業の技術や部品に頼っている側面が報じられている。すなわち、大企業には技術や部品の「assembly」でしかない側面があり、また有能な中小企業の先端技術力は知られていない場合が多い。

ただし、一般の中小企業は言うまでもなく経営基盤が貧弱で、組織対応力も極めて弱い。そのため、当該企業には開発事業への参加意欲はあるものの、参加できない実態がある。技術力のある中小企業が倒産しては、大企業の技術力も消滅しかねない。

以上の背景から、有能な中小企業に対し、公的研究資金を得る機会を与えることが国益となる。

すなわち、有能な中小企業が先端技術を支えている側面を重視し、技術力と実績を有する中小企業が、研究資金を獲得できる仕組みにする必要がある。

NEDO プロジェクトにおいても、この実態への配慮が求められると思われる。

- 本開発により省エネを期待できる大きさと断熱や熱交換など他の省エネの手段による省エネの大きさを比較したとき、NEDO でのテーマ化としてのふさわしさの点で疑問が残る。

セントラル換気住宅にのみ適用できるシステムであるが、このような住宅は現在のわが国ではマイナーである。

2) 研究開発マネジメントについて

VOC等のセンサ素子の開発目標、計画、事業体制は妥当と考える。特にガスセンサの研究開発については、その一部が適切な研究機関に再委託され、それらの研究機関との協働により十分な成果が得られている。

また、VOCやHCHOのセンサ技術には課題があり、環境管理のための簡易測定法の需要を踏まえて戦略的な目標が設定されていたといえる。

一方、周辺技術調査がエネルギーイノベーションプログラムでの採用の中心であると考えられるのに対し、エネルギー削減効果に関する解析、実験評価などの検討は、十分とはいえない。センサの研究開発と周辺技術調査を同時進行した理由もあって、開発したセンサを実際に屋内の換気システムの検知部として、特性の評価が出来ていない。今後の検証が望まれる。

<肯定的意見>

- VOC等のセンサ素子の開発目標、計画、事業体制は妥当と考える。
- 特にガスセンサの研究開発については、その一部が適切な研究機関に再委託され、それらの研究機関との協働により十分な成果が得られている。
- VOCセンサ開発を目標とした研究開発計画は適切であり、それ故に優れた成果が得られたと考える。
- 研究開発における目標と計画は正しく、大いに意義がある。
- VOCやHCHOのセンサ技術には課題があり、環境管理のための簡易測定法の需要を踏まえて戦略的な目標が設定されていたといえる。
- 目標の達成は概ね良好であり、成果の技術的レベルは高い。研究開発マネジメントの機能は果たされたと判断されます。

<問題点・改善すべき点>

- 周辺技術調査がエネルギーイノベーションプログラムでの採用の中心であると考えられるのに対し、エネルギー削減効果に関する解析、実験評価などの検討は、十分とはいえない。
- 当開発研究に伴って行われた周辺技術調査の内容は、重要であるとは考え難い。
- 実施段階の事業体制は概ね良好であるが、民間企業の選定にはもう一段階の工夫必要である。また、組織体制において、有能なプロジェクトリーダーの力量に依存しすぎている側面がある。
社会情勢への変化（環境汚染の実態など）の対応には、多少追いついていない。
- 具体的かつ明確な開発目標や目標達成度を測定・判断するための適切な指標

は例えば湿度の影響、VOC間の感度の均一性について定量的とはいえない。

(困難なテーマで従来技術より格段の進歩はあるものの)

センサ開発と換気システムへの組み込みは同等に重要、最終的にはセンサ開発後にやるにしても、後者に調査を超えた系統的な実験研究が必要であった。

- 評価方法の標準化、基準 VOC 標準物質など推進し、VOC 検出器の実用化とその普及を期待しています。

<その他の意見>

- ・センサの研究開発と周辺技術調査を同時進行した理由もあって、開発したセンサを実際に屋内の換気システムの検知部として、特性の評価が出来ていない。今後の検証が望まれる。

3) 研究開発成果について

選択性・感度・応答特性に優れた検出器の開発に関する目標は、十分に達成できている。湿度の影響軽減とホルムアルデヒド・VOC センサにおける選択性、T-VOC センサにおける感度の均一性を半導体ガスセンサにそれぞれ付与した技術は、現時点では世界最高水準であり、この分野にブレークスルーとなることが期待できる。また、その成果は、広く公開され、また、国際会議での優秀発表賞を受賞するなど、社会的評価も高い。

しかし、換気システムについては、既往技術の域を出ていない。検出器を利用した換気システムについては、開発されたセンサを組み込んだシステムの実用性の評価と実用上の課題の抽出が不十分であり、目標とする規模の省エネ効果が得られるか疑問である。

<肯定的意見>

- VOC 等のセンサ素子の開発については、十分な成果が認められる。
- 投入された研究費以上の成果を得ている。また、その成果は、特にガスセンサの研究開発結果は広く公開され、また、国際会議での優秀発表賞を受賞するなど、社会的評価も高い。
- 選択性・感度・応答特性に優れた検出器の開発に関する目標は十分に達成できている。検出器による換気制御システムを用いた化学物質対策に関する調査目標はある程度達成している。
- 本事業で取り上げられた「揮発性有機化合物対策用高感度検出器」は、新たな技術領域を開拓することができ、また適応範囲が広く、汎用性がある。成果は世界的な水準にあると言える。
- センサの方は目標が半定量的であるが、従来の同分野のもの性能は十分超えている。また、システムのコストを含め課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているといえる。
成果は、現時点では世界最高水準といえる。また、湿度の影響軽減とホルムアルデヒド・VOC センサにおける選択性、T-VOC センサにおける感度の均一性を半導体ガスセンサにそれぞれ付与した技術はこの分野にブレークスルーとなることが期待できる。
- 精密分析による室内 VOC は、T-VOC の 50%程度であることから、ホルムアルデヒド、芳香族化合物及び T-VOC のリアルタイムで測定でき且つ高感度なセンサが開発できたことは世界的にも初めてであり、大いに業績に対し敬意を称する。3種のセンサーデバイス化の開発も順調な成果を得ている。変風量換気制御により暖冷房エネルギー消費量を約 20%削減できるなど本研究の成果は高く評価できる。出願特許、論文、研究発表とも十分なされており予

算に見合った成果を得ている。

<問題点・改善すべき点>

- 換気システムについては、既往技術の域を出ていない。
- 検出器開発に関する問題点はない。
検出器を利用した換気システムについては、目標とする規模の省エネ効果が得られるか疑問である。
- 開発されたセンサを組み込んだシステムの実用性の評価と実用上の課題の抽出が不十分。

4) 実用化の見通しについて

新技術に基づく高感度で安定かつ安価なセンサは、実用化の可能性が非常に高い。開発されたセンサはプロトタイプの建築分野における簡易計測器としての普及が期待でき、その波及効果は応用面のみならず、学術的にも期待できる。この新技術に基づく種々のセンサの基礎研究・開発研究の進展を期待する。

なお、T-VOC センサによる VOC 測定に際し、素子に複数の金属を同時に添加する効果で感度のバラツキは減少しているが、今少しバラツキを解消できる工夫が欲しい。

また、センサの長期特性と実環境における精度(分析で求めた T-VOC との差)、複数の典型的な実住宅における最終的システムの省エネ効果などを明確にすべきである。

<肯定的意見>

- VOC 等のセンサを応用した測定機等の開発が望まれる。
- 開発したガスセンサの実用化の可能性は高い。ただし、検討されている以上の長期に渡る長期安定性の改良等、さらなる検討および研究開発が望まれる。
- 新技術に基づく高感度で安定かつ安価なセンサは、実用化の可能性が非常に高い。その波及効果は応用面のみならず、学術的にも期待できる。この新技術に基づく種々のセンサの基礎研究・開発研究の進展を期待する。
- 概ね良好である。
- 開発されたセンサはプロトタイプの建築分野における簡易計測器としての普及が期待できる。
- ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの分離検出の達成、芳香族センサにおける応答感度の高感度化、ドリフトの影響低減化、T-VOC センサの7分類化合物による感度の同一化など実用化に対する取り組みは概ね達成されている。

<問題点・改善すべき点>

- センサの長期特性と実環境における精度 (分析で求めた T-VOC との差)、複数の典型的な実住宅における最終的システムの省エネ効果などを明確にすべき。
- T-VOC センサによる VOC 測定に際し、素子に複数の金属を同時に添加する効果で感度のバラツキは減少しているが、今少しバラツキを解消できる工夫が欲しい。

2. 個別テーマに関するコメント

2. 1 揮発性有機化合物対策用高感度検出器の研究開発

1) 研究開発成果についての評価

当初の目標を達成する性能を有するセンサの開発に成功し、研究開発成果は、十分目標に達している。アルデヒド、芳香族および T-VOC のセンサとも実用上重要な課題である湿度対策、感度安定性や暴露ガスによる影響について技術的に解決している。特にハイブリッド構造のセンサに関する新技術は、種々の気相成分検出器への応用が可能な世界水準の新技術領域の開拓に繋がっている。

また、知的財産権等の取扱も適切に行われており、多くの論文発表が行われている。

なお、実用的評価、例えば実住宅での長期特性、新築環境における精度（分析で求めた T-VOC との差）や活性炭カラムを切り替えて通すゼロ合わせや感度点検法の妥当性の確認（確立）など、今後評価実験や追試が求められる。

<肯定的意見>

- 研究開発成果は、十分目標に達している。
- 当初の目標を達成する性能を有するセンサの開発に成功し、その成果は適切な方法で社会に公開され、かつ、その内容は学術的にも高い評価を受けている。
- ホルムアルデヒド・芳香族・T-VOC のいずれの検出器に関しても当初の目標を達成できている。特にハイブリッド構造のセンサに関する新技術は、種々の気相成分検出器への応用が可能な世界水準の新技術領域の開拓に繋がりに、投入予算を超える優れた成果が得られている。
- 成果は目標値をクリアしており、目標達成度や成果の普及において、全く申し分ない。
目標達成度は高く、成果は市場の拡大や市場の創造につながりうる。また、成果は世界水準で汎用性が高く、新たな技術領域を開拓することが期待できる。知的財産権等の取扱も適切に行われており、また多くの論文発表が行われており、全く問題ない。
- センサ出力に対する湿度の影響軽減とホルムアルデヒド・VOC センサにおける選択性、T-VOC センサにおける感度の均一性を半導体ガスセンサにそれぞれ付与した技術はこの分野にブレークスルーをもたらす可能性がある。
- アルデヒド、芳香族および T-VOC のセンサとも実用上重要な課題である湿度対策、感度安定性（2 か月以上）や暴露ガスによる影響について技術的に解決しており、開発成果の目標は概ね達成されている。センサ開発における技術的なレベルは高く評価できる。

<問題点・改善すべき点>

- 投入予算に見合った成果が得られているかについては、より多くの検証作業が必要である。これがないと判断できない。
- 実用的評価、例えば実住宅での長期特性、新築環境における精度（分析で求めた T-VOC との差）や活性炭カラムを切り替えて通すゼロ合わせや感度点検法の妥当性の確認（確立）などが不十分で、今後評価実験や追試が求められる。
- 実住宅でセンサの信頼性を光イオン化法と比較検討しているが、センサにおける測定にはバックグラウンドの立ち上がりが認められる。この解消についての検討が必要である。ホルムアルデヒドセンサにおけるアセトアルデヒドの影響を有機物の添加により除去していますが、検討された濃度が固定されており、且つ、一回のデータなので数種の濃度で 3 回以上測定した方が理解しやすいとおもわれる。

2) 実用化の見通しについて

開発された 3 種類のセンサは、従来のものに比べて優れた性能を有し、実用化の可能性は大である。気相成分の検出が必要な種々の分野（作業環境のモニタリング等）への波及効果が大いに期待できる。

また、さらに長い期間での長期安定性を評価した後、家庭用換気システムの検出器以外の色々な用途への展開が期待できる。

芳香族素子の Cuboid 状 WO_3 を開発したのは世界初であり、この分野の先駆的な技術として、今後の発展が期待される。なお、ドリフトを改善しているが、空気中での長期間安定性が確保できるとさらによいのではないかと。

<肯定的意見>

- 実用化の可能性は大である。
- さらに長い期間での長期安定性を評価した後、家庭用換気システムの検出器以外の色々な用途への展開が期待できる。
- 概ね良好である。
- 開発された 3 種類のセンサは、従来のものに比べて優れた性能を有し、十分に実用レベルに到達している。
気相成分の検出が必要な種々の分野（作業環境のモニタリング等）への波及効果が大いに期待できる。
- プロトタイプ of 簡易濃度計も提示され、規格化の手続きも踏まれている。
- ホルムアルデヒド、芳香族および T-VOC 用の小型プロトタイプについて新築戸建て住宅で検証を行っており、概ね順調に目標を達成している。
芳香族素子の Cuboid WO_3 を開発したのは世界初であり、この分野の先駆的な技術として、今後の発展が期待される。

<問題点・改善すべき点>

- 現時点でも標準ガス組成の設定が進められているが、他の点でも実用性の評価と実用のための課題抽出（と解決）が急がれるべきである。
- Cuboid 状粒子を用いた芳香族素子はドリフトを改善しているが、空気中での長期間安定性が確保できるとさらによいのではないかと。

3) 今後に対する提言

センサの長期安定性の評価およびガス検知機構のさらなる検討により、産業界だけではなく、学術的にも多大な貢献が行える。

また、開発したセンサの量産化技術を検討し、測定機の提供が望まれる。互換性の良いセンサ量産技術を確立できれば、センサ交換が容易となりメンテナンスの問題は解決する。その研究の継続を期待する。

本研究の成果を社会に還元するためにも T-VOC のしきい値、基準ガスの選定を実現し、センサの製品化に繋げてもらいたい。

<今後に対する提言>

- ・ 開発したセンサの量産化技術を検討し、測定機の提供が望まれる。
- ・ センサの長期安定性の評価およびガス検知機構のさらなる検討により、産業界だけではなく、学術的にも多大な貢献が行える。
- ・ 互換性の良いセンサ量産技術を確立できれば、センサ交換が容易となりメンテナンスの問題は解決する。その研究の継続を期待する。
- ・ 開発された高感度センサは、空気清浄機に適応すべきであろう。
- ・ 種々の新築住宅の T-VOC スクリーニング試験における開発されたセンサの実用性・精度評価を実施されたい。
- ・ ホルムアルデヒドの検出器について、アセトアルデヒドの妨害を除く検討をしているので、コスト面もあるでしょうが毒性のあるアセトアルデヒドの単独検出も加えた小型センサーセットがあるとよい。

<その他の意見>

- ・ 素子の電気伝導度変化に基づく従来の気相成分センサは、湿度の影響と安定性が課題であった。その課題を解決できたことは大いに評価できる。このセンサの動作機構の解明と応用展開を期待する。

2. 2 揮発性有機化合物対策用高感度検出器利用のための周辺技術調査

1) 研究開発成果についての評価

従来は選択性、湿度影響など点で性能の十分でないセンサと連動しての換気ファンや空気清浄機の運転制御であった。この問題をクリアしたセンサによる制御を目指した狙いは良い。また、実態調査においてはきめ細かな調査が実施されている。

しかし、提案の換気量制御システムは、現存する CO₂ 濃度による換気量制御システムのセンサを VOC 等に変更したものと考えられる。

また、連続換気の場合と比較して VOC 検出器制御による換気量低減時の熱エネルギー消費削減効果を試算しているが、現実にはファンヒーター等による室内空気の組成変化をも考慮した換気が必要であるため、正確な省エネ調査結果とは言えない。

フィールドによっては妨害物質もさまざまであることが推察されることから、多様な住宅環境下での妨害物質の影響を検証することも必要がある。

<肯定的意見>

- 開発したセンサの換気システムへの応用以外は、開発目標を達成している。
- 目標は達成していると判断される。また、市場を拡大できると期待できる。
- 検出器を利用した換気制御システムを用いて、居住空間の化学物質濃度の低減効果を確認する目標は達成できている。
- 概ね良好と言える。
- 従来は選択性、湿度影響など点で性能の十分でないセンサと連動しての換気ファンや空気清浄機の運転制御であった。この問題をクリアしたセンサによる制御を目指した狙いは良い。
- VOC 発生要因の検討事項は十分なされている。特に、実態調査においてはきめ細かな調査が実施されている。換気システムの効果検証においても若干の検討課題は残っているが概ね目標を達成している。

<問題点・改善すべき点>

- 開発したセンサの換気システムでの実証試験が必要である。また、提案の換気量制御システムは、現存する CO₂ 濃度による換気量制御システムのセンサを VOC 等に変更したものと考えられる。
- 連続換気の場合と比較して VOC 検出器制御による換気量低減時の熱エネルギー消費削減効果を試算しているが、現実にはファンヒーター等による室内空気の組成変化をも考慮した換気が必要であるため、正確な省エネ調査結果とは言えない。

- 換気装置への適応については、多少の問題がある。すなわち、換気装置の開発グループは、プロジェクトリーダーの考え方に即した活動を展開していない。また、「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」に比較して、得られた成果は見劣りする。
- “周辺技術調査“ではあるが、各段階でマイルストーンは不明確である。既存換気連動センサシステムとの比較評価が不十分。
- フィールドによっては妨害物質もさまざまであることが推察されることから、多様な住宅環境下での妨害物質の影響を検証することも必要がある。

2) 実用化の見通しについて

センサシステムを用いて、換気制御が可能なものの開発ができれば、実証が可能であり、居住空間の快適化の効果は認められるので、ある程度の実用化の可能性は期待できる。ただし、実用化の前に検出器部分のセンサの長期安定性やメンテナンスフリー化の検証が必要である。

なお、コスト面、メンテナンス面、長期間の安定性、ドリフトの解消など更なる改善が必要である。また、提案の換気システムの省エネルギー効果については、実証試験が必要である。

学校環境衛生基準法の改定などから、今後、学校の音楽室や体育館などの施設や、美術館、博物館などの公共施設への適用についても検討願いたい。

<肯定的意見>

- センサシステムを用いて、換気制御が可能なものの開発ができれば、実証が可能である。
- 実用化のイメージは明確であり、経済的な波及効果が期待できる。ただし、実用化の前に検出器部分のセンサの長期安定性やメンテナンスフリー化の検証が必要である。
- 居住空間の快適化の効果は認められるので、ある程度の実用化の可能性は期待できる。
- 実用化イメージは明確になっている。
- 指針値の1/2濃度の検知が可能であり、換気制御を切り替えることで省エネの効果を実証するなど新築戸建て住宅で検証しており実用化の見通しが窺える。

<問題点・改善すべき点>

- 提案の換気システムの省エネルギー効果については、実証試験が必要である。
- 現実の居住空間における省エネを目的とした換気システムとしては、その効果が疑問であり、実用化の可能性は低い。
- 各段階のマイルストーンは不十分。
- コスト面、メンテナンス面、長期間の安定性、ドリフトの解消など更なる改善が必要である。

<その他の意見>

- ・学校環境衛生基準法の改定などから、今後、学校の音楽室や体育館などの施設や、美術館、博物館などの公共施設への適用についてもお願いしたい。

3) 今後に対する提言

居住空間に関しては、より効率的な局所換気システムや有害気体除去技術と関連づけた総合的な調査研究が必要ではないか。室内環境中には防蟻剤や難燃加工剤など様々な化学物質が存在しており、室内環境の安全・安心も重要な課題であれば、VOCのみの対策でよいかは課題が残る。

また、室内汚染の複雑性（部屋による汚染濃度上昇タイミング、汚染物の濃度と種類）に対応できる換気システムの構築とコストの課題を解決しなければならない。

<今後に対する提言>

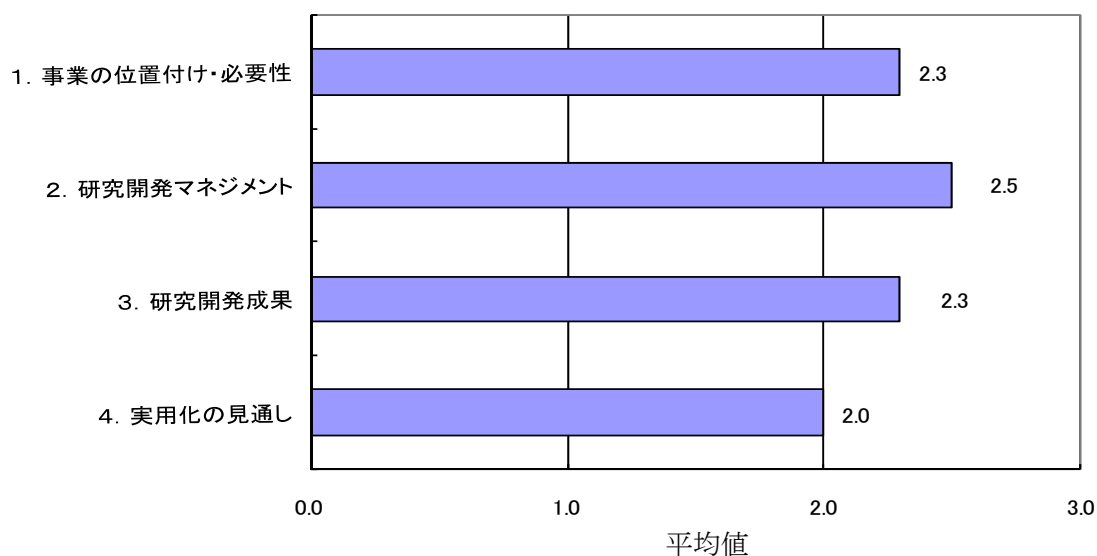
- ・ 実用化にあたっては、換気口の開口部の大きさを制御することで、特定の部屋から選択的に有害化学物質の効率的な除去が行える、とのデータの収集が必要である。
- ・ 居住空間に関しては、より効率的な局所換気システムや有害気体除去技術と関連づけた総合的な調査研究が必要ではないか。一方、高効率燃焼制御など他分野への応用の可能性も検討すべきである。
- ・ 室内汚染の複雑性（部屋による汚染濃度上昇タイミング、汚染物の濃度と種類）に対応できる換気システムの構築とコスト（開発者も考慮している）の課題を解決しなければならない。
- ・ 本研究の成果を社会に還元するためにも T-VOC のしきい値、基準ガスの選定を実現し、センサの製品化に繋げてもらいたい。

<その他の意見>

- ・ 室内環境中には防蟻剤や難燃加工剤など様々な化学物質が存在している。室内環境の安全・安心も重要な課題であれば、VOCのみの対策でよいかは課題が残る。

3. 採点結果

3. 1 プロジェクトに全体に対する評価



評価項目	平均値	素点 (注1)					
		A	A	A	B	B	C
1. 事業の位置付け・必要性	2.3	A	A	A	B	B	C
2. 研究開発マネジメント	2.5	A	A	A	B	B	B
3. 研究開発成果	2.3	A	B	B	A	B	B
4. 実用化の見通し	2.0	B	B	C	A	B	B

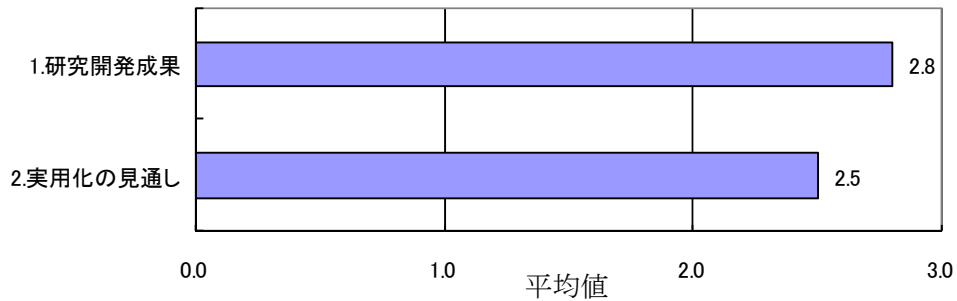
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

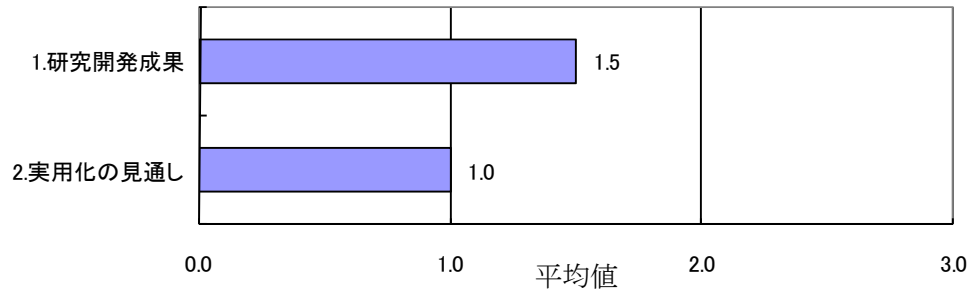
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

3. 2 個別テーマに対する評価

3. 2. 1 揮発性有機化合物対策用高感度検出器の研究開発



3. 2. 2 揮発性有機化合物対策用高感度検出器利用のための周辺技術調査



個別テーマ	平均値	素点 (注2)					
3. 2. 1 揮発性有機化合物対策用高感度検出器の研究開発							
1. 研究開発成果	2.8	A	A	A	A	A	B
2. 実用化の見通し	2.5	A	A	A	A	B	C
3. 2. 2 揮発性有機化合物対策用高感度検出器利用のための周辺技術調査							
1. 研究開発成果	1.5	A	B	C	C	C	C
2. 実用化の見通し	1.0	B	C	C	C	C	D

(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. 研究開発成果について

- ・非常によい →A
- ・よい →B
- ・概ね適切 →C
- ・適切とはいえない →D

2. 実用化の見通しについて

- ・明確 →A
- ・妥当 →B
- ・概ね妥当であるが、課題あり →C
- ・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。

「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」

事業原簿(公開)

担当部	新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境技術開発部
-----	------------------------------

— 目次 —

概要	A-1
プロジェクト用語集	B-1
I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	I-1
1. 1 NEDOの関与することの意義	I-1
1. 2 実施の効果（費用対効果）	I-5
2. 事業の背景・目的・位置付け	I-6
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標	II-1
2. 事業の計画内容	II-7
2. 1 研究開発の内容	II-7
2. 2 研究開発の実施体制	II-12
2. 3 研究の運営管理	II-15
3. 情勢変化への対応	II-19
4. 評価に関する事項	II-19
III. 研究開発の成果について	
1. 事業全体の成果	III-1-1
2. 研究開発項目毎の成果	III-2-1-1
2. 1 センサ素子・デバイス化の研究開発	III-2-1-1
2. 1. 1 センサ素子の研究開発（1）	III-2-1-1
2. 1. 2 センサ素子の研究開発（2）	III-2-1-12
2. 1. 3 センサ素子の研究開発（3）	III-2-1-19
2. 1. 4 デバイス化の研究開発	III-2-1-30
2. 2 モニタリング併用型喚気システム開発のための調査	III-2-2-1
2. 3 室内環境のモニタリングを利用した性能評価法の調査	III-2-3-1
2. 4 センサ性能評価法の検討	III-2-4-1
IV. 実用化の見通しについて	
1. 実用化の見通しについて	IV-1
2. 長期的波及効果	IV-1

(添付資料)

- 1・第3期科学技術基本計画（平成18年～22年度）（平成18年3月、閣議決定）」
基本計画248頁(分野別推進戦略のV. エネルギー分野40頁)

- 2・イノベーションプログラム基本計画
エネルギーイノベーションプログラム基本計画
（4-I-iv 省エネ型情報生活空間創生技術（8））（56頁）

- 3・プロジェクト基本計画

- 4・技術戦略マップ（分野別技術ロードマップ）（「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術ロードマップ20頁、1302項）

- 5・事前評価関連資料
 - 5-1 METI H17地球温暖化防止新技術プログラム（35頁、72頁）
 - 5-2 METI H17省エネルギー技術開発プログラム（97頁、121頁、132頁）
 - 5-3 METI H17住宅関連産業施策（2頁、11頁）
 - 5-4 NEDO パブリックコメント募集の結果
 - 5-5 NEDO 事前評価書

6. 論文、特許、外部発表等のリスト

概 要

作成日 平成21年12月2日

プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム					
プロジェクト名	揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発	プロジェクト番号	P05030			
担当推進部/担当者	環境技術開発部/主査 宮崎秀					
0. 事業の概要	<p>化学物質管理に用いられる、小型で安価な揮発性有機化合物（VOC）対策用高感度検出器に必要な、その場計測、高選択性、高感度、繰り返しモニタリングを実現するために、VOCガスに対して高い選択性を示す有機無機ハイブリッドセンサ材料及び金属酸化物半導体材料とMEMS技術を融合した技術開発を行い、ホルムアルデヒド、芳香族系VOC、及びVOCの総量（T-VOC）検出器を開発する。一方VOC検出器の住宅用換気システムへの応用を図るための周辺技術調査として、シミュレーション技術開発と大型チャンバーによる検証実験を行うことで室内のVOC発生源、発生物質とその放散挙動を解明する。また室内VOC濃度の実態調査から、T-VOC検出器開発のために基準となるガスの成分と濃度を提案する。さらに、理論的検討と実大住宅による検証によりシステム評価手法の提案を行う。以上により、健康的な室内空気質環境の実現と換気量制御による省エネルギー化の推進に貢献する。</p>					
I. 事業の位置 け・必要性について	<p>本プロジェクトは、経済産業省住宅産業窯業建材課において、慶應大学 村上 周三教授（委託先採択審査委員長を委嘱）を座長とし、大学教授、研究機関、民間企業団体、消費者等の有識者からなる健康住宅ロードマップ研究会を開催し、省エネルギーを効率的に推進させる住宅の要素技術・設計技術等、今後の技術開発の方向性、さらに必要とされる新たな技術開発項目の位置付け（ロードマップ）等に係る検討を行った。その結果、住宅政策の新たな課題として、「改正建築基準法による24時間機械換気の義務付けに伴う熱損失の増加への対応があり、今後は、省エネと健康な室内空気環境の確保の両立が可能な対策を検討していくこと」が求められ、その具体的な対策として、「VOCセンサとVOCセンサを用いたモニタリング併用型換気システム等の開発の必要性」が提言されている。</p>					
II. 研究開発マネジメントについて						
事業の目標	<p>揮発性有機化合物の総量の検出に加え、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン等の揮発性有機化合物のうち1種類又は複数の化合物を測定対象ガスとした検出器の基本概念と構造を確立するとともに、プロトタイプを試作して初期性能を確認し、基幹技術の実用性を確認する。また、揮発性有機化合物の発生源、発生物質の解明、その放散挙動の解明、モニタリング性能評価及びその手法について調査を行うとともに、開発検出器の実用性を多様な実環境下等で検証する。</p>					
事業の計画内容	主な実施事項	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	
	センサ素子の研究開発	→	→	→	→	
	デバイス化の研究開発	→	→	→	→	
	周辺技術調査	→	→	→	→	
	成果とりまとめ			→	→	

開発予 算（会 計・勘 定別） 単 位 百 万 円	会計・勘定	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	総額
	一般会計	0	0	0	0	0
	特別会計（石油）	140	140	112	95	487
	総予算額	140	140	112	95	487
開発 体制	経産省担当原課	製造産業局 住宅産業窯業建材課				
	プロジェクトリーダー	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授：柳沢 幸雄				
	委託先	<ul style="list-style-type: none"> ・独立行政法人産業技術総合研究所 (再委託：学校法人立命館、富山県工業技術センター) ・パナソニック電気株式会社 ・東京大学大学院 柳沢研究室 ・独立行政法人建築研究所 				
情勢 変化 への 対応	<p>・外部要因：特になし</p> <p>・内部要因：3年間の実施期間でプロジェクト開始したが、H18、19年度に事業内容について有識者評価委員会を設置して多角的に検証し外部有識者の意見を聴き、最終年度（H19年度）達成状況が計画以上であり3種のセンサが計画以上の仕様に仕上がる見込みが立ったことで、VOCの実態調査結果と合わせて、実環境下等におけるプロトタイプの実用性を検証し、モニタリング併用型の換気システムを実用化するため、実施期間を1年延長した。</p>					
評価 に 関 する 事 項	事前評価	H16年度実施 環境技術開発部				
	中間評価	なし。（実施期間5年未満のため）				
	事後評価	H21年度 事後評価実施				
Ⅲ. 研究開発成果 について(1)	<p>(1) センサ素子・デバイス化の研究開発</p> <p>材料の改良、改質による基本技術により、種々の安定性・信頼性の向上を達成した。特に課題であった湿度の影響の回避を達成し、各種安定性信頼性の数値目標を達成した。これにより、フィールドでの使用可能なセンサ素子を得た。小型プロトタイプに搭載可能であり、裏面にヒータを有する基板を新たに設計・作製し、この上にホルムアルデヒド用、T-VOC用センサを形成した。3種の素子を小型プロトタイプに搭載し、センサ評価装置を用いて、それぞれの指針値濃度の1/2濃度のガスに応答することを確認した。実住宅や実空間でのフィールドテストを実施し動作を確認した。</p> <p>①ホルムアルデヒドセンサ素子の開発</p> <p>湿度雰囲気での応答を確認した。環境温度は、基板温度の変動が環境温度の変動に対して小さくセンサ素子に影響を与えないことを確認した。環境圧力変動に対しては詳細な評価に至っていないが、原理的に圧力は大きな影響は与えない。感度安定性、高濃度ガス暴露については目標を達成した。対比毒性について、二酸化炭素暴露は1000ppmの暴露によっても素子抵抗値の変化は見られないことより、原理的に影響は与えない。オゾン暴露は、ホルムアルデヒド素子は目標を達成し実用上問題ない。一酸化炭素は、素子抵抗値の変化は見られないことより、原理的に影響は与えないが、可燃性ガスを分解しVOCガスを通過させる触媒を見いだしており、これを用いることで暴露を避けることが可能であることを確認した。</p>					

Ⅲ. 研究開発成果について(2)

②芳香族センサ素子の開発

湿度変動に対して目標を達成した。環境温度については、デバイスの研究において基板温度の変動が環境温度の変動に対して小さく、素子の応答値の大きさに影響を与えないことを確認した。環境圧力変動に対しては詳細な評価に至っていないが、原理的に大きな影響は与えない。感度安定性、高濃度ガス暴露については目標を達成した。対比毒性について、二酸化炭素暴露は暴露によっても原理的に素子抵抗値の変化は見られず影響は与えない。オゾンについては、それに対する応答自体が芳香族に対する応答に対して小さく、原理的に影響は与えず、実用上問題ない。一酸化炭素は、それに対する応答自体が芳香族に対する応答に対して無視できるほど小さく、原理的に影響は与えない。また、可燃性ガスを分解し VOC ガスを通過させる触媒を見いだしており、これを用いることで暴露を避けることが可能であることを確認した。

③T-VOC センサ素子の開発

湿度変動に対して目標を達成した。環境温度については、デバイスの研究において基板温度の変動が環境温度の変動に対して小さく、素子の応答値の大きさに影響を与えないことを確認した。環境圧力変動に対しては詳細な評価に至っていないが、原理的に大きな影響は与えない。感度安定性、高濃度ガス暴露については目標を達成した。オゾンに対する対被毒性については、T-VOC 用は一時的に感度上昇が見られる傾向にあるが、既存の回避手段があり実用上は問題ない。また、一酸化炭素や水素については、可燃性ガスを分解し VOC ガスを通過させる触媒を見いだしており、これを用いることで暴露を避けることが可能であることを確認した

④デバイス化の研究開発

ホルムアルデヒド用および T-VOC 用の小型プロトタイプを作製し、素子の搭載を行い、動作を確認した。

ホルムアルデヒド用、芳香族用、及び、T-VOC 用の小型プロトタイプをフィールドでの試験を行い、検知検証を実施した。

(2) 周辺技術調査

①モニタリング併用型換気システム開発のための調査

・新規換気システムを設計し、実大住宅で検証した。

②空気環境のモニタリングを利用した性能評価法の調査

・濃度が高く、変動の大きい居室は、リビングルームであった。
・濃度変動の要因となる居住者の行動は、調理、飲食、喫煙であった
・ひとつの居室における濃度変動は、住居内の他室に少なからず影響を及ぼすが、その程度は住居内の空気の流れによって大きく異なった
・改良型換気量変動式換気システムを設置した実大の二階建て木造実験住宅での換気量、濃度、温度、電力測定を行った結果、第一種ダクト式換気システムを連続運転した状態で局所換気を併用すると、汚染物質発生室に設置されている局所換気の効果は見られ、窓開けにより室内汚染物質濃度は低下したが、エアコン消費電力は急激に増大すること等が分かった。提案する空気環境モニタリングを利用した換気システムに導入した場合、2割程度消費エネルギーの少なくなることがわかった。

③センサ性能評価法の調査

・T-VOC 計ではトルエン、 α -ピネンに一定の感度を示し、エタノールには極めて高い感度を示した。

・居住者の行動による T-VOC 濃度の変動に対する応答性を有することが示された。

・芳香族計では、トルエン、 α -ピネンに感度を示したが、エタノールに対する感度は低かった。また、顕著なベースラインのドリフトはみられなかった。

Ⅲ. 研究開発成果について(3)	(3) 特許・論文・発表など	
	特許	出願：13件(海外2件)、登録：0件、実施：0件
	論文	査読付き：15件
	講演、受賞	講演等：55件、 受賞：1件
	新聞・雑誌掲載、出展	掲載：12件、 出展：2件
Ⅳ. 成果の実用化について	<p>(1) 成果の実用化について</p> <p>3種類のセンサを用いる、モニタリング併用型換気システムの提案ができた。</p> <p>具体的には下記の仕様になる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサ位置：電源と騒音の問題のない場所に設置してポンプによるチューブサンプリングを行う。 ・制御内容：換気経路制御および全体の換気量をコントロールセンサによるガス濃度、局所排気および窓開けを検知し、強、中、弱と切り替えて換気量を削減。 ・検知のレベル：ホルムアルデヒド 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 芳香族炭化水素(トルエン 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) T-VOC (目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) <p>それぞれ指針値付近とその半分の濃度を検知 T-VOCセンサのしきい値は居住者にて設定可能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コスト見込み：現行の換気システム+10万円超 	
	<p>(2) 長期的波及効果</p> <p>本プロジェクトの背景にあるように、VOC 検知器を用いたモニタリングに対するニーズが高まっている。しかしながら VOC モニタリング向けの検知器を対象とした評価法の JIS 規格や国際規格はなく、測定結果の信頼性に関する客観的なデータは提供されていない。</p> <p>NEDO は本プロジェクトの長期的な波及効果の視点に立って、VOC センサ評価法の国際標準化に取り組み、NEDO 標準化事業「揮発性有機化合物検知器の評価法に関する標準化事業」を平成 21 年度に実施中である。実用化研究と国際標準化を同時並行的に進めることで、将来製品と標準をセットで提示することが可能とし、安全・安心な屋内環境の構築および国際競争力強化に貢献する。</p>	

揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発 プロジェクト用語集

BEMS

BEMS とは、**Building and Energy Management System** の略で、建物の使用エネルギーや室内環境を把握し、これを省エネルギーに役立てていくためのシステムである。具体的には、計測・計量装置、制御装置、監視装置、データ保存・分析・診断装置等で構成される。

平成 15 年 4 月に施行された改正省エネ法（エネルギーの使用の合理化に関する法律）では BEMS の活用が追記された。すなわち、「工場又は事業場におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」（経済産業省告示）に以下の BEMS に関する規定も追加された。

- ① 系統別に年単位、季節単位、月単位、週単位、日単位、時単位等でのエネルギー管理を実施し、数値、グラフ等で過去の比較したエネルギー消費動向が把握できるように検討すること。
- ② 空気調和設備、電気設備等について、総合的なエネルギー制御を実施することを検討すること。
- ③ 機器、設備の保守状況、運転時間等を比較検討し、機器、設備の劣化状況、保守時期等が把握できるよう検討すること。

出典：日本冷凍空調学会ホームページ、用語検索

<http://www.jsrae.or.jp/annai/yougo/123.html>

MEMS

MEMS（メムス、Micro Electro Mechanical Systems）は、機械要素部品、センサ、アクチュエータ、電子回路を一つのシリコン基板、ガラス基板、有機材料等の上に集積化したデバイスを指す。プロセス上の制約や材料の違いなどにより、機械構造と電子回路が別なチップになる場合があるが、このようなハイブリッドの場合も MEMS という。主要部分は半導体集積回路作製技術にて作るが、立体形状や可動構造を形成するための犠牲層エッチングプロセスをも含む。現在、製品として市販されているものとしては、インクジェットプリンタのヘッド、圧力センサ、加速度センサ、ジャイロスコープ、DMD（プロジェクタ）等がある。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/MEMS>

PID

Photo Ionization Detector の略称。光をイオン化して VOC ガスを定量測定する手法として知られる。PID モニタは、PID をセンサに用いたガス検知装置。PID モニタの測定原理は、UV（紫外線）ランプから大気中の VOC ガスに照射されたエネルギーに対し、低いエネルギーの VOC ガスは正負イオン化する現象を利用し、（イオン化ポテンシャル・エネルギー-IP: eV） \pm に電気バイアスされた Detector（検出器）に誘導されるイオン化ガスの

総量 (Total VOC) を濃度換算し表示するもの。

出典：レイ・システムズ社 HP

<http://www.raesystems.jp/FAQ.htm>

VOC、VOCs

揮発性有機化合物（英: Volatile Organic Compounds）は、常温常圧で大気中に容易に揮発する有機化学物質の総称である。トルエン、ベンゼン、フロン類、ジクロロメタン等洗剤や溶剤、燃料として、産業界で幅広く使用されている。大気や水質等へ放出されると、公害や健康被害を引き起こすことから問題視されている。2000年度の国内排出量は、年間150万トンであった。光化学オキシダントと浮遊粒子状物質の主な原因であるとして、2004年5月26日、改正大気汚染防止法により主要な排出施設への規制が行われることとなった。

定義：WHO 世界保健機関では、以下のとおり定義している。

- ・ 沸点 0°C以下から 50°C～100°Cのものを、高揮発性有機化合物 (VVOC)
- ・ 50°C～100°C、240°C～260°Cのものを、揮発性有機化合物
- ・ 240°C～260°C、400°Cのものを、準揮発性有機化合物 (SVOC)
- ・ 380°C以上のものを、粒子状有機化合物 (PVOC)
- ・ すべての VOC を準揮発性有機化合物 (TVOC)

なお、ホルムアルデヒドについては、VVOC に該当するが、独自の基準を設けているケースがあるため、VOCS とは、区別している場合が多い。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/VOC>

大気汚染防止法では、以下のとおり定義している。

(定義等)

第2条

4 この法律において「揮発性有機化合物」とは、大気中に排出され、又は飛散した時に気体である有機化合物(浮遊粒子状物質及びオキシダントの生成の原因とならない物質として政令で定める物質を除く。)をいう。

「政令で定める物質」は、大気汚染防止法施行令で次のとおり規定している。

(揮発性有機化合物から除く物質)

第2条の2 法第2条第4項の政令で定める物質は、次に掲げる物質とする。

- (1) メタン
- (2) クロロジフルオロメタン (別名 HCFC-22)
- (3) 2-クロロ-1,1,1,2-テトラフルオロエタン (別名 HCFC-124)
- (4) 1,1-ジクロロ-1-フルオロエタン (別名 HCFC-141b)
- (5) 1-クロロ-1,1-ジフルオロエタン (別名 HCFC-142b)
- (6) 3,3-ジクロロ-1,1,1,2,2-ペンタフルオロプロパン (別名 HCFC-225ca)
- (7) 1,3-ジクロロ-1,1,2,2,3-ペンタフルオロプロパン (別名 HCFC-225cb)

(8) 1,1,1,2,3,4,4,5,5,5-デカフルオロペンタン (別名 HFC-43-10mee)

インターカレート

インターカレーション (Intercalation) とは、分子又は分子集団が他の 2 つの分子又は分子集団の間に入り込む可逆反応のこと。

例: グラファイトの正六角形平面を重ねた構造の特定の一面に他の物質層が入り込む現象。入り込む物質をインターカレントと呼ぶ。例えば、グラファイトの間にカリウムが入り込む C8K、C21K、C36K、C48K 等がある。携帯電話等のリチウムイオン二次電池にこの現象が利用されている。

もともとの Intercalation は閏月のことで、太陰太陽暦において暦が実際の季節とずれるのを防ぐために挿入される月のことである。

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%BC%E3%82%AB%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3>

エージング

工業製品におけるエージングは、製品の表面加工や運動等を実際の運転によって適正状態に作り上げる慣らし運転である。ガスセンサの場合は、作製初期は抵抗や応答値が安定しないことが多く、慣らし運転によって初期特性を抑え、安定状態に移行させるための操作を指すことが多い。

出典: 一部をフリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/エージング>

エステル

有機酸又は無機酸のオキシ酸とアルコール又はフェノールのようなヒドロキシル基を含む化合物との縮合反応で得られる化合物である。単にエステルと呼ぶときは、カルボン酸とアルコールから成るエステルを指すことが多く、カルボン酸エステルの特性基 $R-COO-R'$ をエステル結合と呼ぶことが多い。エステル結合による重合体はポリエステルと呼ばれる。また、低分子量のカルボン酸エステルは果実臭をもち、バナナやマンゴー等に含まれている。

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/エステル>

外気導入量

空調システムに導入する外気の量。外気導入は換気のために必要である。

出典: 空気調和・衛生用語辞典

化学蒸着 (CVD: Chemical Vapor Deposition)

さまざまな物質の薄膜を形成する蒸着法の一つで、石英等で出来た反応管内で加熱した基板物質上に、目的とする薄膜の成分を含む原料ガスを供給し、基板表面又は気相での化

学反応により膜を堆積する方法である。常圧（大気圧）や加圧した状態での運転が可能のほか、化学反応を活性化させる目的で、反応管内を減圧しプラズマ等を発生させる場合もある。切削工具の表面処理や半導体素子の製造工程において一般的に使用される。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8C%96%E5%AD%A6%E6%B0%97%E7%9B%B8%E6%88%90%E9%95%B7>

化学物質過敏症

最初にある程度の量の化学物質に暴露されるか、又は低濃度の化学物質に長期間反復暴露されて、一旦過敏状態になると、その後極めて微量の同系統の化学物質に対しても過敏症状を来す者があり、化学物質過敏症と呼ばれている。化学物質との因果関係や発生機序については未解明な部分が多く、今後の研究の進展が期待される。

出典：シックハウス（室内空気汚染）問題に関連する用語の理解について（厚生労働省）

http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0629-2_13.html

キューボイド

直方体（cuboid）とは、すべての面が長方形（正方形も長方形の一種である）で構成される六面体（面が6つある多面体）である。直方六面体ともいう。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%9B%B4%E6%96%B9%E4%BD%93>

極性分子

自然の状態で電気双極子をもつ、つまり永久双極子をもつ分子。極性の結合をもつ分子のうち、例えば、メタンのように分子の対称性によって各結合の双極子モーメントが打ち消されると無極性、水やメタノール、アンモニアのように打ち消されない場合には極性分子となる。液体を構成する分子が有極性か無極性かは、誘電率の大きさを測ることで判定できる。固体の場合、各有極性分子が互いに双極子モーメントを打ち消し合うことなく配列できた場合にだけ自発分極が現れる。さらに、電場に応じて極性分子自身又はその置換基の回転等によって、自発分極の向きを反転できた場合に強誘電体となる。

出典：産総研 dex*

*産総研の2001年から2007年までのプレスリリースで使用された語句約3000語を対象に、難解な語句を分かりやすく解説した用語集。

http://www.aist.go.jp/db_j/list/l_news_index_search.html

空気質

一般に建物内の空気の質を指し、IAQ（indoor air quality）とも呼ばれる。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/空気質>

指針値

指針値は、現時点で入手可能な毒性に係る科学的知見から、ヒトがその濃度の空気を一生涯にわたって摂取しても、健康への有害な影響は受けまいと判断される値を算出したものであり、その設定の趣旨はこの値までは良いとするのではなく、指針値以下がより望ましいということである。現状では、居住者にアレルギー、中毒、未だ発生の仕組みが分からない症状を含めた様々な体調不良が生じ、それがなんらかの居住環境に由来するのではないかと推測される場合が「シックハウス症候群」と便宜的に総称されているので、多くの場合、現状の研究では指針値が策定された物質と体調不良との間に明確な対応関係は証明されていない。

現在、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、エチルベンゼン、スチレン、クロルピリホス、フタル酸-n-ブチル、テトラデカン、フタル酸-2-エチルヘキシル、ダイアジノン、アセトアルデヒド、フェノブカルブの13物質について室内濃度指針値が定められている。また、個々の物質とは、別に室内空気中の総揮発性有機化合物の暫定目標値が設定されている（用語集末尾の表参照）。

出典：個別の揮発性有機化合物（VOC）の指針値等について（厚生労働省）

<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/02/h0208-3.html>

シックハウス、シックハウス症候群

住宅の高気密化や化学物質を放散する建材・内装材の使用等により、新築／改築後の住宅やビルにおいて、化学物質による室内空気汚染等により、居住者の様々な体調不良が生じている状態が、数多く報告されている。症状が多様で、症状発生の仕組みをはじめ、未解明な部分が多く、また、様々な複合要因が考えられることから、シックハウス症候群と呼ばれる。

出典1：シックハウス（室内空気汚染）問題に関連する用語の理解について（厚生労働省）

http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0629-2_13.html

出典2：用語集（国土交通省）

<http://www.mlit.go.jp/term/file000005.html#shi>

脂肪族炭化水素

一般式 C_nH_{2n+2} で表される鎖式飽和炭化水素である。メタン系炭化水素又はパラフィン系炭化水素とも呼ばれる。炭素数が大きいものはパラフィンとも呼ばれる。アルカンが置換基となった場合、一価の置換基をアルキル基、二価の置換基をアルキレン基と呼ぶ。環状の飽和炭化水素はシクロアルカンと呼ばれる。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/脂肪族>

充足度指標（SRF: Supply Rate Fulfilment）

多数室系の換気性能が評価できる新鮮空気の充足度指標 SRF (Supply Rate Fulfilment) について、その定義を以下に示す。

SRF = 実質的に換気に供する外気相当空気量 / 実質的に必要な外気導入量

この定義で **SRF** の分母である「実質的に必要な外気導入量」とは、当該室でもともと必要とされている外気導入量のほかに他室から汚染された空気が流入してその汚染質を許容濃度まで希釈するために外気導入が必要となる場合は、その希釈用の外気導入量を加えた外気導入量を示す。また、分子となる「実質的に換気に供する外気相当空気量」（有効新鮮空気量 **Si**）は、当該室への直接供給される外気量と他室から供給される外気ポテンシャルを含む空気量の総和であり、この総和が当該室に必要とされている空気量（分母）を上回る場合は余剰した外気導入相当空気量があると考え、他室の換気に供すると考える。つまり、外気を含め正のポテンシャルを有する空気流入は分子として扱い、許容濃度を超えた汚染空気や当該室でもともと必要とされる空気は分母として扱い、この比により換気性能を表すものである。**SRF** 指標は、空気のもつ新鮮外気基準の性能を表す特徴のほかに、設計値以上の換気があった場合の余剰する空気量が算定でき、換気に供しない空気量が算定できるため、この値を最小にすることが冷暖房負の外気負荷を低減することとなり、省エネルギー的な判断が可能となる。

出典：NEDO 事業「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」平成 17 年度成果報告書、pp. 58、平成 18 年 5 月、独立行政法人建築研究所

<http://www.tech.nedo.go.jp/PDF/100007868.pdf>

成膜装置

薄膜を作成する装置で、目的に応じて、スパッタリング装置や蒸着装置等の手法の異なる装置を使用する。

出典：産総研 dex

総揮発性有機化合物（TVOC：Total Volatile Organic Compounds）

複数の揮発性有機化合物の混合物の濃度レベル。健康への影響を直接的に評価するためには、個々の揮発性有機化合物（VOC：Volatile Organic Compound）についてガイドライン値を設定していく必要があるが、100 種以上に及ぶ微量の揮発性有機化合物のすべてについて短期間で健康影響評価を行うのは困難であり、また、ガイドライン値が設定されていない物質に代替された結果新たな健康被害を引き起こすおそれもあることから、VOC 汚染を全体として低減させ、快適な室内環境を実現するための補完的指標の一つとしての導入が望まれる。

出典：シックハウス（室内空気汚染）問題に関連する用語の理解について（厚生労働省）

http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1206/h0629-2_13.html

参考

環境省平成18 年度環境技術実証モデル事業検討会VOC 処理技術ワーキンググループ会合（第3回）平成19年3月27日

TVOC として測定されるものには、VOC 以外のアルデヒド等も含まれてくる可能性があるが、この度は全炭化水素をTVOC として定義した。

出典：平成 18 年度環境技術実証モデル事業検討会

http://www.env.go.jp/air/tech/model/voc19_01/mat01.pdf

第一種換気

室外から室内への給気と室内から室外への排気を共に機械で行う換気法。

第二種換気

室外から室内への給気を機械で行うが、室内から室外への排気は自然排気とする換気法。室内が室外に対して加圧傾向となる。

第三種換気

室内から室外への排気を機械で行うが、室外から室内への給気は自然給気とする換気法。室内が室外に対して負圧傾向となる。

単結晶

固体の材料の形態の一つ。ダイヤモンドや半導体デバイスで使用されるシリコンウエハー、サファイア、ルビー等は、すべて単結晶である。理想的な単結晶はその材料を構成する原子の配列に乱れやずれが全くない。なお、多結晶材料をその融点以上まで温度を上げて溶かし、その物質の特徴に基づいた制御を行いながら冷却することで、良質の単結晶を育成することができる。

出典：産総研 dex

中間体

出発原料と最終生成物の中間の状態では各成分が反応や結晶化を起こす前の状態。

出典：産総研 dex

テルペン

イソプレンを構成単位とする炭化水素で、植物や昆虫、菌類等によって作り出される生体物質である。もともと精油の中から大量に見つかった一群の炭素 10 個の化合物に与えられた名称であり、そのため炭素 10 個を基準として体系化されている。分類によっては、テルペン類のうちカルボニル基やヒドロキシ基等の官能基をもつ誘導体は、テルペノイド (terpenoid) と呼ばれる。それらの総称としてイソプレノイド (isoprenoid) という呼称も使われる。テルペノイドは生体内でメバロン酸から生合成される。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/テルペン>

トレーサーガス

換気量や漏気量等を測定する際に使用するマーカーとなるガスのこと。使用目的や条件に合わせて各種のガスが使用される。建築物における換気量測定等には安全性や利便性、測定精度等から CO₂ (二酸化炭素)、SF₆ (六フッ化硫黄) や N₂O (亜酸化窒素) 等が使用される。

熱負荷

室内温湿度を常時一定としたとき外壁や窓ガラスを通して流出入する熱、在室者の発熱（人体負荷）、照明器具による熱（照明負荷）、各種器具類の発熱、窓や扉のすき間やその開閉によって流出入する空気による熱（すき間風邪負荷）等で室内空気に伝わる熱量を冷房負荷、室温変動を考慮したとき室内から実際に取り去るべき熱量を除去熱量という。負値は暖房の場合で、供給側を意味する。また、その値が負値のときは暖房用供給側となり、暖房負荷という。また、除去熱量には壁等を通して侵入する熱、在室者や照明による発熱等があり、これに、外気負荷、ダクトでの負荷、ファン発熱による負荷を加えた熱量が空調機の負担する熱量で、空調機負荷と呼ばれる。さらに、空調機負荷に、配管での負荷、ポンプ発熱により負荷、配管系の蓄熱負荷を加えたものが熱源装置の負担する熱量で、熱源負荷とも呼ばれる。これらの負荷の総称を熱負荷という。そして、熱負荷を計算することを空調負荷計算という。

出典：空気調和・衛生用語辞典

薄膜セラミックス

所定の化学組成を含んだ溶液を基板上に塗布し、加熱により得られる10 μm以下の暑さをもつセラミックス

出典：産総研 dex

ハロゲン

周期表において第17族に属する元素の総称。フッ素・塩素・臭素・ヨウ素・アスタチンがこれに分類される。フッ素、塩素、臭素、ヨウ素は性質がよく似ており、アルカリ金属又はアルカリ土類金属と典型的な塩を形成するので、これら元素からなる元素族をギリシャ語の塩 *alos* と、作る *gennao* を合わせ「塩を作るもの」という意味のハロゲン（*halogen*）と、18世紀フランスで命名された。これらの任意の元素を表すために化学式中ではしばしば *X* と表記される。任意のハロゲン単体を X_2 と表す。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/ハロゲン>

被毒

触媒表面の反応点を反応しない物質が覆い、触媒作用の低下や停止を招くこと。

出典：産総研 dex

歩留まり

材料を種々の加工方法で製品にした場合、投入した材料と製品になった材料との割合をいう。歩留まりが100%というのは、投入した材料がすべて製品になったもので、最も効率がよい。

出典：産総研 dex

ペロブスカイト型構造

ペロブスカイト構造とは、結晶構造の一種である。元来ペロブスカイトとは、 CaTiO_3 (灰チタン石) のことを指し、この名前は発見者であるロシア人科学者 Perovsky にちなんで名づけられた。ペロブスカイトと同じ結晶構造をペロブスカイト構造と呼ぶ。例えば、 BaTiO_3 (チタン酸バリウム) のように、 RMO_3 という 3 元系から成る遷移金属酸化物等がこの結晶構造をとる。理想的には立方晶系の単位格子をもち、立方晶の各頂点に金属 R が、体心に金属 M が、そして、金属 M を中心として酸素 O は立方晶の各面心に配置している。酸素と金属 M から成る MO_6 八面体の向きは金属 R との相互作用によって容易に歪み、これによってより対称性の低い斜方晶や正方晶に相転移する。これにより、この結晶の物性が劇的に変化する。例えば、対称性の低下により、モット転移を起こし、金属 M のサイトに局在していた価電子がバンドとして広がることができるようになったり、金属 M のサイト同士のスピン間の相互作用による反強磁性秩序が崩れ、常磁性に転移したりする。この歪みによる相転移は、温度の上昇による金属 R のイオン半径の増加や、金属 R サイトに不純物原子を導入することなどでコントロールすることができる。

出典：フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9A%E3%83%AD%E3%83%96%E3%82%B9%E3%82%AB%E3%82%A4%E3%83%88%E6%A7%8B%E9%80%A0>

芳香族炭化水素

ベンゼン環及びそれが縮合した環状構造をもつ有機化合物の総称。代表的なものは、ベンゼン、ナフタレン、アントラセン等炭化水素化合物やその誘導体で、芳香をもつものが多い。

出典：産総研 dex

フォトレジスト

光リソグラフィ法で樹脂のパターンを作製するための感光性樹脂。ポジタイプとネガタイプがあり、ポジタイプは紫外光の照射によって照射部の感光性樹脂が溶けてなくなる。ネガタイプは紫外光の照射部が硬化し樹脂が残る。微細な電極パターンを作製する手法の一つである。

出典：一部を産総研 dex

有機無機ハイブリッド材料

有機物質と無機物質を分子レベルから粒子レベルで複合化する材料。それぞれの性質の単なる足し合わせを超える効果の発現、又はそれぞれ単独の物質では得られない物性、機能の発現が期待されている。

出典：産総研 dex

表：個別物質の室内濃度指針値

揮発性有機化合物	毒性指標	室内濃度指針値 (25℃)	設定日
ホルムアルデヒド	ヒト吸入暴露における鼻咽頭粘膜への刺激	1 0 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 8 ppm)	1997. 6. 13
トルエン	ヒト吸入暴露における神経行動機能及び生殖発生への影響	2 6 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 7 ppm)	2000. 6. 26
キシレン	妊娠ラット吸入暴露における出生児の中樞神経系発達への影響	8 7 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 2 0 ppm)	2000. 6. 26
パラジクロロベンゼン	ビーグル犬経口暴露における肝臓及び腎臓等への影響	2 4 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 4 ppm)	2000. 6. 26
エチルベンゼン	マウス及びラット吸入暴露における肝臓及び腎臓への影響	3 8 0 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 8 8 ppm)	2000. 12. 15
スチレン	ラット吸入暴露における脳や肝臓への影響	2 2 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 5 ppm)	2000. 12. 15
クロルピリホス	母ラット経口暴露における新生児の神経発達への影響及び新生児脳への形態学的影響	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 7 ppb) ただし小児の場合は0. 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 0 7 ppb)	2000. 12. 15
フタル酸ジ-n-ブチル	母ラット経口暴露における新生児の生殖器の構造異常等の影響	2 2 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 2 ppm)	2000. 12. 15
テトラデカン	C8-C16 混合物のラット経口暴露における肝臓への影響	3 3 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 4 ppm)	2001. 7. 5
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	ラット経口暴露における精巣への病理組織学的影響	1 2 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7. 6 ppb)	2001. 7. 5
ダイアジノン	ラット吸入暴露における血漿及び赤血球コリンエステラーゼ活性への影響	0. 2 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 2 ppb)	2001. 7. 5
アセトアルデヒド	ラットの経気道暴露における鼻腔嗅覚上皮への影響	4 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0. 0 3 ppm)	2002. 1. 22
フェノブカルブ	ラットの経口暴露におけるコリンエステラーゼ活性などへの影響	3 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3. 8 ppb)	2002. 1. 22
総揮発性有機化合物量 (TVOC)	国内の室内 VOC 実態調査の結果から、合理的に達成可能な限り低い範囲で決定	暫定目標値 4 0 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2000. 12. 15

厚生労働省：平成14年1月22日、第9回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会

I. 事業性の位置づけ・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

1. 1 NEDOが関与することの意義

1. 1. 1 政策への適合性

(1) 本事業の概要（基本計画に策定：巻末参考資料3）

揮発性有機化合物は、塗料、壁紙、建材、家具等から拡散される揮発性有機化合物による健康被害が問題となるなど、微量でも有害性が指摘されており、化学物質管理の観点からも早急な対策が求められている。化学物質管理においては、有害性の影響評価を行うために現場における検出技術が必要不可欠な重要技術のひとつと位置づけられており、揮発性有機化合物の場合、化学物質が揮発する現場においてそれをリアルタイムに検知する検出器の存在が必要条件となっている。しかし、そのような検出器がないのが現状である。

また、揮発性有機化合物は複数存在し、それぞれ有害性を発揮しており、効果的な対策のためには、揮発性有機化合物の全量を検出すると同時に有害性が指摘されている代表的なものを選択的に検出し、これらを複合的に管理するための検出器が必要とされている。発生する揮発性有機化合物の濃度は数百 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （数十 ppb）と極めて微小であるため、揮発性有機化合物の適切な管理を行うには極めて高感度な検出器の開発が求められている。

本事業では、揮発性有機化合物対策用高感度検出器（検出器群を含む。以下、同じ。）の技術を開発することを目的とする。この高感度検出器を用いることにより、揮発性有機化合物を的確に管理し、快適で健康的な室内空気環境を実現するとともに、併せて換気量を最小限に抑えることで省エネルギー化の推進に貢献する。

(2) 本事業に関連する国家政策

1) 第3期科学技術基本計画の分野別推進戦略（巻末添付資料1）

科学技術分野における我が国の基本方針を定めた「第3期科学技術基本計画（平成18年～22年度）（平成18年3月、閣議決定）」において示された分野別推進戦略のV. エネルギー分野40頁（基本計画248頁）に個別政策目標として、「2008年までに、中小規模の建築物を対象とした低コストのBEMS、住宅の室内空気環境を確保して換気による熱負荷の最小化を可能とするVOCセンサ技術及びモニタリング併用型換気システムを開発する。」が掲げられている。

2) 本事業に関連する経済産業政策

経済産業省が実施している200以上の研究開発プロジェクトは、7つの政策目標のもとにまとめられ、市場化に必要な関連施策（規制改革、標準化等）と一体となった施策パッケージである[イノベーションプログラム]（平成20年4月1日制定）（巻末添付資料2）として推進されている。

平成17年の本プロジェクト開始時のプログラムは[地球温暖化防止新技術プログラム]（巻末添付資料5-1）であり、その「事前評価書」の目的として、「世界的課題である地

球温暖化防止と、持続的な経済成長を両立させるため、従来の想定を越えた新技術確立し、世界でトップクラスの温暖化防止技術による国際競争力の確保を図ることを目的とする。」とあり高環境創造高効率住宅用VOCセンサ等技術開発の開始に当たっての説明に「近年の高断熱・高气密化により、住宅における室内空気質が悪化し、シックハウス問題が顕在化し、平成15年7月の改正建築基準法施行により、24時間・0.5回/時の換気装置の設置が義務付けられた。民生省エネを推進する観点から換気負荷を低減(*)するためには、改正建築基準法が求める健康性の確保と両立することが不可欠な前提となっている。」とあり、

一方、同じ平成17年度[省エネルギー技術開発プログラム](巻末添付資料5-2)の「事前評価書」においてはエネルギー資源の約8割を海外に依存する我が国にとって、これを効率的に利用すること、即ち、「省エネルギー」を図ることは、エネルギー政策上の重要な課題である。このため、更なる省エネルギー技術の開発・導入を進め、もって我が国におけるエネルギーの安定供給の確保を図る。また、同時に、我が国は二度にわたる石油危機を体験して以来、主要先進国の中でも屈指の省エネルギー型の産業構造を作り上げてきており、蓄積された省エネルギー技術は、地球温暖化問題に直面する人類にとって貴重な価値を有するものである。このため、更なる省エネルギー技術の開発・普及により、二酸化炭素(CO₂)の排出削減を図り、もって地球温暖化の抑制に貢献する。

また、平成17年度[地球温暖化防止新技術プログラム]、[省エネルギー技術開発プログラム]、[住宅関連産業施策](巻末添付資料5-3)の3事前評価書において、有識者、ユーザー等の各種意見として以下の記述がある。

本事業の企画・立案に当たり、慶應大学村上周三教授(東京大学名誉教授)を座長とし、大学教授、研究機関、民間企業団体、消費者等の有識者からなる健康住宅ロードマップ研究会を開催し、省エネルギーを効率的に推進させる住宅の要素技術・設計技術等、今後の技術開発の方向性、さらに必要とされる新たな技術開発項目の位置付け(ロードマップ)等に係る検討を行った。その結果、住宅政策の新たな課題として、「改正建築基準法による24時間機械換気の義務付けに伴う熱損失の増加への対応があり、今後は、省エネと健康な室内空気環境の確保の両立が可能な対策を検討していくこと」が求められ、その具体的な対策として、「VOCセンサとVOCセンサを用いたモニタリング併用型換気システム等の開発の必要性」が提言されている。

[イノベーションプログラム]の中の[エネルギーイノベーションプログラム](平成20年4月1日制定)には下記が記述されている。

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、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。以下に該当する政策の目的を示す。

1-I. 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当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。

H17年度の[地球温暖化防止新技術プログラム]及びH20年度の[エネルギーイノベーションプログラム]の概要を示す図I-1及び2を次に掲載した。

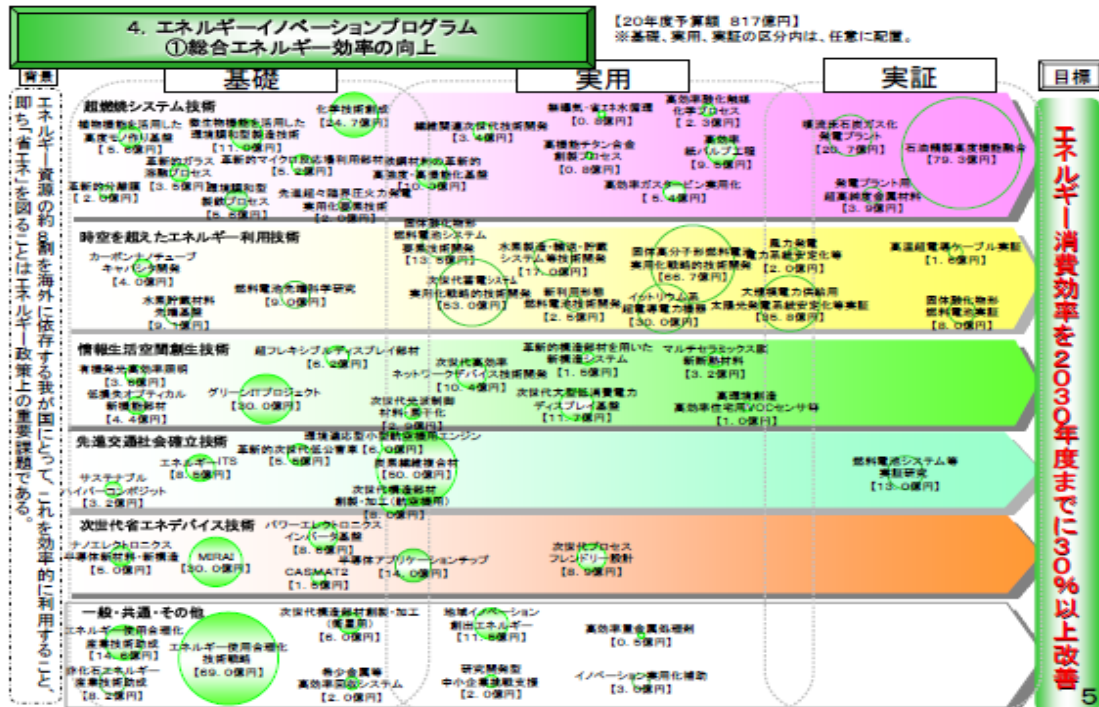
図I-1には「革新的エネルギー消費削減技術（37テーマ）」の内、「その他技術」の中に「VOCセンサー」が位置付けられている。

図I-1 地球温暖化防止新技術プログラム



図 I - 2 には「4. エネルギーイノベーションプログラム ①総合エネルギー効率の向上」の内、「情報生活空間創生技術」の中に「高環境創造高効率住宅用VOCセンサ等」が位置付けられている。

図 I - 2 エネルギーイノベーションプログラム



1. 1. 2 NEDOが関与することの意義.

「H17 省エネルギー技術開発プログラム」の事前評価書 P121 (巻末添付資料 5-2) の、「高環境創造高効率住宅用VOCセンサ等技術開発」に①手段の適正性として、「本事業は、住宅分野における喫緊の課題である省エネ性の向上を促し、更にトレードオフとなりがちな健康性を両立させることでより確実に住宅の省エネルギーを達成するために特に重要なものを対象とした技術開発であり、国が民間企業に対して技術開発を適切な方向へ誘導することができる予算措置の手法を用いることが適当である。さらに、本事業は、投資に対する技術的リスクが高いため、委託事業の形式により政府主導のもと、技術シーズ、能力等に応じて公的研究機関及び民間企業が共同で研究開発を実施することが適当である。

なお、本事業については、改正建築基準法又は運用への反映を図ることで、成果の実用化・普及を目指すものであり、国土交通省関係機関や関係有識者との連携の下にナショナルプロジェクトとして実施することが適当である。」とあり、また、関係要素技術が多岐に亘り、産学官連携体制での実施が望まれることから、NEDO主導の委託で実施すべき事業である。

1. 2 実施効果（費用対効果）

シックハウス問題の顕在化など住宅における室内空気質の改善が課題となっている。これらを受け、H15年7月、改正建築基準法の施行により、換気装置（24時間・0.5回/時）の設置が義務付けられた。

揮発性有機化合物を的確に管理し、快適で健康的な室内空気質環境を実現するには化学物質管理の観点から現場における検出技術が必要不可欠な重要技術のひとつと位置づけられており、揮発性有機化合物の場合、化学物質が揮発する現場においてそれをリアルタイムに検知する検出器の存在が必要条件となっている。しかし、そのような検出器がないのが現状であった。

本プロジェクトのセンサ・デバイスの研究開発により得られたVOCセンサは、この状況に応え、健康被害をなくし生活環境の健全化に貢献する。

平成17年事前評価の際の(株)矢野経済研究所調査では、新換気システムの販売による経済効果は、センサが年に673万機採用され、単価1～2万円の予測から試算して、およそ1千億円となる。

一方、地球温暖化対策及び省エネルギーという国際的・国家的要請に的確に対応すべく民生家庭部門の省エネルギーを推進する観点からは、換気負荷の低減が急務であり、本プロジェクトの周辺技術の調査により提案されたモニタリング併用型換気システムに用いると、換気量を最小限に抑えることで省エネルギー化の推進に貢献する。その効果を省エネルギー量で見ると、プロジェクトによる試算では、センサ・デバイスの研究開発で得られたVOCセンサを、周辺技術の調査により提案されたモニタリング併用型換気システムに用いると、一戸当たりの省エネ効果は、およそ1000kWh/年となり、2020年の試算ではCO₂換算13.6万トン/年の削減になる。

また、本事業はトレードオフとなりがちな生活環境の健全化と省エネルギーを同時に成立させる技術開発であり、新規住宅建設時に施工主が求める機能を導入することが結果的に省エネルギーとなる。このため、単なる省エネルギー製品技術ではなく、根本的な住宅価値増大技術と言える。この観点から、技術の市場導入に心理的なムリが無く市場価値の高い省エネルギー技術である。

表 I-1 事業費予算の推移

(単位百万円)

	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	事業総額
予 算	140	140	112	95	487
センサ 開発	60	70	27	31	188
周辺 調査	73	70	78	59	280
実績計	133	140	105	90	468

2. 事業の背景・目的・位置付け

我が国のエネルギー消費量の約1/4 を占める民生部門のエネルギー消費は、近年高い伸びを示しており、そのうちでも民生家庭部門（住宅）に係る省エネルギー性能の向上は、重要かつ喫緊の課題となっており、住宅の高断熱・高気密化等の省エネルギー対策は進みつつある。一方、近年の高気密化により、シックハウス問題の顕在化など住宅における室内空気質の改善が課題となっている。これらを受け、H15 年7 月、改正建築基準法の施行により、換気装置（24 時間・0.5 回/時）の設置が義務付けられた。地球温暖化対策及び省エネルギーという国際的・国家的要請に的確に対応すべく民生家庭部門の省エネルギーを推進する観点からは、換気負荷の低減が急務（民生家庭部門の3割を占める冷暖房用エネルギーの1/3 は換気負荷に起因）であり、この前提として、改正建築基準法が求める健康性の確保が不可欠となっている。

このような背景から、健康性を損なうことなく、かつ、換気による熱負荷（換気負荷）を最小化することによって省エネルギーを達成するための住宅に係る技術を確立することが求められている。

本事業は生活環境の健全化と省エネルギーを同時に成立させる技術開発であり、新規住宅建設時に施工主が求める機能を導入することが結果的に省エネルギーとなる。このため、単なる省エネルギー製品技術ではなく、根本的な住宅価値増大技術と言える。この観点から、技術の市場導入に心理的なムリが無く市場価値の高い省エネルギー技術である。

本事業はまた、改正建築基準法、又はその運用への反映を図ることで成果の実用化・普及促進を目指すものであり、国土交通省関係機関や関係有識者との連携のもとに事業を推進することが望ましい。

技術戦略マップとの関連としては、H20 年4 月18 日公開の「技術戦略マップ 2008 エネルギー分野」（巻末参考資料4）に「総合エネルギー効率の向上に寄与する技術」の技術ロードマップに、VOCセンサがエネルギー技術の項目（省エネ住宅・ビル）の個別技術（高気密住宅・ビル）に位置づけられている。

また、分野別推進戦略との関連としては、H18 年3 月28 日の「第三期分野別推進戦略」の「V エネルギー分野」に

大分類：省エネルギーの推進、中分類：民生部門の対策の中で、

重要な研究開発課題：住宅・建築物関連省エネ促進技術、に、

重要な研究開発課題の概要：自然エネルギー利用等も含めた住宅・建築物に係る省エネ化、断熱材の高性能化、住宅・建築物におけるエネルギーマネジメントシステム（BEMS（ビルディング・エネルギー・マネジメント・システム）、HEMS（ホーム・エネルギー・マネジメント・システム））等に係る技術開発を行う、とあり、研究開発目標として、「2008 年までに、中小規模の建築物を対象とした低コストなBEMS、住宅の室内空気環境を確保して換気による熱負荷の最小化を可能とするVOCセンサ技術及びモニタリング併用型換気システムを開発する。」が設定されている。

さらに最終的な研究開発目標として「省エネ性能に優れ、かつ、環境負荷を最小限に抑えた住宅・建築物が普及する。これにより、民生部門における省エネが促進され、CO2排出量が削減されることで、地球温暖化問題に貢献する。」が掲げられている。

●関連規制の状況、及び対策研究の動向・・・

平成12年6月から、厚生労働省が、いわゆるシックハウス症候群に関し、室内空気中化学物質濃度の指針値を順次設定¹⁾している。文部科学省においては、これを受けて、学校における化学物質の室内濃度について実態調査を実施し、13年12月に4物質（ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン）について、その結果を公表した。その後、平成21年3月31日文部科学省告示第60号において、VOC等に関する環境基準を以下のとおり定めている。

「教室等の環境に係る学校環境衛生基準」²⁾：

- ア. ホルムアルデヒド 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。
- イ. トルエン 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。
- ウ. キシレン 870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。
- エ. パラジクロロベンゼン 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。
- オ. エチルベンゼン 3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。
- カ. スチレン 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。

シックハウス対策に係る建築関連の法令等³⁾は、平成15年（2003年）7月1日に施行された。H16年4月1日からは国内で大気汚染防止法の一部を改正する法律等⁴⁾によりVOCの排出規制が始まっている。

海外におけるVOC規制状況では、欧州は2007年、北米は2009年から水性塗料の使用の実質義務化が始まっている。

これらの規制に対して、内外の研究開発の動向としては、欧州で2008年11月に開始したClear-up project⁵⁾の中に「センサなどを用いてエネルギーを最適化した屋内環境を提供する。」とある。

国内では環境省環境ナノテクノロジープロジェクトの研究テーマの中の課題である[環境の認識]に以下の記述がある。

「環境リスクの高い大気汚染物質を測定するために、ナノテクノロジーの成果を広く活用・駆使した超小型センサの研究開発が行われています。超小型センサ群とIT技術を融合し、個人、家庭等のレベルで環境汚染を把握できる超小型環境監視装置を開発することと、得られた高密度・多量の環境データを処理・解析し、各利用者への配信、各地域、各利用者のデータを相互に利用できるネットワークシステム(センサNW)の考察を目標に、平成15年から進められました。

この研究開発は平成20年度以降も「小型多機能環境センサによる環境汚染の総合認識システムの開発」⁶⁾として、引き続き環境ナノテクノロジープロジェクトのテーマに挙げられており、実用化とシステム構築の完成が期待されています。」

このプロジェクトにおけるVOCセンサ開発はH20～H24に行う計画で、本プロジェクトとは内容、目標共に異なり重複していない。

- 1) 室内濃度指針值 <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/02/h0208-3.html>
- 2) 学校環境衛生基準http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/14/02/020202.htm
- 3) 建築基準法改<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/sickhouse.html>
- 4) V O C 国内規制<http://www.env.go.jp/air/osen/voc/seido.html>
- 5) 欧州Clear-up project www.clear-up.eu
- 6) 環境省<http://www.env-tech-center.org/katsudo2.html>

II. 研究開発マネージメントについて

1. 事業の目標（プロジェクト基本計画に規定）

揮発性有機化合物は、塗料、壁紙、建材、家具等から拡散される揮発性有機化合物による健康被害が問題となるなど、微量でも有害性が指摘されており、化学物質管理の観点からも早急な対策が求められている。化学物質管理においては、有害性の影響評価を行うために現場における検出技術が必要不可欠な重要技術のひとつと位置づけられており、揮発性有機化合物の場合、化学物質が揮発する現場においてそれをリアルタイムに検知する検出器の存在が必要条件となっている。しかし、そのような検出器がないのが現状である。

また、揮発性有機化合物は複数存在し、それぞれ有害性を発揮しており、効果的な対策のためには、揮発性有機化合物の全量を検出すると同時に有害性が指摘されている代表的なものを選択的に検出し、これらを複合的に管理するための検出器が必要とされている。発生する揮発性有機化合物の濃度は数百 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （数十 ppb）と極めて微小であるため、揮発性有機化合物の適切な管理を行うには極めて高感度な検出器の開発が求められている。

本事業では、揮発性有機化合物対策用高感度検出器（検出器群を含む。以下、同じ。）の技術を開発することを目的とする。この高感度検出器を用いることにより、揮発性有機化合物を的確に管理し、快適で健康的な室内空気質環境を実現するとともに、併せて換気量を最小限に抑えることで省エネルギー化の推進に貢献する。

1. 1 最終目標（平成20年度末）

プロトタイプの実用性を多様な実環境下等で検証するとともに、特性（安定性・信頼性）の向上を図る。

安定性・信頼性：ドリフト・ヒステリシスを抑制する基本技術を確立し、指針値濃度に対する感度変化を25%以内（2か月以上）とする。温度・湿度等の変動、無機ガス暴露、高濃度ガス暴露に対する信頼性を確保する。

各研究開発項目毎の最終目標は以下のとおりである。

●センサ・デバイスの研究開発

以下、法人名は下記右側のように記載する。

- ・独立行政法人産業技術総合研究所 → 「産総研」
- ・松下電工株式会社 → 「松下電工」
- ・独立行政法人建築研究所 → 「建築研究所」
- ・国立大学法人東京大学 → 「東京大学」
- ・学校法人立命館 → 「立命館大学」
- ・富山県工業技術センター → 「富山県工技センター」

1) センサ素子の研究開発

- ・感度安定性 : 指針値濃度に対する感度変化を25%以内(2か月以上)とする。
- ・環境温度・湿度 : 通常の室内環境での環境温度、湿度、気圧の変動に対して、指針値濃度より高い濃度と低い濃度の対象ガスに対する応答値が交錯しないこと。
- ・高濃度ガス暴露 : 高濃度VOCガスに暴露した前後の応答値の変化が25%以内であること。
- ・対被毒性 : 通常の室内に存在するレベルのCO、CO₂、オゾンなどの無機ガスに対して暴露した前後の応答値の変化が25%以内であること。

2) デバイス化の研究開発

ホルムアルデヒド用及びTVOC用の小型プロトタイプを作製し、平成19年度に作製した芳香族用と合わせ、フィールドでの検知検証を実施する。

●周辺技術調査

1) モニタリング併用型換気システム開発のための調査(松下電工)

19年度に提案したモニタリング併用型換気システムモデルについて実大住宅において制御システムの検証やシステム具体化へ向けての実証実験を行うことで開発するセンサに求められる課題抽出を行う。

また、実住宅での化学物質検出上の外乱要因の一つとなる吸着現象についてその影響度を調査する。

2) 空気環境のモニタリングを利用した性能評価法の調査(建築研究所)

モニタリングを利用した換気システムを導入するに当たって問題となる、空気環境形成と省エネルギー性能にかかわる実性能と実用上の課題を、実大住宅において換気試験やシミュレーション評価を行なうことにより明らかにする。

また、実大実験と実測調査から、住宅の多様性を反映させた空気環境形成と省エネルギー性能に関する予測・評価を行い、当該システムの有効性を示す。

3) センサ性能評価法の調査(東京大学)

フィールド調査により、以下の4点について明らかにする。①実居住住宅の中で高濃度かつ濃度変動の大きい居室を選定する。②モニタリングゾーンと非モニタリングゾーン間の汚染質の濃度変動影響についてデータを収集する。③本プロジェクトで開発する検出器の干渉物質に挙げられているエタノールの居住環境中での濃度を把握する。④実空間において開発検出器の実証実験を行い、その適応性を評価する。

1. 2 中間目標（平成19年度末）

本プロジェクトは実施期間が5年未満のため、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技術開発機構」、又は「NEDO」という）技術評価実施規程第12条の二により中間評価がなく、中間目標もない。

ただし、平成17年度のプロジェクト開始時には実施期間が3年間で、平成19年度が最終年度であり、平成19年度末に事業実施期間を1年延長し実施期間を4年としたので、延長前の制定時の「基本計画」の最終目標を、参考に転記しておく。なお、延長の経緯はII.3「情勢変化への対応」の項に記述した。

平成19年度までの最終目標

- ・揮発性有機化合物の総量の検出に加え、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン等の揮発性有機化合物のうち1種類又は複数の化合物を測定対象ガスとした検出器の基本概念と構造を確立する。また、プロトタイプを試作して初期性能を確認し、基幹技術の実用性を確認する。

- ・ガス種別選択性：揮発性有機化合物の総量の検出に加え、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン等の揮発性有機化合物のうち測定対象ガス濃度をそれぞれ計測できる基本技術を確立すること。

- ・検出感度：揮発性有機化合物の総量及び、測定対象ガスの検出限界は対象物質により異なるため、代表的な揮発性有機化合物の検出感度の目標値を別紙に記載する。

- ・応答性：10分/回以内（サンプリングから測定まで）。

- ・繰り返しモニタリング性：30分/回以内の間隔で繰り返し計測可能で、1か月以上連続測定が可能なこと。

各研究開発項目毎の中間目標は以下のとおりである

●センサ・デバイスの研究開発

1) センサ素子の研究開発(産総研、立命館大学、富山県工技センター)

以下の性能をもつ外熱式薄膜センサ素子を開発する。

(a)ホルムアルデヒド用センサ素子

- ・ガス種別選択性：ホルムアルデヒドの個別計測※1を可能とする素子
- ・検出感度：ホルムアルデヒドに対して $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm※2)

(b)芳香族類用センサ素子

- ・ガス種別選択性：トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンの中で少なくとも2種類のガスに対する個別計測※1を可能とする素子

- ・検出感度：トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンの中で少なくとも2種類のガスに対して以下の感度を有する。

トルエンに対して $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.035ppm※2)

キシレンに対して $435 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.10 ppm※2)

エチルベンゼンに対して $1900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.44 ppm※2)

スチレンに対して

110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.025ppm※2)

(c) 総揮発性有機化合物用センサ素子

- ・ ガス種別選択性 : 暫定の基準T-VOCガスに対して定量的な計測を可能とする素子
- ・ 検出感度 : 暫定の基準T-VOCガスに対して 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

※1 : 「個別計測」の達成とは、検知対象単独ガスの感度 (Ra/Rg 又は Rg/Ra) と単独干渉ガスに対する感度比が 10 以上を目指す。

※2 : 25°Cにおける換算値

2) デバイス化の研究開発 (松下電工)

独立行政法人産業技術総合研究所にて開発されたセンサ素子を用い、素子周辺技術を開発することによりデバイス化を行う。またセンサ駆動用回路を設計、作製し、デバイスと組み合わせてプロトタイプを試作して、基幹技術の実用性を確認する。

● 周辺技術の調査

1) モニタリング併用型換気システム開発のための調査 (松下電工)

検出器を利用した換気システムの仮決定した検出器位置を実大住宅にて検証し検出精度を確認する。

既存の換気システムの情報を基に検出器を利用する換気システムの有効性を調査し、また実大住宅で検証することで検出器を利用した新換気システムモデルを作成する。

2) 空気環境のモニタリングを利用した性能評価法の調査 (建築研究所)

実住宅における空気中化学物質濃度とその発生実態・発生状況に関する資料を整備して、T-VOCの発生と濃度形成にかかわる関連因子を明らかにし、システム提案の前提となる「建物の断熱性・気密性・換気設備性能・住まい方」及び「外界条件 (季節差)・構造形式」など、我が国の室内空気環境の動向を踏まえたとりまとめを行う。

また、シミュレーションと測定から、省エネルギー性能及び換気性能に関する評価を行い、どのような条件の住宅及び換気設備に当該T-VOCセンサを導入したシステムが有効であるかについてとりまとめを行う。

3) センサ性能評価法の調査 (東京大学)

開発検出器に要求される測定対象成分及び応答性に係わる基礎データを継続して収集する。また、市場流通センサと精密測定による測定結果の相違を検討することで、開発検出器から得られる値の補正法を提案する。

1. 3 目標設定の理由

住宅の省エネルギーを実現するため、ガス種別選択性に優れ（T-VOC、ホルムアルデヒド、トルエン、キシレンなどを個別に計測）、高検出感度で、短時間の間隔で繰り返し測定が可能で安価なVOCセンサシステム技術を開発するとともに、換気量を最小限に連続的に制御するモニタリング併用型換気システム技術を構築することで、住宅における各種VOCガス濃度を厚生労働省室内濃度指針値以下に確保しつつ、省エネルギー化を実現する。この技術開発により、実質的な換気回数を減少させ、熱損失と換気駆動エネルギーの低減を図り、2010年時点で(原油換算)2.8万k1の省エネルギーを可能とすることが期待される。現状のVOCセンサ技術では、ガス種別選択性、高検出感度、高応答性、連続測定性を同時に満足するものはなく、さらに省エネルギー化のためのモニタリング併用型換気システム技術も確立されておらず、研究開発目標として十分に高いレベルにある。

●目標値の根拠など

1) 平成20年度の最終目標の指針値濃度に対する感度変化25%以内という数値は、下記国際規格等を参考にした。

- ・ IEC60079-29-1 Gas detectors (ガス検知器(警報機)) :

ANNEX A の表中の 5.4.4(b) Stability, long term (fixed/transportable) の Group II に±20%の記載があり、(Group Iは炭坑向けのため、Group IIを参考にした。)

- ・ ISO/DIS 26142 Hydrogen detection apparatus (水素検知器) :

6.4.4.3 項に±30%の記載がある。

これらの値を参考にして、本PJでは変動25%以下と設定した。

2) 平成19年度の目標については、以下のとおりである。

- ・ 測定対象ガス :

から、特に

- ・ 総量(T-VOC)検知： 代替物質等のVOCについても検知する必要があること、及び換気システムにとっては換気を総量で管理する際に必須である。

- ・ ホルムアルデヒド：シックハウスの重要な原因物質であること。

- ・ トルエン、キシレン等の揮発性有機化合物のうち1種類又は複数の化合物：指針値に掲載された物質であること。また、いずれも事前評価書に書かれた測定対象物質の候補である。

- ・ プロトタイプ試作 :

換気システムに採用できるか確認するため。

- ・ 検出感度の数値：厚生労働省：平成14年1月22日、第9回シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会で定めた「個別物質の室内濃度指針値」のそれぞれの数値の二分の一の値で充分高感度である。

- ・ 応答性、繰り返しモニタリング性：センサ開発と並行して実施されるセンサ評

価テーマで確認される内容であり、計画時には暫定数値であるが、換気システムに採用できるレベルとして、応答性を10分/回以内（サンプリングから測定まで）、繰り返しモニタリング性を30分/回以内の間隔で繰り返し計測可能で、1か月以上連続測定が可能なこと、と定めるのが妥当である。

2. 事業の計画内容

2. 1 研究開発の内容

上記目標を達成するために、揮発性有機化合物をリアルタイム連続モニタリング可能な揮発性有機化合物対策用高感度検出器を開発する。ガス選択性、高応答性、高感度、安定性等の検出器に関する基本技術を確立し、この基本技術を組み合わせることによってデバイス化を行い、安価な揮発性有機化合物対策用高感度検出器を開発する。

また、揮発性有機化合物の発生源、発生物質の解明、その放散挙動の解明、モニタリング性能評価及びその手法について調査を行うとともに、開発検出器の実用性を多様な実環境下等で検証する。

本事業の全体の基本計画の研究開発項目、中項目、及び実施計画の項目の関連を図 II-1 に示す。

研究開発項目 (基本計画)	中項目	個別開発項目 (実施計画)
研究開発項目① センサ素子・ デバイス化の 研究開発	1. センサ素子の研究開発 ・ホルムアルデド ・芳香族、 ・T-VOC	1) センサ素子の高感度化
		2) センサ素子の安定性・ 信頼性向上
	2. デバイス化の研究開発	3) デバイス化
		4) プロトタイプ化
研究開発項目② 周辺技術調査	1. モニタリング併用型換 気システム開発のため の調査	5) VOC 発生要因の分類
		6) 室内 VOC 濃度に影響す る外乱要因の分類
	2. 室内環境モニタリング を利用した性能評価 法調査	7) 換気システム制御の効 果検証
		3. センサ性能評価法の検 討

図 II-1 基本計画の研究開発項目、中項目、及び実施計画関連図

また、本事業の全体の実施スケジュールを図 II-2 に示す。

年度		H17	H18	H19	H20
研究開発項目①センサ素子・デバイス化					
1. センサ素子の研究開発 ・ホルムアルデド ・芳香族 ・T-VOC)	1) センサ素子の高感度化	→	→	→	
	2) センサ素子の安定性・信頼性向上			→	→
2. デバイス化の研究開発	3) デバイス化	→	→	→	
	4) プロトタイプ化			→	→
研究開発項目②周辺技術調査					
1. モニタリング併用型換気システム開発のための調査	5) VOC 発生要因の分類	→	→	→	→
	6) 室内 VOC 濃度に影響する外乱要因の分類	→	→	→	→
2. 室内環境モニタリングを利用した性能評価法調査	7) 換気システム制御の効果検証			→	→
3. センサ性能評価法の検討	8) 開発センサの評価				→

図 II-2 本事業の全体の実施スケジュール

1) 研究開発項目①センサ素子・デバイス化の研究開発

(1) 研究開発の必要性

化学物質管理に用いられる、小型で安価な揮発性有機化合物（VOC）対策用高感度検出器に必要な、その場計測、高選択性、高感度、繰り返しモニタリングを実現するために、VOCガスに対して高い選択性を示す有機無機ハイブリッドセンサ材料及び金属酸化物半導体材料とMEMS技術を融合した技術開発を行い、ホルムアルデヒド、芳香族系VOC、及びVOCの総量（T-VOC）検出器を開発する必要がある。

(2) センサ素子・デバイス化の研究開発の具体的内容

(a) ホルムアルデヒドセンサ素子の開発（産総研）

高感度化と湿度等の環境に対する安定性、及び長期安定性向上に取り組む。高感度化については、有機/MoO₃ハイブリッド薄膜の作製プロセスを改善する。ポリアニリンをインターカレートする際に用いる溶液を十分にろ過又は遠心分離処理することで不溶性ポリマーを取り除くことが高感度化のためのポイントである。同様のプロセスをポリオルトアニシジンのインターカレートの際にも適用することで、数十ppbレベルの感度を有する素子を作製。ポリアニリンとポリオルトアニシジンが挿入したハイブリッド薄膜素子は、それぞれ数十ppbレベルでホルムアルデヒドとアセトアルデヒドに対する応答性が異なる。この特徴を利用して、これら2種類の素子を用いることで、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの混合ガス中の個別ガス濃度の分離検出をおこなう。VOC以外の水素等の可燃性ガスや二硫化ジメチル等の臭い物質に対する応答を調べ、これらのガスには応答しないことを確認する。また酸素ガス濃度の変動にも影響を受けないことを確認する。

湿度に対しては、層間ポリマーをポリアニリンからポリイソチアナフテン誘導体に置き換えることで、湿度の影響を低減する。これは、有機物の疎水化による効果である。

長期安定性の評価は1か月以上にわたり、応答値のヒステリシスを見る。XPS測定によりドリフトの原因を調査し、エージング及びフラッシング条件を最適化する。

(b) 芳香族センサ素子の開発（産総研、立命館大学）

電極間隔2~5ミクロン、くし歯本数50~124本のマイクロくし型電極上にW₀₃薄膜を形成したW₀₃薄膜マイクロセンサの、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンの芳香族系VOCガス（0.01~1 ppm）に対する感度を調べる。これら芳香族系VOCガス間の選択性を変えるため、貴金属（Au、Pt、Pd）の添加を行う。貴金属塩化物や、亜硝酸ジアンミン錯体を出発物質として、Pd添加W₀₃センサにおいて感度を改善する。またPtの添加で低温作動化に有効であるか、

400℃以下の動作温度、昇華の問題をクリアできるかを調べる。さらにNO₂やエタノールに対する感度が低いこと、芳香族系VOCガスに対する選択性を確認する。

さらに下記のセンサの実用性評価を行う。

1か月以上のヒステリシス応答を調べることにより、濃度による感度の交錯、長期安定性を評価する。長期安定性をさらに向上させるため、水熱法によりキューボイドW₀₃結晶を合成し、その安定性を評価する。ドリフトを2か月以上にわたり調べる。また、高湿度下エージングと湿度の影響の関係を調べ、湿度の影響を低減させる。

(c) T-VOCセンサ素子の開発（産総研、富山県工技センター）

T-VOC用ガスセンサの候補材料選定のため、4種類の金属酸化物材料（W₀₃、ZnO、SnO₂、In₂O₃）を対象に、31種類のVOCに対するセンサ特性を評価する。官能基と感度の関係を調べ、芳香族炭化水素系VOC、オキシ炭化水素系VOC、及び鎖式飽和炭化水素の感度への傾向を調べる。T-VOCセンサ材料候補としては、SnO₂を中心に、求められるT-VOCセンサの仕様に合わせて総合的に判断する。また、実住宅中のVOC計測結果を基に擬似的な「基準T-VOCガス」を作製し、混合VOCガスを用いた評価体制を整える。

「室内空気汚染問題に関する検討会」の中間報告書にある全40種類のVOCを7分類し、脂肪族炭化水素、ハロゲン化炭化水素系、アルデヒド類や芳香族炭化水素の感度を調べる。また、TVOCセンサ素子用材料として、SnO₂素子が添加物担持による感度向上と、その添加物としてPt、Pdの添加が低感度VOCの感度を向上させることなどを確認する。また、VOCの種別ごとに添加物や量の最適値や、センサの最適基板温度をVOCごとに調べる。これらを考慮して作製したセンサの擬似基準VOCに対する応答性を調べる。また、センサの小型化を検討するために、Pd(0.5wt%) / SnO₂系の素子を作製する際に、ディスペンサ法、スクリーン印刷法及びインクジェット法で対VOC感度を比較する。

さらに、高感度化のために添加貴金属種を検討し、Pt、Pd、Auを添加したSnO₂系がT-VOCセンサとして最適であるかを明らかにする。湿度変化に対する個別VOCガス、基準T-VOCガス応答性と抵抗値変化について検討し、3元系のAu-Pd-Pt/SnO₂センサの湿度による応答性への影響を見る。また、湿度の影響を低減させることに高湿度下エージングが有効であるか、抵抗値ドリフト低減に、異種酸化物添加、パルス電圧処理が有効であるかなど、湿度等の環境に対する安定性、及び長期安定性向上に取り組む。

(d) デバイス化の研究開発（松下電工）

小型プロトタイプに搭載可能であり、裏面にヒータを有する基板を設計・作製し、この上にホルムアルデヒド用、T-VOC用センサを形成する。芳香族用については、MEMS基板上に形成した素子を用い、これらの素子を小型プロトタイプに搭載し、センサ評価装置を用いて、それぞれの指針値濃度の1 / 2濃度のガスに応答することを確認する。また、実住宅や実空間でのフィールドテス

トを実施し動作を確認する。

2) 研究開発項目②周辺技術調査

(1) 研究開発の必要性

VOC 検出器の住宅用換気システムへの応用を図るための周辺技術調査として、シミュレーション技術開発と大型チャンバーによる検証実験を行うことで室内のVOC発生源、発生物質とその放散挙動を解明する。また室内VOC濃度の実態調査から、T-VOC 検出器開発のために基準となるガスの成分と濃度を提案する。さらに、理論的検討と実大住宅による検証によりシステム評価手法の提案を行う。以上により、健康的な室内空気質環境の実現と換気量制御による省エネルギー化の推進に貢献する。

(2) 周辺技術の調査の具体的内容

(a) 室内化学物質発生源、発生物質、放散挙動調査/モニタリング併用型換気システム開発のための調査 (松下電工)

(a)-1 室内化学物質発生源、発生物質、放散挙動調査 (H17-19)

モデルルームにて、寝室、リビングダイニングを中心に家具や家電製品から発生する化学物質を捕集し、化学物質の定量成分分析を行うことにより、化学物質放散挙動を把握し、化学物質濃度分布のシミュレーション(数値解析)とその可視化を行い、検出器を設置する位置の設定を行う。

化学物質濃度を直接測定し、計算された化学物質濃度と比較することにより精度の検証を行う。

(a)-2 モニタリング併用型換気システム開発のための調査(H20)

開発する検出器により有効に化学物質の検知を行い、最適な換気量制御で化学物質対策と省エネルギーを両立させる換気システムモデルを提案し、実大住宅にて実証実験を行い効果の確認を行う。詳細は次のとおり。

①「モニタリング併用型換気システムモデルの提案

室内の化学物質をモニタリングできるデバイスを利用した換気システムモデルを提案し、化学物質発生源の近くから速やかに化学物質を排出するために汚染源特定を検出方式を提案する。

②実大住宅における換気システムモデルの検証

上記換気システムモデルの実証実験を行うために実大実証住宅を選定して設備の改造工事を行う。モニタリング装置としてマルチポイントガスモニタの改造を行いモデルガス(N₂O)ガスの濃度に応じて換気風量調節が可能なことを確認する。リビングダイニングにおいて化学物質の濃度をモニタリングしながら換気量の制御を行い一定濃度以下の室内化学物質濃度を維持できることを確認する。さらに室内の化学物質測定に関する吸着性能の影響を調査する。

(b) 空気環境のモニタリングを利用した性能評価法の調査 (建築研究所)

(b) -1 室内基準T-VOCガスの設定

揮発性有機化合物対策に用いる高感度検出器の開発活動に適切な開発条件と目標を提供するため、a)実際の住宅建物における揮発性有機化合物の発生状況及び気中濃度に関する動向資料を収集するとともに、b)それら成果と既往資料に基づき、基準T-VOCガスに関する現時点での提案を行う。

①汚染発生状況調査

関東地域に建つ木造戸建て住宅（9戸）を対象として、汚染質の移動にかかわる熱・空気関連の特性調査と、揮発性有機化合物の発生及びその伝播・排出状況に関する気中濃度測定を一体的に実施し、ホルムアルデヒド、代替物質、及びT-VOCの気中濃度の傾向を調査する。また、平成15年の基準法改正に伴い、換気措置が義務化されて以降、換気設備が各季節や地域において適切な換気量を提供しているかなどを調査する。さらに、近年新たな汚染源と疑われる断熱材、補助資材（塗料等）、設備機器等を現場の知見に基づいて選定し、放散性状やその動向を実験等により検討を実施する。

②「基準T-VOCガス」の暫定提案

上記の結果に既往資料をあわせて検討を行ない、ホルムアルデヒド以外の代表的な成分として、戸建て木造を対象に、典型的な揮発性有機化合物成分組成とそれぞれの濃度比を定めた「基準T-VOCガス」の暫定案として提示する。

(b) -2 空気環境のモニタリングを利用した性能評価法調査

揮発性有機化合物対策用高感度検出器を住宅用の全般換気システムへ適応する場合に必要な室内空気質及び換気性能の評価方法について調査・実験及び理論的検討を行う。

①多種汚染物質を対象とした室内空気質の評価方法調査

国内外の研究事例及び文献調査を対象として、国内外のデータベース検索と、研究者及び実務者へのヒアリングを行い、多種のガスを同時に対象として、室内空気質や換気性能を評価する方法について整理取りまとめる。

②換気性能評価指標の拡張と検証

建築研究所が提案している、一種類の汚染物質を対象とした換気のパフォーマンス評価指標を多種の汚染物質を同時に対象として評価できるよう、理論的な整理と、トレーサーガスを用いた評価手法の拡張を行う。また、同理論と手法に基づき、換気システム性能実験室の実際の住宅を模した多数室の実験空間において、2種のトレーサーガスを使用し、温度・圧力等を管理した実験を実施し、換気性能評価手法の精査・検証を行う。

換気性能と熱負荷の基礎的なデータ取得を目的として、シミュレーションを行う。この計算結果を利用して、集合住宅や戸建て住宅にシステムを導入した場合の評価を省エネルギーの数値でも見られるようにする。

(b) -3 空気環境とエネルギー消費削減の両立のための検証実験と数値計算予測

空気環境とエネルギー消費削減の両立を図る変動換気システムを実大実験住宅に設置し、性能評価法の適用について検討。さらに、多数室換気シミュレ

ーション等により、住宅に特有な多様性因子の影響に関して検討する。

(c) センサ性能評価法の検討 (東京大学)

(c) -1. 本プロジェクトにおいて対象とする T-VOC についての情報収集

(c) -2. 実測による室内化学物質を調査する。

居住状態の住宅7戸についてそれぞれ居間と寝室の室内濃度を精密法 (GC/MS 法及び HPLC 法) により測定し、同一住宅内の濃度差と指針値物質濃度、既知物質濃度と T-VOC 濃度の3種類の濃度を用いて室内環境を評価する。

(c) -3. 簡易センサによる実測調査。

- ① 光音響分光法 (Photo Acoustic Spectroscopy) と光イオン化検出器 (Photo Ionization Detector) による室内の T-VOC 濃度、及び PAS 法と HPLC 法によるホルムアルデヒド濃度を精密法と比較。
- ② 居住状態の住宅の室内濃度を PID 法によりモニタリングし、T-VOC 濃度の経時変化のパターンについて調査し、開発する検出器にカットオフポイントによる制御や、瞬間的な濃度変動などの扱いを考慮する必要性を判断する。
- ③ 住居内における高濃度かつ濃度変動の大きい居室の調査を行う。
- ④ 居住者の行動による T-VOC 濃度変化の調査を行う。
- ⑤ モニタリングゾーンと非モニタリングゾーン間の汚染物質濃度変動影響の調査を行う。
- ⑥ 実空間における開発センサの実証実験及び適応性評価を行う。

2. 2 研究開発の実施体制

本研究開発は、単独研究機関による技術開発は困難であり、例えば、VOCセンサー・デバイス基礎技術開発、アレイ化技術によるガス種別選択技術開発、自動ガス濃縮技術による高感度化技術開発、室内VOC挙動シミュレーションによる換気システム技術開発など個々の技術を産学官連携により、総合的な開発に結びつける実施体制を想定した。

特にVOCセンシングの基礎技術としては複数の方式が想定されるため、これらの内から公募選考により、最適な実施体制にて開発を実施する必要があった。

数年経過時点で研究開発進捗状況を確認し、研究開発項目を実現しうる研究体制の見直し等を必要に応じて実施するとした。

そこで、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技術開発機構」という。）が、単独又は複数の、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、研究施設等の活用又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後、共同研究契約等を締結する研究体を構築し、委託して実施した。

共同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を最大限に活用すること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技術開発機構が委託先決定後に指名する研究開発責任者（以下「プロジェクトリーダー」という）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効率的な研究開発を実施した。

●参加メンバーとその妥当性について

本事業は平成17年度からスタートし、独立行政法人産業技術総合研究所、松下電工株式会社、独立行政法人建築研究所、国立大学法人東京大学が受託して実施している。研究の一層の推進を図るため、独立行政法人産業技術総合研究所からセンサ素子の研究開発の一部を学校法人立命館及び富山県工業技術センターに再委託した。

NEDO技術開発機構では、企画調整部（当時）の調整により、担当部署であるバイオテクノロジー・医療技術開発部（当時）がH18年12月28日実施した「研究開発プロジェクト点検表」により、参加メンバーの妥当性を確認した。

具体的には、委託先公募時（H17.7.20～8.23）に応募のあった提案をリバイスしたものを、下記のように再比較をしたものである。

比較対象企業等：4つの単独法人と3グループ、計18法人

対象技術：センサ技術、デバイス技術、VOC放散挙動等解明技術、
VOCセンサ性能評価、モニタリング性能評価

総合所見として、本プロジェクト参加メンバーの国際的地位は、トップグループにあるとされ、その根拠は以下のとおりである。

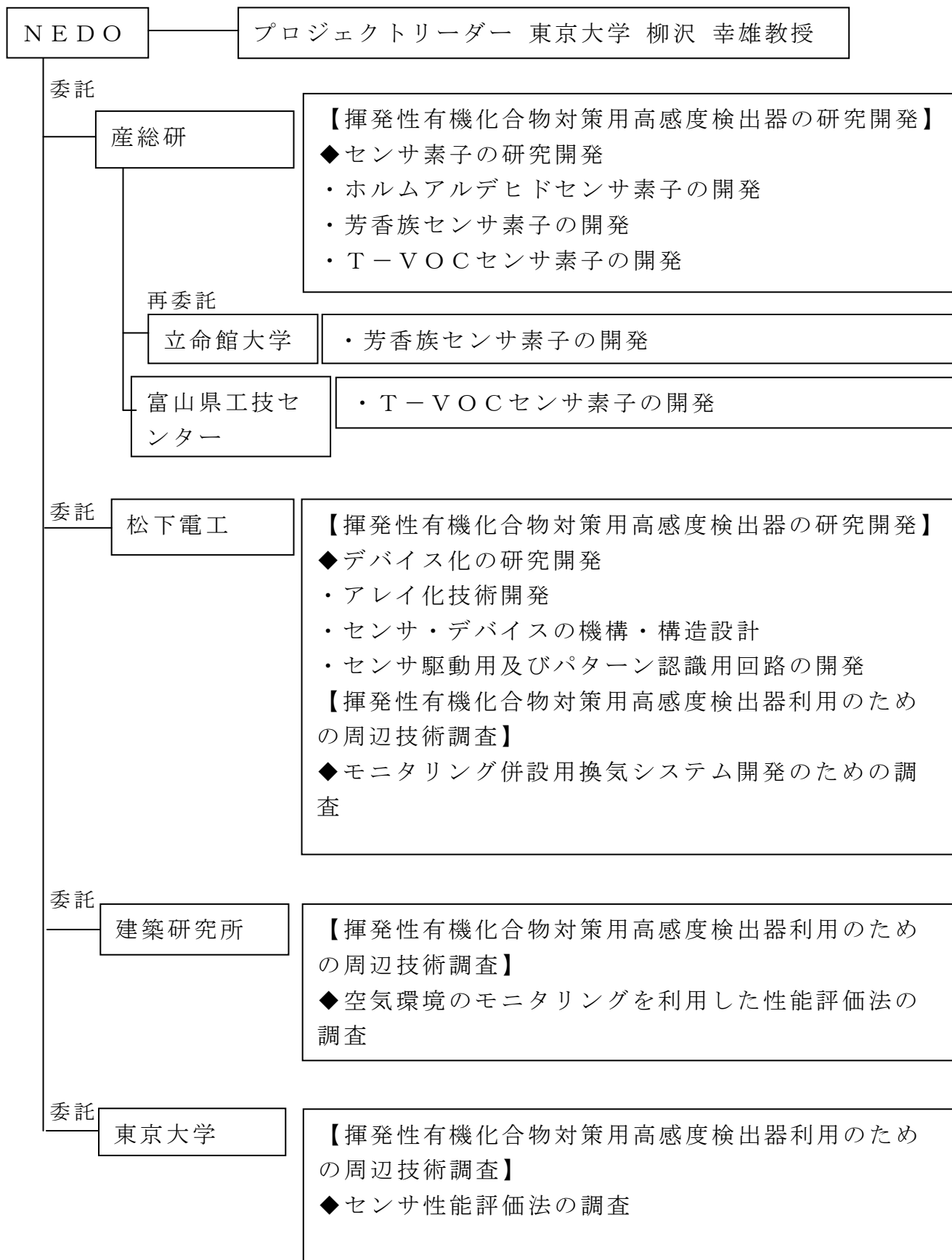
「各研究機関は、当該分野における研究開発実績、保有機器・設備、製品化技術等はトップレベルであり、経済産業省、国土交通省、産業界、学術機関が一体となった研究体制である。

- ・産総研は、有機無機ハイブリッド・センサ材料等の新規センサ材料の開発や新原理によるセンサ開発に高い評価を受けている。また立命館大学や富山工技センターは、高感度金属酸化物半導体ガスセンサでトップレベルの研究機関である。
- ・松下電工は、MEM技術の研究開発に早くから取り組み、加工からパッケージまで一貫した高度な開発技術を有している。また、住宅関連部材の総合メーカーであり、住宅部材等の加速予算を獲得した。加速予算を獲得した。VOC低減に取り組み、VOCの測定や対策について多くのノウハウを持った有数の企業である。
- ・建築研究所は、国土交通省の建築基準法の法規制に係わるメカニズム解明、測定技術検討、評価・予測技術を担当し、先駆的に室内空気環境対策に取り組み総合的な研究開発の研究実績を残している。
- ・東京大学は、室内に存在する汚染源の測定手法の確立、健康影響（シックハウス症候群、化学物質過敏症）評価、汚染源の特定、及びその対策の提案までを、公衆衛生学、化学工学、疫学、建築環境学などの幅広い観点で取り組んでいる。」

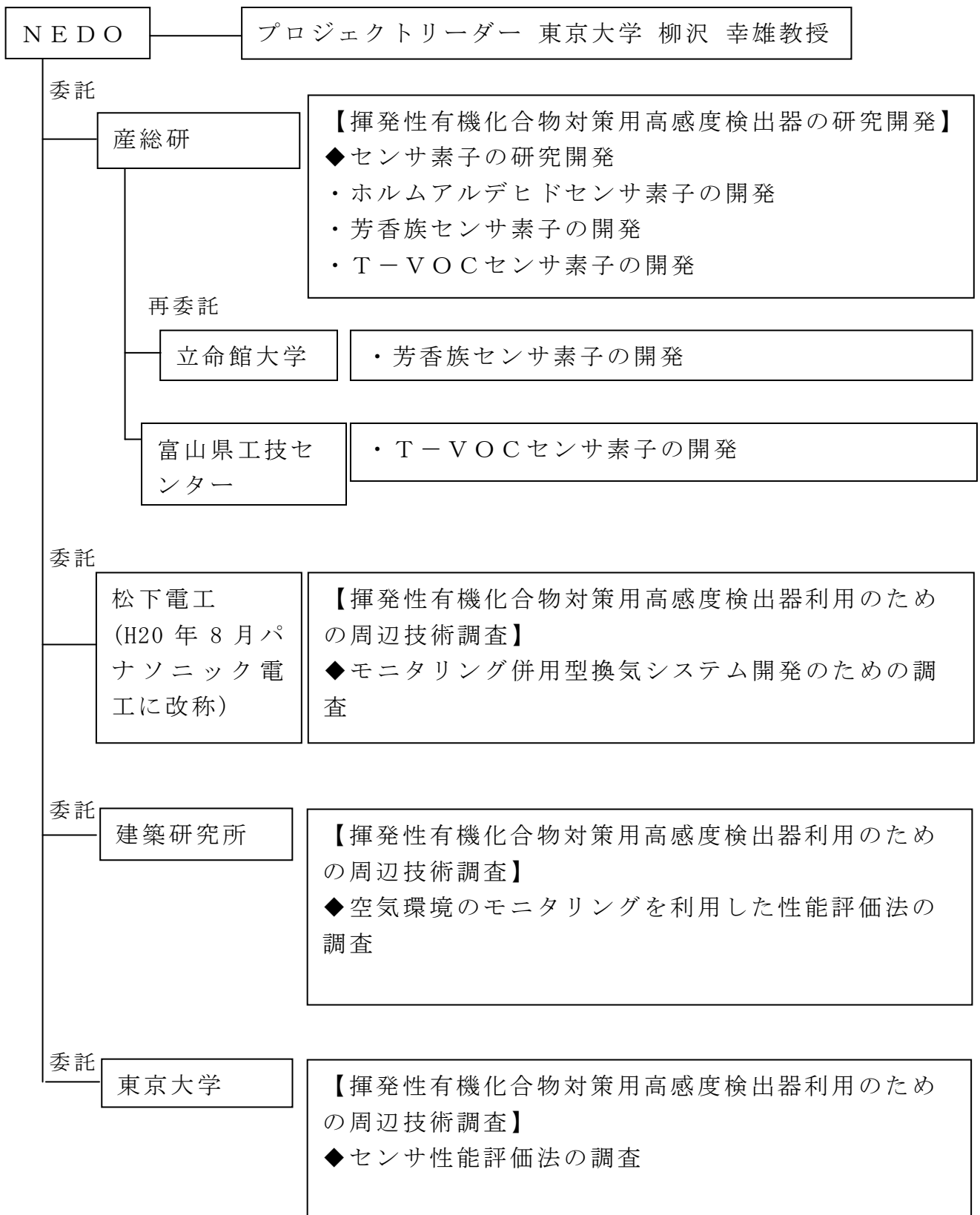
なお、東京大学大学院新領域創世科学研究科環境システム学専攻 柳沢 幸雄教授を「プロジェクトリーダー」とした。

以下に19年までと20年度の二つの体制図を掲げる。

実施体制 (H17~H19)



実施体制 (H20)



2. 3 研究の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、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した。

具体的には、開発推進委員会等を活用して、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、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った。

1) 開発推進委員会

委員リスト（平成18年度～平成19年度）

村上 周三*	委員長、慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科 教授
岩前 篤	近畿大学 理工学部 建築学科 准教授
加藤 信介	東京大学 生産技術研究所 教授
島ノ江 憲剛	九州大学 大学院総合理工学研究院エネルギー物質科学部門 教授
羽田 肇	独立行政法人物質・材料研究機構材料信頼性領域センサ材料セ ンター センター長
宮山 勝	東京大学 先端科学技術研究センター 教授

*H20年度から独立行政法人建築研究所理事長。H16年度において、本事業の企画・立案に当たり、座長とし、大学教授、研究機関、民間企業団体、消費者等の有識者からなる健康住宅ロードマップ研究会を開催し、省エネルギーを効率的に推進させる住宅の要素技術・設計技術等、今後の技術開発の方向性、さらに必要とされる新たな技術開発項目の位置付け（ロードマップ）等に係る検討を行い、その結果、住宅政策の新たな課題として、「改正建築基準法による24時間機械換気の義務付けに伴う熱損失の増加への対応があり、今後は、省エネと健康な室内空気環境の確保の両立が可能な対策を検討していくこと」が求められ、その具体的な対策として、「VOCセンサとVOCセンサを用いたモニタリング併用型換気システム等の開発の必要性」を提言している。（I.1.1.1.(2)項、I-2頁参照）

（開発推進委員会開催履歴）

<2006年度>

2006/10/19 第1回 場所：NEDO 日比谷オフィス

参加法人：METI、NEDO、東京大学、産総研、建築研究所、松下電工、松下エコシステムズ

2007/03/01 第2回 場所：NEDO 日比谷オフィス

参加法人：METI、NEDO、東京大学、産総研、建築研究所、松下電工、立命館大学

<2007年度>

2007/11/15 第1回場所：経産省・本館 7F 東3、第6会議室

参加法人：METI、NEDO、東京大学、産総研、建築研究所、松下電工

2008/03/07 第2回場所：松下電工東京本社 24F デジジョンルーム

参加法人：METI、NEDO、東京大学、産総研、建築研究所、松下電工

委員リスト（平成20年度）

加藤 信介**	委員長、東京大学 生産技術研究所 教授
岩前 篤	近畿大学 理工学部 建築学科 准教授
島ノ江 憲剛	九州大学 大学院総合理工学研究院エネルギー物質科学部門 教授
羽田 肇	独立行政法人物質・料研究機構材料信頼性領域センサ材料センター センター長
宮山 勝	東京大学 先端科学技術研究センター 教授

** 村上周三氏が、H20 年度から本プロジェクトの実施者のひとつである建築研究所の理事長に就任したことで、委員長を退任したため、委員の中から適任者を指名した。

（開催履歴）

<2008 年度>

2008/09/30 第1回場所：場所：松下電工東京本社 24F デジジョンルーム

参加法人：METI、NEDO、東京大学、産総研、建築研究所、松下電工

2009/02/03 第2回場所：場所：NEDO 川崎 1901 会議室

参加法人：METI、NEDO、東京大学、産総研、建築研究所、松下電工

2) センサ素子・デバイスチーム会議開催履歴

<2005 年度>

2006/01/30 第1回場所：産総研中部センター

参加法人：産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター

<2006 年度>

2006/05/29 第1回場所：産総研中部センター

参加法人：NEDO、産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター

2006/11/15 第2回場所：産総研中部センター

参加法人：NEDO、産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター

2007/01/26 第3回場所：産総研中部センター

参加法人：産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター

<2007 年度>

2007/04/20 第1回場所：富山県工技センター機械電子研究所

参加法人：NEDO、産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター

2007/06/20 第2回場所：産総研中部センター

参加法人：NEDO、産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター
2007/08/09 第3回 場所：松下電工大阪本社
参加法人：NEDO、産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター
2007/09/27 第4回 場所：産総研中部センター
参加法人：NEDO、産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター
2007/11/20 第5回 場所：産総研中部センター
参加法人：NEDO、産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター
2008/01/16 第6回 場所：産総研中部センター
参加法人：NEDO、産総研、松下電工、立命館大学、富山県工技センター
2008/03/03 (小型プロトタイプ打ち合わせ) 場所：松下電工大阪本社
参加法人：産総研、松下電工、富山県工技センター
<2008年度>
2008/05/16 (個別打ち合わせ) 場所：立命館大学びわこ・くさつキャンパス
参加法人：産総研、立命館大学
2008/05/26 (個別打ち合わせ) 場所：富山県工技センター中央研究所
参加法人：産総研、富山県工技センター
2008/09/04 第1回 場所：名古屋駅前イノベーションハブ
参加法人：NEDO、産総研、立命館大学、富山県工技センター
2008/12/03 第2回 場所：立命館大学びわこ・くさつキャンパス
参加法人：NEDO、産総研、立命館大学、富山県工技センター

3) 換気システム連絡会開催履歴

<2005年度>

2006/01/30 場所：東京大学
参加法人：東京大学、パナソニック電工

<2006年度>

2006/11/30 第1回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：建築研、松下エコシステムズ、パナソニック電工

2006/12/10 第2回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：NEDO、建築研、東京大学、松下エコシステムズ

2007/01/11 第3回 場所：松下エコシステムズ
参加法人：松下エコシステムズ、パナソニック電工

<2007年度>

2007/04/10 第1回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：NEDO、産総研、建築研、東京大学、パナソニック電工

2007/06/07 第2回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：NEDO、産総研、建築研、松下エコシステムズ、パナソニック電工

2007/06/28 第3回 場所：ベターリビング(つくば)
参加法人：建築研、ベターリビング、パナソニック電工

2007/07/09 第4回 場所：パナソニック電工東京本社

- 参加法人：建築研、松下エコシステムズ、パナソニック電工
2007/07/27 第5回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：NEDO、産総研、建築研、東京大学、松下エコシステムズ、パナソニック電工
- 2007/09/12 第6回 場所：東北工業大学
参加法人：建築研、東京大学、パナソニック電工
- 2007/11/15 第7回 場所：経済産業省
参加法人：NEDO、建築研、東京大学、パナソニック電工
- 2007/11/29 第8回 場所：東京大学
参加法人：NEDO、産総研、東京大学、松下エコシステムズ、パナソニック電工
- 2008/02/01 第9回 場所：建築研究所
参加法人：建築研、パナソニック電工
<2008年度>
- 2008/04/23 第1回 場所：ベターリビング（つくば）
参加法人：NEDO、建築研、ベターリビング、パナソニック電工
- 2008/06/04 第2回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：NEDO、建築研、東京大学、パナソニック電工
- 2008/06/25 第3回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：東京大学、松下エコシステムズ、パナソニック電工
- 2008/07/28 第4回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：建築研、パナソニック電工
- 2008/09/03 第5回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：東京大学、パナソニック電工
- 2008/11/26 第6回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：建築研、ベターリビング、パナソニック電工
- 2008/12/11 第7回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：建築研、東京大学、ベターリビング、パナソニック電工
- 2009/01/15 第8回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：NEDO、建築研、東京大学、パナソニック電工
- 2009/02/03 第9回 場所：NEDO 川崎
参加法人：NEDO、建築研、東京大学、パナソニック電工
- 2009/02/19 第10回 場所：パナソニック電工東京本社
参加法人：建築研、ベターリビング、パナソニック電工

3. 情勢変化への対応

- ・外部要因：なし
- ・内部要因：平成20年3月に実施期間を1年延長した経緯を説明する。
本プロジェクトは実施期間を平成17年度から平成19年度の3年間として開始されたが、平成19年度末に、高感度センサの開発において、下記のように、計画以上の成果が得られた。
- ・最低1つのセンサを開発する目標について
→開発した3種のセンサすべてが最終目標（当時の平成19年度末目標）をクリアできる見込みがたった。
- ・当初の実施計画では、希薄なVOCを濃縮せずに高感度な測定をすることは困難と考え、開発内容に次善策である濃縮手段の開発を含めていた。
→3センサとも希薄なVOCを濃縮せずに高感度な測定が可能になる見込みがたった。

また、周辺技術の調査においても、センサ性能へのフィードバック情報等、「モニタリング併用型換気システム」を実現するためデータも順調に得られていた。

そのため、プロトタイプの性能を実環境下等で検証すれば実用化の見込みがあるとして実施期間1年の延長を希望し、プロジェクト推進委員会で承認された。

かつ、平成19年12月の経済産業省資源エネルギー庁の「省エネルギーの推進」施策に係わる事後評価書に於いて「民生家庭部門の省エネルギー対策を推進するため、室内空気循環を確保して換気負荷の最可能とするセンサ技術及びモニタリング併用型換気システム等の開発を（平成20年度まで）行う。」と認められた。

あわせて、実施体制への見直しを行い、具体的な実施計画内容を精査し、調査項目に注力した体制とした。（II.2項の実施体制図参照）

上記の経緯で平成20年3月に実施期間を1年延長し、最終目標に「プロトタイプの性能を実環境下等で検証する」とともに、「特性（安定性・信頼性）の向上を図る。」を加えた。

- | | |
|-------------------|--------|
| ・ 予算： H20年度 | 95百万円、 |
| ・ 実績： センサ・デバイスの開発 | 30百万円 |
| 周辺技術の調査 | 60百万円、 |

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義及び将来の産業への波及効果について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成21年度に実施する。