

エネルギーイノベーションプログラム 「揮発性有機化合物対策用高感度検出器 の開発」(事後評価)

(2005年度～2008年度 4年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO技術開発機構
環境技術開発部

2009年 12月 2日

1/30

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

公開

社会的背景

1. シックハウス

- ・厚生労働省:H12からシックハウス問題に関する検討会を設置し、13種類のVOCの濃度指針値設定
- ・国土交通省:H15 改正建築基準法施行換気回数確保

2. 地球温暖化

- ・喫緊の世界的、国家的課題
- ・民生家庭部門の換気エネルギー消費の低減

トレードオフ関係

事業の目的

- ・省エネルギー換気システムの構築
- ・小型、高感度のVOCセンサの開発

根本的な住宅価値増大技術の確立

必要性

健康住宅ロードマップ研究会

H16年METI主催 座長:慶應大学 村上 周三 教授(東京大学名誉教授)

検討

- ・省エネを効率的に推進させる住宅の要素技術・設計技術等、今後の開発の方向性
- ・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)



結果

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に、**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ゆくことが求められる



具体的提言

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

位置付け

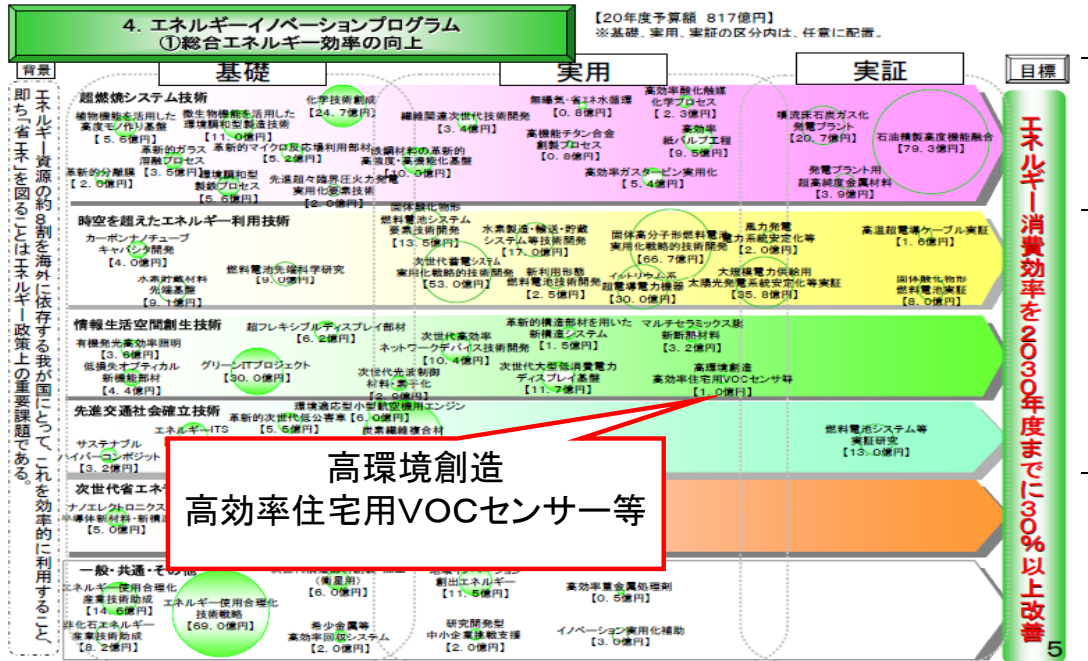
H17年度のMETI事前評価

「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」* 及び
「住宅関連産業施策」において
「高環境創造高効率住宅用VOCセンサ等技術開発事業」
として位置付けられている

*「省エネルギー技術開発プログラム」はH20年度から
「エネルギーイノベーションプログラム」に変更

位置付け

エネルギーイノベーションプログラム(H20)



意義

NEDOが関与する意義

喫緊の課題である省エネ性の向上を促し、さらに、トレードオフとなりがちな空気質の向上とを両立させる技術の開発は、

- 国が民間企業に対して技術開発を適切な方向へ誘導
- 国土交通省関係機関や関係有識者との連携
- 関係要素技術が多岐にわたる
- 投資に対する技術的リスクが高い

NEDOが産学官連携体制で推進すべき事業

効果

実施の効果 (費用対効果)

費用の総額 4.7億円

市場の効果(2020年時点) ※成功確率100%で計算

新換気システム販売 1千億円 (673万機/年、+1~2万円/機)
(平成17年事前評価時矢野経済研究所調べ)

省エネルギー効果 (万kl/年)

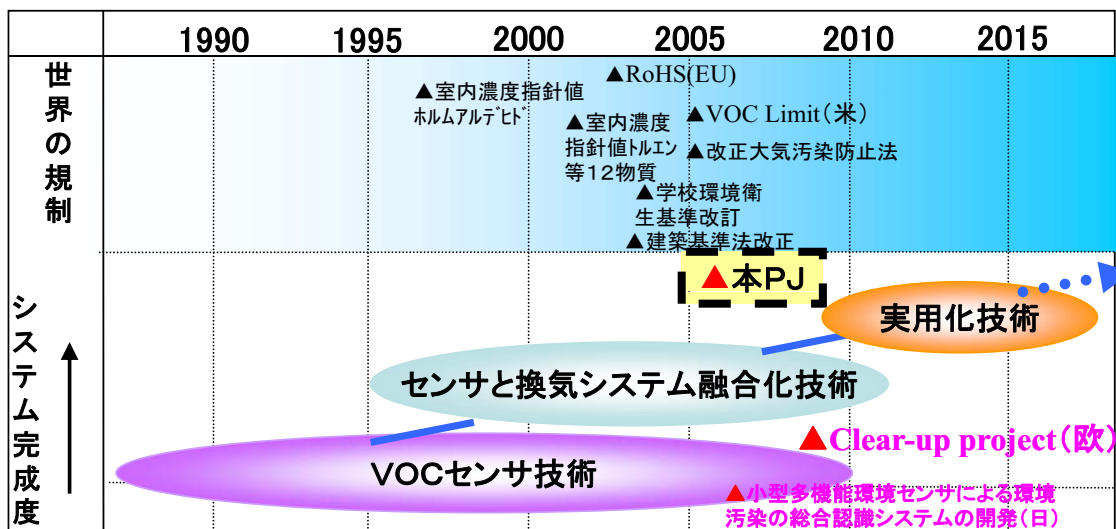
8.6万kl/年 (2020年推定、原油換算)

13.6万トン/年 (2020年推定、CO2換算)

(本プロジェクト試算による)

内外動向

国内外の研究開発の動向; 事業目的の妥当性



本プロジェクト	従来にない高い目標
センサの感度目標	指針値の1/2
換気システム運転	VOCセンサ制御

事業妥当性

目標

事業実施期間を延長、最終目標を変更

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。

- ①ガス種別選択性：測定対象ガス濃度を計測できる基本技術を確立する。
- ②検出感度：対象13物質ごとに濃度を設定。
- ③応答性：10分/回以内(サンプリングから測定まで)。
- ④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あること。

実施期間を延長し下記を最終目標に

- ・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。

目標・根拠

実施期間延長前の研究開発目標と根拠

研究開発項目(個別テーマ)	研究開発目標	根拠
研究開発全体目標	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。	測定対象ガス選定理由： 指針値に記載されていることのほかに ・ホルムアルデヒドはシックハウスの重要な原因物質であるため。 ・総量(T-VOC)検知は換気システムにとって必須であるから。 プロトタイプ試作の理由： 換気システムに採用できるか確認するため。
①ガス種別選択性	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。	チャレンジングな開発のため、選択性の基本技術を確立することを第1とした。
②検出感度	13VOC濃度	指針値濃度の1/2とすれば、検出可能である。
③応答性	10分/回以内。	換気システムに採用できる最大値と考えた。
④繰り返しモニタリング性	30分/回以内の間隔で繰り返し、1か月以上連続測定可能。	同上
周辺技術の調査	基本計画の目標(値)はない	実施計画時の目標はセンサへのフィードバックデータなどで、実用化必須の情報。

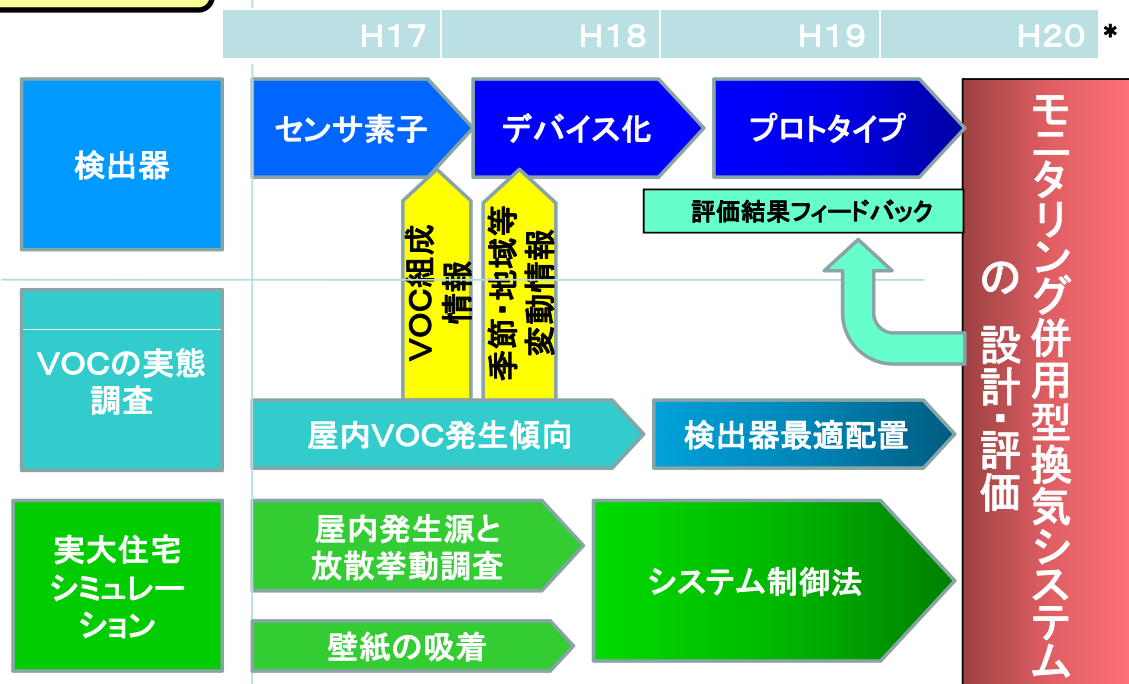
目標・根拠

実施期間延長後の研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
①センサ素子・デバイス化の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p>「25%」の設定根拠: 下記国際規格等を参考に設定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IEC60079-29-1 Gas detectors (ガス検知器(警報機)): 変動20%以内 ・ISO/DIS 26142 Hydrogen detection apparatus (水素検知器): 変動30%以内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周辺技術の調査	プロトタイプの実用性を多様な実環境下等で検証する。	システムとして使えるか評価に実環境域での検証が不可欠である。 (当初基本計画では調査の目標はなく実施事項のみ記載したが、検出器の開発が進み、実用化が見え、新たに設定した。)

開発計画

プロジェクト全体の構成概要と実施時期の概要



* 実施年度は正確ではない

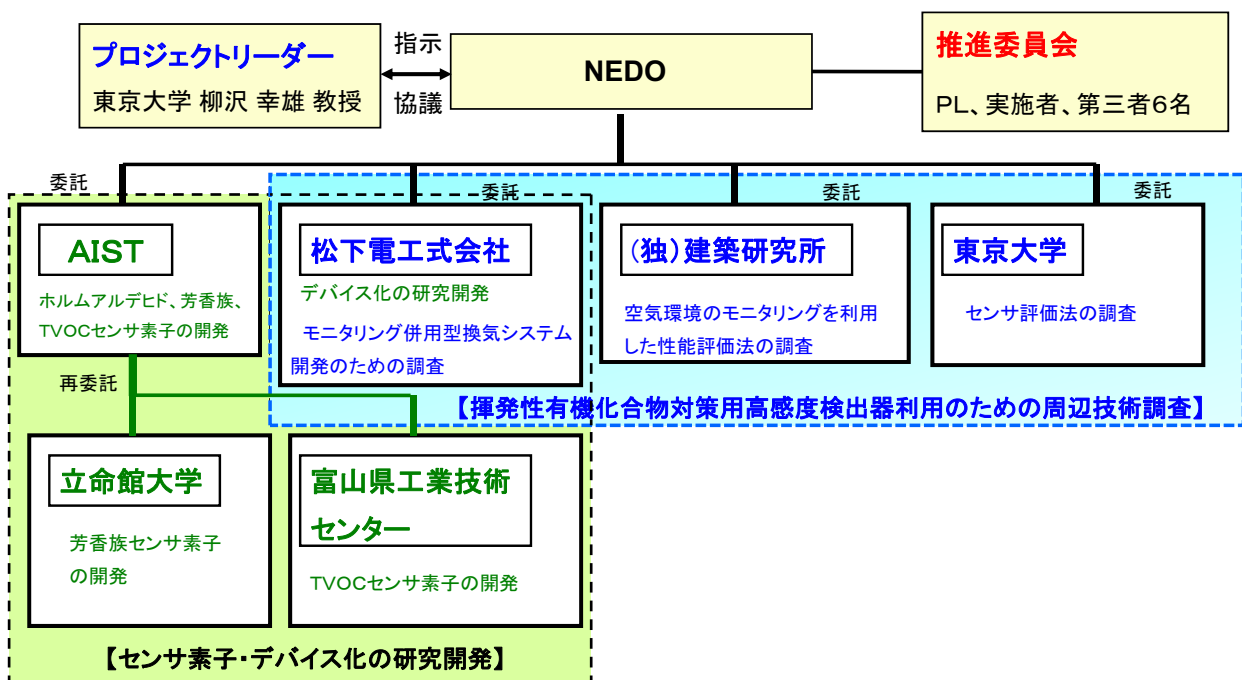
予算

年度	H17	H18	H19	H20	合計
予算	140	140	112	95	487
1 センサ素子、デバイス化の研究開発	60	70	27	31	188
2 周辺技術調査	73	70	78	59	280
実績計	133	140	105	90	468

4年間に約5億円の費用を投入

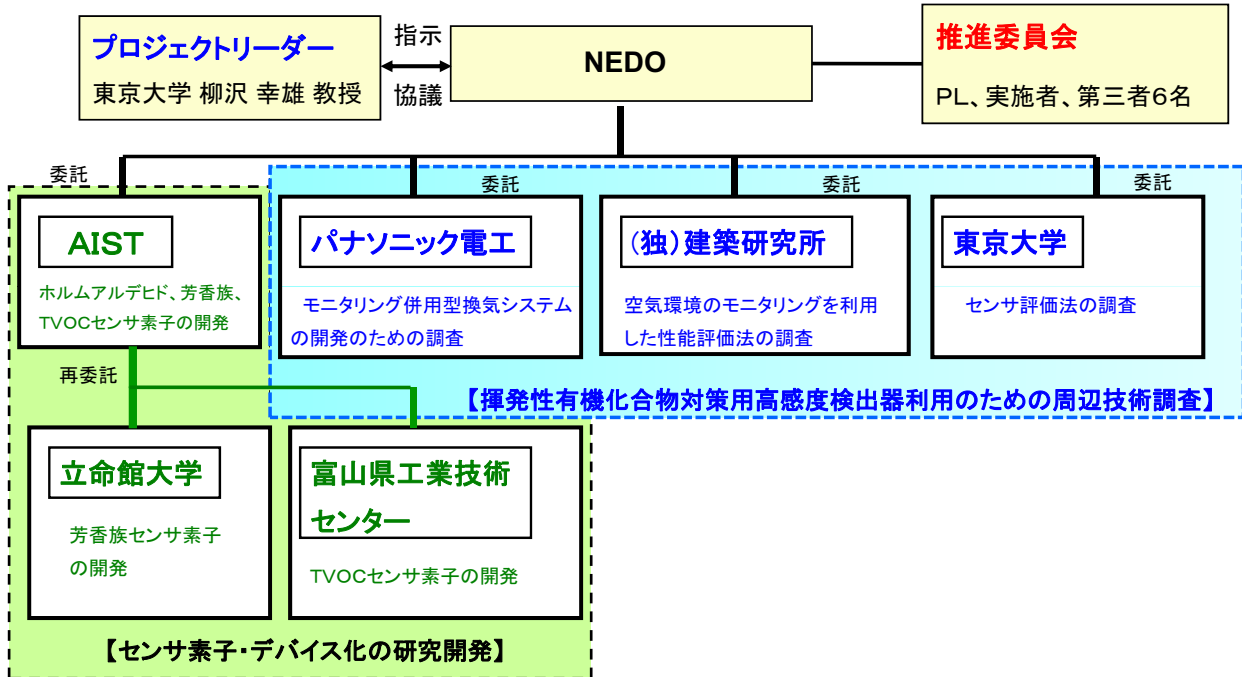
体制

研究開発の実施体制(H19まで)



体制

研究開発の実施体制(H20)



体制

実施体制の妥当性に関する資料(体制図の解説)

NEDO事業

高感度検出器の開発
産業技術総合研究所、松下電工、立命館大学、富山県工業技術センター



住宅への応用
建築研究所、東京大学、パナソニック電工

上市

換気システム付き住宅
換気システム
パナソニック電工

参加法人とチームは各分野でトップクラスにあり実施者として妥当である(H16,17,18NEDO実施PJ点検)

状況変化

状況変化等への対応: 実施期間延長の説明

状況	対応
<p>・ H19年度までに、センサの開発が順調に進んだ。(注1)</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>・ プロトタイプを実環境下等で検証すれば実用化の見込みがある。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>・ 「モニタリング併用型換気システム」実現の可能性が高まる。</p>	<p>・ 平成20年3月に実施期間1年延長(注2)目標に「実環境下等で検証する」を加えるとともに、「特性(安定性・信頼性)の向上を図る。」とした。</p> <p>・ 調査項目に注力してモニタリング併用型換気システムの実現させる体制とした。</p> <p>・ H20年度予算: 95百万円</p>

注1: 希薄なVOCを濃縮せずに高感度な測定ができるという期待以上の成果が得られた。

注2: 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」施策に係る事後評価書において「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小化を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。」と記載された。

・NEDO主催「技術推進委員会(年2回)」を開催

外部有識者(下記)の意見を運営管理に反映

慶応大学 村上周三 教授(H19まで委員長)、東京大学 加藤信介教授(H20委員長)、
近畿大学 岩前篤準教授、九州大学 島ノ江憲 剛教授、東京大学 宮山 勝 教授、
(独)物質材料研究機構 羽田肇 センター長

- ・主な反映内容 (1)実施期間を1年延長(H20)
- (2)実施体制を再編成 (H20)

・その他、以下の会議を開催 進捗状況確認と今後の方針を協議

「センサ素子・デバイスチーム(年3, 4回、計15回)」

「周辺技術調査チーム(年5, 6回、計23回)」

プロジェクト全体の目標の達成状況

開発項目	目標	達成状況	達成度
① センサ素子の研究開発	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認し、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。	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た。これらにより、各種安定性信頼性の数値目標を達成し、フィールドでの使用可能なセンサ素子を得た。	◎
	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。	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。	○
② 周辺技術調査	プロトタイプの実用性を多様な実環境下等で検証する	<ul style="list-style-type: none"> ・重点目標のモニタリング併用型喚気システムの提案。 ・プロトタイプの評価。 ・省エネの効果確認。 	○

全体開発項目と個別研究開発項目の関係

全体開発項目(基本計画)	中項目(実施計画)	個別開発項目(実施計画)
①センサ素子・デバイス化の研究開発	1.センサ素子の開発	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
②周辺技術調査	・モニタリング併用型喚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
	・室内環境モニタリングを利用した性能評価法調査	7)喚気システム制御の効果検証
		8)開発センサの評価
	・センサ性能評価法の検討	

(1)個別研究開発項目の目標と達成状況

-センサ素子・デバイス化の研究開発-

開発項目	目標	達成状況	達成度
1) センサ素子の高感度化	指針値又は暫定目標値濃度の1/2の感度を有する。	当初想定した濃縮素子を併用することなく素子単独で達成した。	◎
2) センサ素子の安定性・信頼性向上	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。	材料の改良、改質により安定性・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た。	○
3) デバイス化	センサ素子をそれぞれチップ実装法、ディスペンサー法によってアレイ化しデバイスとした。このアレイ化デバイスを、ワイヤーボンドにより、金属ステムに実装しパッケージングする。	センサ素子の小型化、デバイスのための最適化を行い、ステムに搭載した。	○
4) プロトタイプ化	センサ駆動用及び信号処理用回路を開発し、芳香族、T-VOC、ホルムアルデヒドの3種類のプロトタイプを作製する。	各種プロトタイプを作製しセンサ素子を搭載、フィールドテストを実施した。	○

(1)個別研究開発項目の目標と達成状況-周辺技術調査-

開発項目	目標	達成状況	達成度
5) VOC発生要因の分類	建材、家具などから発生するVOC濃度とその空間分布を調査するとともに居住者の行動により発生するVOC濃度の変動を調査する。	建材、家具および居住者の行動により発生する一般的なVOCの種類及び濃度について明らかにし、今後、室内のVOCの多様性が拡大する可能性を指摘した。	◎
6) 室内VOC濃度に影響する外乱要因の分類	自然換気や局所換気によるVOC濃度及び濃度分布の変動を調査する。 VOCの壁面への吸脱着による室内VOC濃度への影響を検証する。	外乱要因による、住居内VOC濃度分布に変化が生じることを確認し、全体換気制御に加え、排気経路制御を組み合わせることによる効率化を示した。	◎
7) 換気システム制御の効果検証	換気システム制御アルゴリズムを構築し、実大住宅においてVOC濃度低減及び省エネルギー効果を検証する。	風量・経路制御法を実大住宅で検証できた。	○
8) 開発センサの評価	実居住環境における開発センサの性能を確認する。	既存の高額な分析機器と同レベルの応答性を示した。	○

・空気質をモニタリングすることにより換気システムを制御し、省エネルギーと健康的空気質の両立を図る

空気質のモニタリング

換気システム搭載可能な
小型、高感度VOCセンサの開発

ホルムアルデ
ヒドセンサ

芳香族センサ

T-VOC
センサ

多様化する室内VOCに対しても対応可能

省エネルギーの実現

VOC濃度のモニタリングによる
換気システム制御技術

制御アルゴリズム
(運転強度の切り替え)

換気システムの設計
(局所換気との併用)

居住状態に対応した換気設備

長期的視点に立った
省エネルギーと健康的空気質を両立させた換気システムを提案

各個別テーマの成果

(1) センサ素子・デバイス化の研究開発

- ・素子の高感度化によりガス濃縮を伴わない検知が可能となった。→特許出願
- ・各種エージング及びセンサ信号処理法などにより安定性を向上させた。
- ・センサデバイスの機構・構造設計や素子周辺技術を開発した。→ppbレベルのVOC検知が可能。
- ・T-VOC用センサを用いて居住空間でVOCの濃度変化が検知できることを確認した。→波及効果としてT-VOCセンサ評価法の国際標準化へ。

(2) 周辺技術調査

- ・建材などの発生源対策が進み、指針値物質に関しては、室内の化学物質濃度は低下してきたが代替物質の濃度が高い場合がある。→T-VOC濃度による空気質評価の必要性提示とセンサ開発へのフィードバック。
- ・生活で発生する突発的な化学物質に対応すべきである。→モニタリング位置
- ・化学物質発生に対する換気経路変更による空気質改善を検証
→全体換気量制御のアルゴリズムが確立された。
- ・換気システムの省エネ効果を表現できるプログラムの基礎データを取得。

(3) 知的財産権、成果の普及

	H17	H18	H19	H20	計
出願特許	1	4	5	3	13件
論文(査読付き)	1	4	4	6	15件
研究発表・講演	4	17	19	15	55件
受賞実績	0	0	0	1	1件
新聞・雑誌等への掲載	1	5	0	6	12件
展示会への出展	0	0	0	2	2件

※ : 平成21年11月6日現在

国内外を含め13の特許を出願

- ・ 特願2006-065709 ガスセンサ及びその製造方法
- ・ 特願2006-181989 ガスセンサ及びその製造方法
- ・ 特願2006-248676 ガスセンサ及びその製造方法
- ・ 特願2006-312309 高感度ガスセンサ及びその製造方法
- ・ 特願2007-063843 酸化モリブデン薄膜の製造方法及び化学センサ
- ・ 特願2007-181530 ガスセンサ材料、その製造方法及びガスセンサ
- ・ 出願(米国):11/939959 高感度ガスセンサ及びその製造方法
- ・ 出願(EPO):07022134.6 高感度ガスセンサ及びその製造方法
- ・ 特願2007-321302 電氣的抵抗の変動が抑制された有機無機ハイブリッド材料
- ・ 特願2007-220301 ガスセンサの製造方法
- ・ 特願2008-326619 Total-VOC検出用ガスセンサ及びその製造方法
- ・ 特願2009-116877 換気装置
- ・ 特願2009-001578 ガスセンサを予備処理する方法

主な新聞・雑誌等の掲載

- 有機無機ハイブリッド材料を用いたVOCセンサ材料とその適用効果、工業材料54、No3, 39 (2006).
- 有機無機ナノハイブリッドを用いたVOCセンサ、産総研TODAY, Vol. 6, No. 10, p.14-14, 2006.
- 家のシックハウス度を測る VOCセンサ、経済産業ジャーナル、2006/8/1.
- あなたを救うナノテクー防災がナノテクで変わるー(1)産総研の開発する3種類の画期的ガスセンサ、週間ナノテク、2006/12/11.
- 有機無機ハイブリッド材料を用いたセンサ技術への応用、成形加工、Vol. 20, p. 217-222, 2008.
- VOCセンサ開発の重要性、IEEJ Trans., Vol. 128, p. 119-124, 2008.
- 層状有機無機ハイブリッド材料を用いたVOCセンサ、マテリアルインテグレーション、Vol. 21, No. 5,6, p. 26-30, 2008.
- セラミック環境センサの新展開、セラミックデータブック2008/09、Vol. 34, p. 200-204 (2008).
- 有機無機ハイブリッド薄膜VOCセンサ、セラミックス、Vol. 44, p. 113-117 (2009).
- T-VOCセンサ開発、換気扇制御に大きな効果、電波新聞、2008年9月12日

本PJの実用化は、新築戸建て住宅に適用する換気システムとする

対象：新築戸建て住宅

センサ位置：排気経路
 主要な部屋ごとにチューブサンプリング

制御内容：換気経路制御
 +
 全体の換気量コントロール

センサにより局所排気及び窓開けを検知し
 強、中、弱と切り替えて換気量を削減

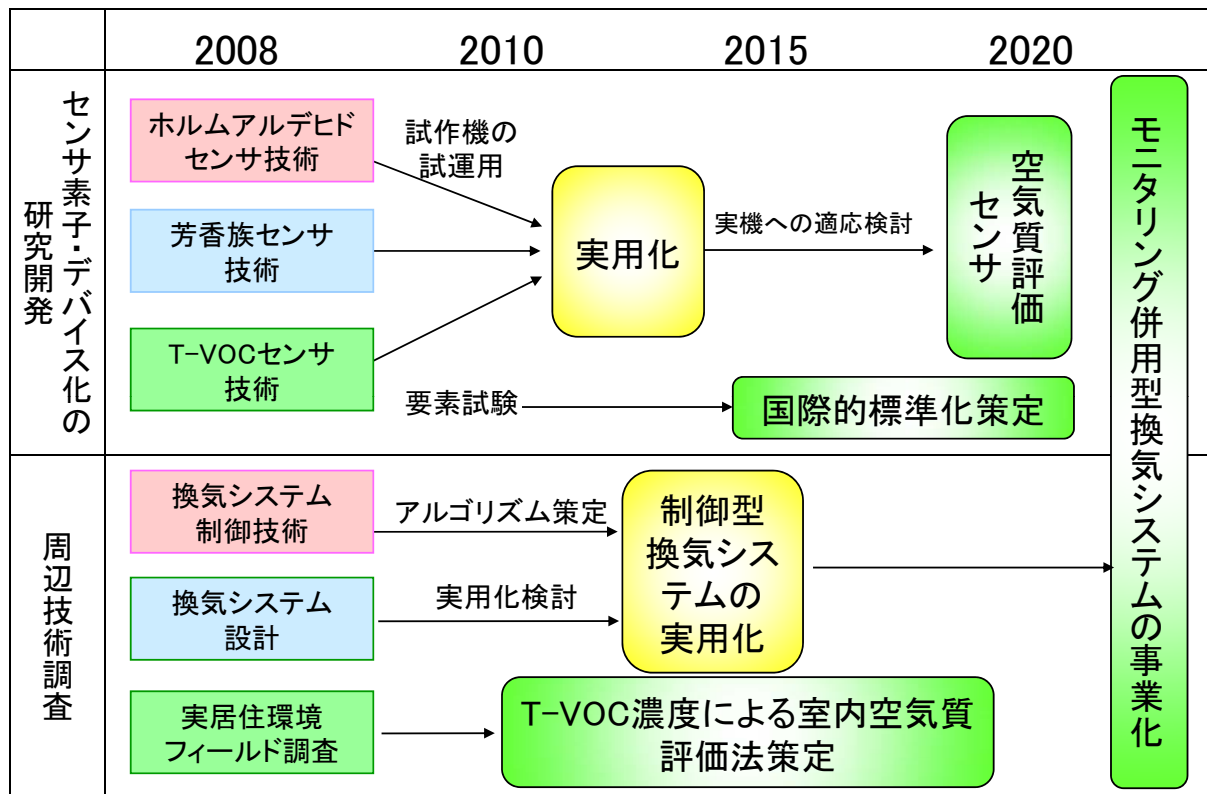
センサスペック：

・指針値付近とその半分の濃度を検知

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 TVOC (目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

TVOCセンサのしきい値は居住者の嗜好に合わせて設定可能

コスト：現行の換気システム+10万円超



(1) センサ素子・デバイス化の研究開発

平成21年度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」を実施し、VOCセンサ評価法の国際標準化に取り組んでいる。

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なり、安全・安心な屋内環境の構築及び国際競争力強化に貢献すること期待できる。課題として、標準ガスの設定、センサの長期的安定性などが挙げられる。

(2) 周辺技術調査

新築戸建て住宅に対して提案した換気システムの用途拡大(集合住宅や公共施設、工場など)が考えているが、課題として

- ① 低コスト化 (機能絞り込みや部品点数削減) 1/10程度
- ② 用途別妨害物質への対応
- ③ センサの長期安定性、評価法、メンテナンス方法の確立などが挙げられる。

END