

「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」  
**周辺技術調査  
事後評価 分科会**

2009年12月2日

パナソニック電工  
建築研究所  
東京大学

1

**調査Gr 目標**

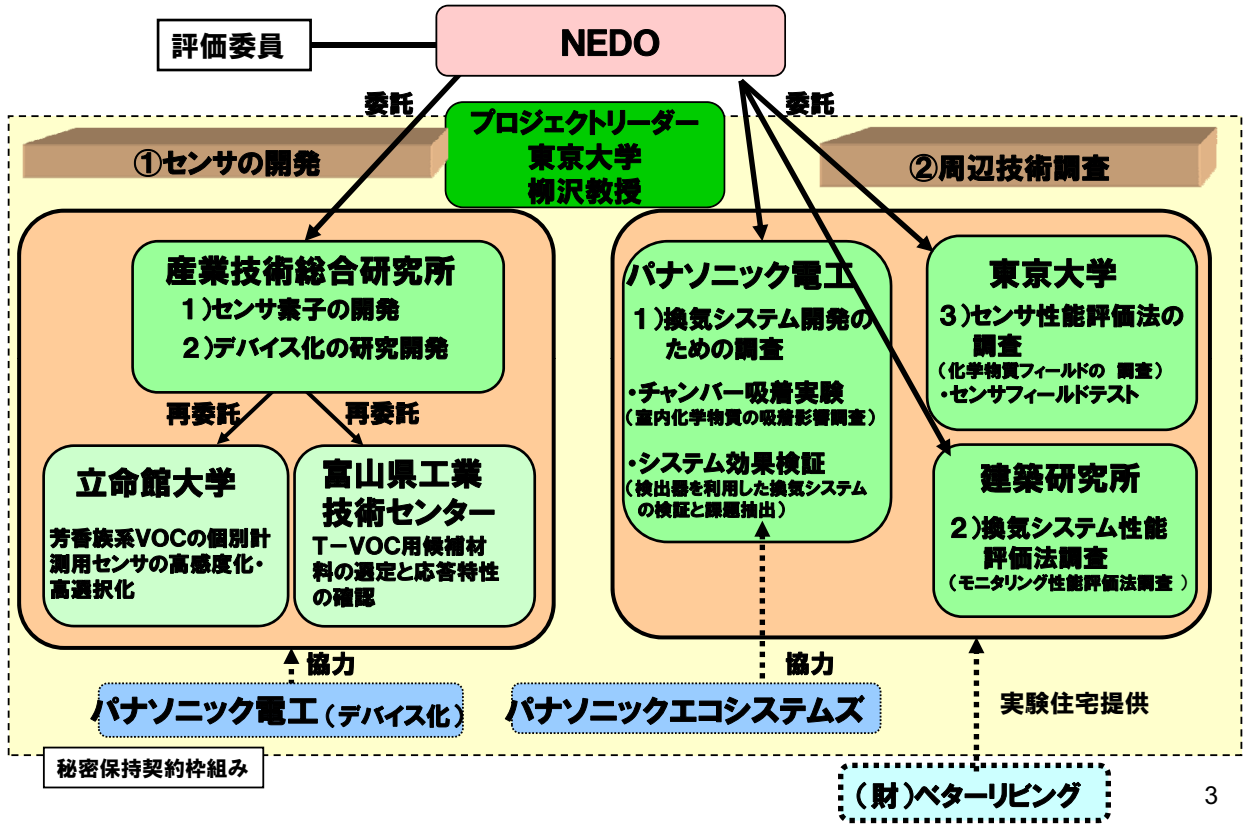
省エネと化学物質対策のベストバランスを実現するために

**検出器を利用した換気システムを提案し  
実用化のための課題を抽出する**

換気システムの基本的な考え方

- ・ 少ないセンサ(できれば1個)で検知、制御をおこなう。
- ・ 現状の換気システムに改良を加える。
- ・ 化学物質発生源の付近から排出する。

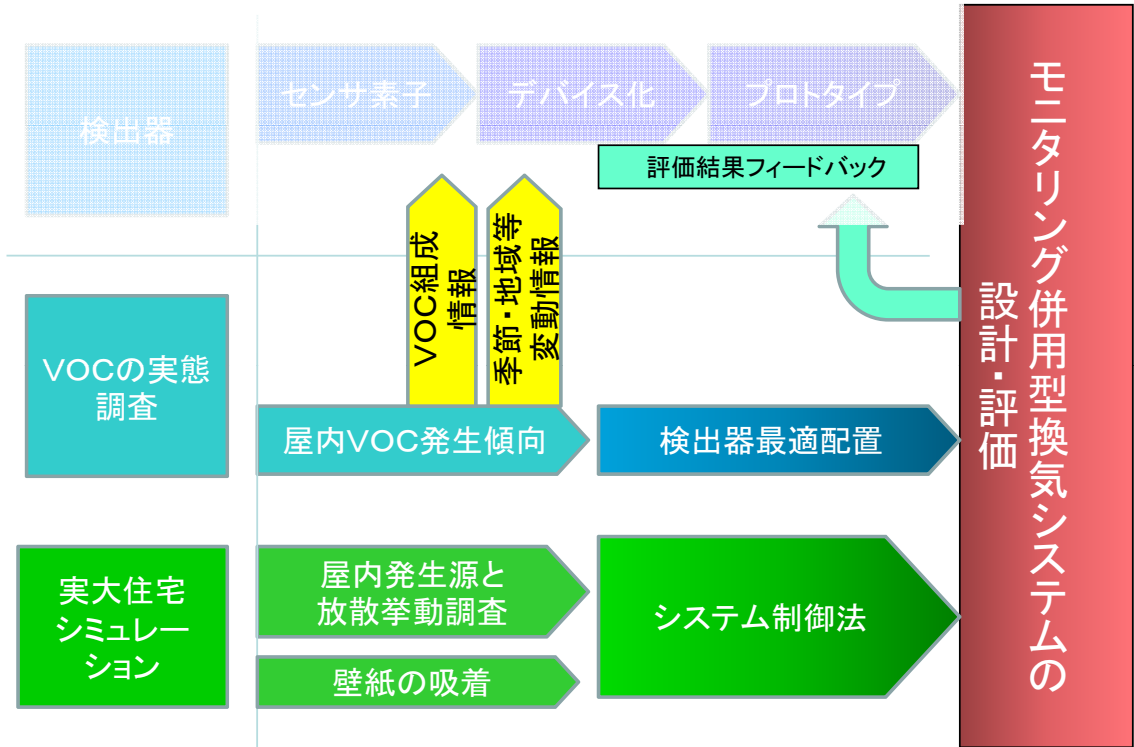
2



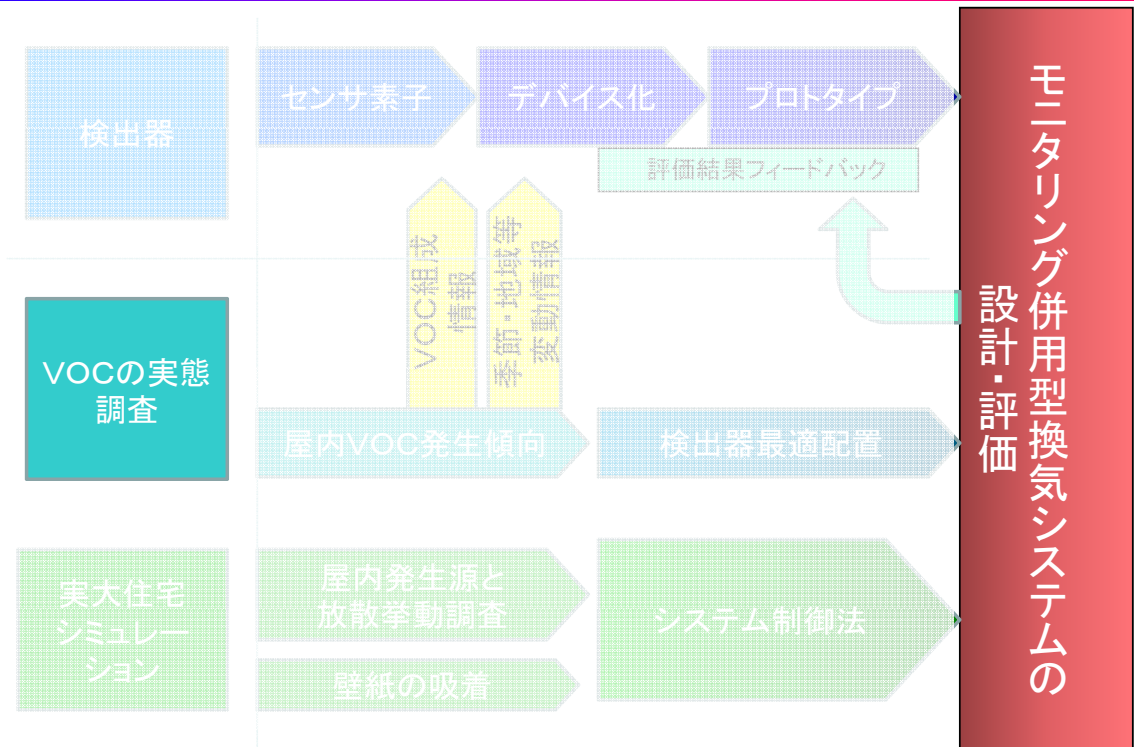
## 調査Gr実施内容のまとめ

		内容(担当)	まとめ
VOC発生要因の分類	VOC実態の調査	実態調査 (~H19、H20継続建研)	・持込家具や家電類の多少で室毎にVOCs濃度分布が発生。しかし、建材と同等以上の対策が施されている場合もあり、その場合には室毎において0.5回/h以上の換気を必要としない。
	検出器最適配置	チャンバー実験 CFD実験(H18松下)	・室内VOC濃度分布は、センサ検知に影響を与えない程度である。 ・VOCセンサの設置位置の仮説導出。
	屋内VOC発生傾向	フィールド調査 (~H20東大)	・食事など生活行動によって突発的な化学物質発生が見られた。発生源となる居室の濃度変動は他室にも影響を与えることが確認された。
換気システムの効果検証	実大住宅シミュレーション	つくば実験 (~H19建研)	・自然換気や局所排気運転により、VOCs濃度低下が発生。室毎の給気バランスの違いにより、VOCs濃度分布が生じるケースあり。
	壁紙の吸着	チャンバー吸着実験 (H20松下電工)	実住宅では化学物質の吸放出が発生。制御を考慮する必要がある。
	システム制御法	つくば実験 (H20建研・松下エコシステムズ、松下電工) 回路網計算 (H20建研)	実住sir宅で換気システムアルゴリズムが確認された。 室内化学物質濃度低下や省エネ程度を確認することができた。 実家庭に近い条件で局所換気の室内空気に対する影響とエネルギー消費関係を表す基礎的なデータを取得することができた。
	評価結果のフィードバック	センサフィールド評価 (H20東大)	現状開発センサの性能確認ができた。濃度変化には追従するもののベースラインの移動、ドリフトなど見られた。妨害物質の影響有り。濃度の絶対値としては検討の必要がある。

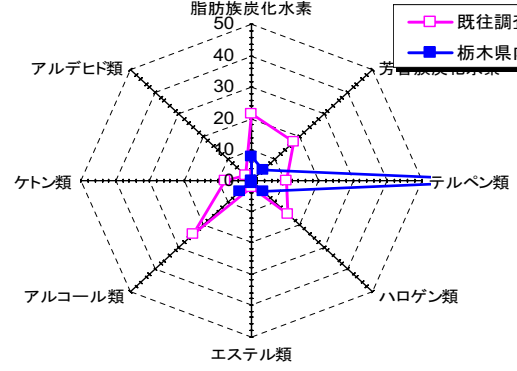
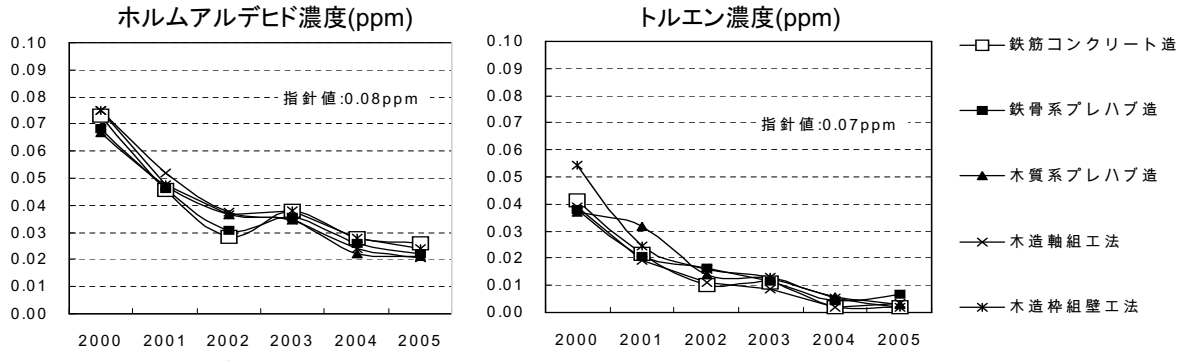
### プロジェクト全体の構成概要



### プロジェクト全体の構成概要



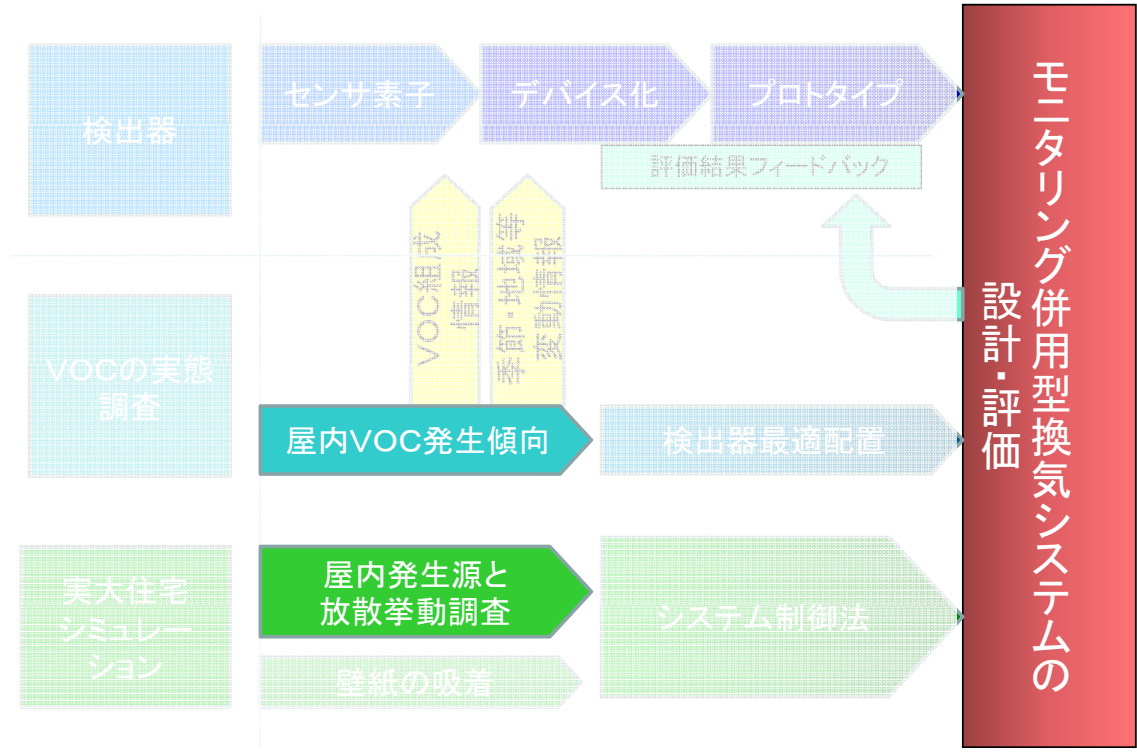
# VOC発生要因の動向 空間的要素



1. 全般的な汚染濃度は低下傾向にある。
2. VOCは発生源・機序が多様で、物質種比率が不安定な上、工法差・地域差も大きい
3. 基準法前後を比べても多様性は拡大

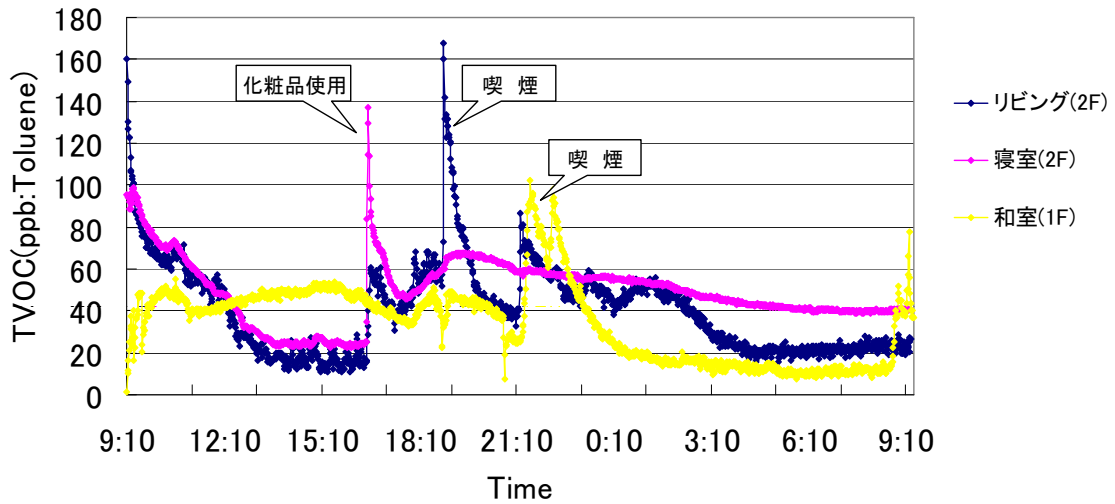
換気量低減を図るには  
実濃度把握が不可欠

# プロジェクト全体の構成概要



## VOC発生要因の動向(2) 生活的要素

人の行動によるTVOC濃度の変化

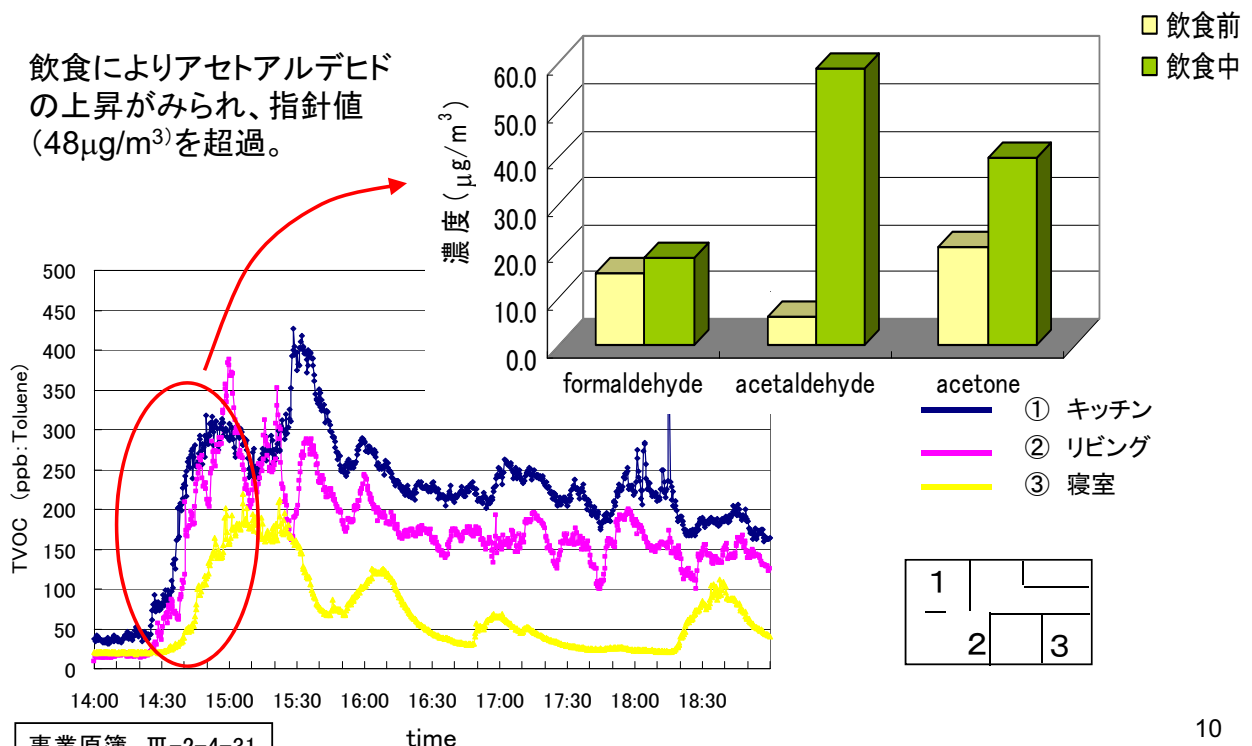


- 居住者が在室している場合、その行動によってTVOC濃度は大きく変動する。
- 人の行動によるTVOC濃度の上昇は早く、減衰は緩やかである。
- 一室におけるTVOC濃度の変動は、他室にも影響をあたえるが、その程度は様々である。
- 開発センサにおいては、急激なVOC濃度変化に対して誤作動を起こさないことも必要。

事業原簿 Ⅲ-2-4-26

## VOC発生要因の動向(2)

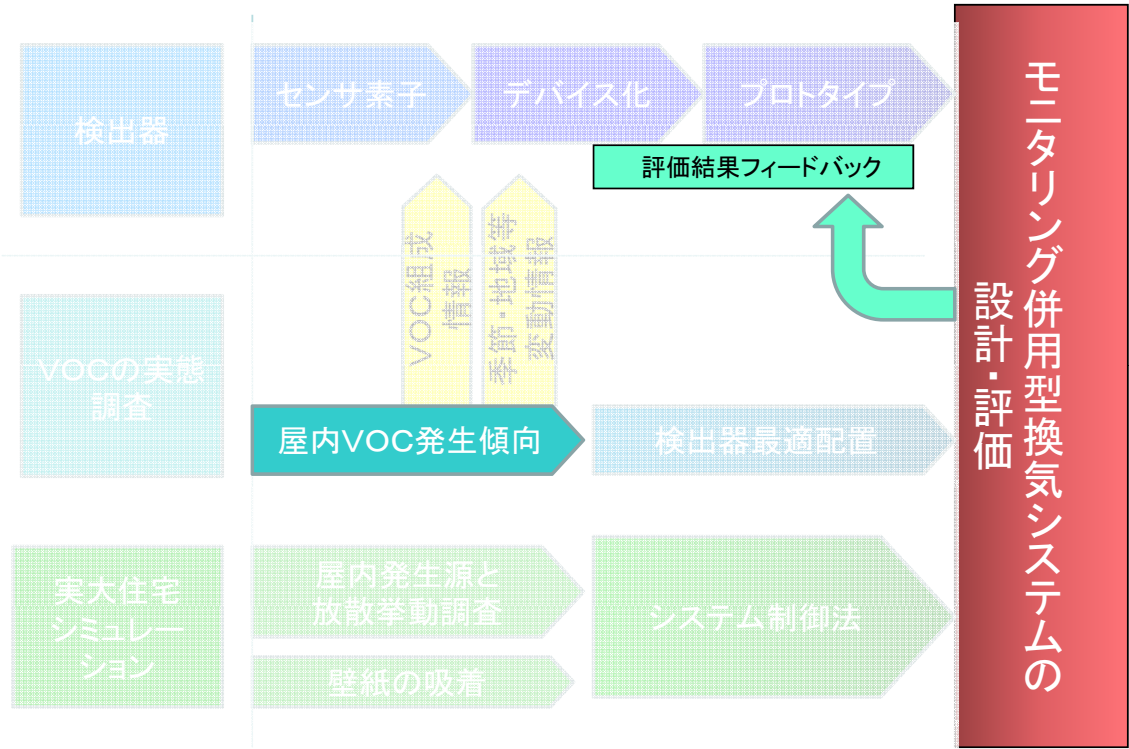
生活的要素 人の行動によるVOC成分濃度の変化例



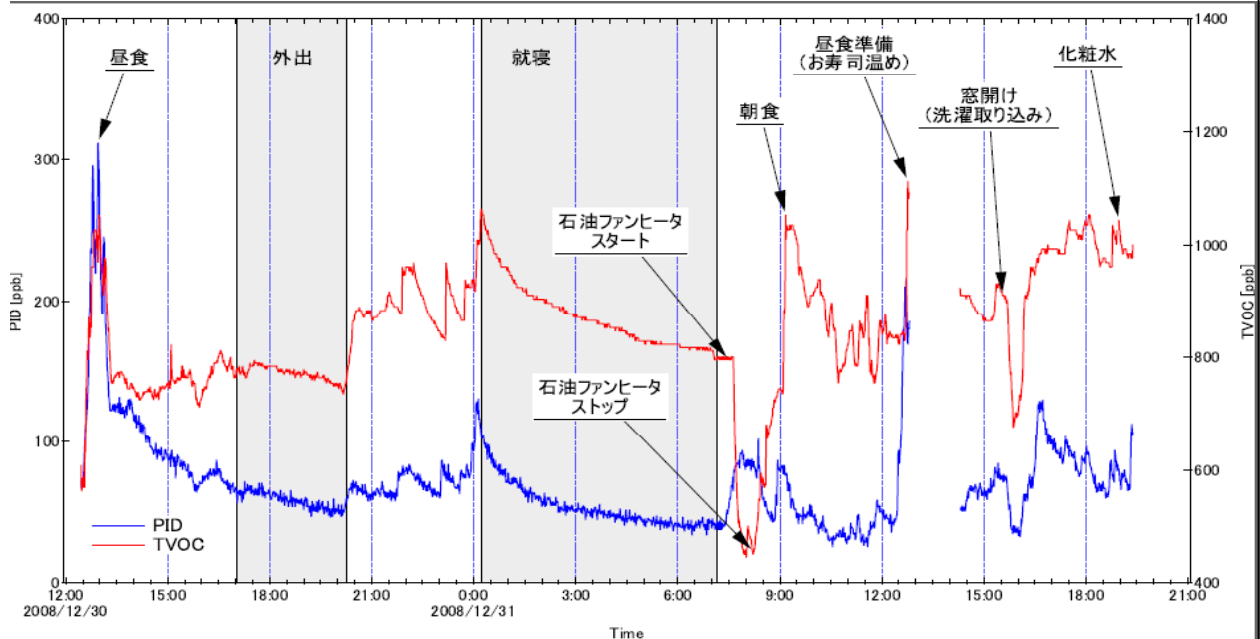
事業原簿 Ⅲ-2-4-31



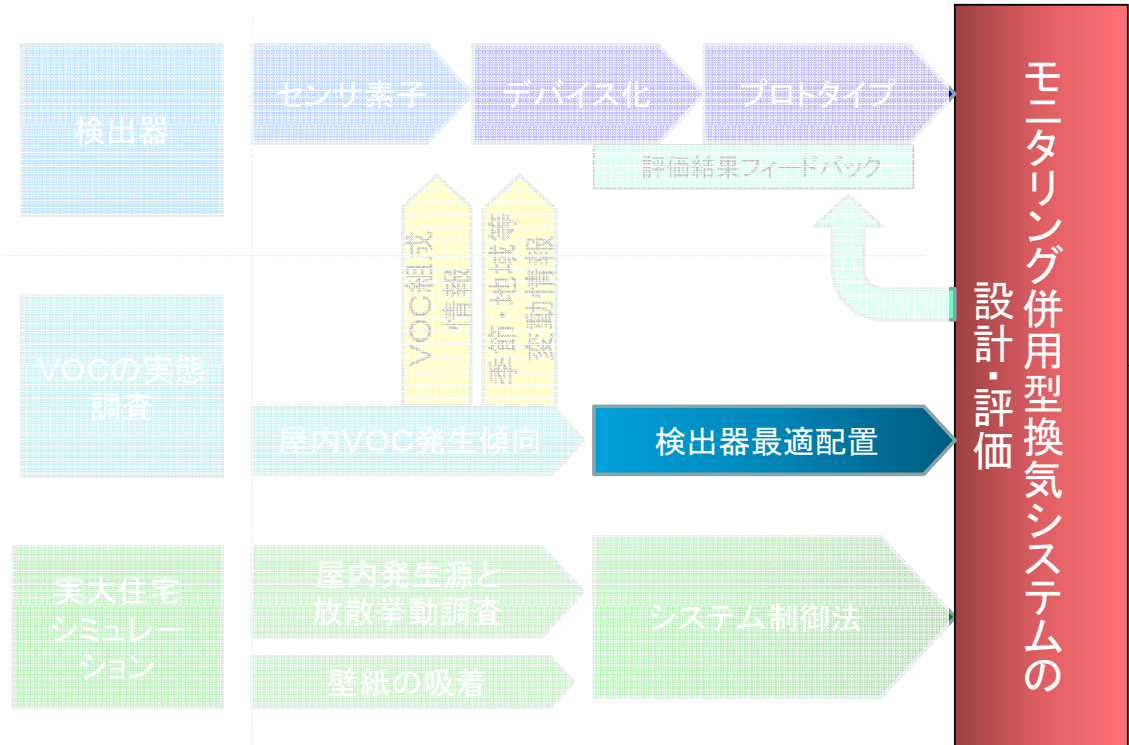
# プロジェクト全体の構成概要



# 実空間における開発検出器の実証実験および適応性評価



## プロジェクト全体の構成概要



## センサ設置位置の検討

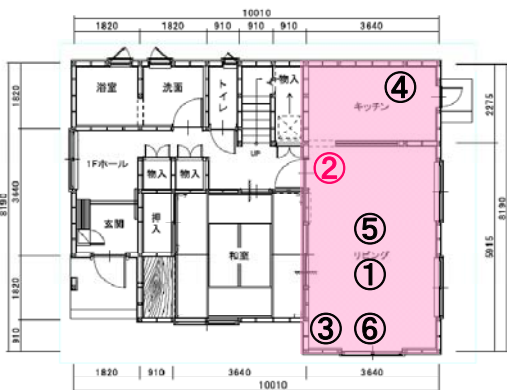
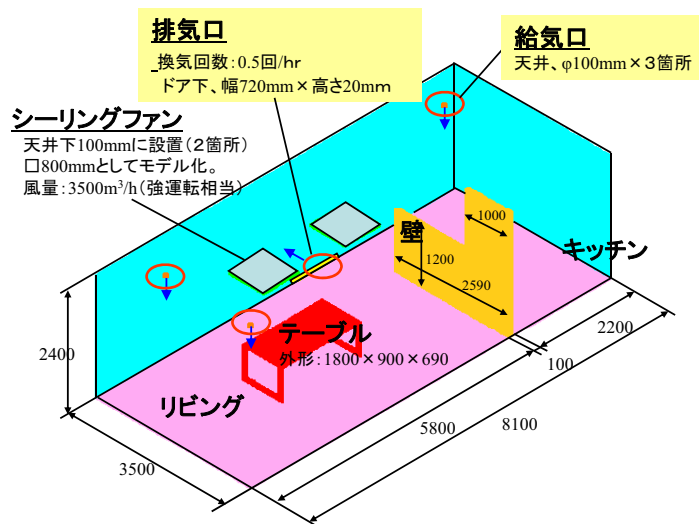


図1 実験住宅平面図(1階)

実測値をもとにしたシミュレーションにより  
排気経路で検知する妥当性を確認



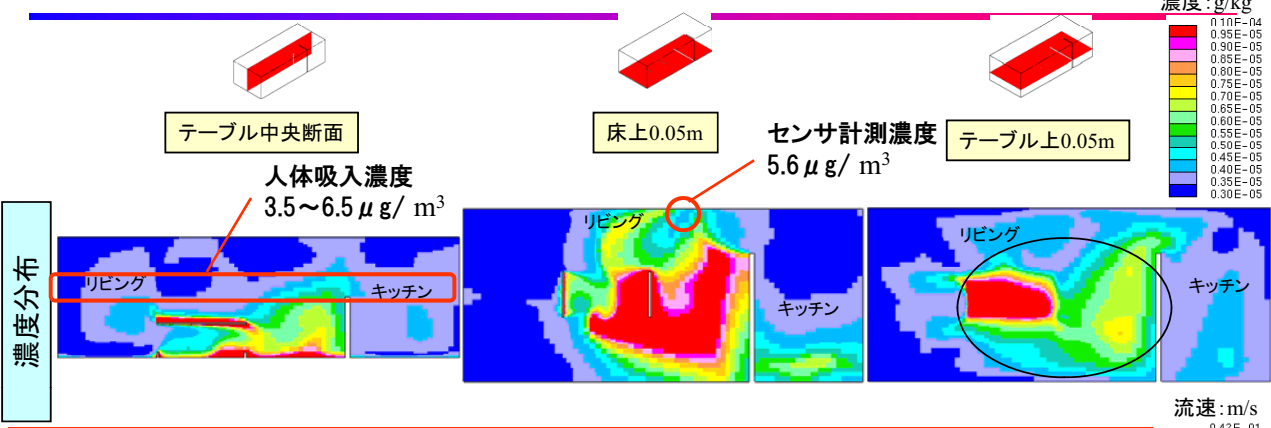
- ① 発生部付近
- ② 換気出口(ドア下部)
- ③ 給気部
- ④ 部屋台所側
- ⑤ 部屋中央
- ⑥ 部屋窓側

化学物質放散源:  
テーブル、床

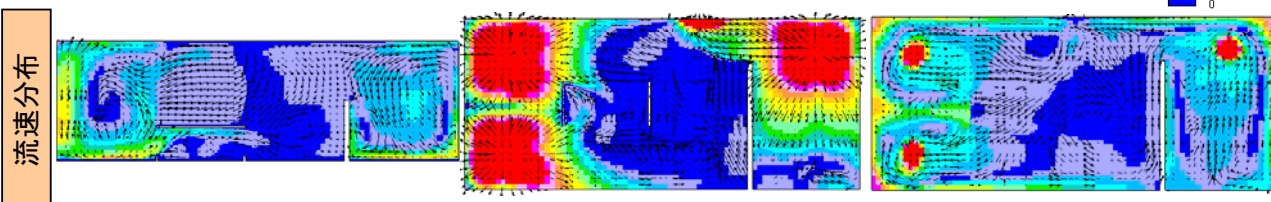
放散条件

	Ce[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	kg[m/h]
テーブル	296	0.073
床	151	0.033

# 濃度分布・流速分布



人体の予測吸入濃度(高さ1.2m:)と排気経路センサ計測濃度が一致  
 ⇒ エアコン等での攪拌無し時でも、  
 排気口でのセンサによる計測が妥当

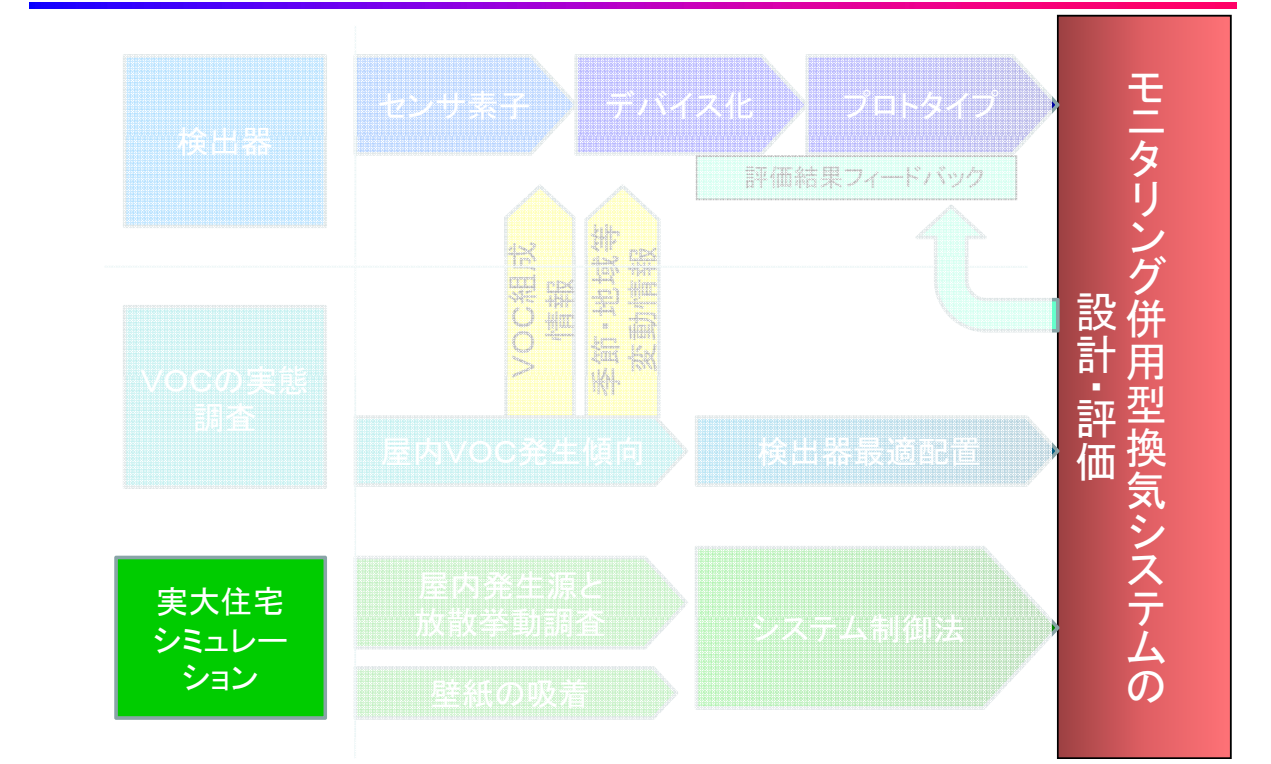


事業原簿 Ⅲ-2-2-23

サーキュレータファン非作動

出口濃度:  $5.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  5

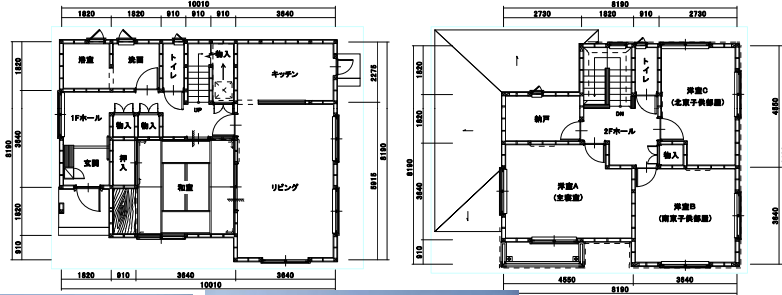
# プロジェクト全体の構成概要





## 実験住宅の仕様と検討項目

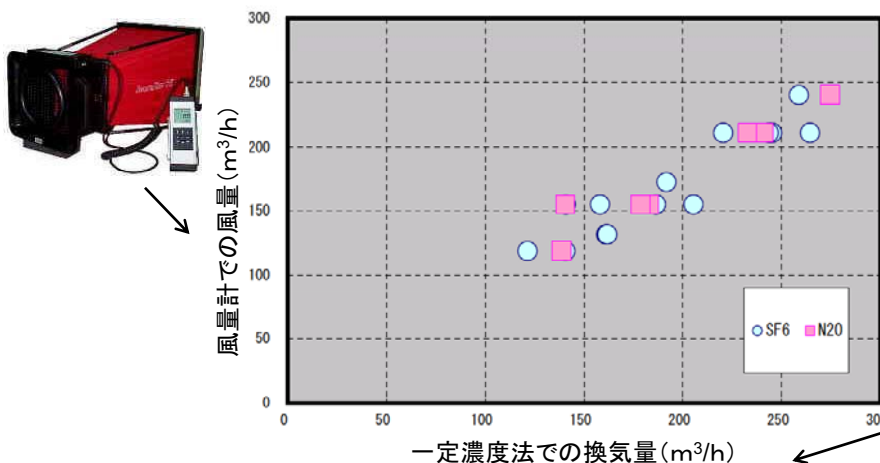
- ① 実大実験住宅および導入された換気システムの基礎的な性能測定の実施
- ② トレーサーガスを汚染物質に模した条件による換気システムの風量変動稼働の換気性状の確認
- ③ 換気システムの換気性能と消費電力の評価方法の検討と試行



事業原簿 Ⅲ-2-3-17

項目	仕様
工法	木造 在来軸組構法
階数	2
床面積(m <sup>2</sup> )	床面積130.83(m <sup>2</sup> ) 1階72.87(m <sup>2</sup> )、2階57.96(m <sup>2</sup> )
断熱性能	次世代省エネルギー基準のⅢ地域 <sup>17</sup>

## 換気システムの基礎的な性能測定の実施

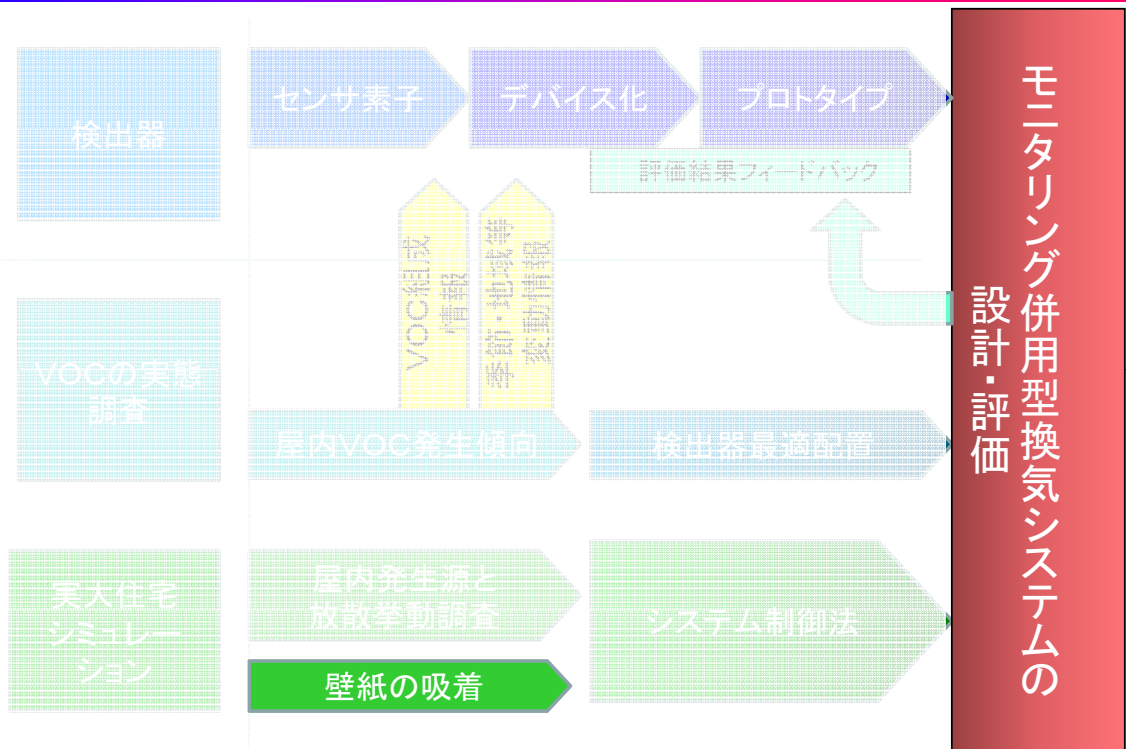


トレーサーガスとフード付き風量計を用いた換気システムの風量のクロスチェック

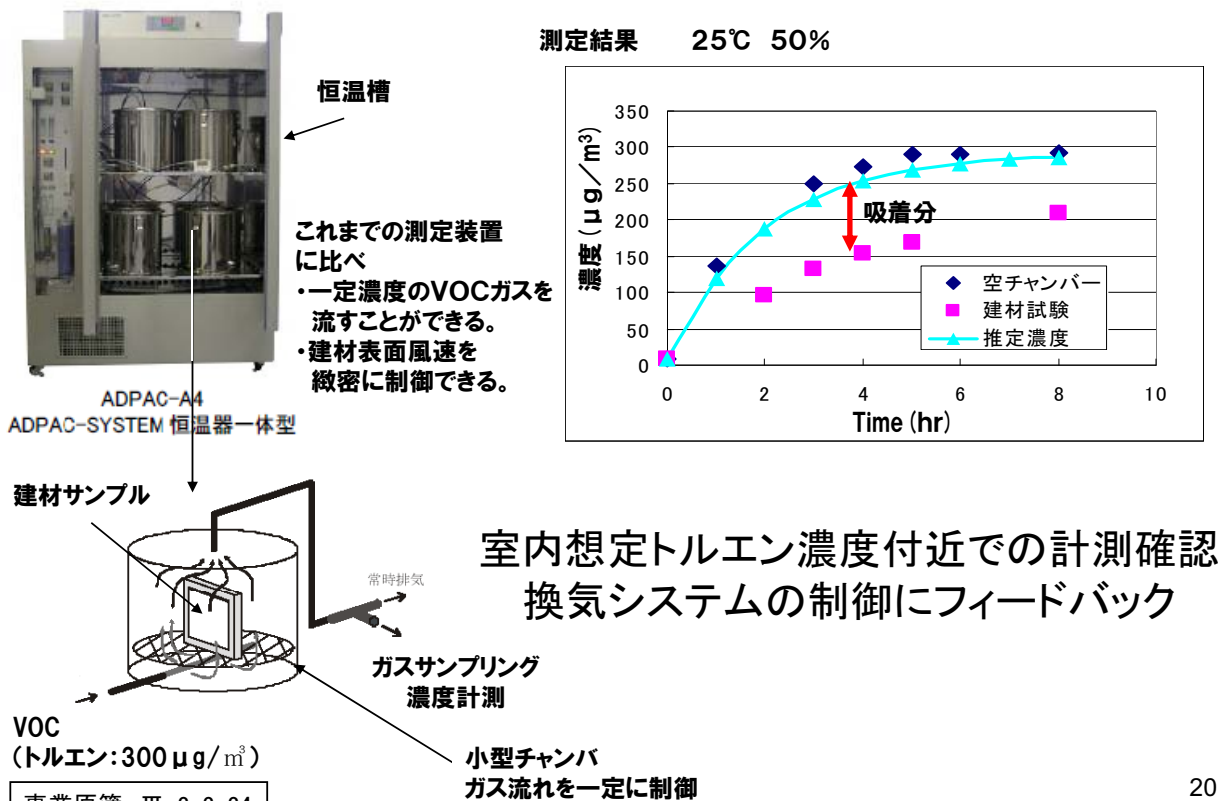
気密性や換気システムの風量において、  
調査に十分な機能を備えていることを確認した。

事業原簿 Ⅲ-2-3-19

## プロジェクト全体の構成概要

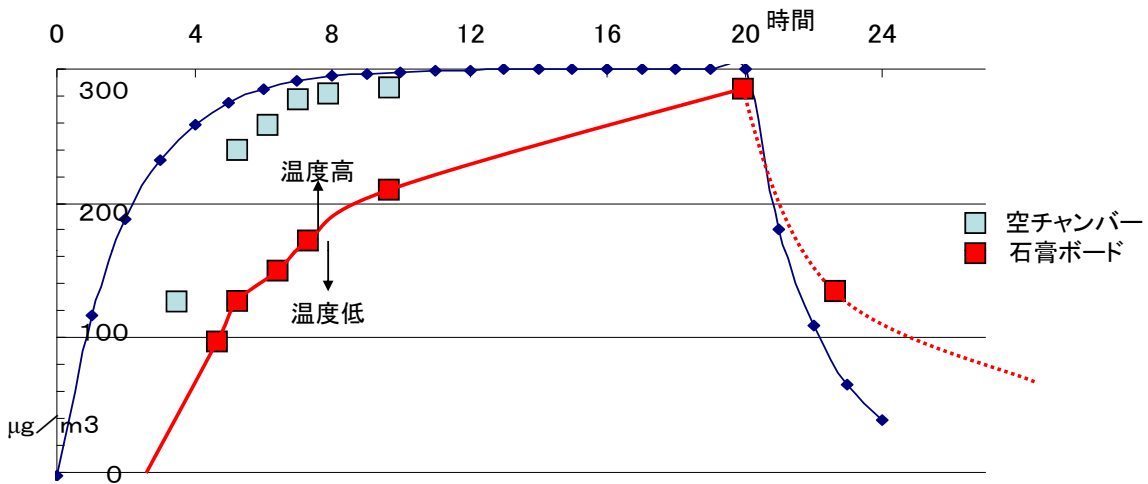


## 室内の吸脱着特性計測



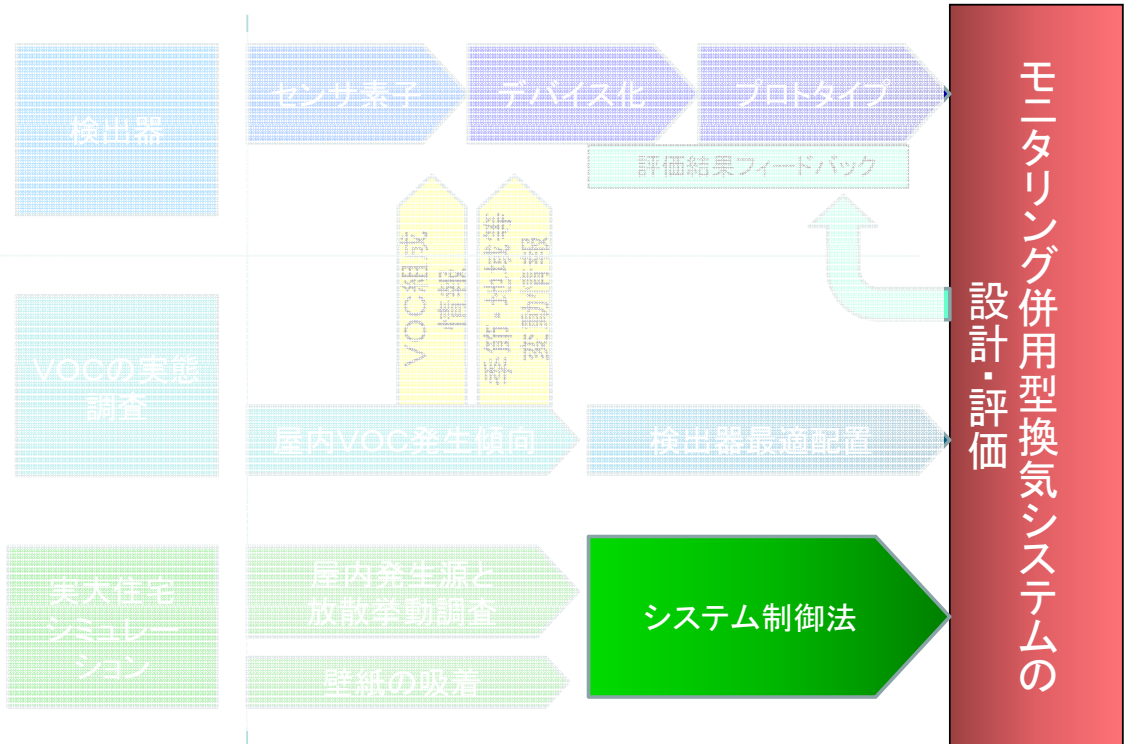
トルエン導入濃度300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

25 $^{\circ}\text{C}$  50%



25 $^{\circ}\text{C}$  50%の変化は換気回数で換算すると約0.18回に相当した。

プロジェクト全体の構成概要

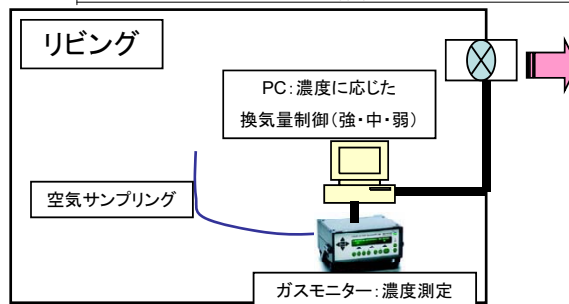
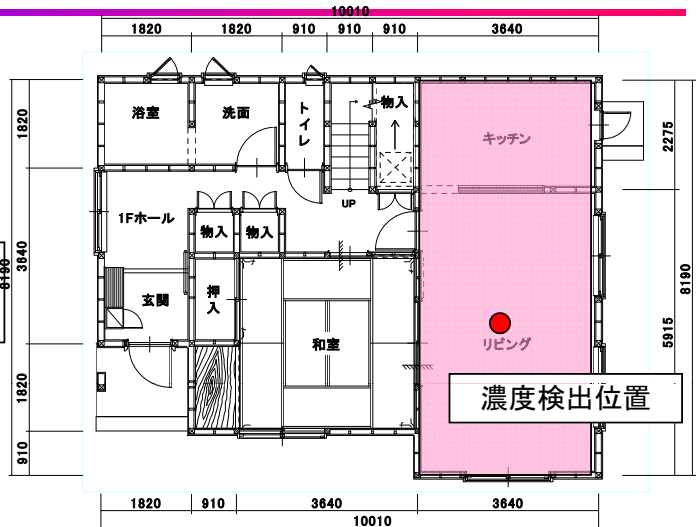


# 変動換気システム概要



PC:濃度検出  
換気扇制御

ガスモニター:濃度測定

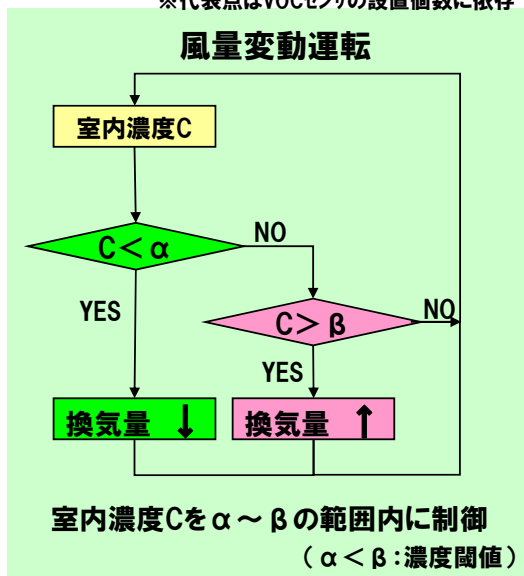


# VOC検出を利用した換気制御の技術的ポイント

## ① 全般換気量制御

室内の代表点※における濃度管理

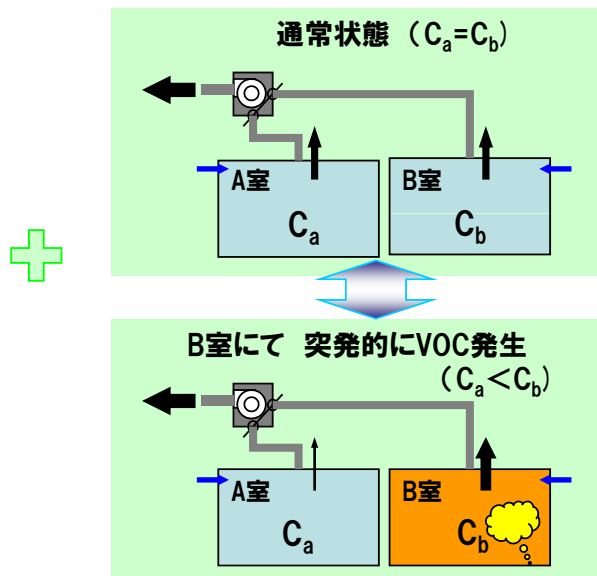
※代表点はVOCセンサの設置個数に依存



定常的・全般的に発生するVOCに対応

## ② 排気経路制御

汚染レベルの高い空間を検知し、効率的に排気



突発的/局所的に発生するVOCに対応

# 換気システムアルゴリズム作成

センサ仕様、換気システム仕様をもとに換気システムアルゴリズムを作成

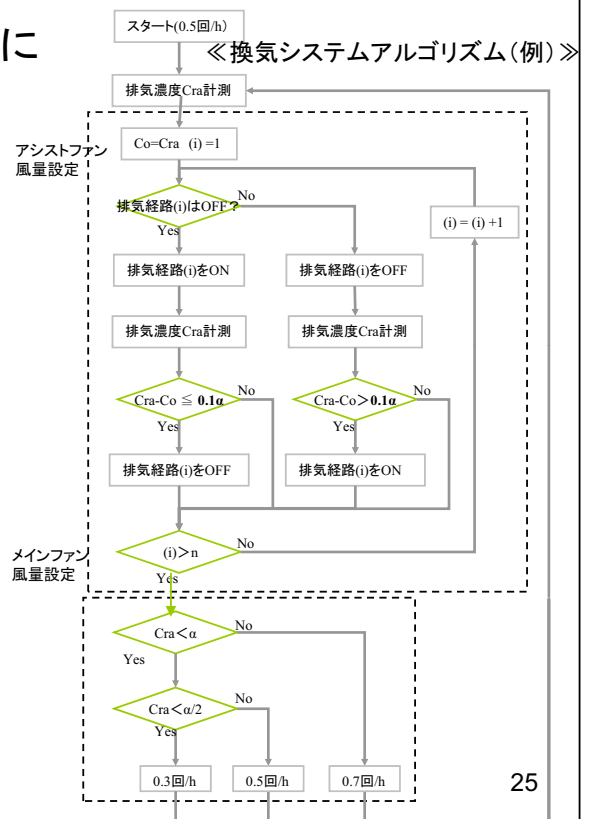
## 《センサ仕様》単独センサパターン

- ・センサ設置箇所 1ヶ所 排気濃度Cra
- ・計測ガス種:ホルムアルデヒド・TVOC・芳香族
- ・計測範囲: 指針値の50%~
- ・換気システムへの信号:3段階
  - 1: 指針値の50% ( $\alpha/2$ ) 以下
  - 2: 指針値の50% ( $\alpha/2$ ) ~ 100% ( $\alpha$ )
  - 3: 指針値の100% ( $\alpha$ ) 以上 指針値の10%
- ・センサ分解能

## 《換気システム仕様》

- ・1種換気
- ・排気箇所 3ヶ所 LDK・1階廊下・寝室...
- ・給気箇所 各居室 5ヶ所 LDK・和室・寝室・子供部屋1・子供部屋2
- ・メイン給気/排気ファン
  - 制御範囲 3段階切替え 0.3回/h・0.5回/h・0.7回/h
- ・アシストファン
  - n=2ヶ所 LDK・寝室
  - 制御範囲 OFF・ON

時定数の変更: 30分→10分  
センサのポンプサンプリング



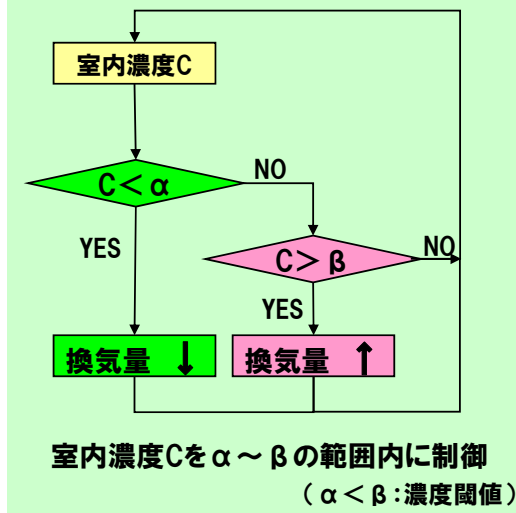
# VOC検出を利用した換気制御の概要

## ① 全般換気量制御

室内の代表点※における濃度管理

※代表点はVOCセンサの設置個数に依存

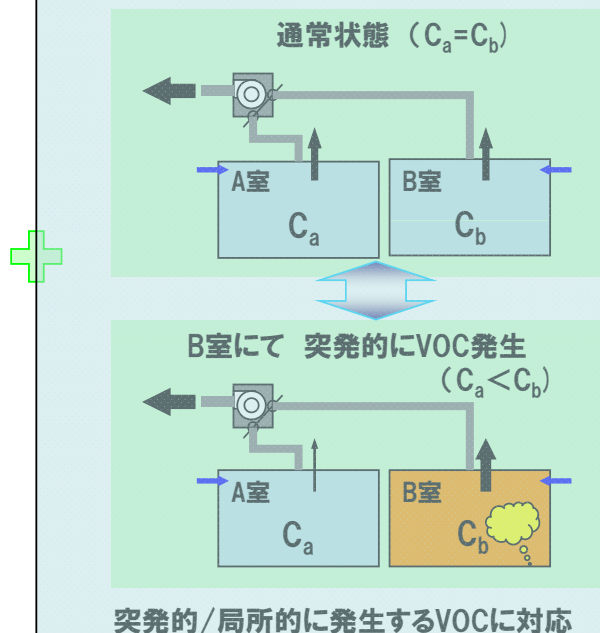
### 風量変動運転



定常的・全般的に発生するVOCに対応

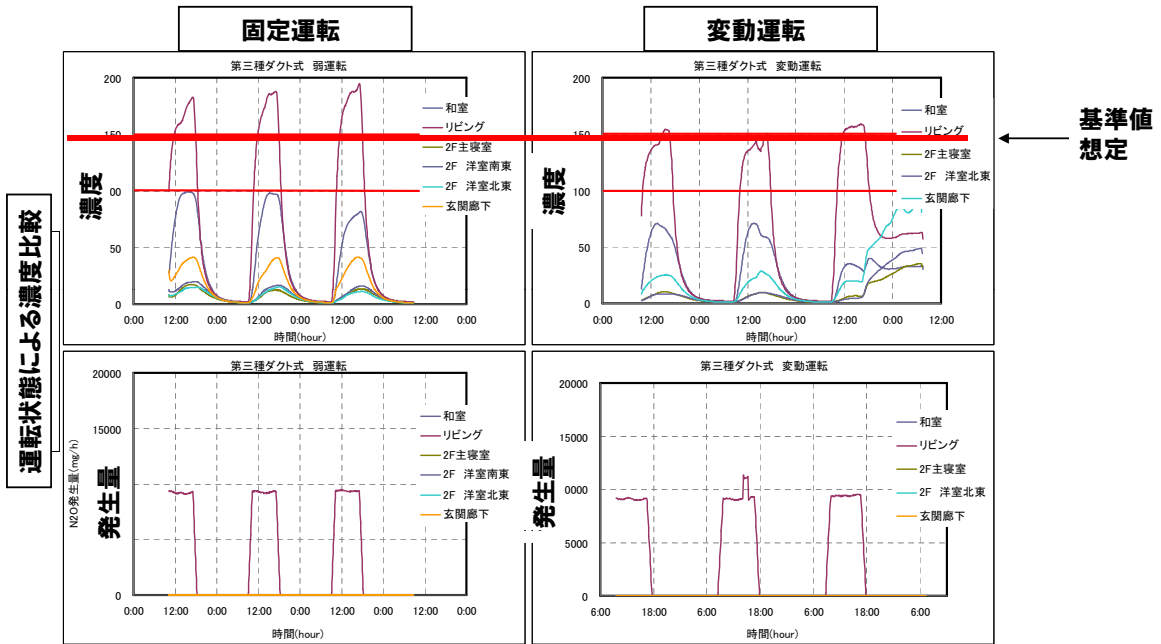
## ② 排気経路制御

汚染レベルの高い空間を検知し、効率的に排気





リビング 8時間 ガス発生 16時間停止 検討期間3日間



変動運転により、リビング化学物質濃度低下を確認

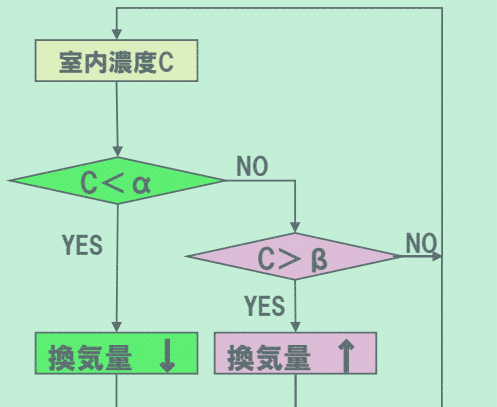
VOC検出を利用した換気制御の概要

①全般換気量制御

室内の代表点※における濃度管理

※代表点はVOCセンサの設置個数に依存

風量変動運転

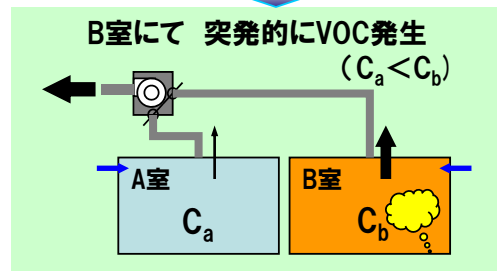
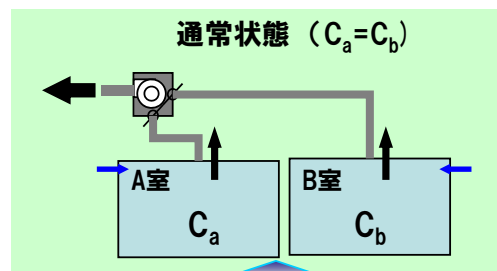


室内濃度Cを $\alpha \sim \beta$ の範囲内に制御  
( $\alpha < \beta$ :濃度閾値)

定常的・全般的に発生するVOCに対応

②排気経路制御

汚染レベルの高い空間を検知し、効率的に排気

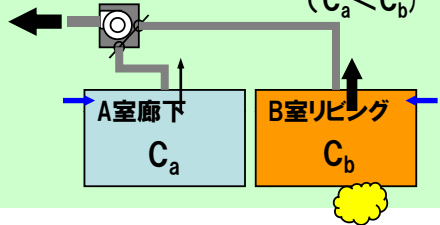


突発的/局所的に発生するVOCに対応

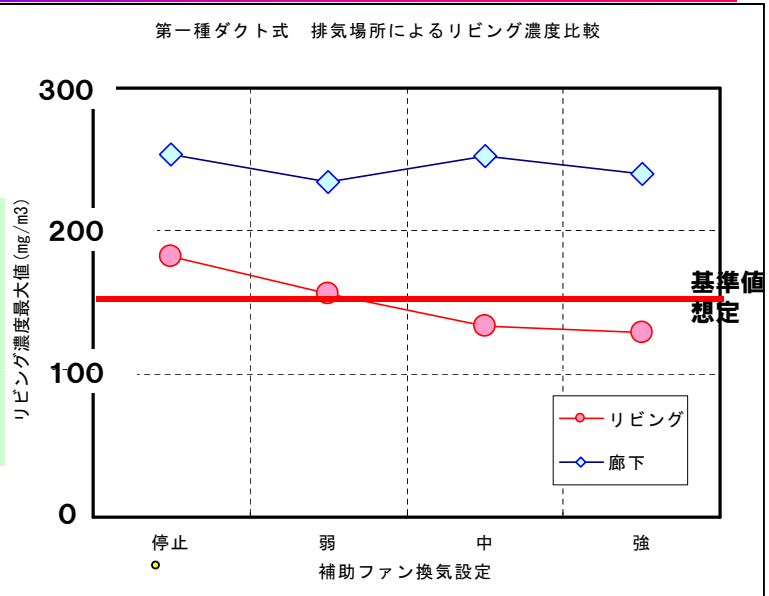
## ②排気経路制御 A室廊下排気とB室リビング排気比較

補助ファンを省エネタイプとすることで、  
効率よく濃度を下げることが可能

B室リビングにて 突発的にVOC発生  
( $C_a < C_b$ )



突発的/局所的に発生するVOCに対応



### 排気経路制御の効果を確認

全体換気量は増やさずにリビングからの排気を増やすことで  
リビング化学物質濃度を低下させることが可能となった。

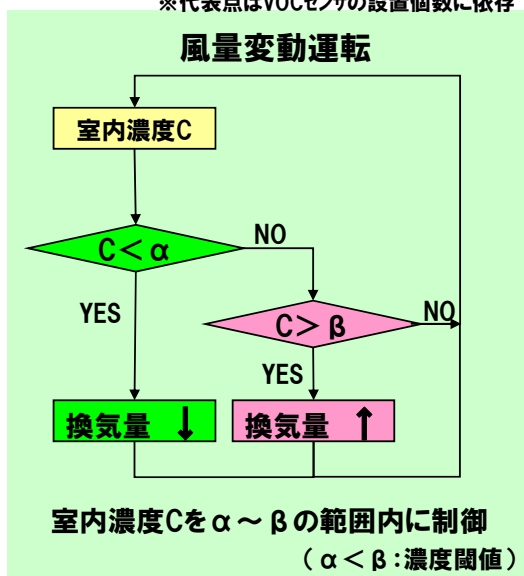
→ 全般換気制御よりも省エネ型の換気システムを実現

## VOC検出を利用した換気制御の概要

### ①全般換気量制御

室内の代表点※における濃度管理

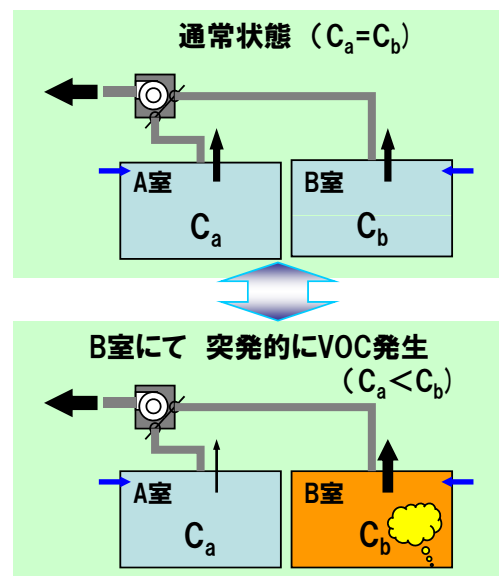
※代表点はVOCセンサの設置個数に依存



定常的・全般的に発生するVOCに対応

### ②排気経路制御

汚染レベルの高い空間を検知し、効率的に排気



突発的/局所的に発生するVOCに対応

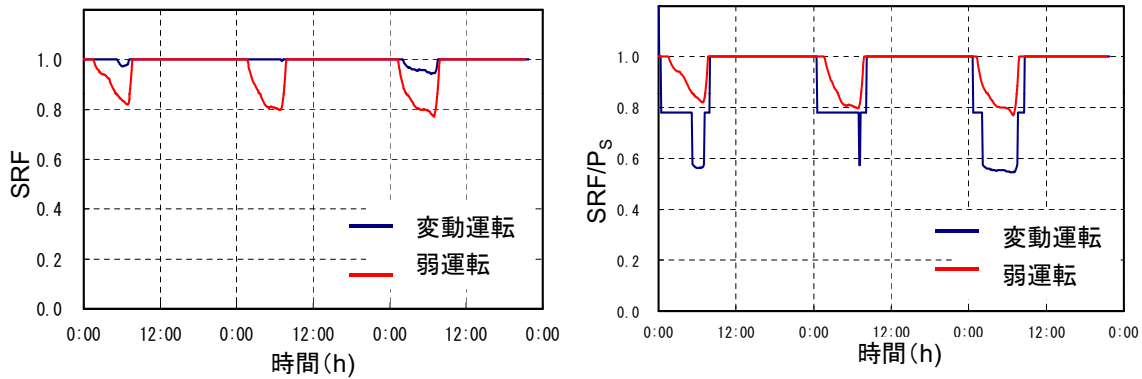
# 換気性能と消費電力の評価方法の試行

公開

風量変動制御を行った換気システムの換気性能と、その稼働にかかる消費電力を以下の評価指標を定義し評価の試行を行った。

- ・換気システム : 第3種
- ・風量切り替え : 強⇄中
- ・基準風量 : 風量弱

評価指標:  $SRF/PS = SRF / (\text{消費電力} \div \text{基準風量時の消費電力})$



風量変動運転

SRF 値 : 高い

SRF/PS 値 : 高い

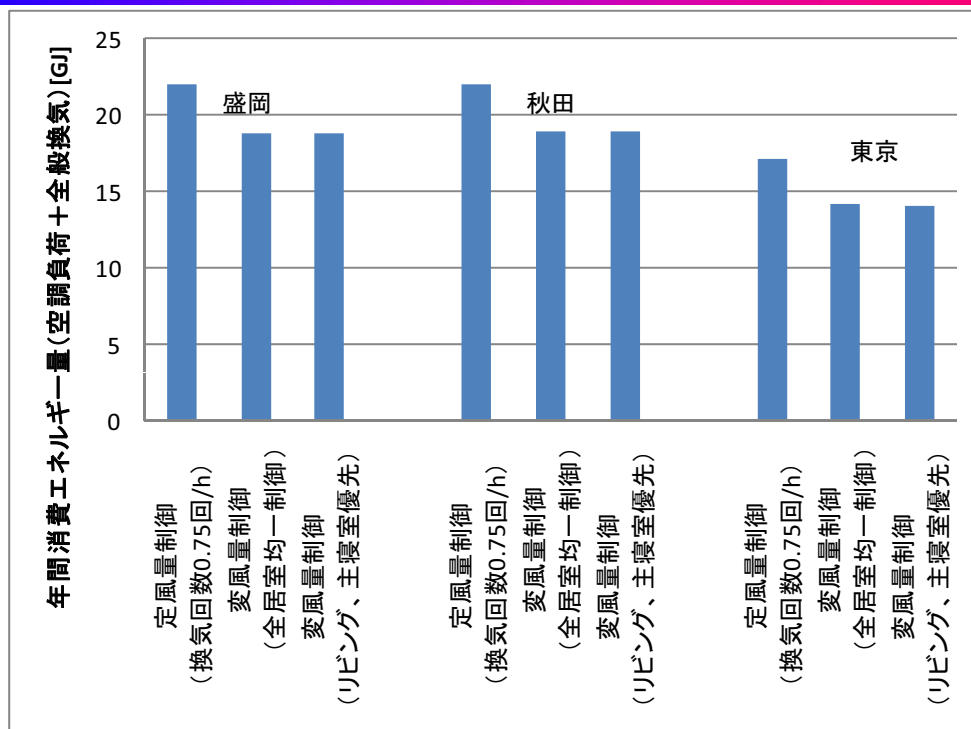
強運転時の入力電力を小さくすることで省エネが可能

事業原簿 Ⅲ-2-3-64

31

# 熱負荷計算による換気量低減による暖冷房エネルギー消費量削減効果

公開

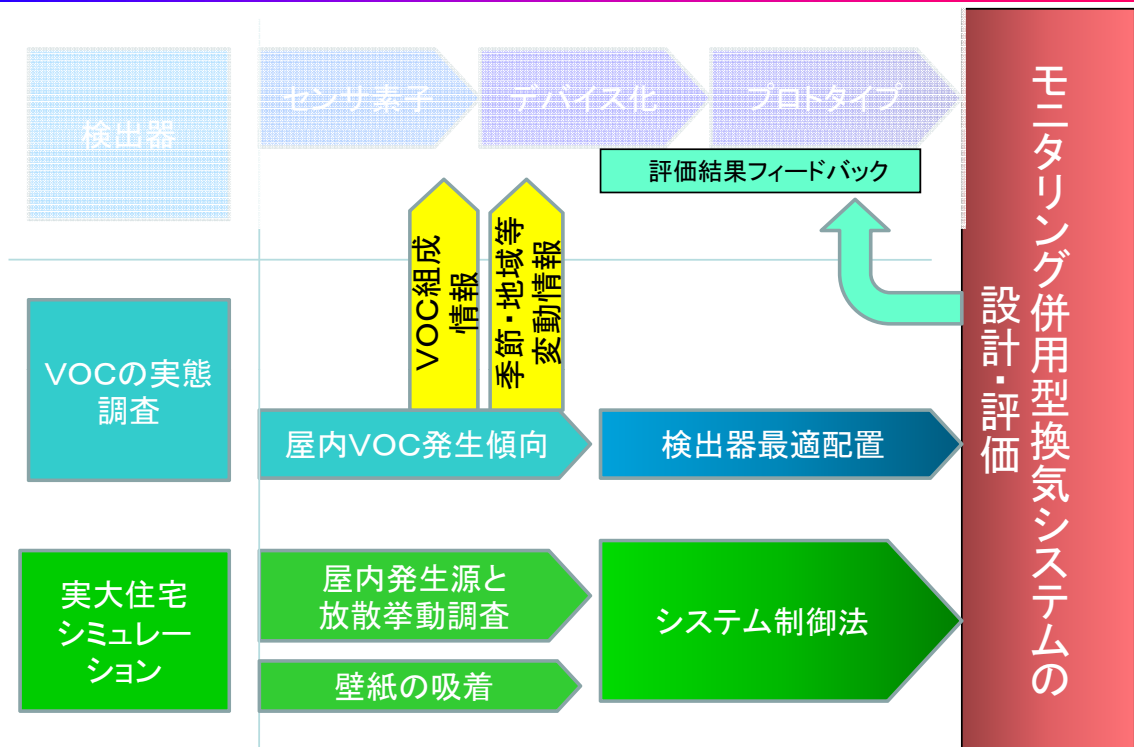


定風量制御に比べて変風量制御の方が約20%消費エネルギーが減少することがわかった。

事業原簿 Ⅲ-2-3-97

32

## プロジェクト全体の構成概要



## 初期提案した換気システム案と成果の比較

	初期提案した換気システム案	研究成果換気システム <b>世界初</b>
対象住宅	全住宅(新築、既築、戸建て、集合住宅)	新築戸建て住宅
センサ位置	換気の出口に設置	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。主要な部屋の排気出口監視とゼロガスによるリフレッシュ実施
制御内容	全体の換気量をコントロール 強、中、弱と切り替えて換気量を削減	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) TVOC (目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) それぞれ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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) それぞれ指針値付近とその半分の濃度を検知。TVOCセンサのしきい値は居住者にて設定可能
コスト	+1~2万円程度	+10万円超

## 研究成果換気システムの課題抽出

	実用化への課題	対策案
対象住宅	換気経路を変更するので気密がよい新築戸建て住宅でしか導入できない	適用対象住宅を広げる必要がある。マンションなどの3種換気への適応。
センサメンテ	ゼロガスによるリフレッシュが必要 1回/年程度公正	リフレッシュ間隔の延長 公正間隔の延伸(3、4年程度)
制御内容	ガス濃度による換気コントロールのため、ガス濃度が高いと換気量が増える。省エネにはクリーンな室内が必要。	新築初期には十分な換気を行う。 発生源の持ち込みを防ぐ。
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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) TVOC (目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) TVOCセンサのしきい値 居住者が設定する必要	設定基準ガスなどの準備
コスト	+10万円超	センサのユニット化や量産により システム価格を低減

35

---

# END

36