

# 建築物衛生の動向と課題

令和3年度生活衛生関係技術担当者研修会

国立保健医療科学院 客員研究員  
北海道大学大学院 教授  
林 基哉

# 建築物衛生の動向と課題

## 1. 建築物衛生の現状と動向

建築物衛生法と行政報告例の推移

## 2. 厚労科研による建築物衛生に関する研究

H29-R1「建築物衛生管理基準の検証に関する研究」

H29-R1「中規模建築物における衛生管理の実態と  
特定建築物の適用に関する研究」

## 3. 健康住宅のガイドライン

R1-R3「健康増進のための住環境についての研究」等

## 4. 新型コロナウイルス感染症の環境対策

R1- 「新興・再興感染症のリスク評価と危機管理機能の  
実装のための研究」

# 各項目のポイント

1. 特定建築物の空気環境の不適率（温度、湿度、二酸化炭素濃度）が上昇しており、その原因を明らかにして対策を講じることが課題となっています。
2. 建築物衛生管理基準の検証が行われ、新たな課題（一酸化炭素、二酸化炭素、PM2.5、中規模建築物、管理技術者の兼任等）が確認されました。検討会、審議会を経て、その一部が改正されました。
3. 住宅の室内環境に係る健康影響が明らかになりつつあり、健康住宅に関するガイドラインの策定が望まれています。そのためのエビデンスの整理が行われてます。
4. 新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって、エアロゾル感染が注目されています。クラスター感染調査によって建築物の換気不良が指摘され、設計施工・維持管理の問題が改めて確認され、早急の対応が求められています。

# 1. 建築物衛生の現状と動向

## 建築物衛生法と行政報告例の推移

### ポイント

特定建築物の空気環境(温度、湿度、二酸化炭素濃度)の不適率が上昇しており、その原因を明らかにして対策を講じることが課題となっています。

# 建築物衛生法の経緯

①第2次大戦前 感染症・多産多死

伝染病予防、医療施設・制度、栄養状態改善



伝統木造住宅

②1945～60年 戦後復興、ベビーブーム

医事・薬事・保険・社会保障制度、公衆衛生基盤

1947年 地域保健法・食品衛生法(S22)



1888 学校建築

③1960～88年 高度経済成長、成人病、少産少死、高齢化

1970年 建築物衛生法(S45)

1973～ 石油危機／省エネルギーとシックビル問題(欧米)



1968 霞ヶ関ビル

④1989年～ 健康づくり、超高齢化、介護体制、パンデミック

地球温暖化対策、省エネルギー強化

1990～ シックハウス問題 顕在化

2003 建築物衛生法改正、建築基準法(シックハウス対策)改正

# 建築物衛生法／ビル管法

## ■「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」

- 多数が利用する建築物における衛生的環境の確保
- 公衆衛生の向上・増進

### (1) 特定建築物

= 興行場、百貨店、店舗、事務所、学校等で一定規模の建築物  
(それ以外では努力義務)

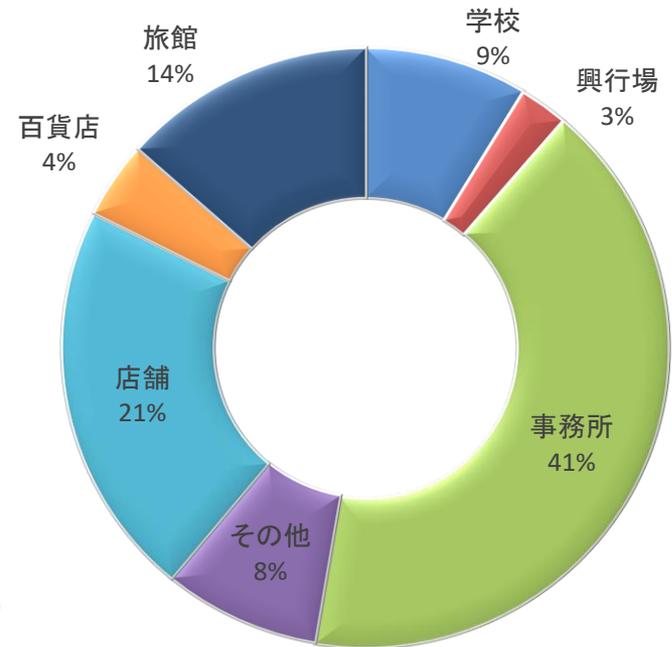
### (2) 特定建築物の所有者(管理権原者)の義務

- ① 衛生管理基準に従った維持管理
- ② 都道府県知事へ使用開始の届出
- ③ 建築物衛生管理技術者の選任
- ④ 帳簿書類の備え

### (3) 行政の監督

特定建築物所有者へ、報告を求め、検査を行い、改善命令を出す。

### (4) 建築物の衛生的環境の確保に関する事業の登録(都道府県知事)



特定建築物の構成(2017)

# 建築物衛生管理基準

⇒ 空気環境、給排水、清掃、ねずみ、昆虫等に関する

良好な状態の維持に必要な措置を規定

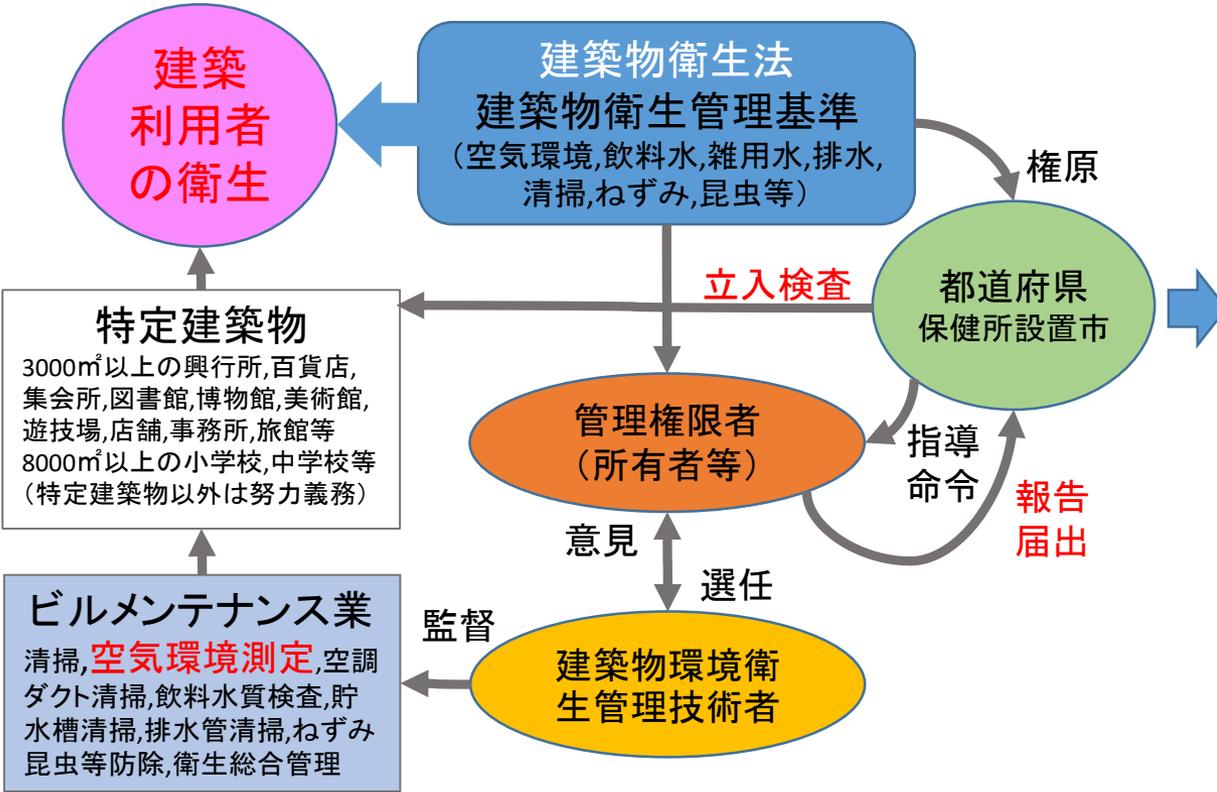
● **空気環境の基準(2021改正前)** \*改正後は、添付の検討会資料参照

① 空調設備(暖冷房+換気)の基準、② 換気設備の基準

測定・点検	項目	基準値	備考
定期測定 2ヶ月以内 1回 	浮遊粉じん量	0.15 mg/m <sup>3</sup>	感染症、アレルギー、タバコ等
	一酸化炭素	10 ppm	燃焼ガス・タバコ等 中毒
	二酸化炭素	1000 ppm	空気質指標(人、燃焼) 換気状態の目安(30m <sup>3</sup> /h人)
	温度	17~28 °C	寒さ、暑さ、17°Cは低すぎ?
	相対湿度	40~70 %	感染症(インフルエンザ等)、アレルギー(カビ・ダニ等)、夏期不快
	気流	0.5 m/sec	体感温度等
最初測定	ホルムアルデヒド	0.1 mg/m <sup>3</sup> (0.08 ppm)	刺激、ガン:IARCグループ1 新築、修繕、模様替後
点検・掃除	冷却塔、加湿装置水	水質基準、定期点検、掃除、換水	レジオネラ・微生物繁殖
	空調設備排水受け	定期点検、掃除	

# 建築物衛生の仕組みと行政報告例

- 1970年、建築物衛生法「建築物における衛生環境の確保に関する法律」
- 2002年の政省令改正、特定建築物条件、空調・換気設備対象(個別空調を対象に追加など)等



建築物衛生法における衛生管理の仕組み

## 行政報告例

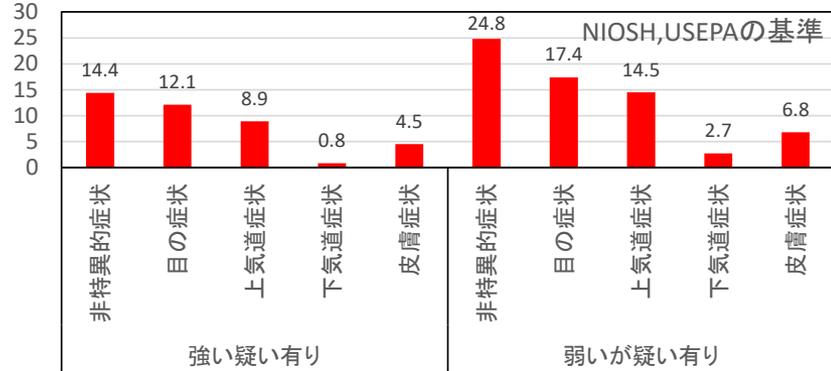
= 立入検査結果 + 報告徴取結果

- **立入検査**  
環境衛生監視指導員が、立入により基準適合を判断する。
- **報告徴取**  
環境衛生監視指導員が、空気環境測定業のデータを用い基準適合を判断する。

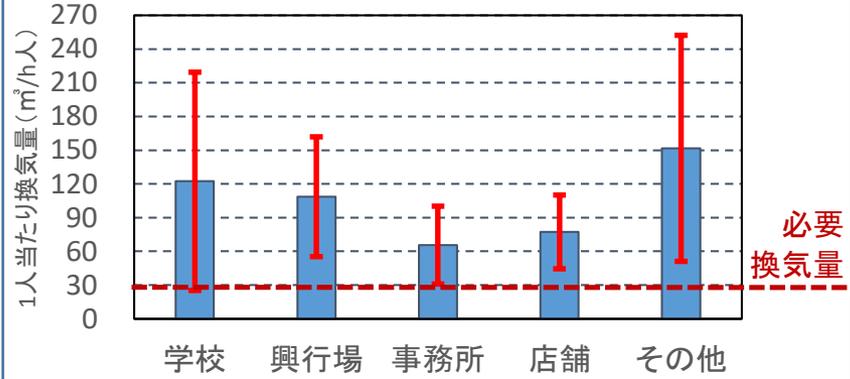
基準不適合率の状況

# 建築物衛生に関する研究

## 事務所におけるシックビル症状の分析

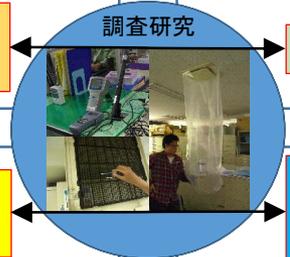


## 立入検査データの分析



比較的良好な管理下  
⇒ **シックビル症状**

健康リスク分析  
(シックビル症)



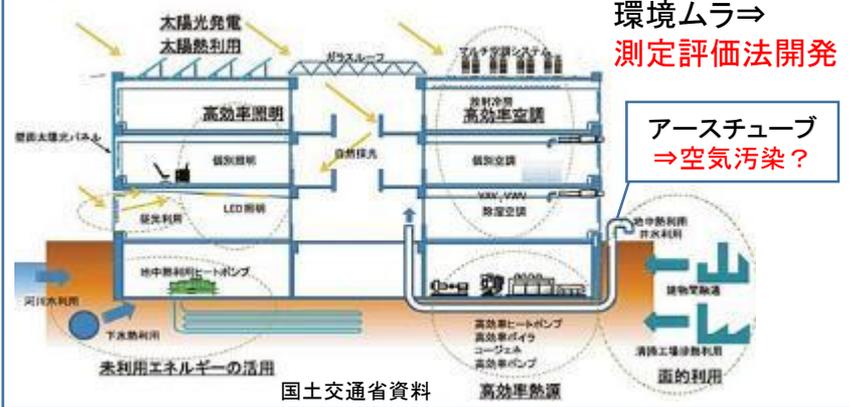
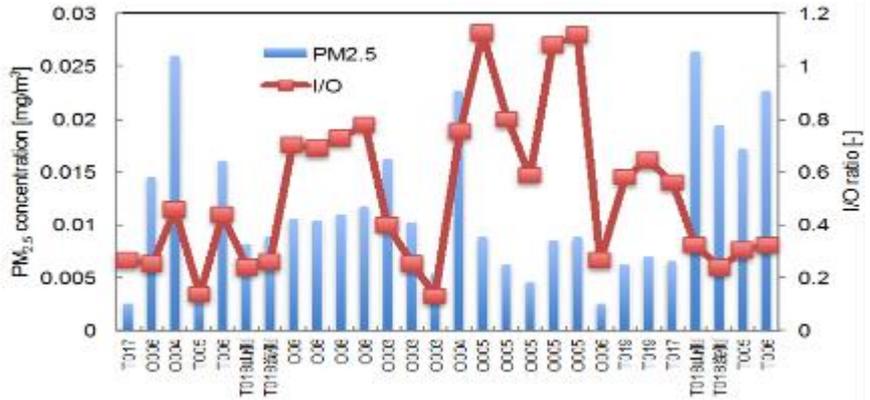
監視指導情報の分析

冬期在室状況(換気量)  
⇒ **測定・評価法の改定**

事務所のPM2.5のIO比は、1.0  
程度の場合がある。  
⇒ **外気モニタ、外気処理**

新リスク  
(PM2.5, SVOC, Virus等)

新技術  
ゼロエネルギー(ZEB), タスク  
アンビエント・パーソナル空調



環境ムラ ⇒  
**測定評価法開発**

アースチューブ  
⇒ 空気汚染?

# 1. 研究方法

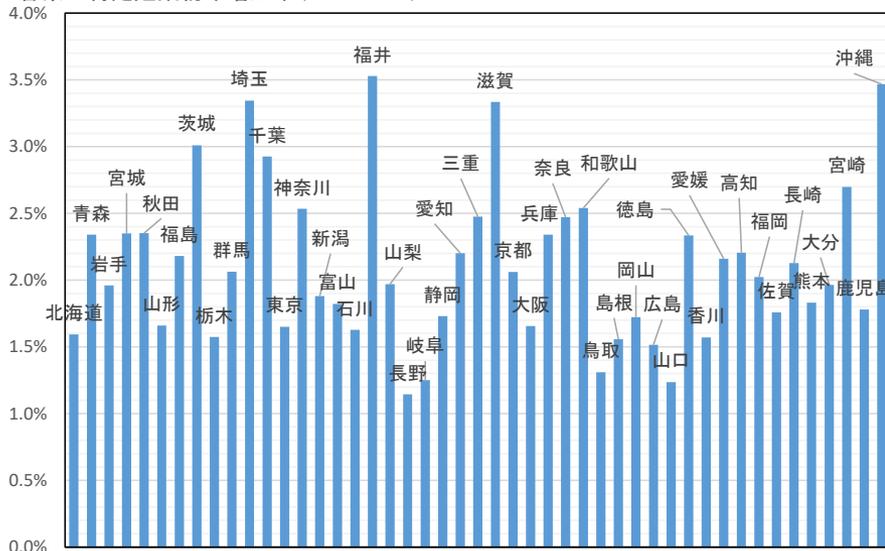
## ① 1996年度～2017年度の行政報告例

- 各都道府県の特定建築物数、調査(報告徴取、立入検査)数、基準不適数の経年変化の状況を把握

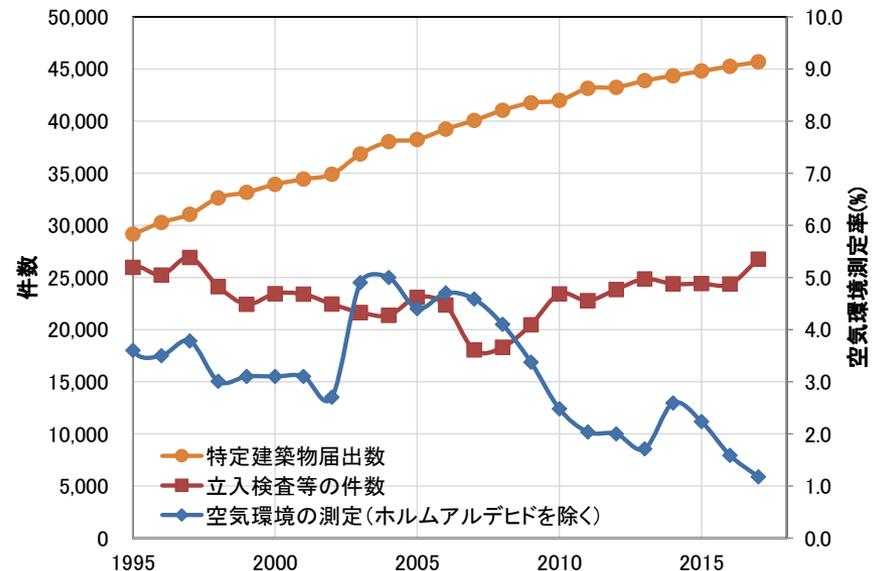
## ② 2010年度～2017年度の行政報告例

- 統計解析ソフトJMPのモデル化(重回帰)
- 年度、地域(北海道～沖縄)、調査(報告徴取、立入検査)数、空気環境項目の不適合率の関係を把握

各県の特定建築物年増加率(1996-2016)



各県の特定建築物届出数の増加率



立入検査等・空気環境測定率の推移

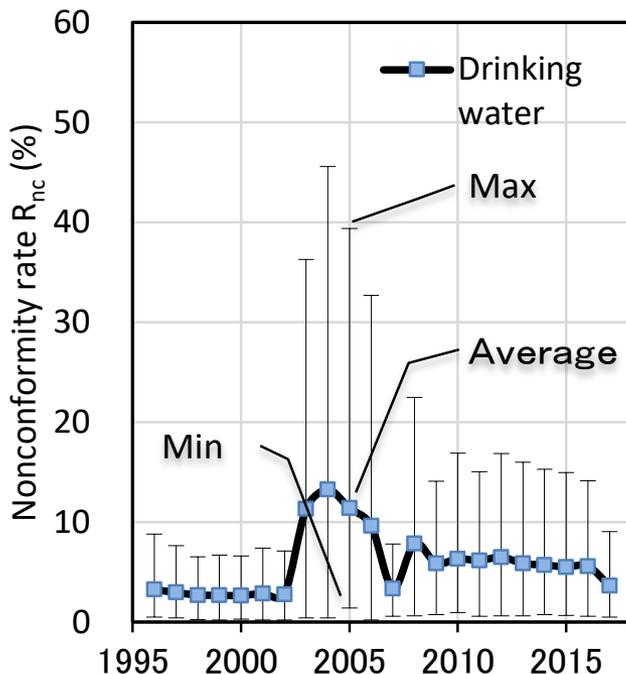
# 2. 研究結果

## ① 1996年度～2017年度の行政報告例

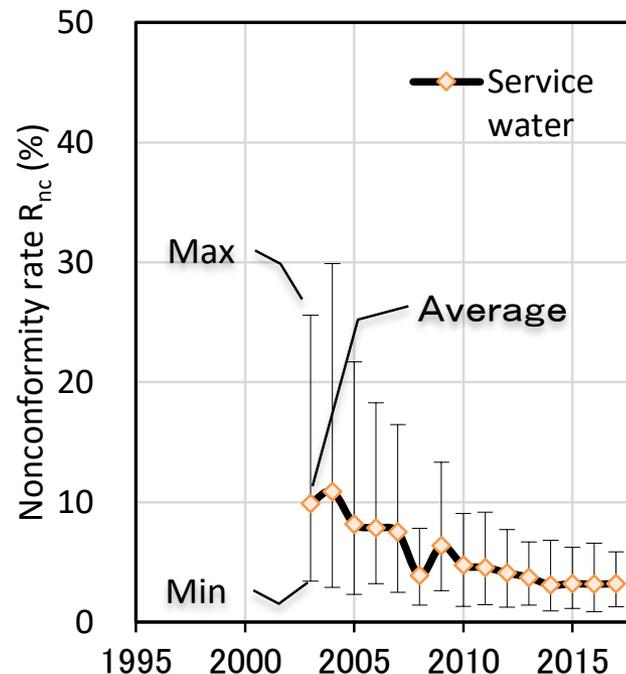
- ▶ 給水の不適率は、2002年の省令改正後に上昇するが、その後低下した。
- ▶ 雑用水の不適率は、省令改正により規定され、その後低下した。
- ▶ また、「排水設備の清掃の実施」、「大清掃の実施」、「ねずみ等の防除の実施」の不適率は5～14%の範囲でいずれも低下傾向を示した。

- 給水の管理に関する項目
  - 遊離残留塩素の含有率の検査実施
  - 遊離残留塩素の含有率
  - 中央式給湯設備における給湯水の遊離残留塩素含有率の検査実施
  - 中央式給湯設備における給湯水の遊離残留塩素の含有率
  - 水質検査実施、水質基準
  - 中央式給湯設備における給湯水質検査実施
  - 中央式給湯設備における給湯水質基準
  - 貯水槽の清掃、貯湯槽の清掃

- 雑用水の管理に関する項目
  - 遊離残留塩素の含有率の検査実施
  - 遊離残留塩素の含有率
  - 雑用水の水槽点検
  - 水質検査実施、pH値、臭気
  - 外観、大腸菌群、濁度



給水に関する不適率



雑用水に関する不適率

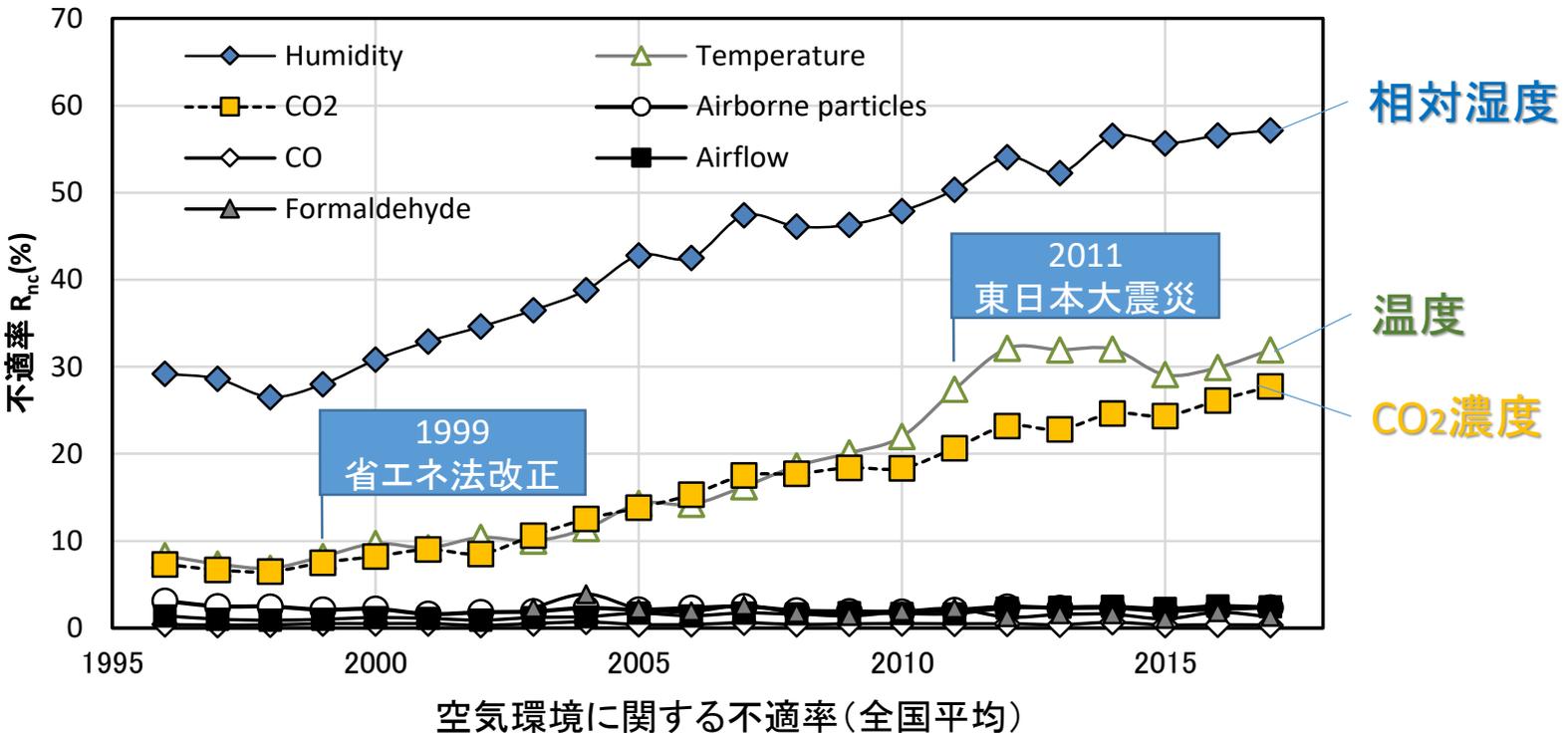
# 2. 研究結果

## ① 1996年度～2017年度の行政報告例

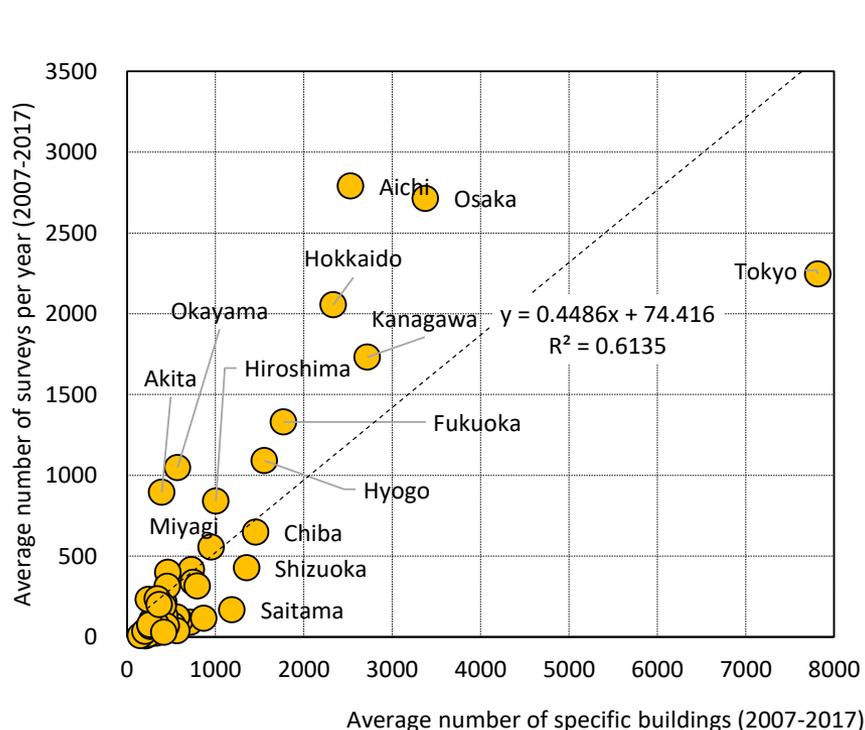
➤湿度、温度、CO<sub>2</sub>濃度は、1999年度以降に継続的に上昇し、  
温度は、2011から一時的に上昇。

➤省エネ・東日本大震災後の節電

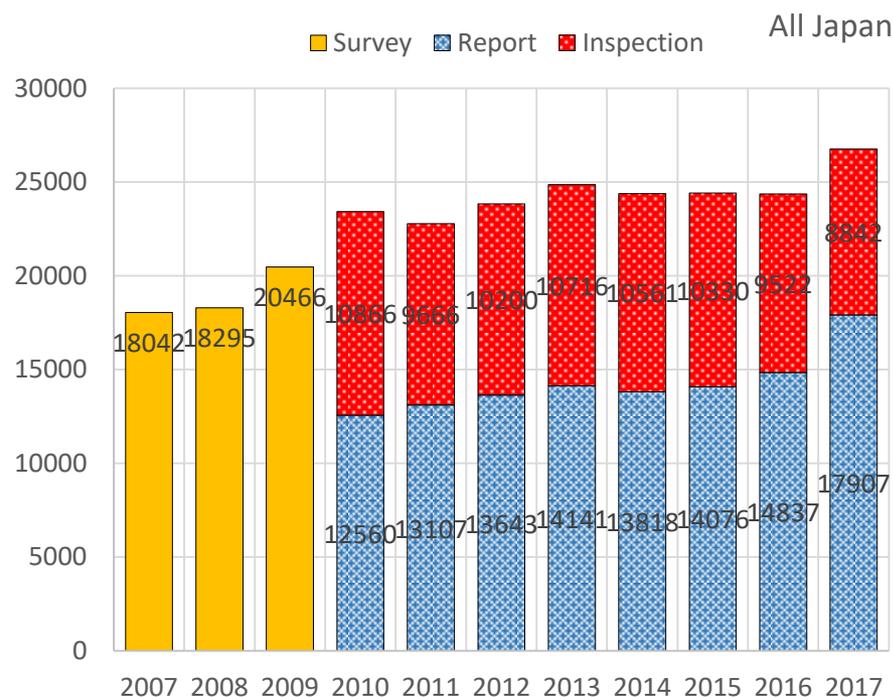
(換気量抑制、温湿度調整、個別空調の普及)



- 特定建築物数が多い自治体の調査数は多いが、特定建築物数に対する調査数の比は埼玉県が低く、秋田県、岡山県が高い。調査状況は自治体によって異なる。
- 2009年度までは報告徴取 (Report) と立入検査 (Inspection) をまとめて立入検査等として示され、2010年度以降は報告徴取と立入検査に分けられたが、それぞれの不適数は示されていない。



自治体の特定建築物数と調査(立入検査等)数



報告徴取数と立入検査数の推移

# 行政報告例の特性(既往研究)

➤ 報告徴取の方が不適になりやすい傾向がある。

➤ 立入検査は、立入時の空気環境測定結果、室の利用・空調運転の状況等を踏まえた総合的な判断になる。

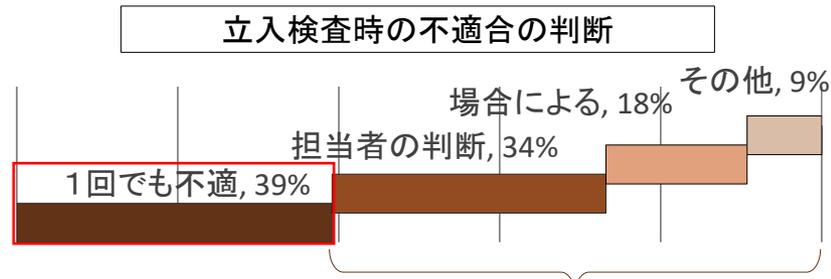


➤ 報告徴取は、法定検査の測定値のみの判断になる。

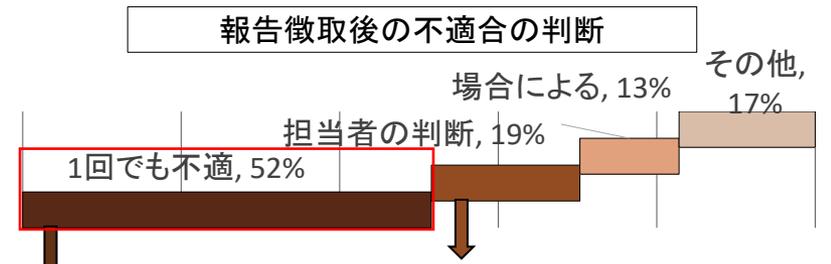
➤ 報告徴取に用いる法定点検のデータは通年に渡るのに対し、



➤ 立入検査は季節を問わず特定建築物を順次巡回するために温湿度等が不適になりづらい中間期にも行われる。

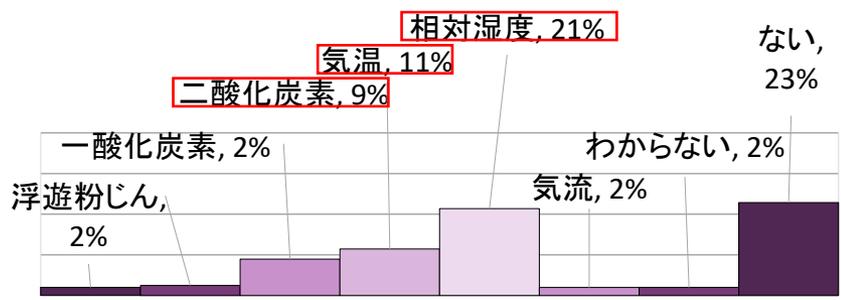


報告徴取の場合より増



- ・人による差が出ないようにしているため
- ・機械的に判断しているため

立入検査時の不適合の判断について、難しい項目



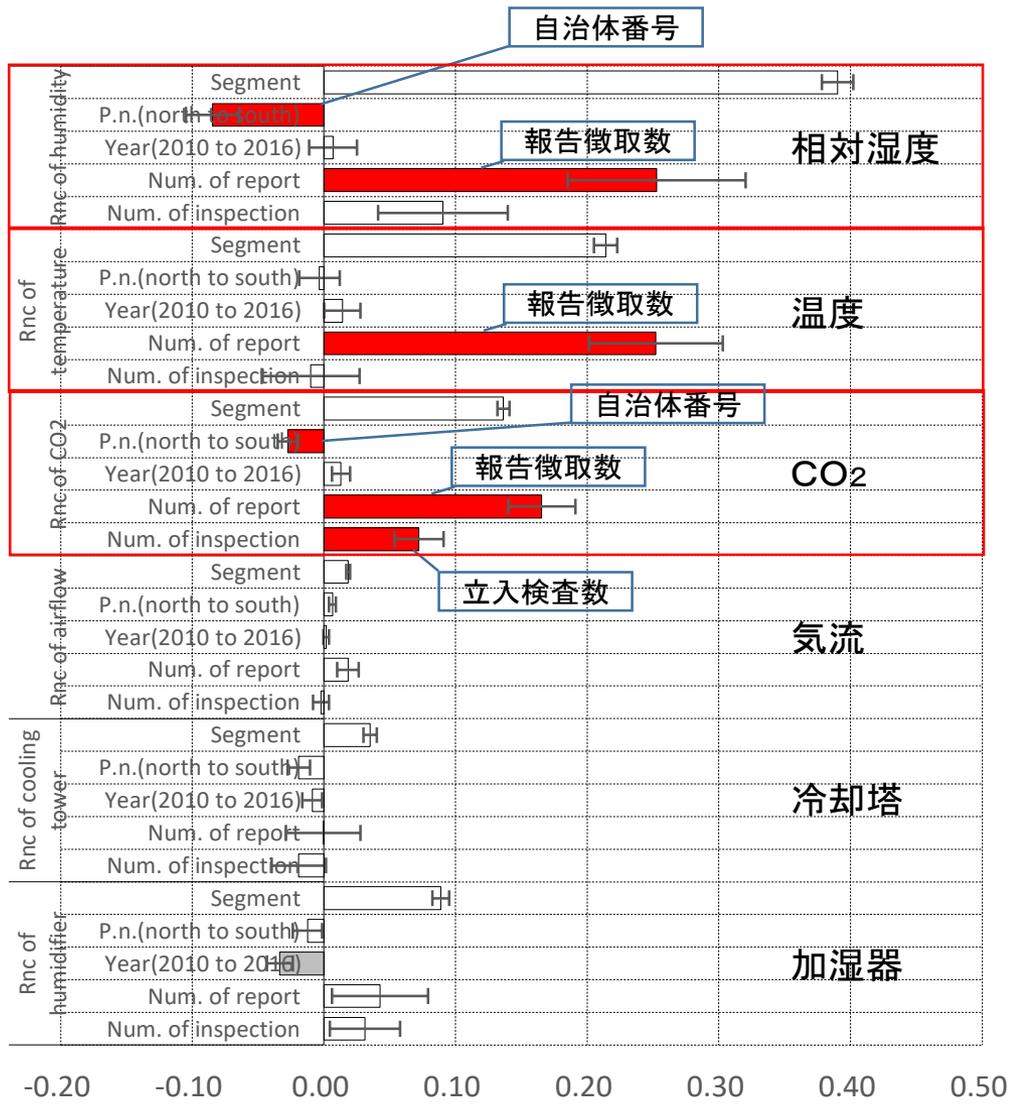
## ② 行政報告例の特性と不適率の関係

➤ 湿度、温度、CO<sub>2</sub>濃度のいずれも、報告徴取数が有意な要因となっている。

➤ 湿度は、北の自治体ほど、報告徴取が多いほど、不適率が高い。

➤ 温度は、報告徴取数が多いほど、不適率が高い。

➤ CO<sub>2</sub>濃度は、北の自治体ほど、報告徴取数が多いほど、立入検査数が多いほど、不適率が高い。立入検査数に比べ、報告徴取数の方が影響程度がより大きい。



2010-2017の不適率に関する重回帰(JMPIによる尺度化係数、標準偏差及びP値)

➤ 温度、湿度、二酸化炭素の不適率上昇の要因は、

報告徴取数のみではなく、**他の候補が考えられる。**

● 温度の不適率

➤ 主に夏期に不適率が高くなっているため、省エネルギーのための冷房設定温度の変更、都市における外気温度上昇が挙げられる。

● 相対湿度の不適率

➤ 主に冬に不適率が高くなっているため、省エネルギーのために設定温度が低くなったことで、気化式加湿器の効果が低下したことによる影響が指摘されている。

➤ 省エネルギーにともなって冷房設定温度が高くなることで冷房運転時間が短くなり、除湿が行われなくなることで夏期に不適率が高まることが指摘されている。

● CO<sub>2</sub>濃度の不適率

➤ 外気のCO<sub>2</sub>濃度上昇の影響が考えられる。

➤ また、省エネルギーのための換気量削減、個別空調の普及にともなう換気量減少が寄与している可能性がある。

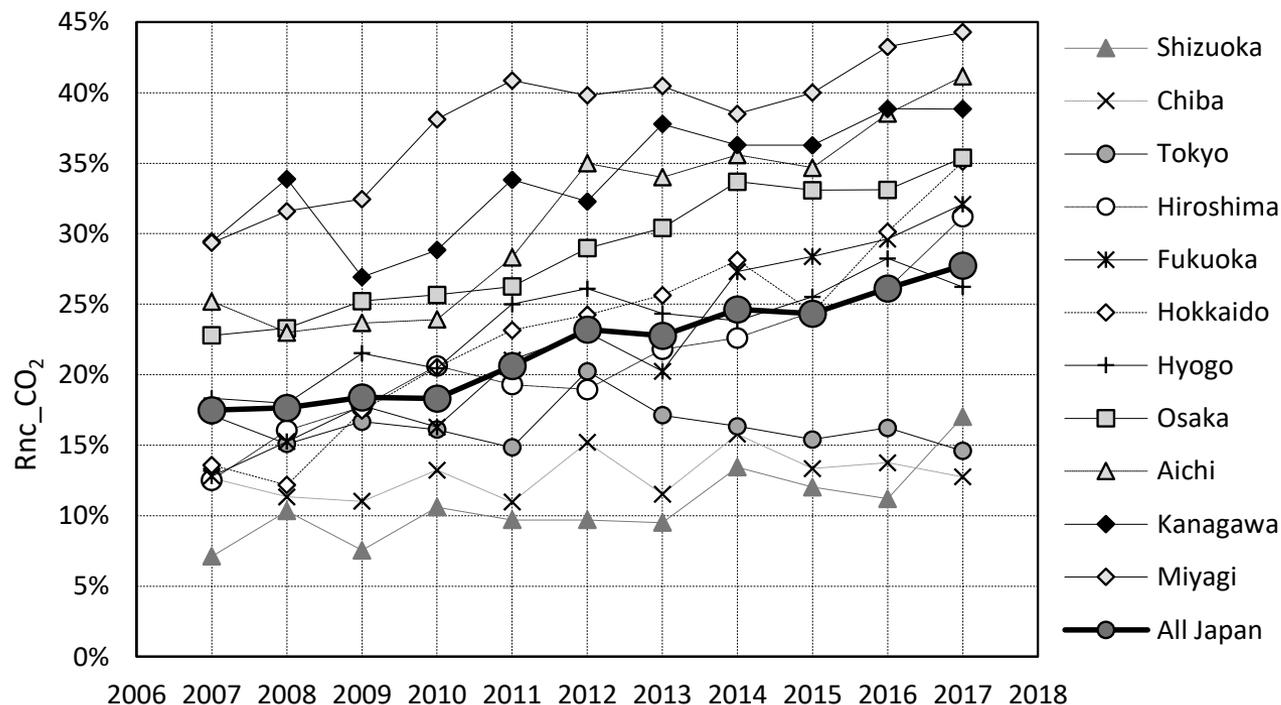
# 二酸化炭素濃度不適率に関する分析

- 換気量Qが減少すると内外濃度差 $\Delta C$ が増加する。

内外濃度差の基本式

$$\Delta C = C_{in} - C_{out} = M/Q$$

$C_{in}$ :室内濃度,  $C_{out}$ :外気濃度,  $M$ :発生量,  $Q$ :換気量(外気量)



特定建築物が多い自治体のCO<sub>2</sub>濃度不適率Rnc-CO<sub>2</sub> の推移

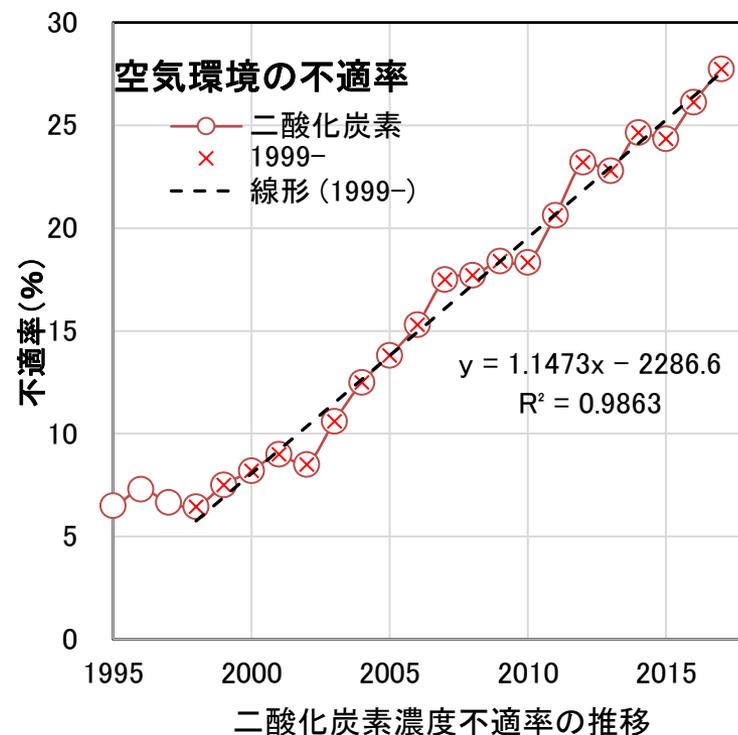
# 二酸化炭素濃度不適率に関する分析

## ■二酸化炭素濃度の不適率の増加要因

- ① 報告徴取増加による不適率増加
- ② 外気濃度の上昇に伴う室内濃度の上昇
- ③ 換気量低下による  
内外濃度差拡大



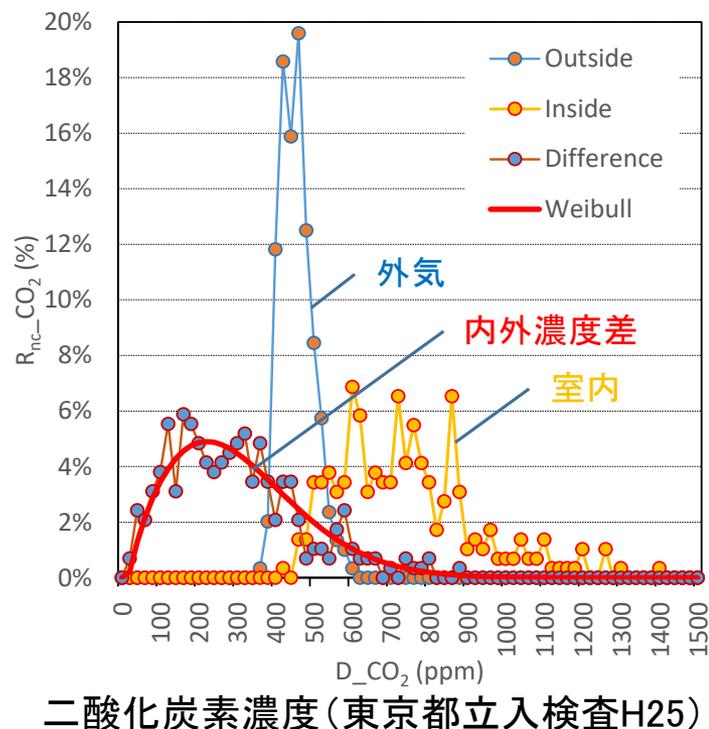
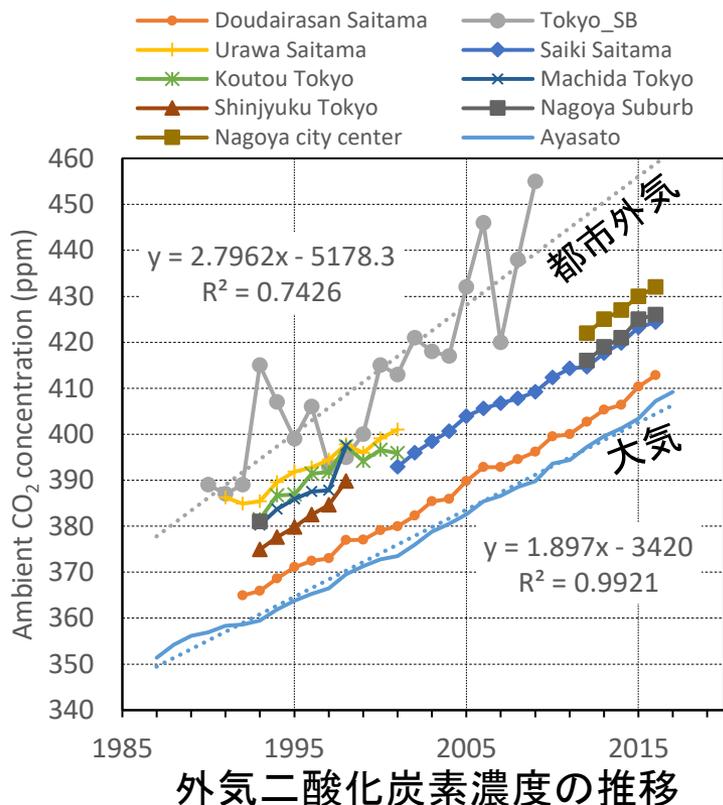
- a) 省エネルギーの普及
- b) メンテナンス不備の増加
- c) 個別空調の普及(個別運転による  
建物全体の換気量低下)



# 二酸化炭素濃度不適率に関する分析

## ① 外気濃度の上昇に伴う室内濃度の上昇

- ✓大気のCO<sub>2</sub>濃度は、年2ppm程度上昇している。
- ✓都市の外気CO<sub>2</sub>濃度は、大気より10~25ppm高い。
- ✓外気濃度上昇によって室内濃度が上昇し、不適率が高まる可能性がある。

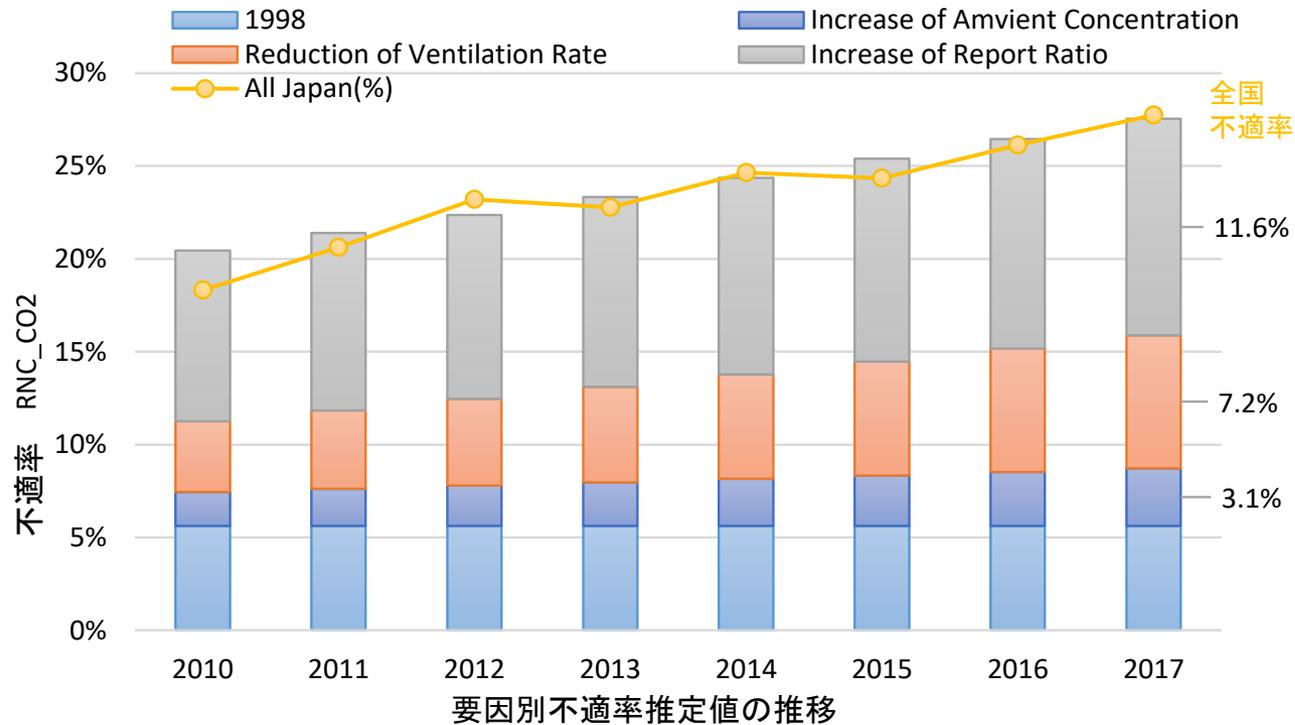


# 二酸化炭素濃度不適率に関する分析

## ■ 不適率上昇の要因と影響程度に関する分析

$$R_{nc}(y) = (e + R_i(y) \cdot (1 - e)) \cdot \exp \left[ - \left( \frac{(\gamma_s - d\gamma \cdot (y - y_s)) \cdot (C_s - C_{out}(y))}{\beta} \right)^\alpha \right]$$

$y$ 年の不適率 $R_{nc}(y)$ 、調査数に対する立入検査数の比を立入検査率 $R_i(y)$   
 換気量減少率 $\gamma$ 、基準年 $y_s$ の減少率 $\gamma_s$ 、減少率変化速度 $d\gamma$   
 報告徴取の不適率に対する立入検査時の不適率の比を立入検査不適率特性 $e$



## 二酸化炭素濃度不適率に関する分析

### ■ 不適率上昇の要因と影響程度に関する分析

- ① 報告徴取増加 ⇒ 12%(2017)
- ② 換気量低下(省エネルギー) ⇒ 7%(2017)
- ③ 外気濃度の上昇 ⇒ 3%(2017)



### ■ 報告徴取率の増加が、不適率増加の最大要因

a.報告徴取における不適判断の方法

b.報告徴取の基礎となる空気環境測定の様況

[空気環境測定者へのアンケート(実施中)]

測定位置・時間の選定、利用者やテナントへの配慮の影響

# 特定建築物における空気環境測定の実態に関する全国調査

## 目的

適切な状況下で測定が実施されているかを把握する。

## 調査の対象

全国の空気環境測定実施者等を対象にアンケート調査を実施

## 空気環境測定の実態

測定点、測定回数、室の状況、空調装置の稼働状況などについて適切な状況下で測定が実施されているか？

## 原因追及調査・改善策の提示

問題点の改善に向けた調査等が実施されているか？

# アンケート調査の項目

測定点	<ul style="list-style-type: none"><li>・室内で測定する時に、<b>通常の在室状況を代表</b>する適切な測定点で測定しているか？</li></ul>
測定回数	<ul style="list-style-type: none"><li>・一日に<b>2回以上</b>、測定しているか？</li></ul>
室の状況	<ul style="list-style-type: none"><li>・<b>在室者のいない居室</b>や<b>廊下</b>などで測定する必要があるか？</li><li>・<b>休日</b>や<b>就業時間外</b>など、空調が運転されていない日や時間帯に測定する必要があるか？</li><li>・<b>窓が開放</b>されている室で測定する必要があるか？</li></ul>
空調装置の稼働	<ul style="list-style-type: none"><li>・<b>個別方式空調</b>が運転されていない室で測定する必要があるか？</li><li>・個別方式空調の<b>換気装置</b>が運転されていない室で測定する必要があるか？</li></ul>
原因追及調査	<ul style="list-style-type: none"><li>・法令検査で問題があった測定場所や施設について、<b>原因追及のための測定</b>を実施しているか？</li></ul>
改善策の提示	<ul style="list-style-type: none"><li>・法令検査で問題があった測定場所や施設について、<b>改善策</b>を提示しているか？</li></ul>

# 不適切な状況下での測定

一部不適切な状況下での測定の実態が明らかになった

測定要素	不適切な状況下での測定	結果
測定点	在室者のいない居室や廊下での測定	54%
	居室の入口付近など不適切な位置での測定	23%
測定回数	一日の測定回数が1回のみ	8%
室の状況	休日や営業時間外の測定	14%
	窓が開放された状態での測定	23%
空調装置の稼働	空調や換気装置が停止した状態での測定	20%以上

## ① 不適切な状況下で測定

- ・不適切な測定点で測定していた
- ・空調装置等が停止した状態で測定を実施していた

一部不適切な状況下での測定が実施されていた

## ② 原因追及調査と改善策

- ・一部追加調査が未実施だった
- ・適切な改善策が提示できないケースが示唆された

改善に向けた取り組みが不足している場合がある

こうした実態を踏まえ、

- ・**空気環境測定や空気環境の改善の意義を周知化する**
- ・**適切な状況下で測定を実施できるよう、依頼主やテナントの協力を仰ぐ**

などの対策を実施していく必要がある

## 2. 厚労科研 による建築物衛生に関する研究

H29-R1「建築物衛生管理基準の検証に関する研究」

H29-R1「中規模建築物における衛生管理の実態と  
特定建築物の適用に関する研究」

### ポイント

建築物衛生管理基準の検証が行われ、新たな課題（一酸化炭素、二酸化炭素、PM<sub>2.5</sub>、中規模建築物、管理技術者の兼任等）が確認されました。検討会、審議会を経て、その一部が改正されました。

# 建築物衛生に関する研究

厚労科研 H26-28 建築物環境衛生管理に係る行政監視等 に関する研究	現状分析		
	空気環境衛生管理の現状	健康危機対応の衛生管理の実態	温湿度・二酸化炭素の健康影響エビデンス
	新しい基準の提案		
	空気環境衛生基準	衛生管理体制	新しい健康リスク等

	H29	H30	H31	
厚労科研 H29-31 建築物衛生管理基準の検証に関する研究 代表: 林	■	■	■	① 基準案の検証(エビデンス整理)
	■	■	■	基準案(基準の見直し、項目の追加・組替え)と適用結果の予測
	■	■	■	② 測定評価法提案(ケーススタディー)
	■	■	■	基準案に対応した測定法に関する実験・シミュレーションによる検証
	■	■	■	③ 測定評価法の検証(実建物試行)
■	■	■	特定建築物を用いた測定及び徴取・検査の試行と実用性、健康影響に関する検証	
■	■	■	④ 制度提案(自治体等ヒアリング)	
■	■	■	基準案及び測定法に基づく制度案と適用の可能性に関する検討	

	H29	H30	H31	
厚労科研 H29-31 中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究 代表: 小林	■	■	■	① 衛生環境実態(実建物調査)
	■	■	■	空気、水、PC等に関する実態調査(全国調査、詳細調査)
	■	■	■	② 健康影響(実建物調査)
	■	■	■	空気環境と健康影響に関する実態調査(全国調査、詳細調査)
■	■	■	③ 衛生管理項目・水準(提案)	
■	■	■	特定建築物の適用による影響と対応策に関する検討	

# 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査

## 特定建築物と中小規模建築物の空気環境の実態

厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業

「建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究」

「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究」

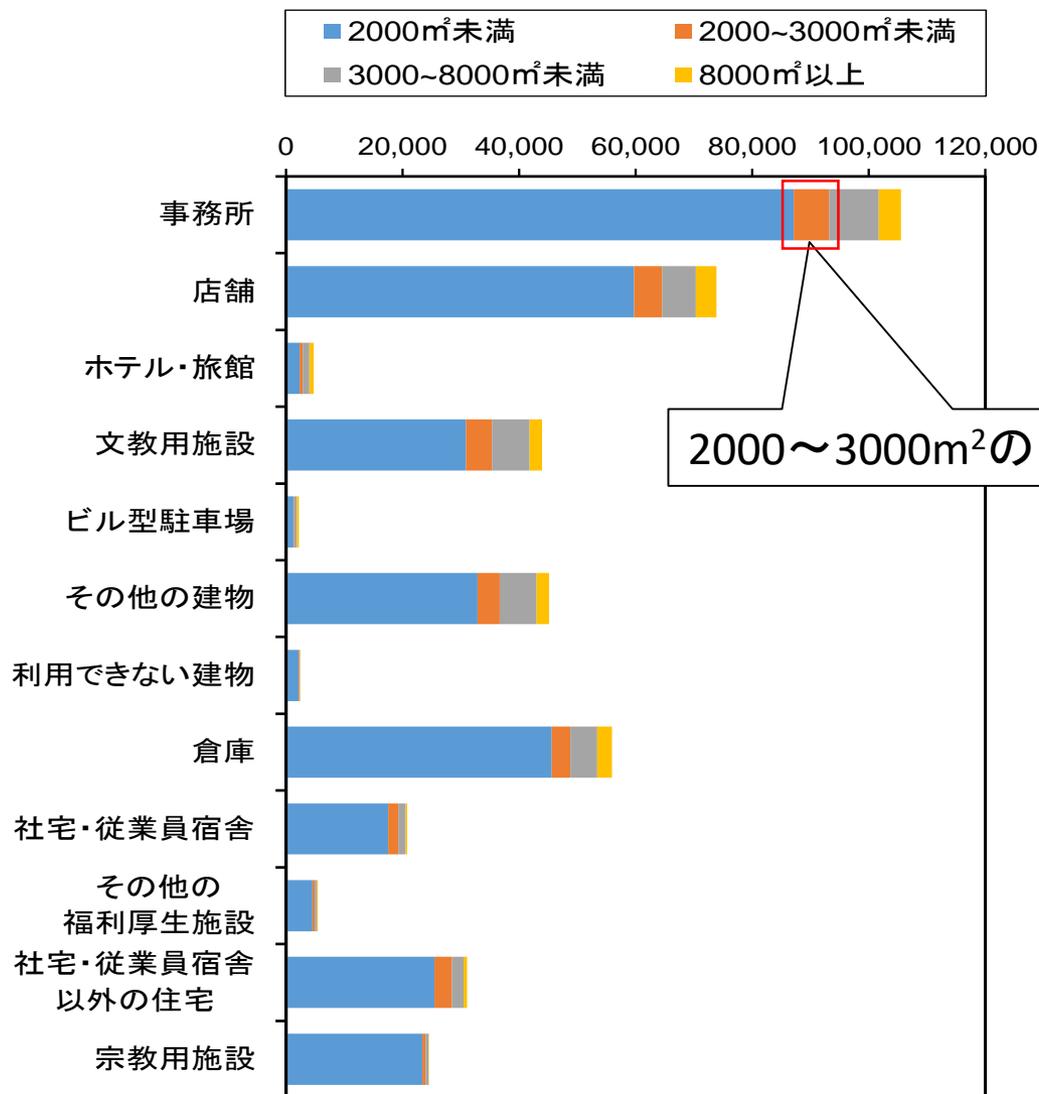
林 基哉、小林 健一、金 勲、開原 典子、(国立保健医療科学院)

柳 宇(工学院大学)、鍵 直樹(東京工業大学)、東 賢一(近畿大学)、

長谷川 兼一(秋田県立大学)、中野 淳太(東海大学)、李 時桓(信州大学)

# 主な建築物の施設数

国土交通省平成25年  
法人土地・建物基本調査



2000~3000㎡の中規模建築物

# 調査概要

## 空気環境の連続測定

- ・全国のオフィスビル 42 件 : 郵送
- ・温度・相対湿度・CO<sub>2</sub> : 5分間隔
- ・冷房期 及び 暖房期: 各2週間の連続測定
  - 2018年8月下旬~9月中旬
  - 2019年1月下旬~2月中旬



温度,相対湿度,CO<sub>2</sub>

健康状態に関するアンケート : 全物件



分析 → 連続した5勤務日 (月~金)  
勤務時間帯 (09:00~17:00)

空気環境の詳細調査 : 10数件選別

# 空調方式と特徴

## ●中央管理方式

各居室に供給する空気を中央管理室等

で、一元的に制御することができる方式

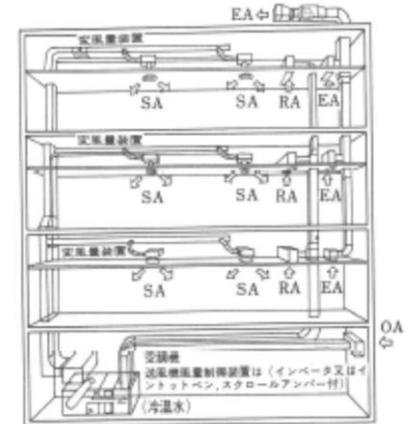
⇒ 全館の温湿度、空気質を制御。

熱源：ボイラー、ヒートポンプ、冷却塔(クーリングタワー)

室内：ファンコイルユニット、パネルラジエター、床暖房



冷却塔(クーリングタワー)



建築環境工学用教材 設備編  
日本建築学会

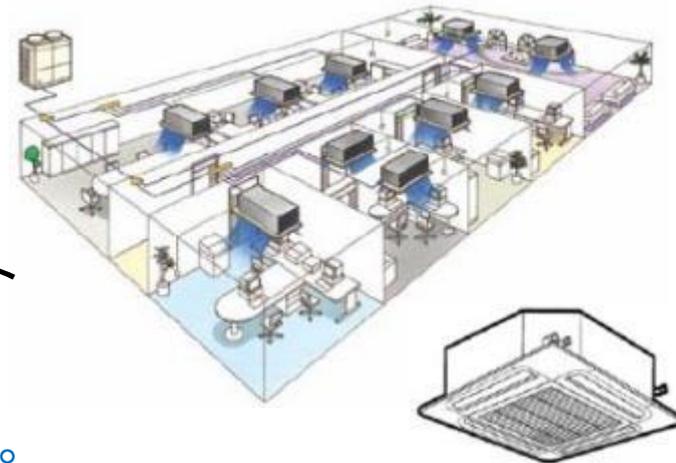
## ●個別方式(中央管理方式以外)\*

ビルマルチ等の各居室を個別に制御できる方式

例：ヒートポンプ(室外機)ー冷媒管ー室内ユニット

⇒ ローコスト、省エネ(部分間欠)運転に対応。

\* 2003年改正後で建築物衛生法の対象となった。



出典：東京都健康安全研究センター

# 中小規模建築の室内空気環境の連続測定

## まとめ

### 事務所の室内空気環境について

#### 1. 温度、

中央式に比べ、個別式では温度の変化が大きく。夏期に基準値28°Cを超える場合がある。

#### 2. 相対湿度

中央式、個別式に関わらず、冬期には、基準値の下限40RH%を下回っている。また、個別式では、温度と共に相対湿度の変化が大きい。

#### 3. CO<sub>2</sub>濃度

夏期冬期ともに基準値の超過が見られ、換気量不足の状況がある。特に、個別式の場合に濃度が高い傾向がある。また、一部では、非常に高い濃度となっている。

# 詳細調査による特定建築物と中小規模建築の比較

## 中小規模建築物等(事務所)の測定対象

地域	空調方式	対象床面積 (m <sup>2</sup> )	測定時在室人数 (測定者)	一人当たりの面積(m <sup>2</sup> )	天候	特定建築物
冬期						
神奈川	中央式(外調機)	204	13(8)	9.7	晴	
		123	9(8)	7.2	晴	
東京	中央式(外調機)	1178	76(7)	14.1	晴	○
	個別式(PAC+換気装置)	169	8(8)	10.6	晴	
	個別式(PAC)換気なし	133	12(8)	5.7	晴	○
大阪	中央式(外調機+PAC)	193	26(3)	6.7	曇り	○
福岡	個別式(PAC+換気装置)	93	6(3)	10.3	曇り	
福岡	個別式(PAC+換気装置)	122	11(3)	8.7	曇り	
		44	1(7)	5.5	曇り	
		383	14(4)	21.3	曇り	
夏期						
東京	個別式(PAC+換気装置)	55	3(5)	6.9	晴	
	中央式(外調機)	1050	150(5)	6.8	晴	○
	個別式(PAC+換気装置)	92.4	9(5)	6.6	晴	
神奈川	中央式(外調機)	204	19(4)	8.9	晴	
		123	9(4)	9.5	晴	
東京	個別式(PAC+換気装置)	93	11(4)	6.2	曇り	
	中央式(外調機)	196	2(3)	39.2	晴	
	個別式(PAC+換気装置)	110	12(3)	7.3	晴	
愛知	個別式(PAC+換気装置)	96	3(6)	10.7	晴	○
	中央式(外調機)	176	12(6)	9.8	曇り	
	個別式(PAC+換気装置)	66	15(4)	14	雨	○

## 事務所の空気環境の比較

中小規模建築物(特定建築物に指定されていない。)における、維持管理体制調査と空気環境調査を行っている。

## 事務所の空気環境調査結果の比較

中小規模建築物の調査



特定建築物(既往の調査結果)

- ① 志摩輝治, 柳 宇, 鍵直樹, 金勲, 東賢一, 大澤元毅: オフィスビルにおける室内浮遊微生物濃度の長期間測定, 第33回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, pp.149-151, 2016
- ② 志摩輝治, 柳 宇, 鍵直樹, 東賢一, 金勲, 大澤元毅: オフィスビルにおける室内浮遊微生物濃度の長期間測定 第1報 2015年度夏季と冬季の測定結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.735-736, 2016
- ③ 志摩輝治, 柳 宇, 鍵直樹, 東賢一, 金勲, 大澤元毅: オフィスビルにおける室内環境に関する長期調査研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.85-88, 2017
- ④ 瀬戸啓太, 柳 宇, 鍵直樹, 金勲, 中野淳太, 東賢一, 林基哉, 大澤元毅: 中小規模オフィスビルにおける室内空気環境に関する研究 第1報-2017年度調査結果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.49-52, 2018

# 詳細調査による特定建築物と中小規模建築の比較

## 中小規模建築物の室内空気環境の測定

### 長期測定

- 温度、相対湿度、CO<sub>2</sub>濃度

温湿度・CO<sub>2</sub>センサー・

各測定対象ビルの室内に設置し、

測定間隔を5分間、測定期間を2週間とした。

ボタンセンサー・

各測定対象ビルの室内に設置し、測定

間隔を5分間、測定期間を2週間とした。



### 立入調査

- 室内・外気の温度、相対湿度、CO<sub>2</sub>濃度

IAQモニター・

各測定対象ビル外気、室内それぞれ測定時間を1分間30サイクルで計測した。



# 結果—温度

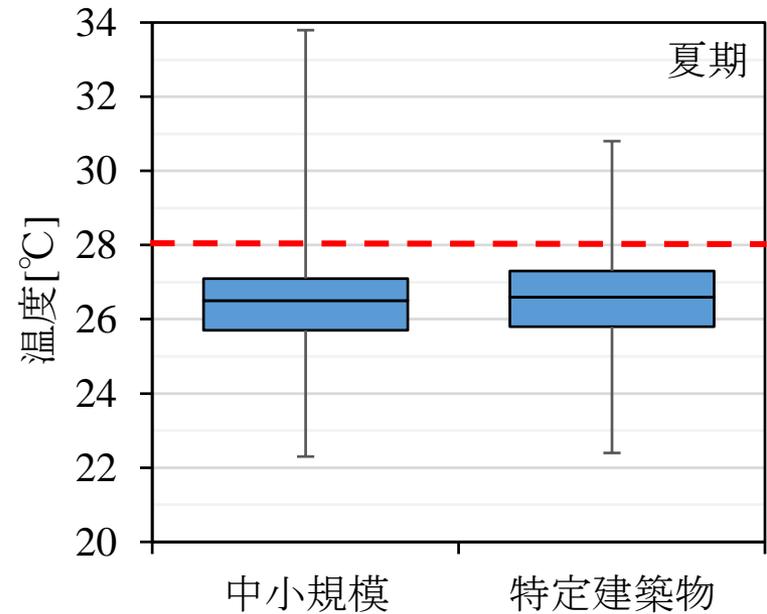
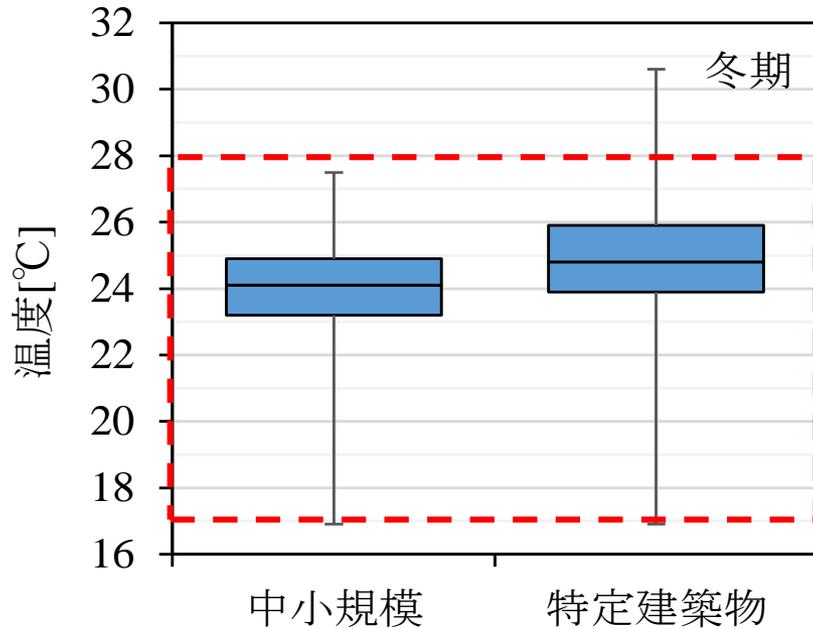


図1 冬期と夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内温度四等分値

冬期の中小規模ビルの中央値が24.1°Cであるのに対し、特定建築物の中央値は24.8°Cであった。

一方、夏期では中小規模ビルの中央値の26.5°Cに対し、特定建築物はほぼ同じ (26.6°C) であった。

# 結果—相対湿度

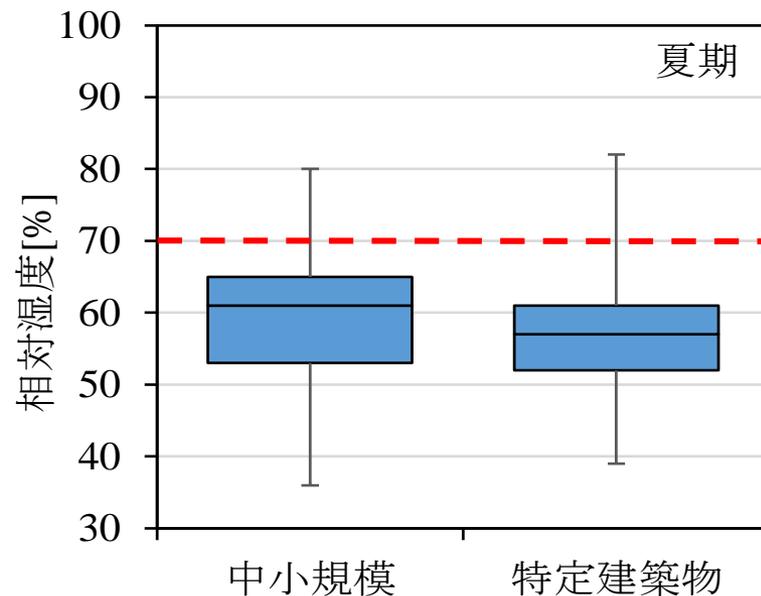
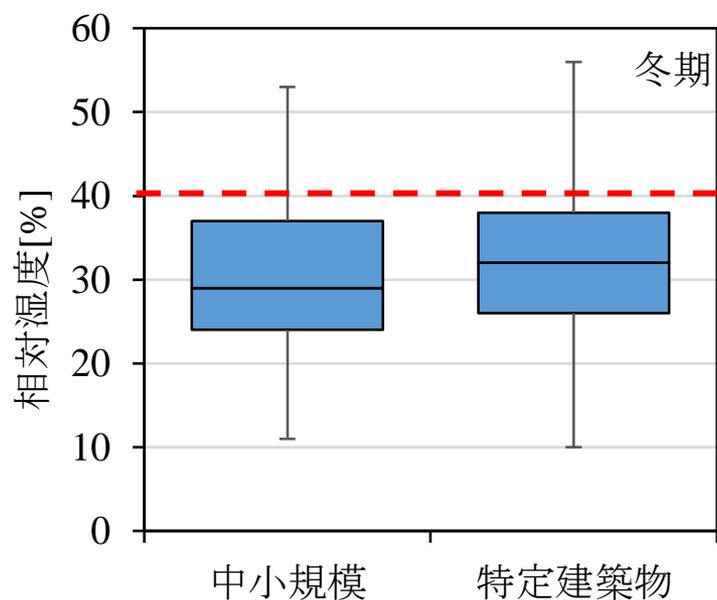


図2 冬期と夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内相対湿度四等分値

中央値において、冬期では中小規模ビルと特定建築物の相対湿度がそれぞれ29%と32%であり、ほぼ同じであった。また、75%のタイル値において、何れも40%を下回った。

建築物の規模を問わず冬期の低湿度問題が再確認された。一方、夏期では中小規模ビルの61%であるのに対し、特定建築物は同程度の57%であった。

# 結果—CO<sub>2</sub>濃度

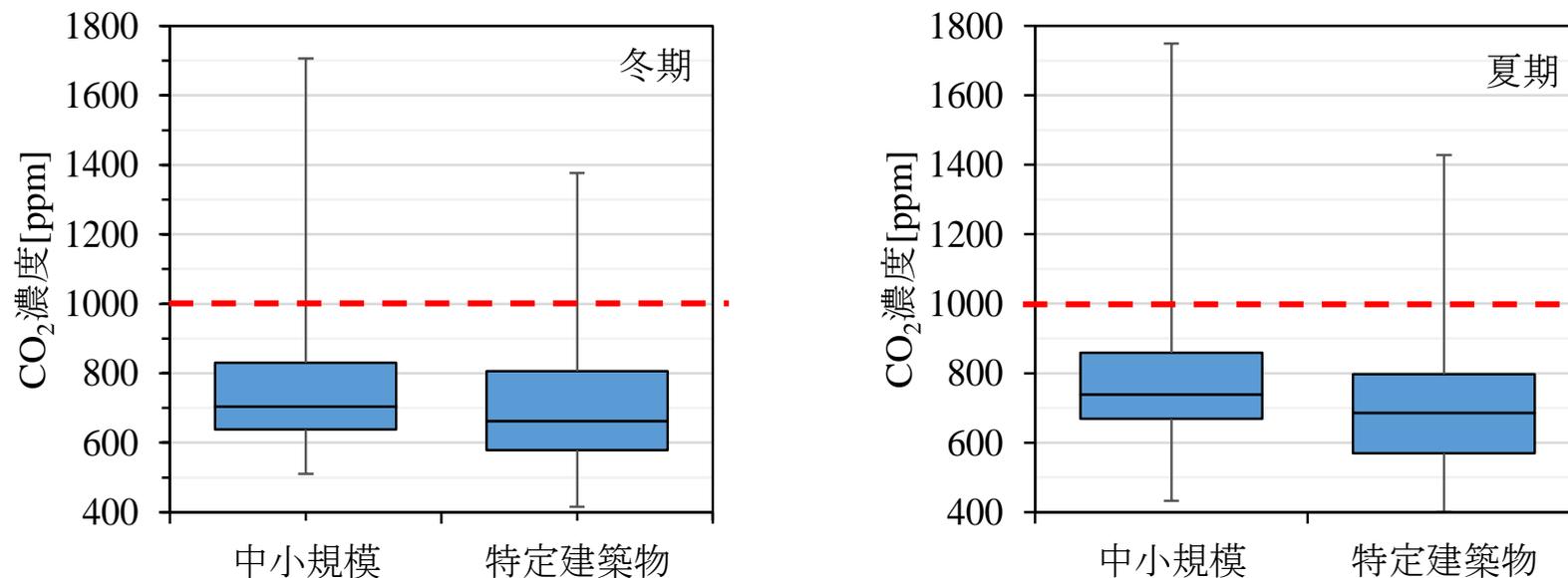


図3 冬期と夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内CO<sub>2</sub>濃度四等分値

何れの季節においても、特定建築物の方が比較的低い値を示しており、比較的多くの外気が取り入れられている。

# 結果—浮遊細菌

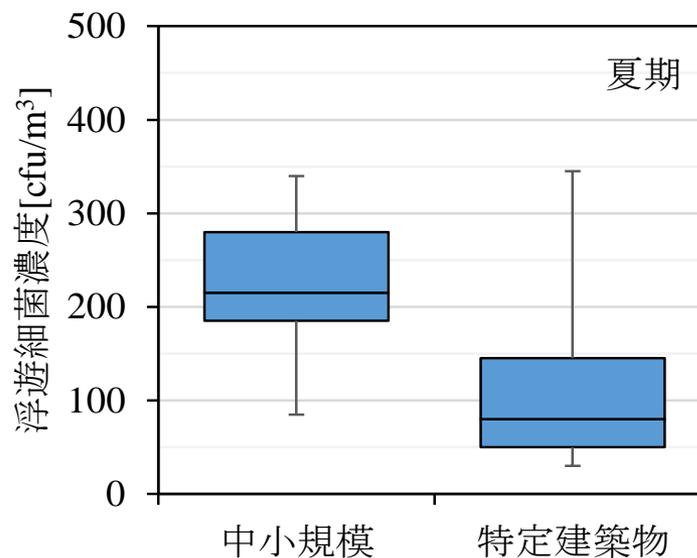
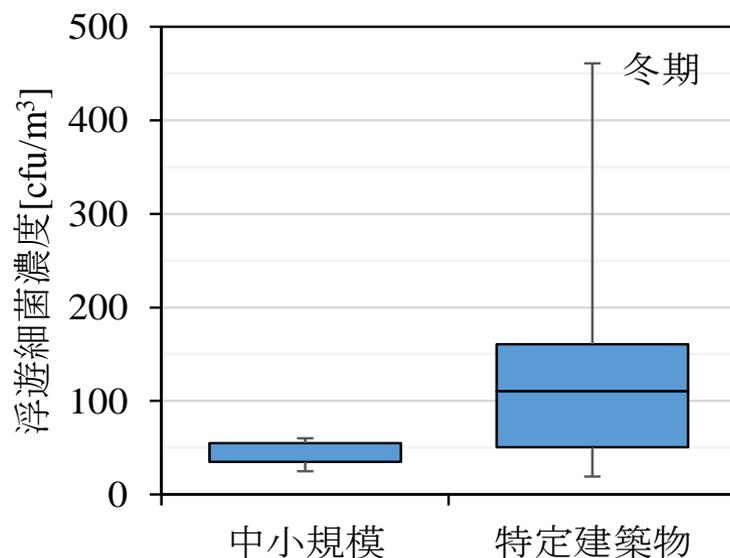


図6 冬期と夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内浮遊細菌濃度四等分値

冬期では、特定建築物の方がやや高い値を示したが、夏期では特定建築物の中央値が低い値を示した。

冬期と夏期の何れも日本建築学会基準500cfu/m<sup>3</sup>を満足している。

室内浮遊細菌の主な発生源は在室者であり、上記の差は在室人員密度とその活動状況によるものと考えられる。

# 結果—浮遊真菌

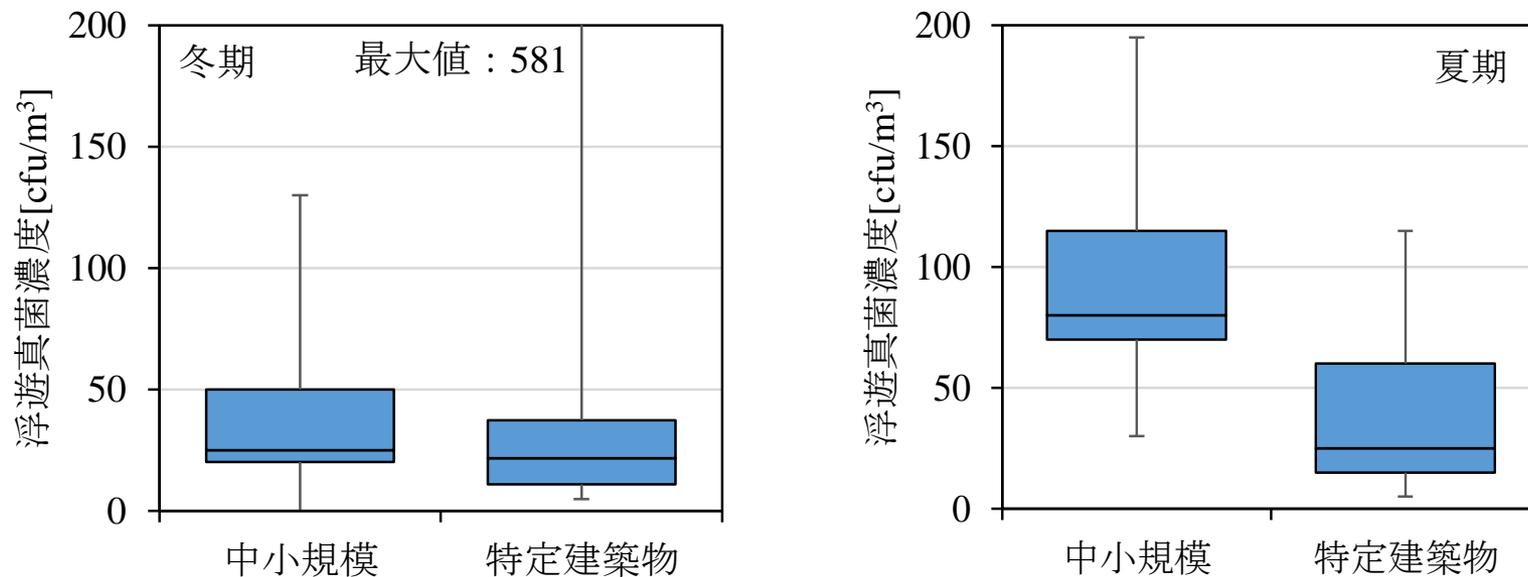


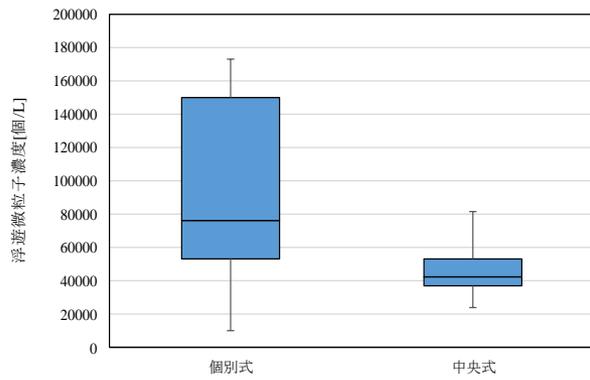
図7 冬期と夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内浮遊真菌濃度四等分値

冬期は、何れも日本建築学会基準の50cfu/m<sup>3</sup>を満足しているが、中小規模ビルの中央値がやや高い値を示した。

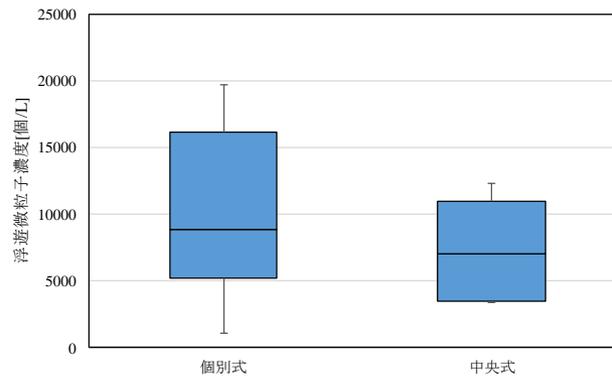
夏期では特定建築物の中央値が日本建築学会基準を満足しているのに対し、中小規模ビルが規準値を大きく超過した。

室内浮遊真菌濃度の違いの要因として、空調・換気設備のろ過性能の差が挙げられる。

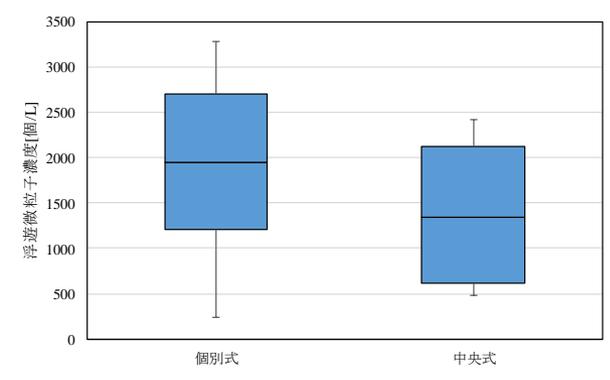
# 結果—浮遊微粒子



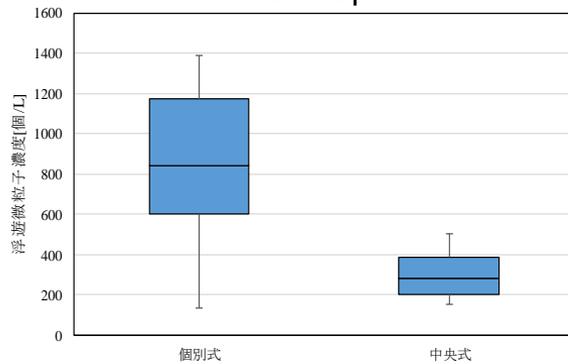
0.3~0.5 $\mu\text{m}$



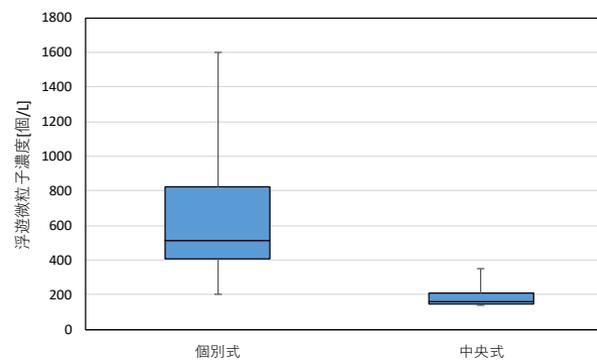
0.5~0.7 $\mu\text{m}$



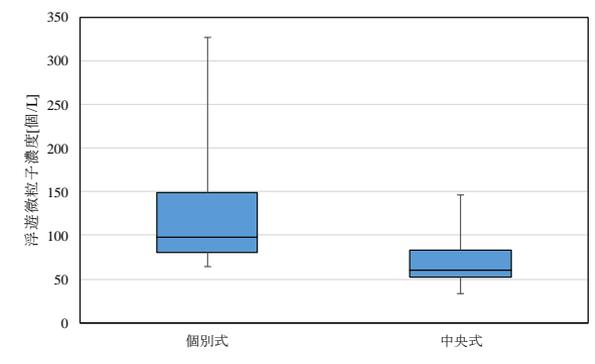
0.7~1.0 $\mu\text{m}$



0.7~1.0 $\mu\text{m}$



1.0~2.0 $\mu\text{m}$



5 $\mu\text{m}$ ~

## 冬期の室内浮遊微粒子(中央式と個別式)

冬期の浮遊微粒子濃度は、いずれの粒径においても中央式の方が低く、フィルター効果の差による影響が確認された。

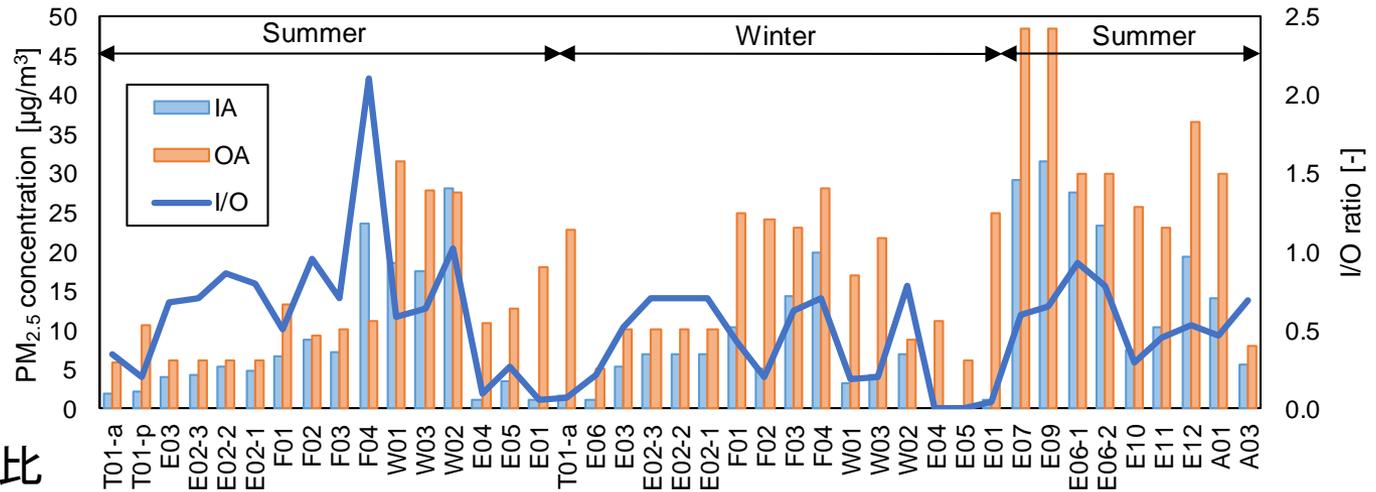
# 詳細調査による特定建築物と中小規模建築の比較

## まとめ

### 事務所の室内空気環境について

1. 温度、相対湿度、CO<sub>2</sub>濃度は、中小規模建築物と特定建築物の間に大きな差が見られない。また、中央式と個別式の間では、個別式の方が変化が大きい傾向がある。
2. 浮遊微粒子及び浮遊細菌真菌については、中小規模建築物は特定建築物より高い傾向がある。この傾向の要因には、空調・換気設備に備えられているエアフィルタの性能の差が挙げられる。
3. 浮遊真菌については、中小規模建築物において、AII基準を大きく超えており、補助的空気清浄装置の導入など改善が望まれる状況にある。

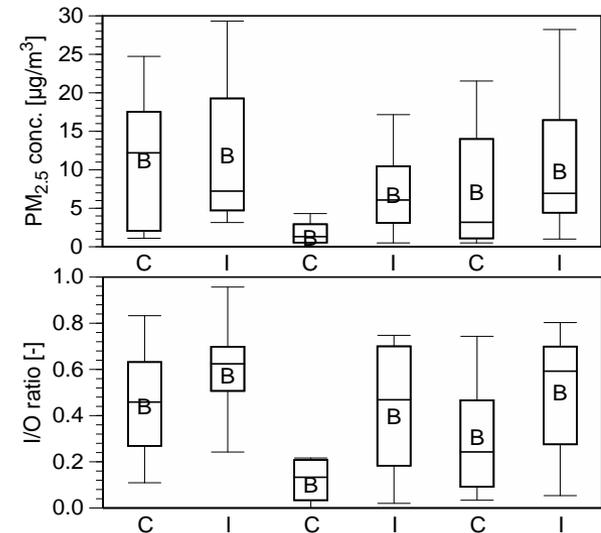
# 事務所建築室内のPM<sub>2.5</sub>濃度と特徴



PM<sub>2.5</sub>濃度とI/O比

18,19 Summer 19 Winter All season

- 大気環境基準の1日平均値である35 µg/m<sup>3</sup>を超過する箇所はなかった。
- I/O比については、概ね1以下であるが、F04(夏期)については1を超過した。F04においては、居室内に不完全な喫煙所があったことが原因で、廃止した冬期には1を下回った。
- 中央式・個別方式で比較すると、中央式建築物の方がI/O比が低くなり、空調機エアフィルタ効率の影響が考えられる。



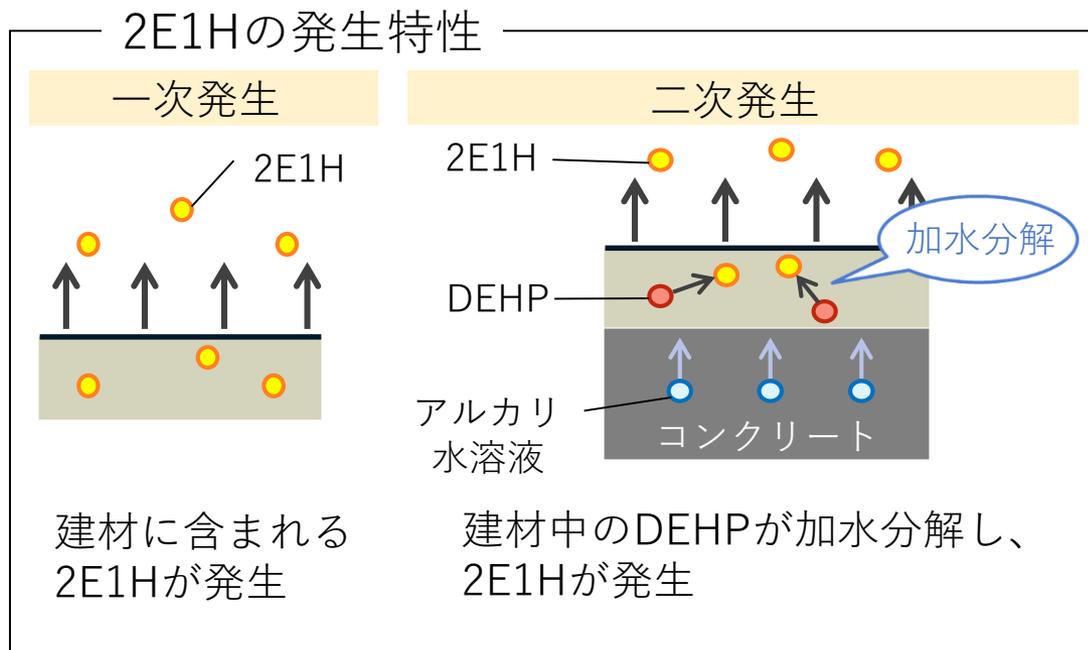
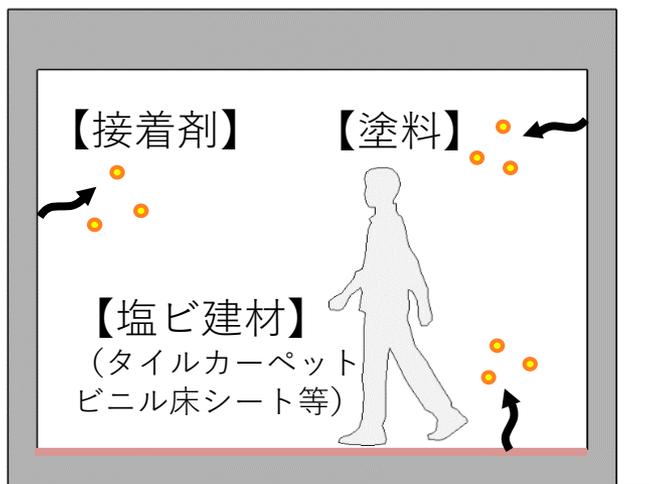
中央・個別方式毎のPM<sub>2.5</sub>濃度とI/O比

# 2-エチル-1-ヘキサノールについて

事務所室内における床材及び床下地に着目した2E1H濃度の実態調査

## 2-エチル-1-ヘキサノール

- 揮発性有機化合物(VOC)の一つ
- 眼, 皮膚, 気道への刺激, 中枢神経系などに影響
- 悪臭の原因



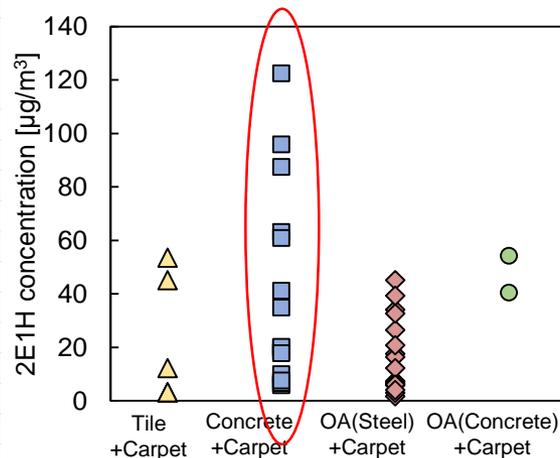
既往研究

- 水分による塩ビ素材からの一次発生への影響
- 室内の温湿度、季節変化の影響

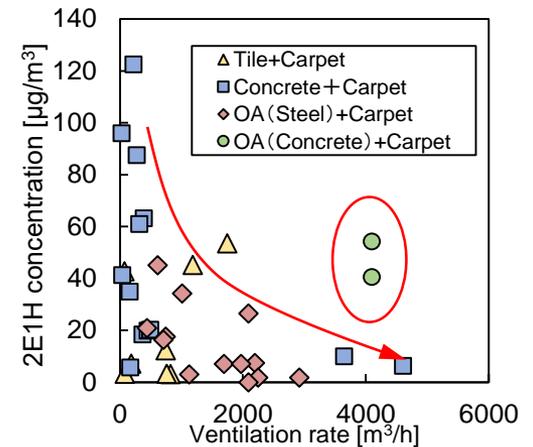
# 2-エチル-1-ヘキサノールについて

## 実測対象事務室の床仕様

Building ID	Location	Sampling places	Floor material
E01		-	Concrete+Carpet
E02	Tokyo Saitama	1F	OA (Steel) +Carpet
		2F	
		3F	
E03		-	Tile+Carpet
E04		-	Concrete+Carpet
E05		-	OA (Steel) +Carpet
W01		-	Tile+Carpet
W02	Osaka	-	Concrete+Carpet
W03		-	Tile+Carpet
F01		-	Concrete+Carpet
F02	Fukuoka	-	Concrete+Carpet
F03		-	Concrete+Carpet
F04		-	OA (Steel) +Carpet
A01		-	OA (Steel) +Carpet
A02	Tokyo	roomA	Tile+Carpet
		roomB	
A03		1F	Concrete+Carpet
A04		5F	OA (Steel) +Carpet
A05		-	OA (Steel) +Carpet
A06		-	OA (Concrete) +Carpet
A07		-	Concrete+Carpet



床仕様毎の2E1H濃度



居室換気量と2E1H濃度

- 事務所建築物の2E1H濃度を測定。
- 二次生成が懸念されるコンクリートに直に施工した居室の濃度が高い傾向。
- CO<sub>2</sub>濃度より算出した居室換気量と2E1H濃度は、反比例の関係より、換気量が2E1H濃度に強く影響している。

# 建築物利用者の健康状態に関する調査

厚労科研(H23-健危-一般-009)

Phase 1  
(2012) 職場環境と健康に関するアンケート調査  
(冬期と夏期の全国規模の断面調査)



Phase 2  
(2013) 職場の室内空気質(アンケート、温湿度、微粒子、化学物質、微生物)と健康に関する実態調査  
(冬期と夏期の断面調査)

厚労科研(H26-健危-一般-007)

Phase 3  
(2014  
-2016) 職場の室内空気質(アンケート、温湿度、微粒子、化学物質、微生物)と健康に関する実態調査  
(東京都と大阪市の特定建築物で縦断調査)

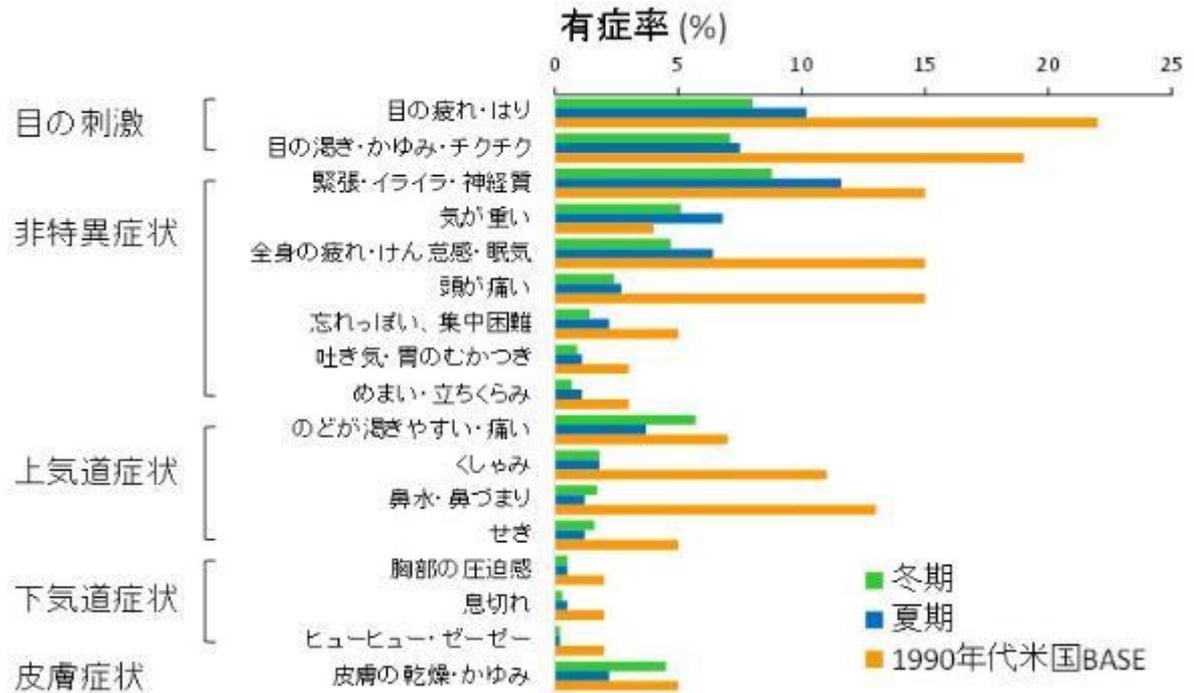
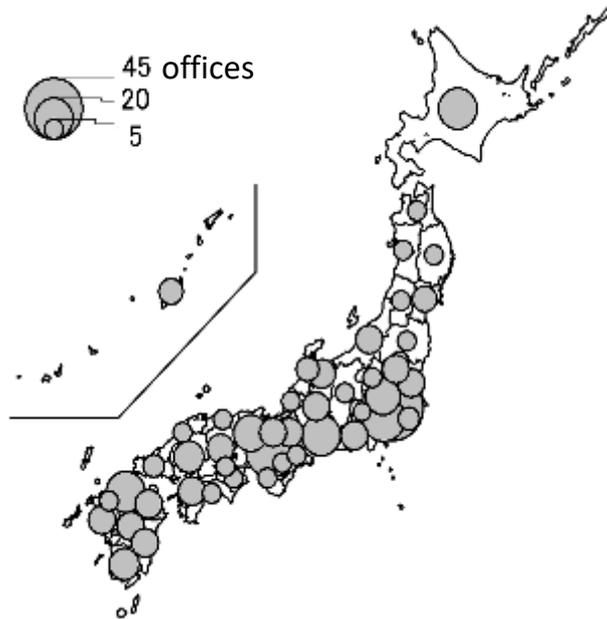
厚労科研(H29-健危-一般-006, 同-007)

Phase 4  
(2017-2019) 建築物の規模別の実態調査

- ・建築物利用者の健康状態
- ・職場環境、室内空気質

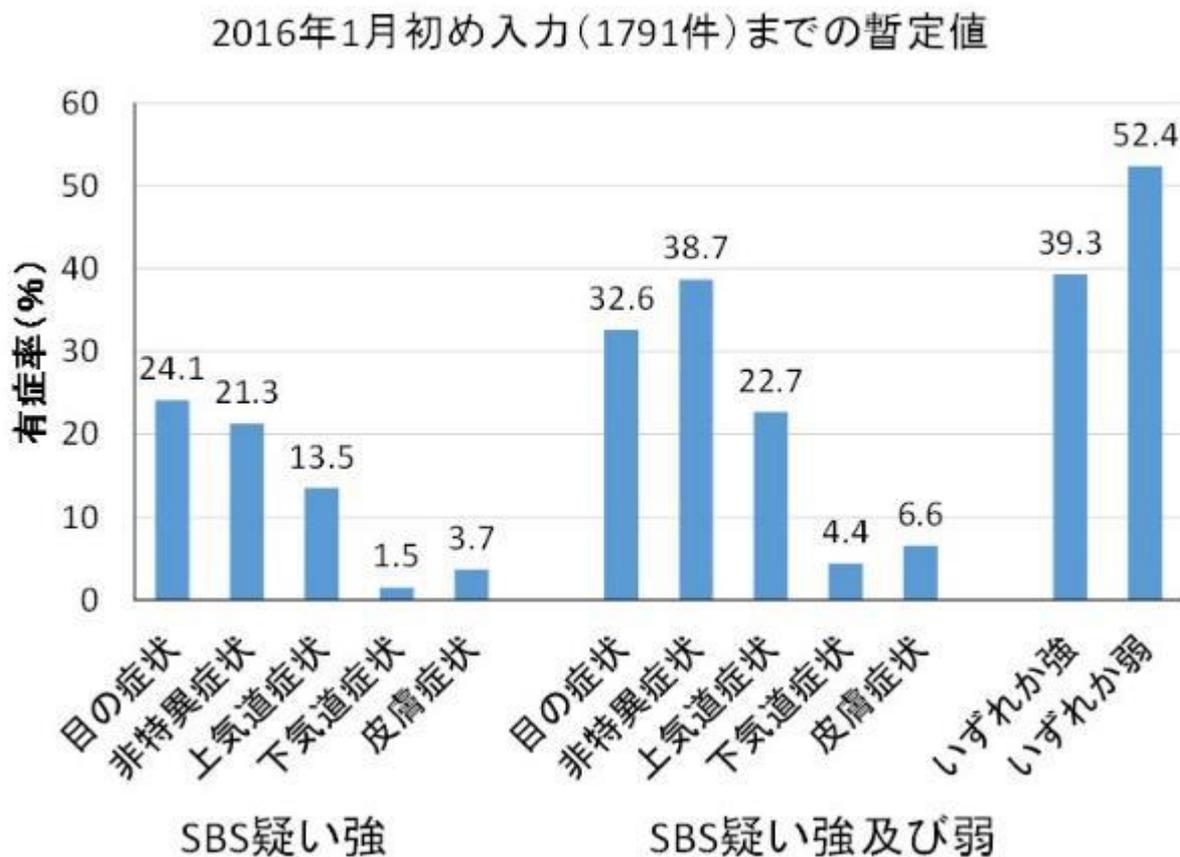
# Phase 1

- 全国ビルメンテナンス協会の会員企業（約3000社）から489社の協力を得て特定建築物を含む全ての建物を対象。
- 米国EPAと欧州のシックビルディング（SBS）調査票、厚労省ストレス調査票をもとに調査票作成。
- ◆ SBS有症率：毎週1～3日または毎日かほとんど症状を呈する／職場を離れると良くなる。



## Phase 3

- 大阪市と東京都の特定建築物のオフィスに勤務する管理者及び従業員（東京都は延床面積1万m<sup>2</sup>以上）
- 大阪市：1543施設、東京都：1582施設

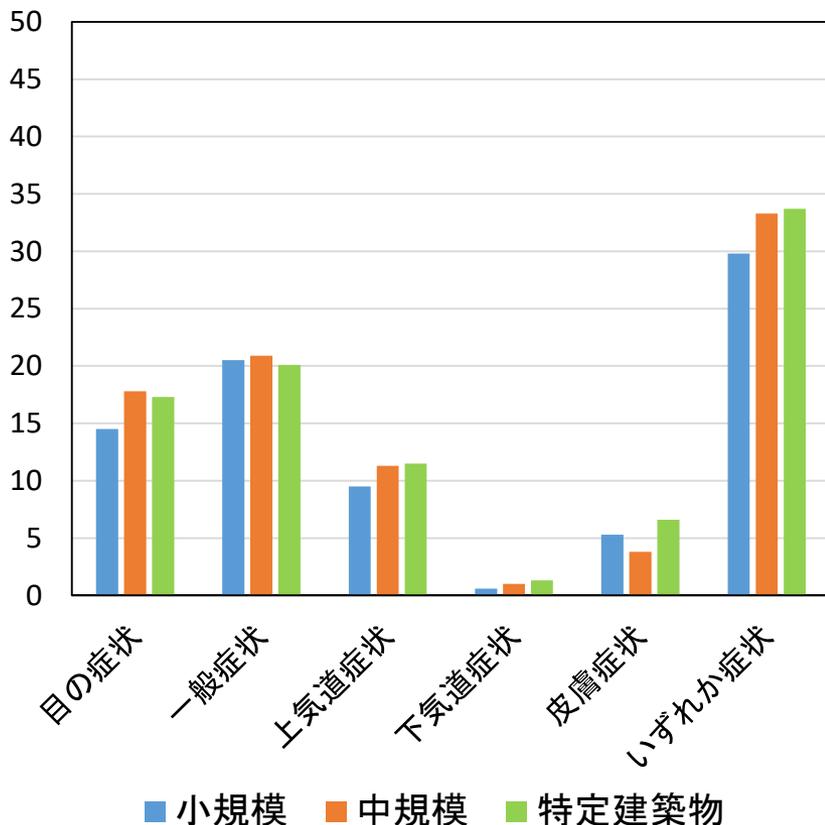


- SBS疑い強：毎週1～3日または毎日がほとんど症状を呈する／職場を離れるとよくなる。
- SBS疑い弱：過去1ヶ月に1～3日症状を呈する／職場を離れるとよくなる。

# 有症率の比較(冬期)

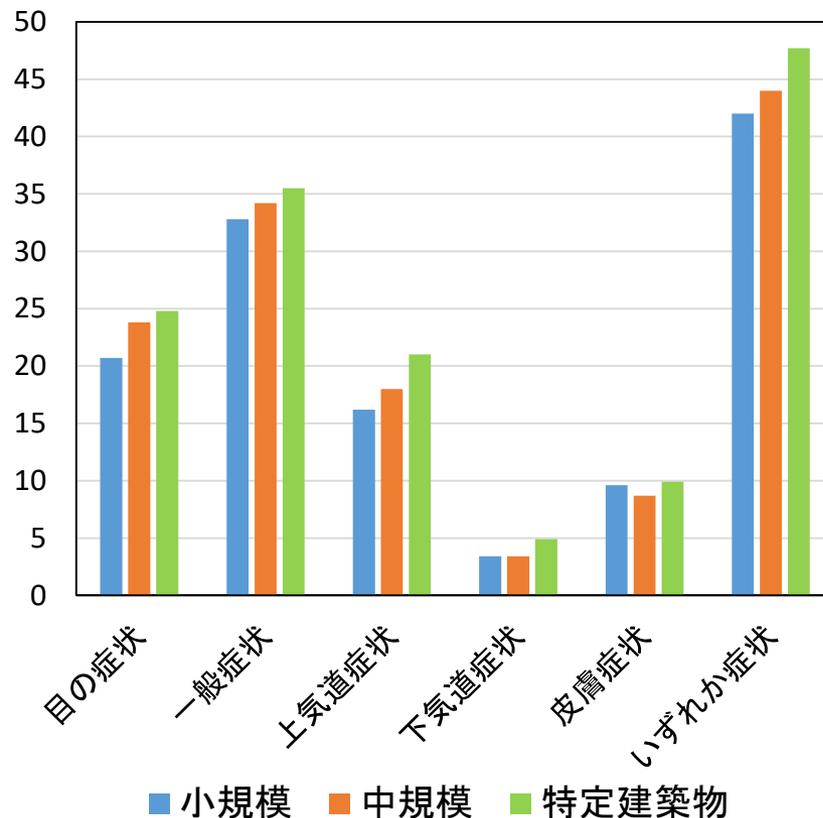
(%)

建物との関係強い



(%)

建物との関係弱い

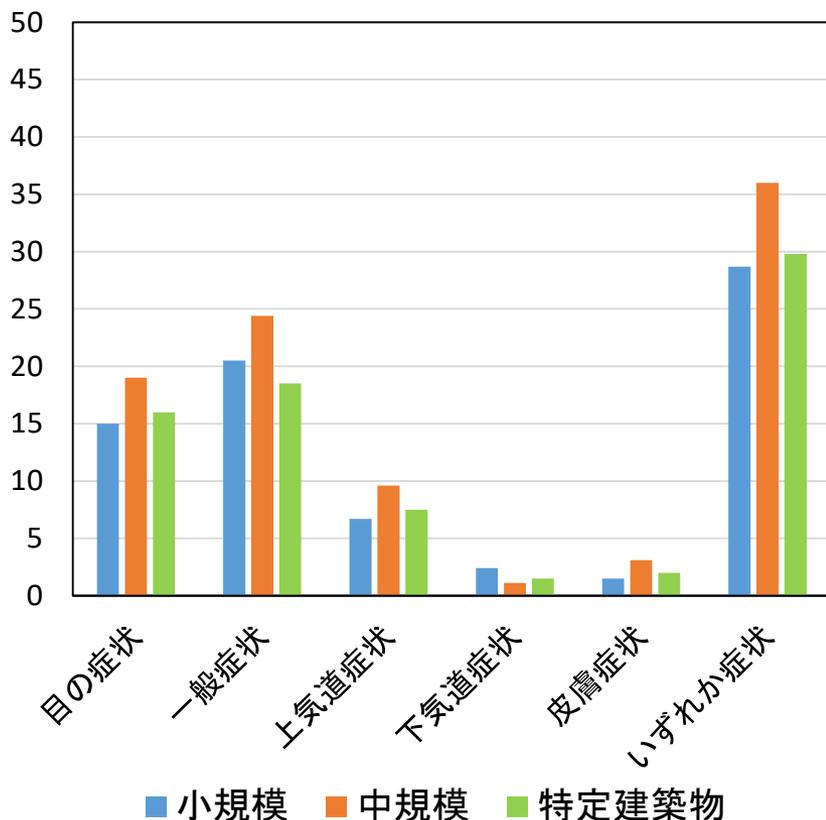


建物との関係強い: 毎週1~3日または毎日かほとんど／職場を離れると良くなる  
 建物との関係弱いが疑い有り: 過去4週間で合計1~3日／職場を離れると良くなる

# 有症率の比較(夏期)

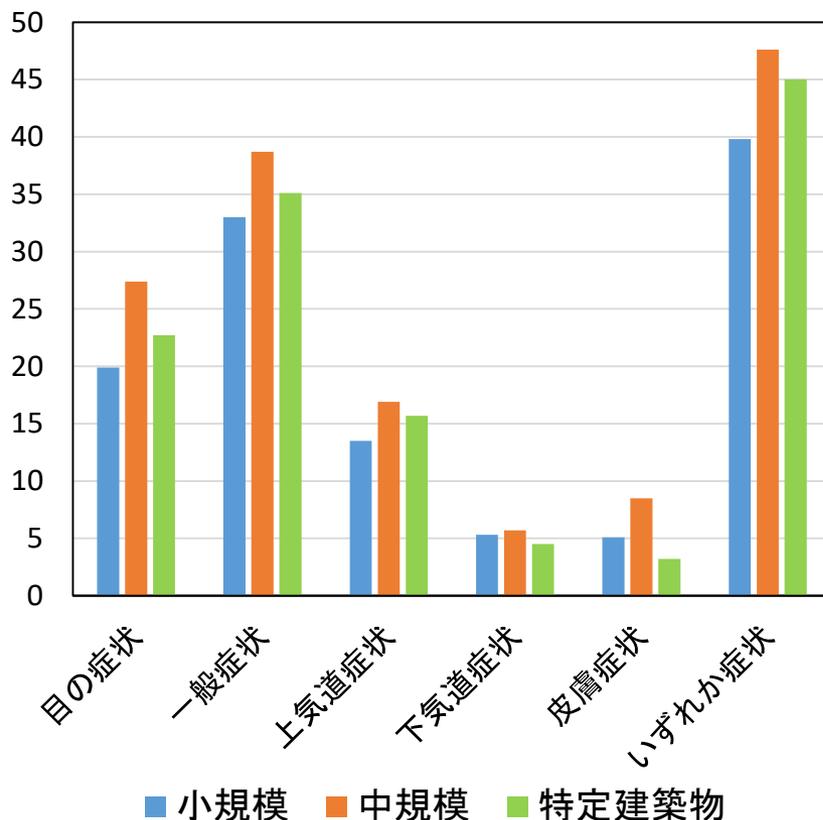
(%)

建物との関係強い



(%)

建物との関係弱い



建物との関係強い: 毎週1~3日または毎日かほとんど / 職場を離れると良くなる  
 建物との関係弱いが疑い有り: 過去4週間で合計1~3日 / 職場を離れると良くなる

# まとめ

- 温度と湿度について、従業員の苦情は特定建築物より小規模建築物のほうが有意に少ない。
- 特定建築物より小規模建築物のほうが従業員のビル関連症状(建物との関係は弱い疑い)が有意に少ない。
- 建物との関係が強く疑われるビル関連症状では、概して小規模建築物ほど有症率が低下するが、有意な差ではない。



- 延床面積が大きくなるに従い、従業員の温度と湿度に対する苦情やビル関連症状の有症率が增大する傾向であった。

## まとめ(2)

[Phase 3と同様の結果]

- 冬期の湿度低下が上気道症状のリスクを高めている可能性

[小規模、中規模、特定建築物に共通したビル関連症状要因]

- 暑すぎる、乾きすぎる、ほこり

[その他の有意な関係]

- 小規模ではたばこ煙と目や一般症状
- 中規模では騒音やエアコンの風と一般症状
- 特定建築物では不快臭(体臭・食品・香水等)と目や一般症状
- 中規模建築物では、中央・個別併用方式で上気道症状が有意に高い。

# 建築物衛生の動向と課題

## 1. 建築物衛生の現状と動向

- 空気環境の不適率上昇の要因に、環境の変化、省エネルギー、設備の変化がある。

## 2. 厚労科研による建築物衛生に関する研究

- 特定建築物・中小規模建築物の空気環境の実態が明らかになりつつある。



効果的な監視指導(特に個別空調を対象に)が必要である。

### 3. 健康住宅のガイドライン

R1-R3「健康増進のための住環境についての研究」等

#### ポイント

住宅の室内環境に係る健康影響が明らかになりつつあり、健康住宅に関するガイドラインの策定が望まれています。そのためのエビデンスの整理が行われています。

# 健康増進に向けた住宅環境整備のための研究

## ●1970年代以降

住宅の省エネが推進 ⇒ 新旧の住宅性能に大きな格差

## ●住宅環境の多様性と健康リスク

### • 空気環境

建材等の化学物質、真菌・ダニ、ダンプネス等によるシックハウス症候群・アレルギー疾患

### • 温熱環境

高血圧症、脂質異常症、虚血性心疾患、脳血管性疾、ヒートショックのような状態像

## ●スマートウェルネス住宅 ⇒ 住宅性能と健康の関係

## ●建築物省エネ法 ⇒ 温熱性能の向上

# 健康増進住宅の整備

## 健康住宅のガイドライン案

(健康エビデンスに基づく健康増進のための住宅環境改善)

2023(R5)

## 本研究: 健康増進に向けた住宅環境整備のための研究

想定される  
成果

健康住宅のガイドライン作成のための基礎資料  
住宅環境改善の健康状態に対する効果の検証

2021-22  
(R3-R4)

### 3) 住宅環境改善の健康状態に対する効果の検証

方法: 住宅環境に係る健康エビデンスと住宅環境の実態を踏まえた住宅環境改善効果の推定

### 1) 健康エビデンスの収集・整理

2020(R2)

WHO健康住宅ガイドライン、健康維持増進住宅、スマートウェルネス住宅など、国内外エビデンスの整理

### 2) 住宅環境の実態と健康影響の分析

2020-2022  
(R2-R4)

我国の住宅ストック、建築基準法、省エネルギー法等の住宅関連施策、我国の住宅環境と健康影響の将来予測

2019(R1)

## 厚労科研(特別研究): 健康増進のための住環境についての研究

2014-2018 国交省他: スマートウェルネス住宅研究開発

2007-2012 国交省他: 健康維持増進住宅研究

2000-2003 国交省他: シックハウス対策技術の開発

1997-2000 国交省他: 健康的な居住環境形成技術の開発

- 令和元年度 厚生労働行政推進調査事業費

# 健康増進のための住環境についての研究

国立保健医療科学院 林 基哉 小林 健一 阪東 美智子 金勲 開原 典子  
国土技術政策総合研究所 桑沢 保夫  
北海道大学 羽山 広文 荒木 敦子 秋田県立大学 長谷川 兼一  
慶應義塾大学 杉山 大典 奈良県立医科大学 佐伯 圭吾 近畿大学 東 賢一

- 住居環境の健康影響増進に関係する過去の文献のレビュー
- 住居環境の健康影響増進の機序に関するエビデンスの整理
- 住宅及び健康影響(人口動態統計等)に関する統計データの分析



- 今後の調査研究の基礎情報、健康影響増進に資する科学的エビデンスの活用方法を示す。

# 健康増進のための住環境についての研究

- 温熱光環境は、循環器疾患等の健康リスクの重要な要因であり、冬期の低温による過剰死亡者数は約9万人に及ぶ。
- 住居環境（特に騒音）による循環器疾患の発症・死亡について一定のエビデンスの蓄積が確認された。
- 湿度・ダンプネスと健康影響に関するエビデンスが多いが、低湿度に関するエビデンスは少ない。
- シックハウス症候群、シックビル症候群、ダンプネス等と関連した空気環境に係る健康影響の知見は多く、化学物質については基準の整備が進んでいる。
- インフラの整備、予防接種、建築性能の向上、暖房習慣の改善により防ぎ得ることが示唆された。
- 居住環境は多様であるため高齢者等のハイリスク者への対応、居住リテラシーの醸成の必要性が指摘される。

- 令和2年度~厚生労働科学研究費

# 健康増進に向けた住宅環境整備のための研究

北海道大学 林 基哉 森 太郎 荒木 敦子 国土技術政策総合研究所 桑沢 保夫  
国立保健医療科学院 小林 健一 阪東 美智子 金 勲 開原 典子  
秋田県立大学 長谷川 兼一 慶應義塾大学 杉山 大典  
奈良県立医科大学 佐伯 圭吾 近畿大学 東 賢一

- 住宅環境に係る健康エビデンス、住宅ストック・住宅環境の実態の把握
- 建築基準法（シックハウス法）、省エネルギー法等関連施策の影響の調査
- 住宅環境、健康影響、QOL・福祉医療への影響の将来予測



## 健康住宅のガイドライン案

（健康エビデンスに基づく健康増進のための住宅環境改善）

## 4. 新型コロナウイルス感染症の環境対策

### R1- 「新興・再興感染症のリスク評価と 危機管理機能の実装のための研究」

#### ポイント

新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって、エアロゾル感染が注目されています。クラスター感染調査によって建築物の換気不良が指摘され、設計施工・維持管理の問題が改めて確認され、早急の対応が求められています。

# 新型コロナウイルス感染症に対する建築環境衛生の対応

2019.11.22 中国武漢市「原因不明のウイルス性肺炎」確認

2020.02.03 横浜港寄港のクルーズ船内の感染確認

2020.02.25 「新型コロナウイルス感染症対策本部」開設 クラスター対策班設置

2020.03.01 「新型コロナウイルスの集団感染を防ぐために」

2020.03.11 WHO：パンデミックを表明

2020.03.30 「商業施設等における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について」

2020.03.31 「新型コロナウイルス感染症の大規模な感染拡大防止に向けた職場における対応について」

2020.04.02 「特定建築物における空気調和設備等の再点検について」

2020.04.03 「『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法」商業施設管理権限者向け

2020.05.04 「新型コロナウイルスを想定した『新しい生活様式』」

2020.05.26 「令和2年度の熱中症予防行動について（周知依頼）」

2020.06.17 「熱中症予防に留意した『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について」

2020.11.27 「冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法」

2021.04.07 「新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について」

令和2年度厚生労働科学研究

「新興・再興感染症のリスク評価と  
危機管理機能の実装のための研究」

●室内環境中の感染抑制に関するガイドライン

●室内環境中のエアロゾルの感染性  
温湿度とウイルス生存時間（BSL3）

●クラスター発生空間の調査

対象：展示等の会場、  
音楽・接待を伴う飲食店、  
事務所、病院、高齢者施設等

調査：クラスター感染の状況、  
建築設備、運転・維持管理の状況

測定：換気量、給排気風量、気流、  
エアロゾル等の挙動

# 『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気

2019.11.22 中国武漢市「原因不明のウイルス性肺炎」確認

2020.02.03 横浜港寄港のクルーズ船内の感染確認

2020.02.25 「新型コロナウイルス感染症対策本部」開設 クラスター対策班設置

2020.03.01 「新型コロナウイルスの集団感染を防ぐために」

2020.03.30 「商業施設等における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について」

首相官邸ホームページより

<https://www.kantei.go.jp/jp/content/000061868.pdf>

➤ 感染抑制に必要な換気量に関する十分なエビデンスはない。

## 1. 「換気が悪い空間」に相当しない条件

➤ 建築物衛生法:CO<sub>2</sub>濃度:1000ppm以下

⇒ 必要換気量: 30(m<sup>3</sup>/h人)

➤ 換気量の確保、在室者数の抑制

## 2. 機械換気・窓開け換気等の換気対策

新型コロナウイルスの集団発生防止にご協力をお願いします

### 3つの顔を避けましょう!

①換気の悪い密閉空間 ②多数が集まる密集場所 ③近所で会話や発声をする密接場面

新型コロナウイルスへの対策として、クラスター(集団)発生を防止することが重要です。日頃の生活の中で3つの「顔」が重ならないよう工夫しましょう。

3つの条件がそろった場所がクラスター(集団)発生のリスクが高い!

※3つの条件のほか、共同で使う物品には消毒などを行ってください。

首相官邸 厚生労働省 厚生省 COVID-19

厚生労働省ホームページより

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>

～ 商業施設等の管理権原者の皆さまへ ～

## 「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法

新型コロナウイルス感染症対策専門家会議の見解(令和2年3月9日及び3月19日公表)では、集団感染が確認された場所共通する3条件が示されています。新型コロナウイルス感染症厚生労働省対策本部では、この見解を踏まえ、リスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するため、多数の人が利用する商業施設等においてどのような換気を行えば良いのかについて、有識者の意見を聴取しつつ、文献、国際機関の基準、国内法令基準等を考察し、推奨される換気の方法をまとめました。

### 専門家検討会の見解(抄)

#### クラスター(集団)感染発生リスクの高い状況の回避

- ① 換気を励行する: 換気の悪い密閉空間にしないよう、換気設備の適切な運転・点検を実施する。定期的に外気を取り入れる換気を実施する。
- ② 人の密度を下げる: 人を密集させない環境を整備。会場に入る定員をいつもより少なく定め、入退場時間に時間差を設けるなど動線を工夫する。
- ③ 近距離での会話や発声、高唱を避ける: 大きな発声をさせない環境づくり(声援などは控える)。共有物の適正な管理又は消毒の徹底等。

#### 推奨される換気の方法

ビル管理法(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)における空気環境の調整に関する基準に適合していれば、必要換気量(一人あたり毎時30m<sup>3</sup>)を満たすことになり、「換気が悪い空間」には当てはまらなないと考えられます。このため、以下のいずれかの措置を講ずることを商業施設等の管理権原者に推奨いたします。

なお、「換気の悪い密閉空間」はリスク要因の一つに過ぎず、一人あたりの必要換気量を満たすだけで、感染を確実に予防できるというまで文献等で明らかになっているわけではないことに留意していただく必要があります。

#### ① 機械換気(空調設備、機械換気設備)による方法

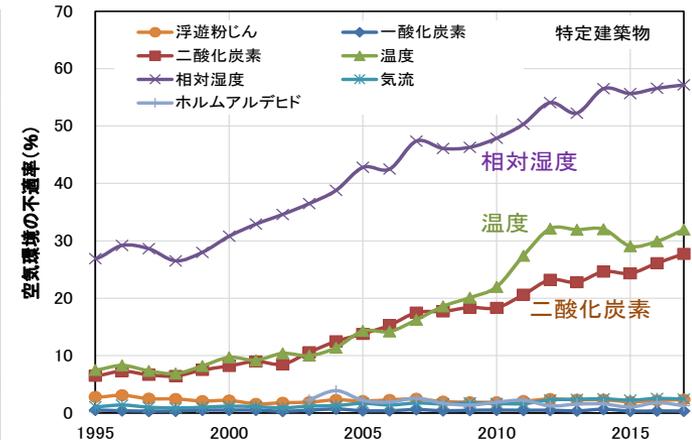
- ビル管理法における特定建築物に該当する商業施設等については、ビル管理法に基づく空気環境の調整に関する基準が満たされていることを確認し、満たされていない場合、換気設備の清掃、整備等の維持管理を適切に行うこと。
- 特定建築物に該当しない商業施設等においても、ビル管理法の考え方に基づく必要換気量(一人あたり毎時30m<sup>3</sup>)が確保できていることを確認すること。必要換気量が足りない場合は、一部屋あたりの在室人数を減らすことで、一人あたりの必要換気量を確保することも可能であること。

# 建築物衛生法による室内空気環境管理

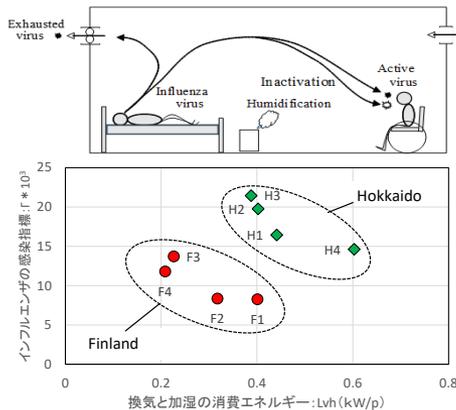
H29-30厚生労働科学研究「建築物衛生管理基準の検証に関する研究」  
 H29-30厚生労働科学研究「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究」  
 R1.厚生労働科学研究「建築物環境衛生管理における空調設備等の適切な運用管理手法の研究」

## 室内空気環境管理の実態と課題

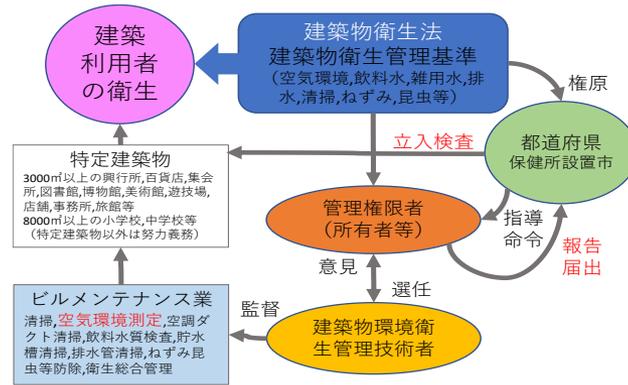
- 特定建築物: 室内空気環境の定期的測定、保健所等の立入検査
- 病院・福祉施設等は、特定建築物ではない (努力義務の対象)
- 温湿度、CO<sub>2</sub>濃度の基準不適率: 1999年度以降に継続的に上昇
- 高齢者施設: 臭気、冬期の乾燥、加湿と結露、窓開け換気  
 ⇒インフルエンザ等の感染症リスク、エネルギー消費の問題



立入検査による室内空気環境の不適率



高齢者施設の空気環境と感染(日本と北欧)



建築物衛生法に基づく衛生管理の体制

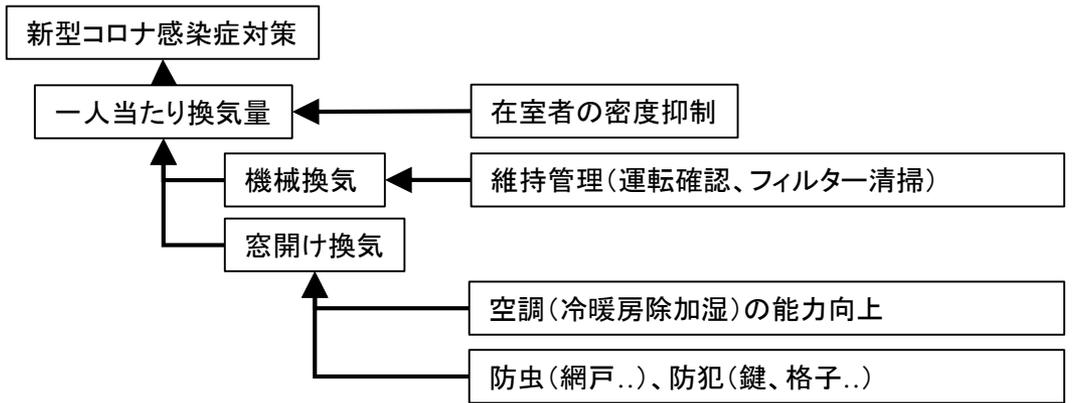


SBS(シックビル症候群)の調査結果(厚労科研)

## ⑧ 2020.06.17 「熱中症予防に留意した『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について」

### 新型コロナウイルス感染症予防のための夏期における室内環境対策 建築衛生分野の研究者からの報告

北海道大学 林基哉, 工学院大学 柳宇, 近畿大学 東賢一, 東京工業大学 鍵直樹, 東京都立大学 尾方壮行, 新菱冷熱工業株式会社 森本正一, 北海道大学 羽山広文, 森太郎, 菊田弘輝, 早稲田大学 田辺新一, 東京理科大学 倉淵隆, 国立保健医療科学院 山田裕巳, 小林健一, 金勲, 開原典子



### 熱中症対策のための室内環境と感染対策

- ① 室内環境：28℃以下RH70%以下にするための冷房
- ② 感染対策：冷房時の窓開け換気・空気清浄機の利用

～ 換気機能のない冷暖房設備を使っている商業施設等の皆さまへ～

#### 熱中症予防に留意した 「換気の悪い密閉空間」を 改善するための換気の方法

換気機能のない冷暖房設備（循環式エアコン）※1しか設置されていない商業施設等の場合、外気温が高いときに、必要換気量を満たすための換気（30分ごとに1回、数分間窓を全開にする）※2を行うと、ビル管理法で定める居室内の温度および相対湿度の基準（28℃以下・70%以下）※3を維持できないときがあります。

新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気と、熱中症予防を両立するため、以下の点に留意してください。

#### 窓を開けて換気する場合の留意点

- 居室の温度および相対湿度を28℃以下および70%以下に維持できる範囲内で、2方向の窓を常時、できるだけ開けて、連続的に室内に空気を通すこと※4。
  - この際、循環式エアコンの温度をできるだけ低く設定すること。
  - 1方向しか窓がない場合は、ドアを開けるか、天井や壁の高い位置にある窓を追加で開けること。
- 居室の温度および相対湿度を28℃以下および70%以下に維持しようとする、窓を十分に開けられない場合は、窓からの換気と併せて、可搬式の空気清浄機を併用※5することは換気不足を補うために有効であること。

#### 空気清浄機を併用する際の留意点

- ◆ 空気清浄機は、HEPAフィルタによる過式で、かつ、風量が5m<sup>3</sup>/min程度以上のものを使用すること。
- ◆ 人の居場所から10m<sup>2</sup>(6畳)程度の範囲内に空気清浄機を設置すること。
- ◆ 空気のおどみを発生させないように、外気を取り入れる風向きと空気清浄機の風向きを一致させること※6。

熱中症の予防のためには、こまめな水分補給や健康管理など※7にも留意が必要です。



厚生労働省ホームページより

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000640913.pdf>

# 室内温熱環境と健康維持に関するガイドライン

令和2年度~厚生労働科学研究

## 健康増進に向けた住宅環境整備のための研究

北海道大学 林基哉 森太郎 荒木敦子 秋田県立大学 長谷川兼一 慶應義塾大学 杉山大典 奈良県立医科大学 佐伯圭吾  
近畿大学 東賢一 国土技術政策総合研究所 桑沢保夫 国立保健医療科学院 小林健一 阪東美智子 金勲 開原典子

### 健康増進住宅の整備

健康住宅のガイドライン案  
(健康エビデンスに基づく健康増進のための住宅環境改善)

#### 本研究:健康増進に向けた住宅環境整備のための研究

健康住宅のガイドライン作成のための基礎資料  
住宅環境改善の健康状態に対する効果の検証

2021- 3) 住宅環境改善の健康状態に対する効果の検証  
2022 方法:住宅環境に係る健康エビデンスと住宅環境の実態を踏まえた住宅環境改善効果の推定

#### 1) 健康エビデンスの収集・整理

2020 WHO健康住宅ガイドライン、健康維持増進住宅、スマートウェルネス住宅など、国内外エビデンスの整理

#### 2) 住宅環境の実態と健康影響の分析

2020- 2022 我国の住宅ストック、建築基準法、省エネルギー法等の住宅関連施策、我国の住宅環境と健康影響の将来予測

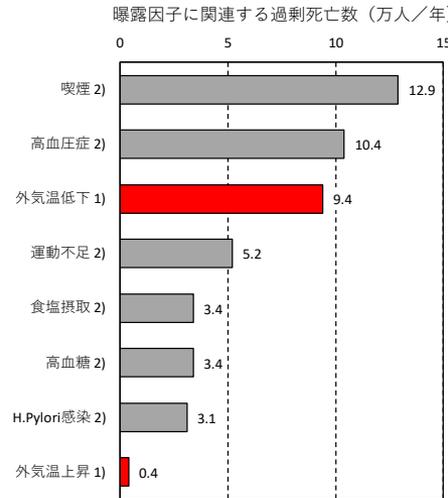
#### 2019 厚労科研(特別研究):健康増進のための住環境についての研究

2014- 2018 国交省他:スマートウェルネス住宅研究開発

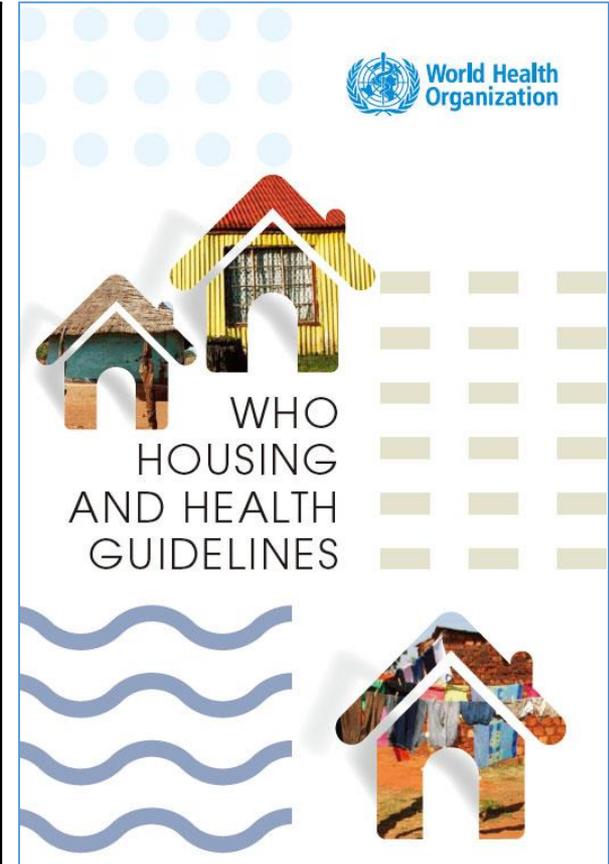
2007- 2012 国交省他:健康維持増進住宅研究

2000- 2003 国交省他:シックハウス対策技術の開発

1997- 2000 国交省他:健康的な居住環境形成技術の開発



1) Gasparrini et al. Lancet 2015;386:369-75  
2) Ikeda et al. PloS Med 2012;9:e1001160



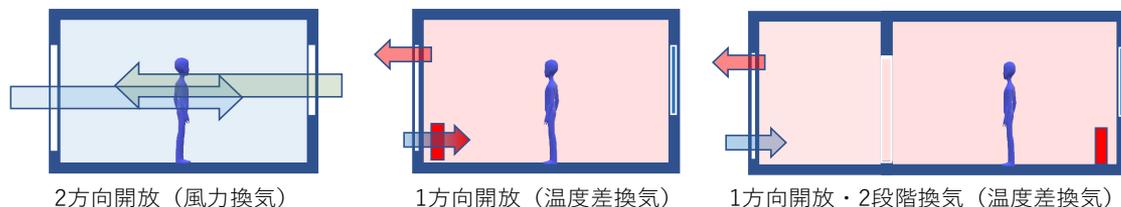
世界保健機関ホームページより  
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376>

## ⑨ 2020.11.27 「冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法」

### 季節に応じて、適切な窓開け換気の方法を選択する。

季節	室内環境	常時開放	一時開放	換気動力	留意点
夏期 冷房時	28℃以下 (RH70%以下)	2方向 小さく開放	2方向 大きく開放	風力 外部風の風速・風向 の変化に伴い換気量 が変動する。	2方向開放について ・大きな換気量を得ることが出来る。 ・雨の吹込み、換気量の変化に応じて、開放程度を調整する必要がある。
中間期	18℃～28℃ (RH40～70%)	2方向 大きく開放	2方向 大きく開放		
冬期 暖房時	18℃以上 (RH40%以上)	1方向 小さく開放	1方向 大きく開放	内外温度差 内外の温度差によって換気量が変化する。	1方向開放について ・風の影響を受けづらく、暖房により室温が安定すると、安定した換気量が得られる。 ・開放窓近くの暖房機、使用していない空間を利用（2段階換気）して、冷気対策を行う必要がある。

注) 室内環境について、室内環境による健康影響への配慮が必要な高齢者などの場合は、より望ましい環境が必要である。



### 室内温度低下による健康影響防止と感染対策

- ① 室内環境：18℃以上RH40%以上にするのための暖房
- ② 感染対策：暖房時の窓開け換気・空気清浄機の利用

～ 商業施設等の管理者の皆さまへ ～

### 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法

外気温が低いときに、「換気の悪い密閉空間」を改善する換気と、室温の低下による健康影響の防止を両立するため、以下の点に留意してください。  
 ✓ 「換気の悪い密閉空間」は新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つに過ぎず、一人あたりの必要換気量を満たすだけで、感染を確実に予防できるわけではなく、人が密集した空間や密接な接触を避ける措置を併せて実施する必要があります。

### 推奨される換気の方法

#### ① 窓の開放による方法

換気機能を持つ冷暖房設備\*や機械換気設備が設置されていない、または、換気量が十分でない商業施設等は、以下に留意して、窓を開けて換気してください。

\* 冷暖房設備本体に室内空気を取り入れ口がある（換気用ダクトにつながっていない）場合、室内の空気を循環させるだけで、外気の取り入れ機能はないことに注意してください。

□ 居室の温度および相対湿度を18℃以上かつ40%以上に維持できる範囲内で、暖房器具を使用\*しながら、一方向の窓を常時開けて、継続的に換気を行うこと。

\* 加湿器を併用することも有効です。

□ 居室の温度および相対湿度を18℃以上かつ40%以上に維持しようとする、窓を十分に開けられない場合は、窓からの換気と併せて、可搬式の空気清浄機を併用すること。

#### 窓開け換気による室温変化を抑えるポイント

- ◆ 一方向の窓を少しだけ開けて常時換気をする方が、室温変化を抑えられます。窓を開ける幅は、居室の温度と相対湿度をこまめに測定しながら調節してください。
- ◆ 人がいない部屋の窓を開け、廊下を経由して、少し暖まった状態の新鮮な空気を人のいる部屋に取り入れること（2段階換気）も、室温変化を抑えるのに有効です。
- ◆ 開けている窓の近くに暖房器具を設置すると、室温の低下を防ぐことができますが、燃えやすい物から距離をあけるなど、火災の予防に注意してください。

厚生労働省  
Ministry of Health, Labour and Welfare

厚生労働省ホームページより

<https://www.mhlw.go.jp/content/000698868.pdf>

# ⑨ 2020.11.27 「冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法」

## 北海道立総合研究機構 学校の換気方法

### 北海道の冬季の寒さに配慮した学校の換気方法

新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」の改善には、換気方法の工夫が重要です。

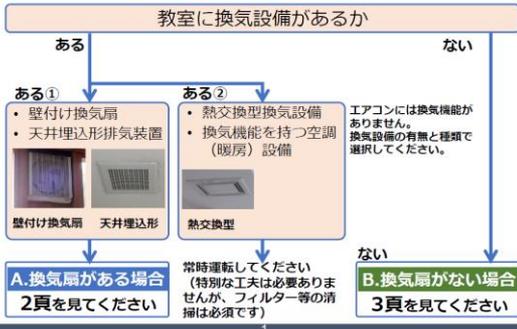
文部科学省：学校における新型コロナウイルス感染症に関する衛生管理マニュアル～「学校の新しい生活様式」～（2020.9.3 Ver.4）では、次のように示されています。

換気は、気候上可能な限り常時、困難な場合はこまめに（30分に1回以上、数分間程度、窓を全開する）、2方向の窓を同時に開けて行うようにします。

北海道では冬季に窓を大きく開けると、室内が寒くなります。効果的な換気のためには、常時換気を行うことが望ましい（4頁【参考】を参照）ことから、冬季の寒さ感を緩和する常時換気の方法を提案します。

※この提案は、学校環境衛生基準(文科省)等に基づく換気量を確保するための方法です。換気量を増やすと、暖房の燃料消費量は増加します。

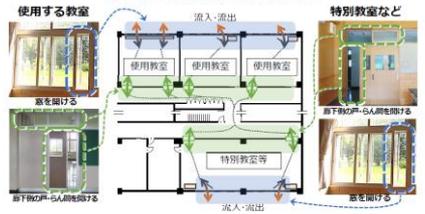
### 換気方法の選択の流れ



- 使用する教室は、換気扇を常時運転し、排気します。
- 必要な給気は、空き教室または授業を行っていない特別教室等(以下、空き教室等)から取ります。使用する教室の廊下側のらん開を、空き教室等の窓と廊下側のらん開を開けます(下表参照)。
- 給気を暖めるために、空き教室等を暖房します。
- 給気のための空き教室等の窓開けは、寒くならないように、複数の空き教室等で行うことが望ましいです。
- 寒さを感じる場合には、空き教室等の暖房を強めましょう。使用する教室等も寒い場合は暖房を強めましょう。

### B. 換気扇がない場合

開け幅を適切に調整しながら常時2方向の窓を開け、寒くなりにくい工夫をする



- 必要換気量を確保するためには、2方向の窓を開けることが有効です。
- 使用する教室と方向が異なる教室等(特別教室等)の窓と廊下側の戸・らん開を常時開けます。開け幅は下表を参照してください。
- 教室が寒い場合は暖房を強めましょう。
- 強風のときには換気量が増えるので、開け幅を小さくします。ただし、完全に閉じると換気量が不足になりますので、最低でも下表の目安の1/4程度は開けましょう。

### B. 換気扇がない場合

#### 教室の窓を開ける際の工夫

- 外からの気流が直接人に当たらないように、また、流入する外気を暖房機で暖められるように、**衝立**などすると良いでしょう。

#### ■ FF式暖房機1台のとき

暖房機の近くの窓を開けます。ただし、排煙が室内に入らないように、排気筒の上は避けます。

窓開け FF式暖房機

衝立の高さ120cm程度(座位の頭上)

30~45cm

衝立 30~40cm

対角

暖房で外気を加温

例) スチレンボード5mm厚をテープで椅子に固定

#### ■ 温水・蒸気暖房のとき

放熱器の上の窓を、分散して開けます。(例えば、開け幅40cmであれば、10cm×4か所、など。)

窓開け

放熱器

衝立

らん開・戸開

- 2方向の教室の窓がない片側下型の場合でも、教室と廊下を可能な限り常時(3頁表の目安を参照)、困難な場合はこまめに窓を開けてください。

**【参考】換気の基本は常時換気です**

換気は、間欠換気より、換気扇の常時運転や2方向の窓を常時開けることが有効です。

CO2濃度(ppm)

経過時間(時間・分)

1時間のうち10分窓開

換気扇を常時運転

窓の幅40cmを常時開

外気

旭川市内の中学校で測定  
 ・測定時期 2020年10月上旬  
 ・2階の隅の合う教室で比較  
 ・二酸化炭素発生量480L/時

**【作成】**  
 地方独立行政法人北海道立総合研究機構建築研究本部 北方建築総合研究所

【協力機関】 北海道、旭川市 北海道科学大学 教授 福島 明  
 北海道大学 教授 林 基哉、准教授 森 太郎、准教授 菊田 弘暉  
 札幌市立大学 教授 齋藤 唯也

お問合せ先 (地独)北海道立総合研究機構建築研究本部 企画調整部企画課  
 TEL: 0166-66-4218

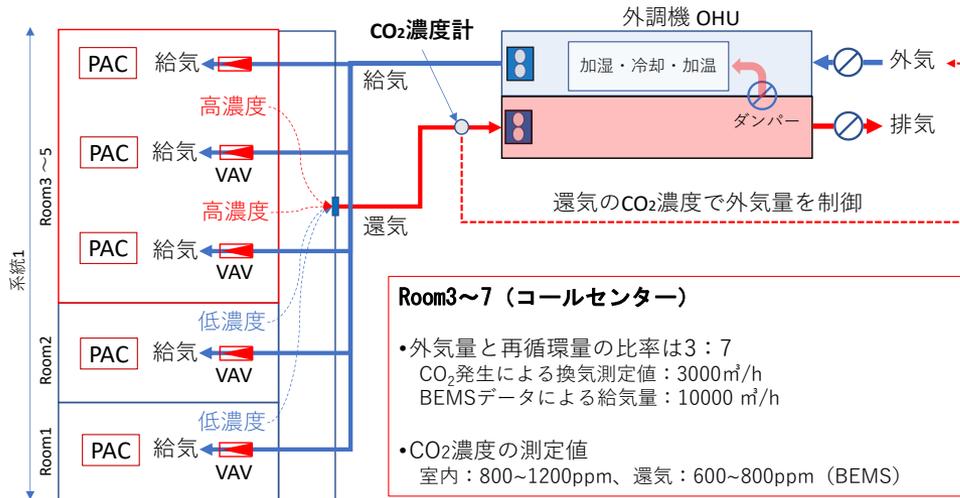
# クラスター感染事例\_コールセンター A

## ▶ クラスター感染時の空調換気性状

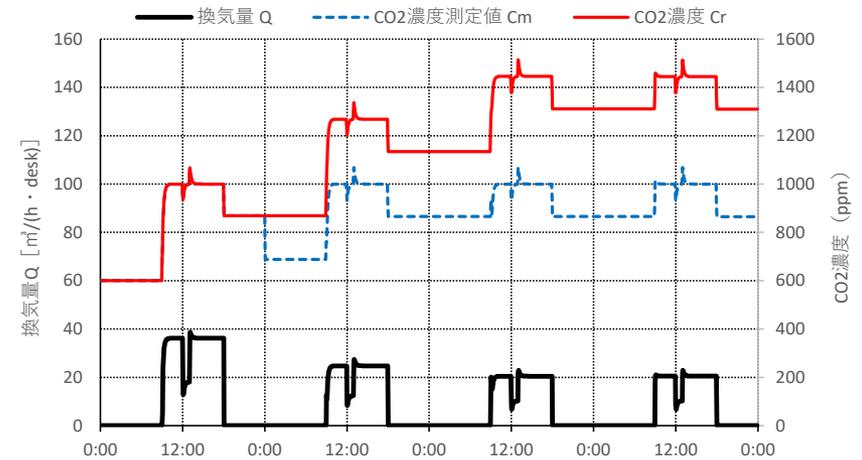
- 高層建物の1フロアで、コールセンターが運営された。
- 2系統のAHUのVAV (Room毎) 制御と外気量のCO<sub>2</sub>制御 (還気800ppm) が、中央管理で9~19時に稼働された。
- 天井吹出口から給気され、天井チャンバー経由で集中排気され、還気RAの一部は再循環された。

## ▶ エアロゾル感染の分析と対策

- CO<sub>2</sub>濃度による換気制御が十分機能していなかった可能性があり、Room間の温熱負荷の差、PACの運転状況によって、一部のRoom (空間) の換気量がより少なかった可能性があった。
- CO<sub>2</sub>濃度制御の解除、ドアの開放、空気清浄機・サーキュレーターの利用を検討。



空調換気設備の概要と換気量の測定結果



CO<sub>2</sub>濃度誤補正による換気不良の試算

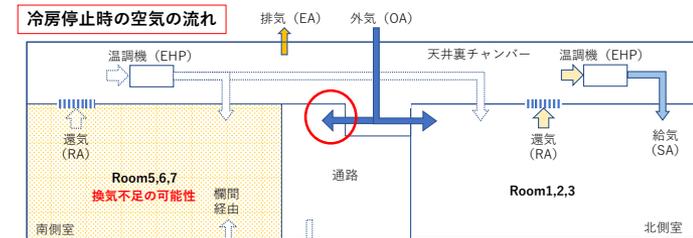
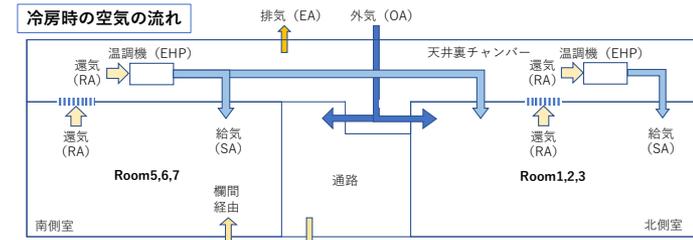
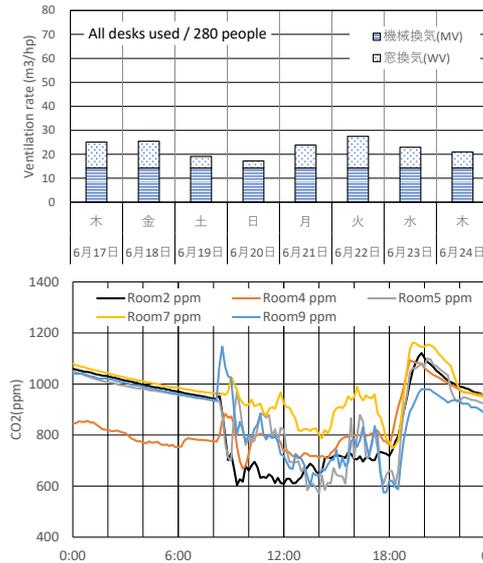
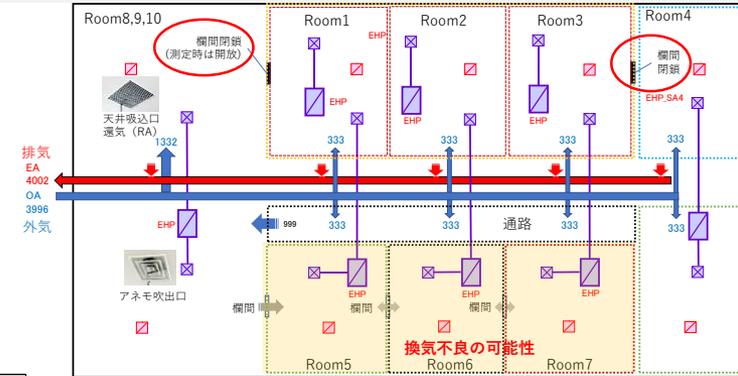
# クラスター感染事例\_コールセンター B

## ➤ クラスター感染時の空調換気性状

- 中高層建物の1フロアの多数室でコールセンターが運営された。
- 外調機(中央制御)は、9~18時に稼働した。
- 外気は天井吹出口から給気され、天井チャンバー経由で集中排気された。
- ただし、Room 5~6には、外気が直接供給されていない。
- 各Room・通路の欄間の一部は、防音のために目張りされた。

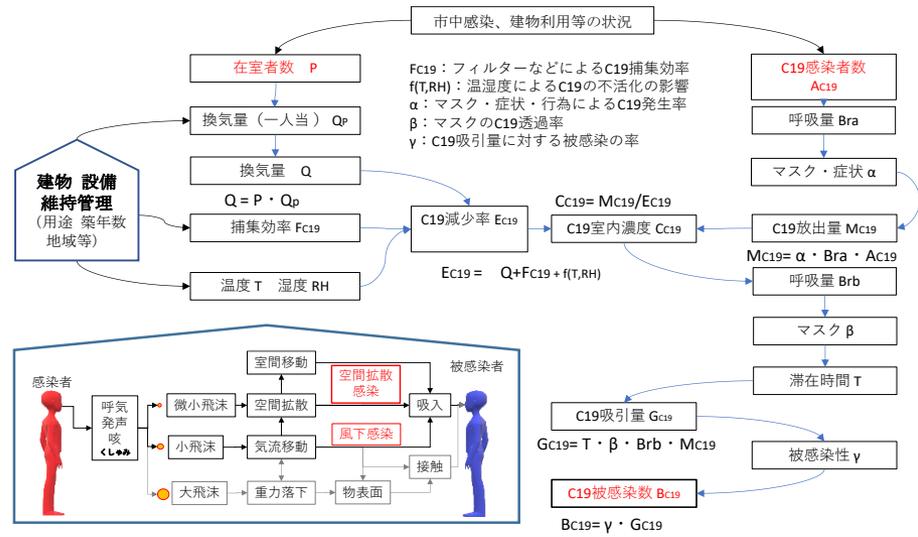
## ➤ エアロゾル感染の分析と対策

- 冷房負荷が低いとRoom 1~7でエアロゾル濃度が高くなった。
- 換気停止時(朝と夜)に、エアロゾル濃度が非常に高くなった。
- 対策
  - 在室時は、空調換気を運転する。
  - 温熱負荷が小さい時も温調機(EHP)風量を確保する。
  - 在室人数が席数の50%を超えると換気量が不足する。
  - 窓開け換気を常時行う。また、空気清浄機を利用し、在室者数に応じたエアロゾル捕集力を確保する。



空調換気設備、CO<sub>2</sub>濃度・換気量の測定結果の概要

## ●室内環境中の感染抑制に関するガイドライン



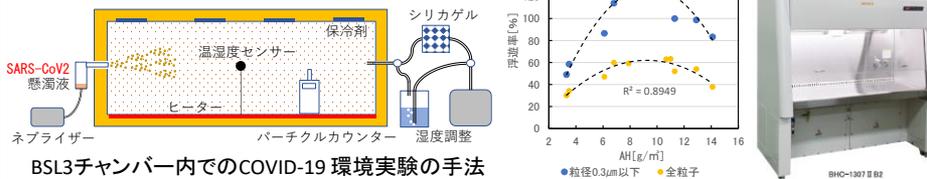
## ●クラスター感染発生空間の空調換気調査

北海道大学 林基哉 羽山広文 森太郎 菊田弘輝 宮城学院女子大学 本間義規 東京工業大学 鍵直樹 工学院大学 柳宇 熊本大学 長谷川麻子 北海道立総合研究機構 村田さやか 国立保健医療科学院 小林健一 阪東美智子 金勲 開原典子 新型コロナウイルス感染症対策本部、クラスター対策班、国立感染症研究所、自治体・保健所、施設関係者、関係団体、企業（建築、設備、維持管理等）

- ① 調査（2020年4月～現在）：クラスター感染の状況、建築設備、運転・維持管理の状況、換気量、給排気風量、気流、エアロゾル等の挙動
- ② 対象：展示会場、音楽・接待を伴う飲食店（水商売協会）、事務所、病院、高齢者施設、アイスアリーナ等



## ●室内環境中のエアロゾルの感染性状 温湿度とウイルス生存時間 (BSL 3)



# クラスター発生空間の換気調査と対策

## ➤ 換気対策の基本

### 換気量確保(空間拡散感染対策) + 気流の制御(風下感染対策)

- 機械換気: 一人当たり $30\text{m}^3/\text{h}$ (建築物衛生法: 空気環境基準レベル)
- 換気量増加: 季節に応じた窓開け、扇風機等による換気促進、淀み解消、空気清浄機利用

## ➤ クラスター発生時の換気調査

- ① 空調換気方式・運転状況(図面: 外気導入経路と外気量設計値、目視: スモークテスト)
- ② 空調換気風量(風速計・風量計)
- ③  $\text{CO}_2$ 濃度(室内各所; 一人当たり換気量、給排気口: 空気循環の確認)

## ➤ 詳細調査及び対応策

- ① 詳細調査  
(設備・管理・運転・在室状況など)
- ② 原因調査  
(ダクト、フィルター、ファン、制御など)
- ③ 改善提案  
(利用制限・応急対応・改修など)



風速計



風量計



スモークテスト

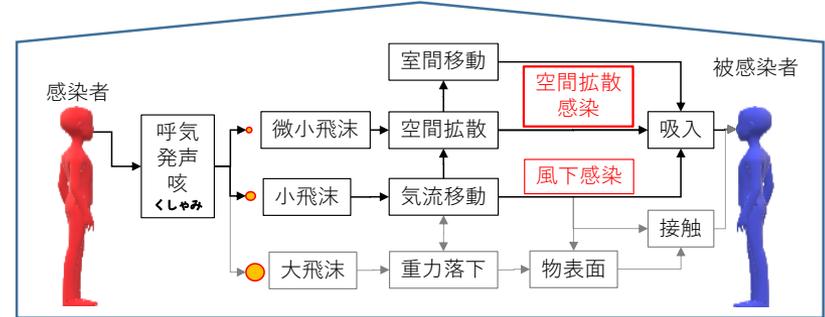
# クラスター感染発生空間の空調換気調査

## ➤ クラスター感染の発生パターンと感染経路

- ◆ クラスター感染の推移は、事例によって多様
- ◆ 接触感染、飛沫感染、エアロゾル感染の同時発生

## ➤ クラスター感染の調査と対策

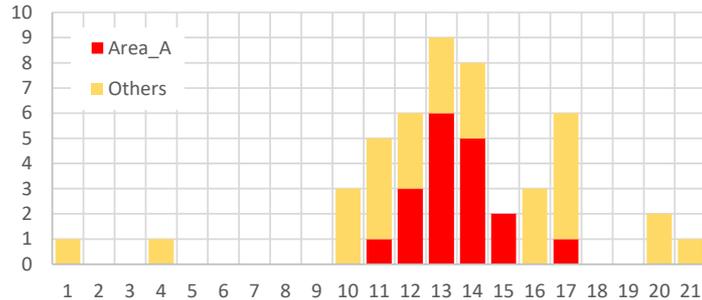
- 感染者及び接触者の行動、空間構成から感染経路を推定
- エアロゾル感染の可能性 ⇒ 空調換気等の調査
- 対策を立案・実施し、建物利用の再開と効果の検証



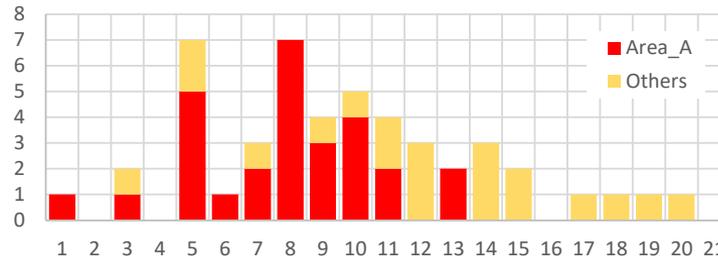
**事例①:** 多数の病棟で21日間にわたって発症した。一つの病室でNHF\*を使用した後、病棟 (Area A) で短期に感染者が発生した。NHF\*使用病室を起点としたエアロゾル感染が否定できない。\* NHF: ネーザルハイフロー (鼻から酸素を供給)

**事例②:** 同一階の多室で20日間にわたって発症した。多数室間の人々の移動があり多様な感染経路が想定された。ある室 (Area A) では感染者が最も多く、エアロゾル感染が否定できない。

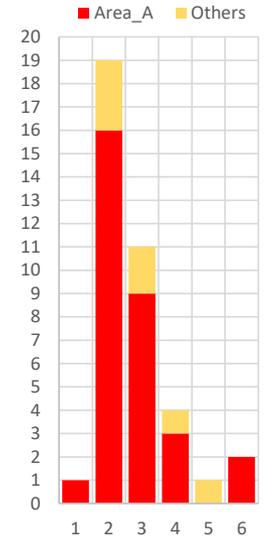
**事例③:** 大規模事務所で6日間に多数の発症者がでた。大規模空間内で複数の感染者を起点にしたエアロゾル感染が否定できない。



事例①の発症推移



事例②の発症推移



事例③の発症推移

# 新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備

## ➤ クラスタ発生病院の空調換気調査

- 北海道から九州の計9件(A~I)
  - 築後年数は、約10年~30年超
  - A~E: クラスタ対策班、自治体等の依頼
  - F~I: 厚労科研班\*の依頼
- \* 新興・再興感染症のリスク評価と危機管理機能の実装のための研究

## ➤ 調査結果の概要

設備老朽化、省エネ・省コスト

- ⇒ 給排気風量不足による換気不良
- ⇒ 病院クラスタ感染の要因

## ➤ 健康危険情報通報・対策

厚生労働省事務連絡(2021年4月7日)

### [新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について]

- ① 点検(換気量の測定等)
- ② 換気設備の清掃、補修等
- ③ 改善までの対策(窓開け等)

#### 新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について

新型コロナウイルス感染症患者及び疑似症患者の治療を行うにあたり、十分な換気を行うよう周知してまいりましたが、厚生労働科学研究「新興・再興感染症のリスク評価と危機管理機能の実装のための研究」(研究代表者 国立感染症研究所 齋藤智也)の分担研究として、北海道大学 林基哉教授が実施した、「室内環境が新型コロナウイルスのクラスタ感染に与える影響に関する調査」(別添)を踏まえ、各医療機関における換気設備につきまして点検が必要である旨を周知いたしますので、下記の内容について御了知の上、貴管内の関係機関に対して周知いただきますよう、お願いいたします。

記

- 1 換気量(給気量や排気量)の不足が、病院内でのクラスタ感染の要因となった可能性が否定できないと考えられ、換気量が設計時に対して減少する要因として、換気設備の老朽化や省エネルギー、省コスト等のための換気量調整が挙げられます。
- 2 新型コロナウイルス感染症患者の治療に当たり、換気設備について以下の対応を検討することとして下さい。
  - ① 換気設備の換気量の測定等を行い、適切に機能していることを確認して下さい。
  - ② ①の測定の結果、適切な換気量が確保できていない場合は、フィルター等の清掃や老朽化した換気設備の補修等を行うことにより、換気状況の改善を図れるよう検討を行って下さい。なお、改善を行うまでの対策として、窓開け等により換気を行うことも考えられます。
  - ③ 医療機関等から換気状況の改善方法等について相談があった場合は、必要に応じて、建築衛生法担当部局と連携を図ってください。

※ 新型コロナウイルス感染症の治療を行う医療機関については、診療報酬の特例評価、病床確保料の支援、入院受入医療機関への緊急支援、感染拡大防止等支援等を行っております。

## クラスター感染事例\_病院

対象	感染者数	病室換気	感染状況と換気等の室内環境に関する調査結果の概要
A	約150	給気	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 暖房期、一般病棟の多床室内と病棟全体で感染</li> <li>② 病室給気量が<b>設計値の約25%</b>、夜間に給気停止</li> <li>③ 病室出入口開放時に、病室のエアロゾルの流出</li> </ul>
B	約50	給排気	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 冷房期、病室(NHF*使用)起点の感染の可能性</li> <li>② 病室給気量は設計値に近いが、排気量は<b>設計値の約50%</b></li> <li>③ 節電などのために、給気は30分毎に約3分間停止</li> <li>④ NHF*のエアロゾルが病室から廊下に流出し、給気停止時に他室に流入</li> </ul>
C	約150	給排気	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 暖房期、病室(NHF*使用)と病棟全体で感染</li> <li>② 熱交換給排気扇の給排気量は<b>機器能力の約50%</b></li> </ul>
D	約10	給排気	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 暖房期、病室(NHF*使用)起点の感染の可能性</li> <li>② 病室の換気回数は、<b>1.0回/h程度</b></li> </ul>

\* NHF: ネーザルハイフロー(鼻から酸素を供給)

# クラスター感染事例\_病院A

## ▶ クラスター感染時の空調換気性状

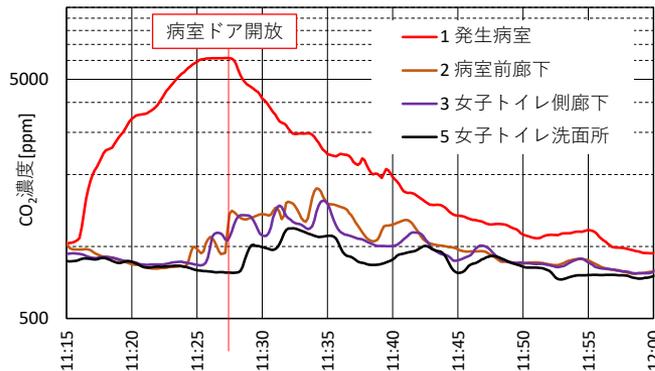
- 病室の給気量が設計値の約25%と少なく、夜間にはドアが閉鎖され給気が停止されていた。
- 夜間の病室ドア開放時や日中に、病室の空気が廊下に流出した。

## ▶ エアロゾル感染の分析と対策

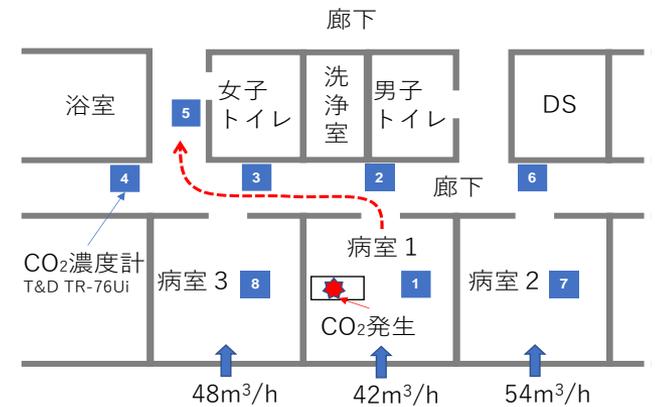
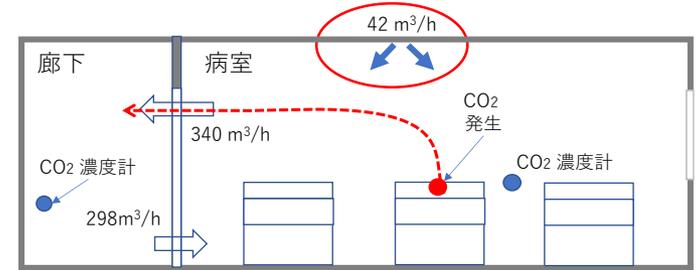
- 病室のエアロゾル濃度が特に夜間に高く、廊下に拡散
- 対策
  - 夜間の病室給気の停止を解除
  - 給気量の減少に関する設備点検と補修
  - 病室ドアの開放、窓開け換気、空気清浄機の利用



病室内のCO<sub>2</sub>発生



病棟内のCO<sub>2</sub>濃度の推移



調査結果に基づくクラスター感染発生時の空気の流れ

# クラスター感染事例\_病院B

## ➤ クラスター感染時の空調換気性状

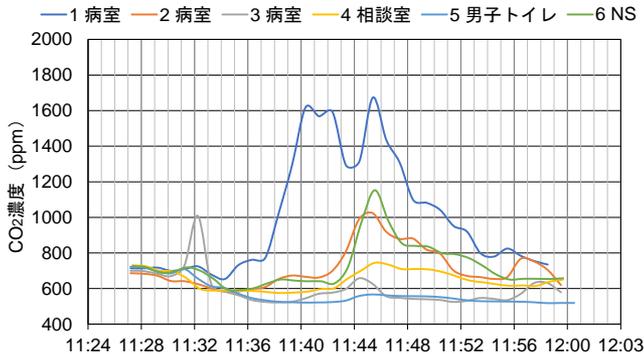
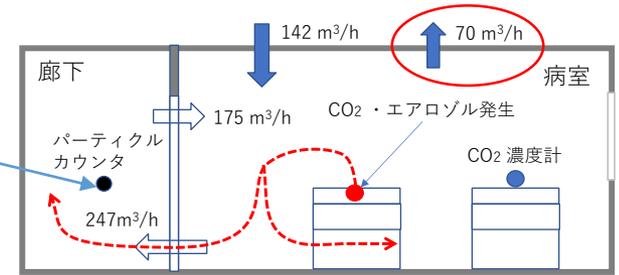
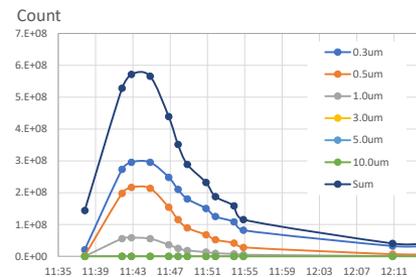
- 病室(NHF使用時)の排気量が半減しており、ドアはほとんどの時間に開放されていた。
- ⇒ 病室の空気は廊下、NS(ナースステーション)等へ拡散、給気停止時に他室に逆流した。

## ➤ エアロゾル感染の分析と対策

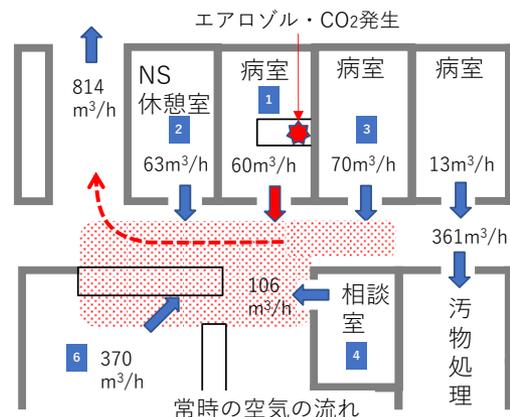
i. NHFのエアロゾルが、他室に拡散

ii. 対策

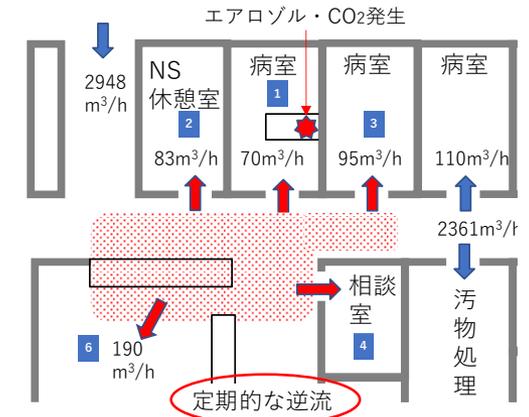
- 排気量確保、給気量調整による気圧管理、給気停止の解除(逆流防止)
- 空気清浄機、窓開け換気
- 病室ドア開閉の配慮、NHF使用室の検討



CO<sub>2</sub>発生後の病棟内の濃度推移



調査結果に基づくクラスター感染発生時の空気の流れ



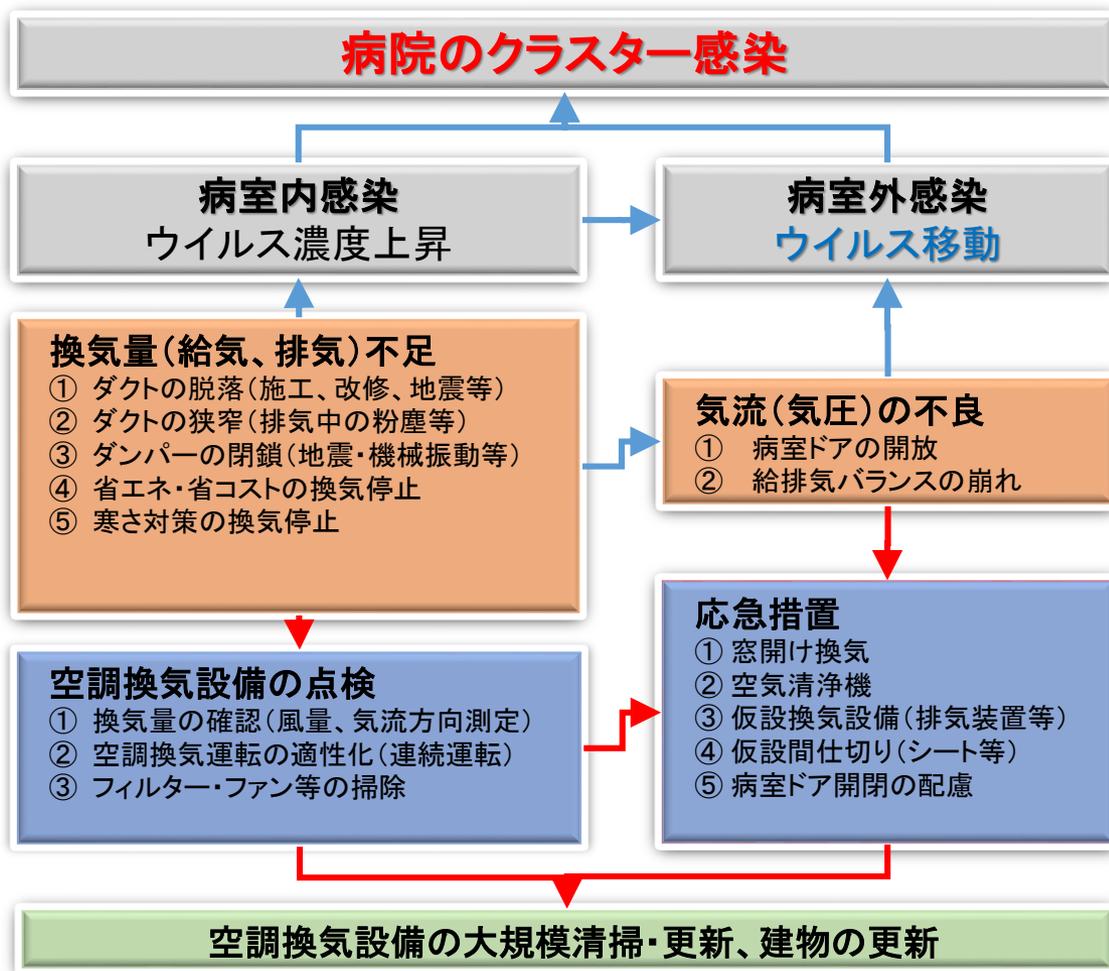
# 病院におけるクラスター感染（まとめ）

## 調査結果

- 換気不良がクラスター感染要因の可能性
- 換気不良の原因：  
老朽化、メンテナンス不備、  
省エネルギー・省コスト
- **建築物衛生法に準じた衛生管理体制  
（定期的な測定・検査）が必要**

## 研究課題

- 浮遊飛沫（エアロゾル）感染の機序解明
- 感染力に対応した空調換気基準の策定
- **病院の建築・設備の計画、運用の再考**



# アイスアリーナにおけるクラスター感染の事例

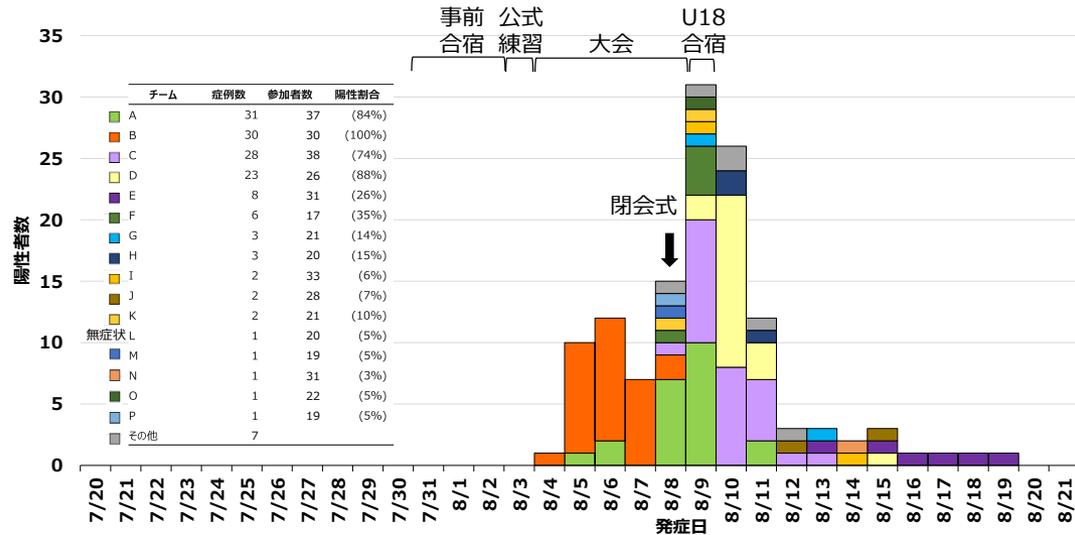
## ● アイスホッケーの大会で大規模クラスター感染が発生

国立感染症研究所 <https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2488-idsc/iasr-news/10667-500p02.html>

- 一連のイベント(合宿、練習、大会)で感染拡大、複数の感染経路(接触感染、飛沫感染)が想定された。
- **アイスアリーナ特有の行為と換気性状**による浮遊飛沫感染(エアロゾル感染)の発生
- 浮遊飛沫感染対策の試行 ⇒ **氷上スポーツにおける感染対策のガイドライン**の検討



図. 全国高等学校選抜アイスホッケー大会関連COVID-19症例のチーム別発生状況、2021年7月20日～8月23日 (n=150)



## ➤ アイスアリーナの行為

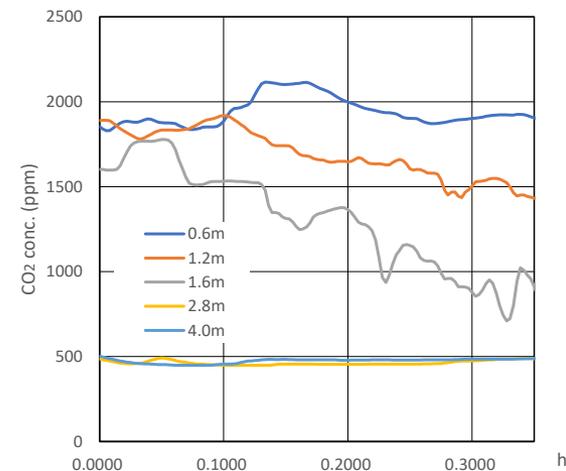
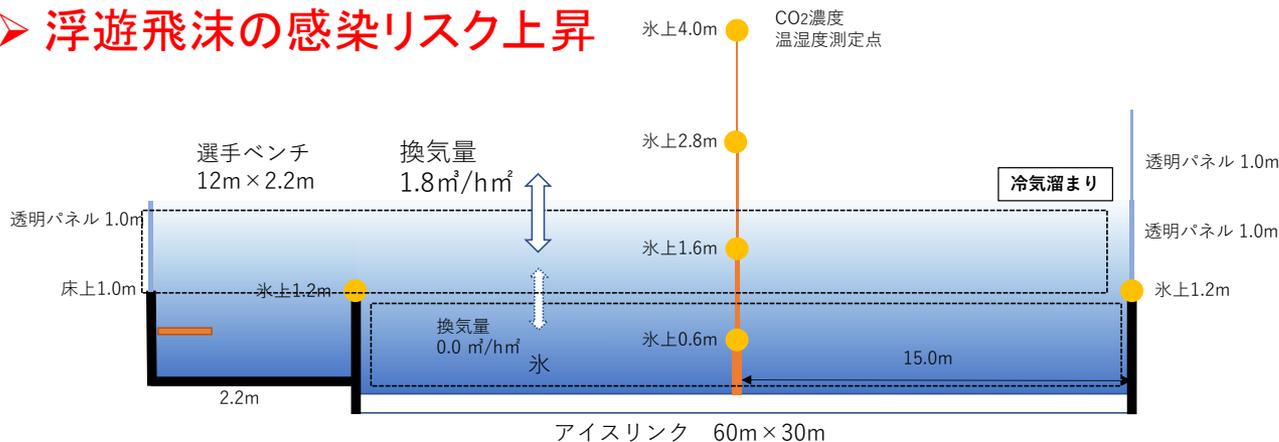
- ① 事前合宿の感染による複数感染者が競技に参加
- ② 激しい呼吸(安静時の5倍以上)によって、ウイルスの発生量と吸引量が増加

## ➤ アイスアリーナの換気性状

- ① 周囲パネルによる冷氣溜まりによる 換気量不足と浮遊飛沫停滞層
- ② 選手ベンチ等密集エリアでの浮遊飛沫濃度の上昇



## ➤ 浮遊飛沫の感染リスク上昇



## ➤ 浮遊飛沫感染の対策

- ① 周囲パネルの一部を撤去して、冷氣溜まりの高さを下げる。 ⇒ 選手の呼吸高さの換気を改善する。
- ② 選手ベンチにファンを設置して浮遊飛沫を拡散させる。 ⇒ 密集エリアの浮遊飛沫濃度を下げて、感染リスクを下げる。
- ③ CO<sub>2</sub>濃度モニターによって、換気状態を把握する。 ⇒ 対策の強化(開口部の開放、機械換気、観客数の制限、空気清浄機・ファンの利用)

## ➤ 浮遊飛沫による感染リスクの抑制



**CO<sub>2</sub>モニターについて**

800ppm 以下 **換気は良好**

1000ppm 以上 **換気が必要**

白鳥王子アイスアリーナ  
Hokuriku Ice Arena



# 飛沫・エアロゾルの挙動と感染

Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control

## 結核感染者

咳は、気管支、肺胞からの飛沫が多い。

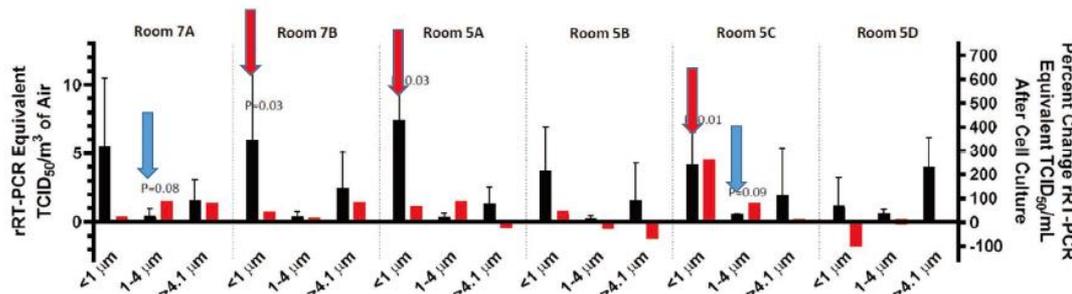
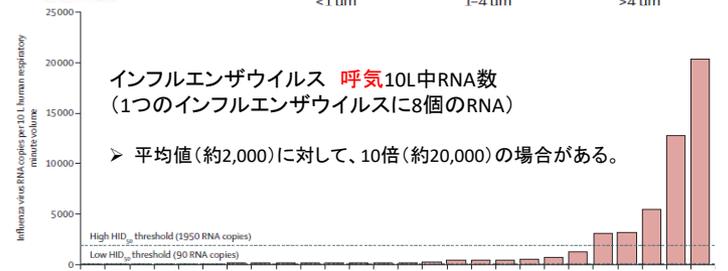
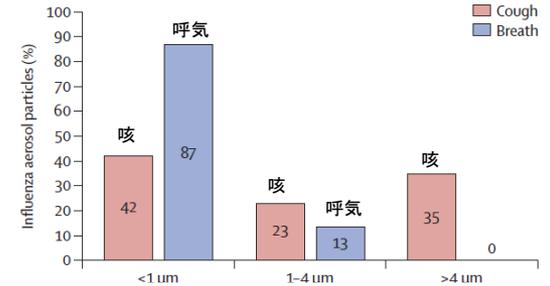
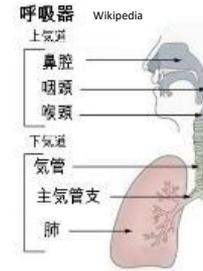
## インフルエンザ感染者

呼気は4 μm以下、咳は4 μm以上が多い。

## 新型コロナウイルス感染者

微小な飛沫は肺の奥まで到達し、感染力を有する。

感染者によりウイルス放出量に大きな差があり、微小なエアロゾルにも感染力がある。



Santarpia J.L. et al.: The Infectious Nature of Patient-Generated SARS-CoV-2 Aerosol 2020 (medRxiv) Cold Spring Harbor Laboratory Press.

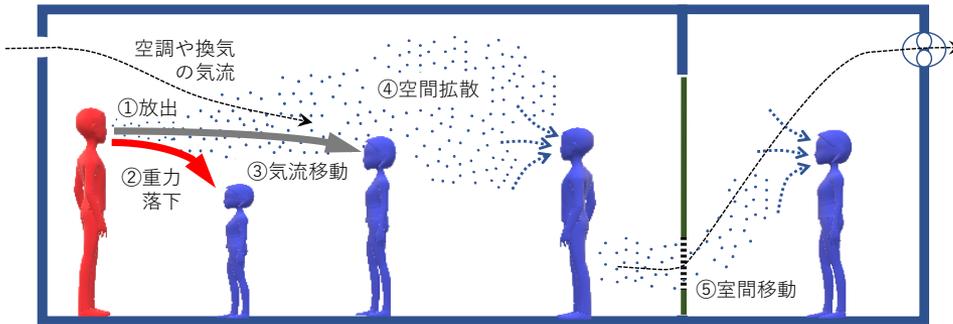


出典 Particle sizes of infectious aerosols : implications for infection control

# 飛沫・エアロゾルの挙動と感染

- ① 放出 : ウイルス(約 $0.1\mu\text{m}$ )を含む飛沫
- ② 重力落下 : 大飛沫は、近傍に落下。
- ③ 気流移動\*: 小飛沫は風下に移動。⇒ **風下感染**
- ④ 空間拡散\*: 微小飛沫は拡散。⇒ **空間拡散感染**
- ⑤ 室間移動\*: 微小飛沫は気圧が低い空間に移動。

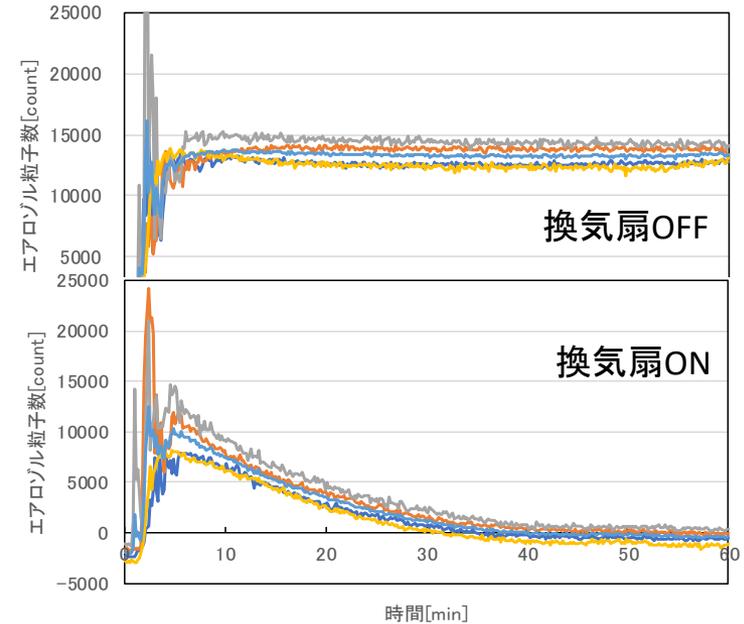
\* **浮遊飛沫**(落下しない飛沫／粒径と気流の影響)



室内環境中の新型コロナウイルスの挙動と感染



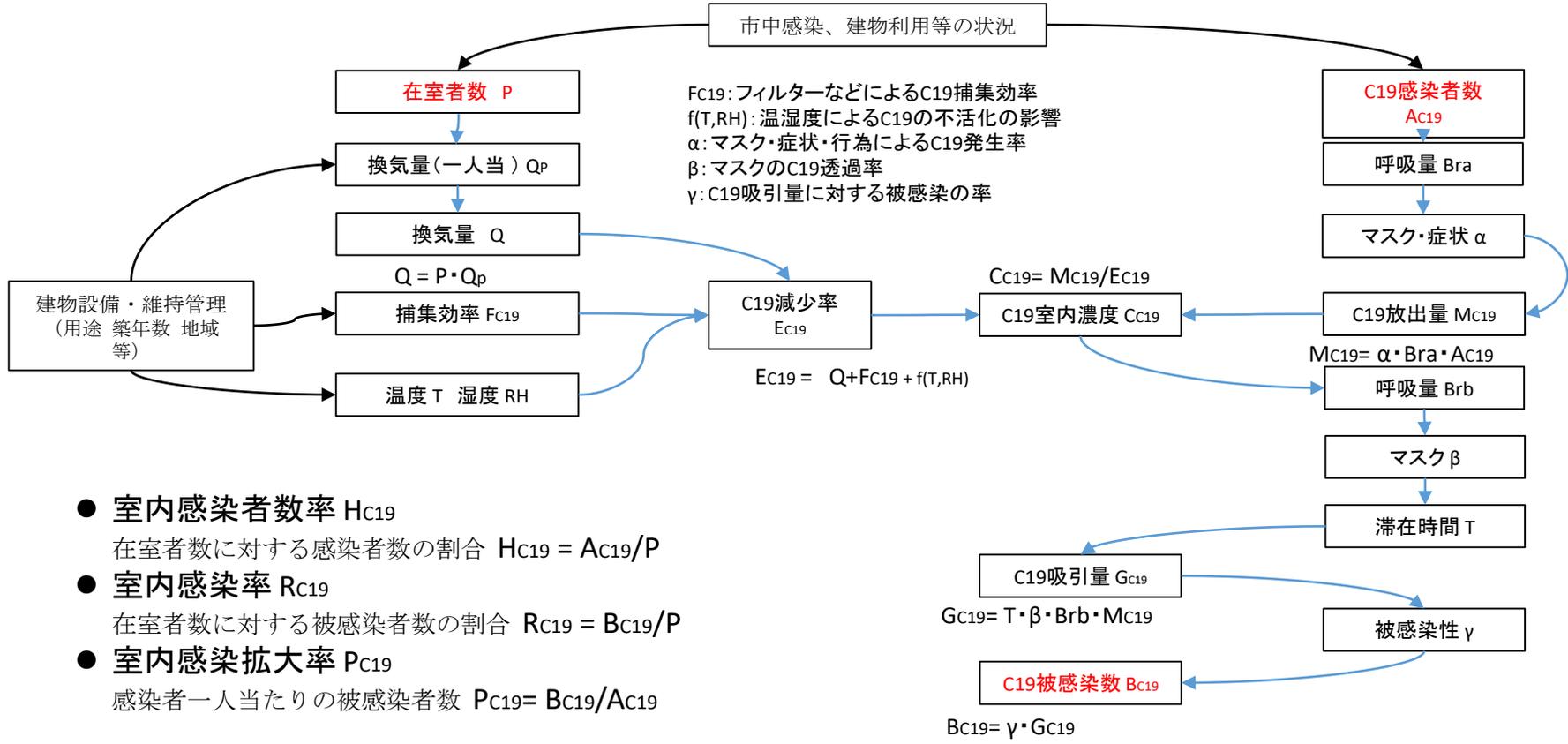
エアロゾル発生



北海道大学工学研究院講義室での実験

# 室内環境中のSARS-CoV2微小飛沫感染リスク評価の考察

感染リスクを、呼気中ウイルスRNA量で評価



- 室内感染者数率  $H_{c19}$   
在室者数に対する感染者数の割合  $H_{c19} = A_{c19}/P$
- 室内感染率  $R_{c19}$   
在室者数に対する被感染者数の割合  $R_{c19} = B_{c19}/P$
- 室内感染拡大率  $P_{c19}$   
感染者一人当たりの被感染者数  $P_{c19} = B_{c19}/A_{c19}$

# 室内環境中のSARS-CoV2微小飛沫感染リスク評価の考察

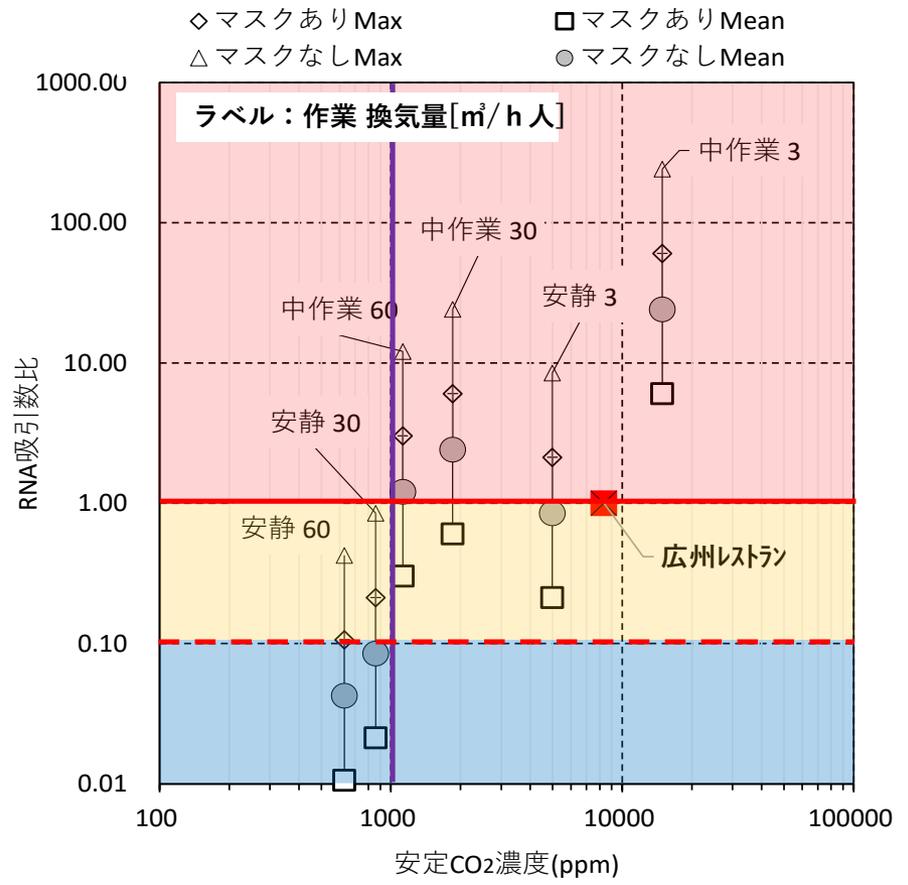
呼気中SARS-CoV2による感染リスク(吸引量)の試算  
(広州レストランとの比較)

(呼気中インフルエンザRNA数によるSARS-CoV2のRNA数: Mean250、Max2500)

- ① 活動レベル: 感染リスクを上げる。
- ② マスク: 感染リスクを下げる。
- ③ 換気: 感染リスクを下げる。
- ④ CO<sub>2</sub>濃度: 感染リスクとある程度相関する。

試算条件	時間	在室人数	感染者数	呼吸量 m <sup>3</sup> /h
広州レストラン	1.5 h	21 人	1 人	1.00
安静	3.0 h	10 人	1 人	0.45
中作業	3.0 h	10 人	1 人	2.40

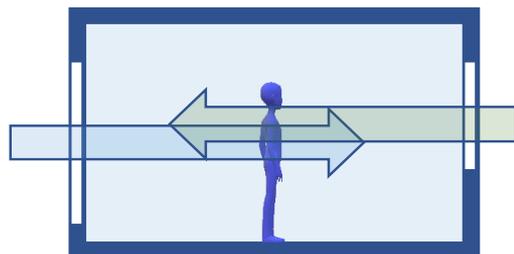
マスク効果: ウイルスの50%が通過



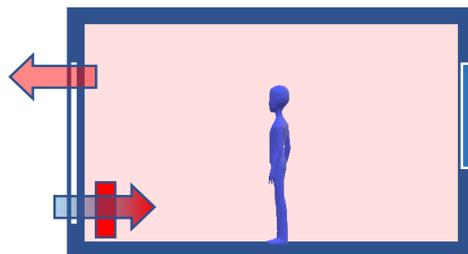
## 季節に応じて、適切な窓開け換気の方法を選択する。

季節	室内環境	常時開放	一時開放	換気動力	留意点
夏期 冷房時	28℃以下 (RH70%以下)	2方向 小さく開放	2方向 大きく開放	風力 外部風の風速・風向 の変化に伴い換気量 が変動する。	2方向開放について <ul style="list-style-type: none"> <li>大きな換気量を得ることが出来る。</li> <li>雨の吹込み、換気量の変化に応じて、開放程度を調整する必要がある。</li> </ul>
中間期	18℃～28℃ (RH40～70%)	2方向 大きく開放			
冬期 暖房時	18℃以上 (RH40%以上)	1方向 小さく開放	1方向 大きく開放	内外温度差 内外の温度差によっ て換気量が増える。	1方向開放について <ul style="list-style-type: none"> <li>風の影響を受けづらく、暖房により室温が安定すると、安定した換気量が得られる。</li> <li>開放窓近くの暖房機、使用していない空間を利用（2段階換気）して、冷気対策を行う必要がある。</li> </ul>

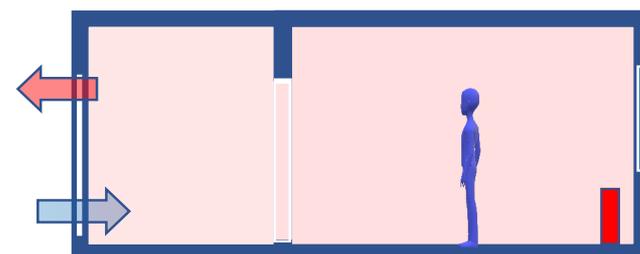
注) 室内環境について、室内環境による健康影響への配慮が必要な高齢者などの場合は、より望ましい環境が必要である。



2方向開放（風力換気）



1方向開放（温度差換気）



1方向開放・2段階換気（温度差換気）

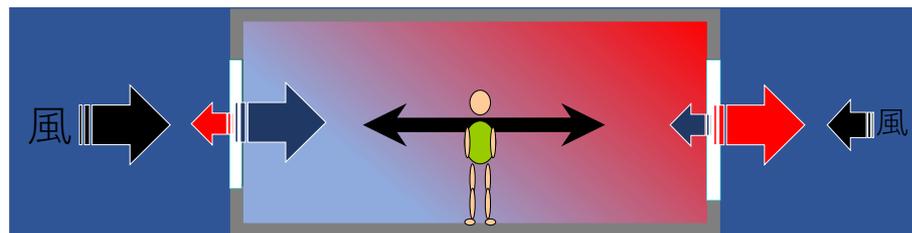
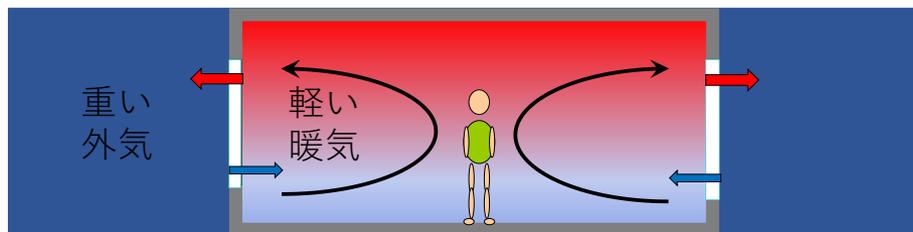
## ➤ 冬の窓開けと寒さ対策

① 二面開口では、無風時には温度差換気、風が吹くと風力換気が発生する。

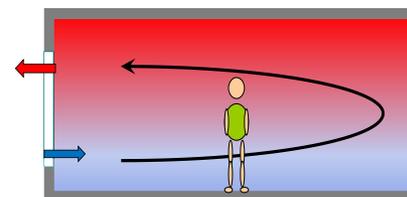
⇒ 換気量が変化し、室内温熱環境が変化しやすい。

① 一面開口は、風の影響を受けづらい。

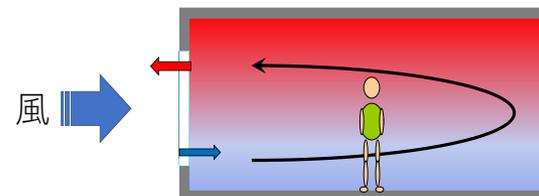
⇒ 換気量が安定し、室内環境を制御しやすい。



冬の窓開け換気の性質



一方向の窓開けは、風の影響が少なく調整しやすい。



寒さの  
侵入

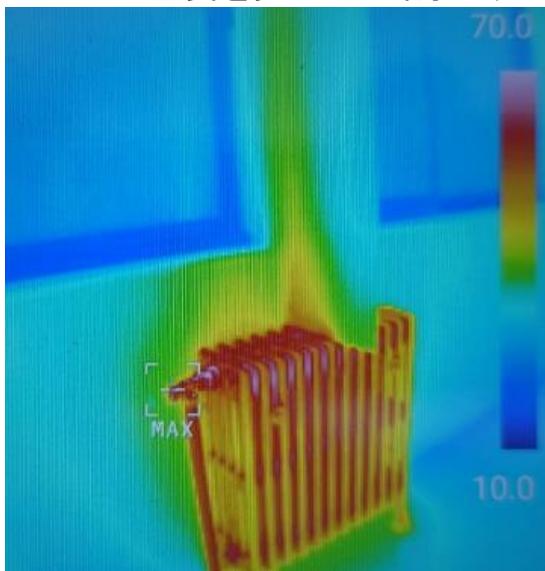
窓下の暖房器で冷気を温めて、室温を維持する。



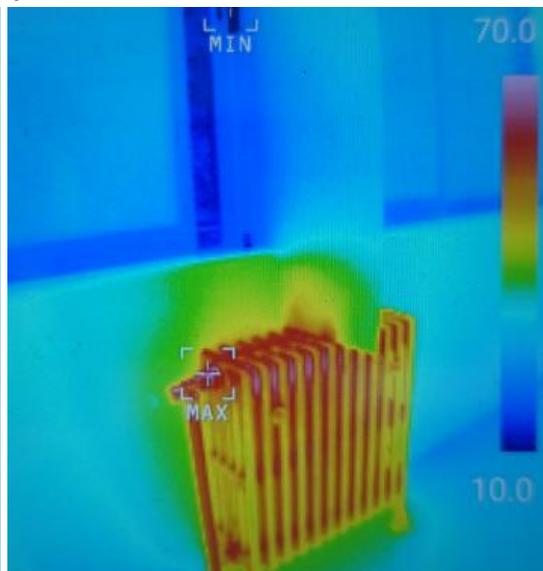
冬の窓開け換気の工夫

## ➤冬の窓開けと寒さ対策

- ① 一面開口によって、安定した温度差換気を維持する。
- ② 窓下に暖房機を設置して、冷気を暖房機で温めて、室内温度を維持する。
- ③ 開口面積は、感染リスク(人数、行為、CO2濃度など)、外気温度を見ながら調整する。



窓閉鎖時の温度分布



窓開放時の温度分布



北大研究室 11月

# COVID-19対策のための教室における冬場の換気対策例

-北海道大学工学研究院-202012

廊下側ドアを閉鎖、室内温度20℃、無風状態を仮定して算出した10人当たりの窓（高さ1.2m程度）の開口巾

## 基本方針

- 一人当たり30m<sup>3</sup>/h以上の換気量を確保する。
- 教室の定員（座席数）の30%以下の人数で利用する。
- 室使用時は、機械換気設備を常時強運転する。
- 定員の25%を超える場合、窓開け換気をする。

外気温度	10人当たりの窓の開口巾
0℃以下	約1cm
0℃以上10℃未満	約2cm
10℃以上	約3cm

## 窓開け換気の方法

- 窓を開ける開口巾は、表1によって外気温度と在室人数を考慮して調整する。
- 例えば30人の場合、窓の開口巾の合計が表1の数値の3倍必要となる。
- 複数の窓がある場合には、寒さ対策のために分散して開ける。

## 注意事項

- 極寒時や風雪などにより室内の温度環境が維持できない等の理由で窓を閉鎖する場合、ドアを全開し廊下の窓を同程度以上の開口巾で開ける。
- CO<sub>2</sub>濃度計で室内濃度をモニターできる場合には、CO<sub>2</sub>濃度が800ppmを超えたら、窓の開口巾を大きくする。



## ➤ 換気によるエアロゾル濃度の低下

- エアロゾル発生(ネブライザー、経口補水液)
- 室内エアロゾル濃度(パーティクルカウンター)

### 30分後のエアロゾルの残存率

Case1: 換気扇OFF・空気清浄機OFF:99%残存

Case2-1: 換気扇弱運転・空気清浄機OFF:51%残存

#### エアロゾル発生

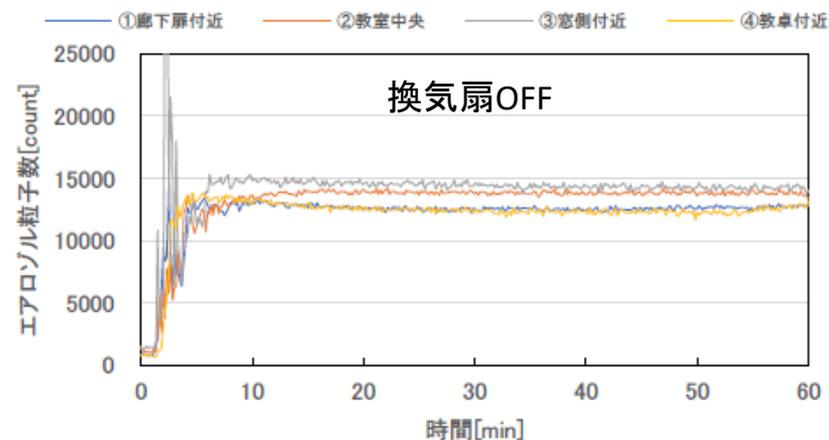


図5 Case. 1 噴霧エアロゾル粒子数推移

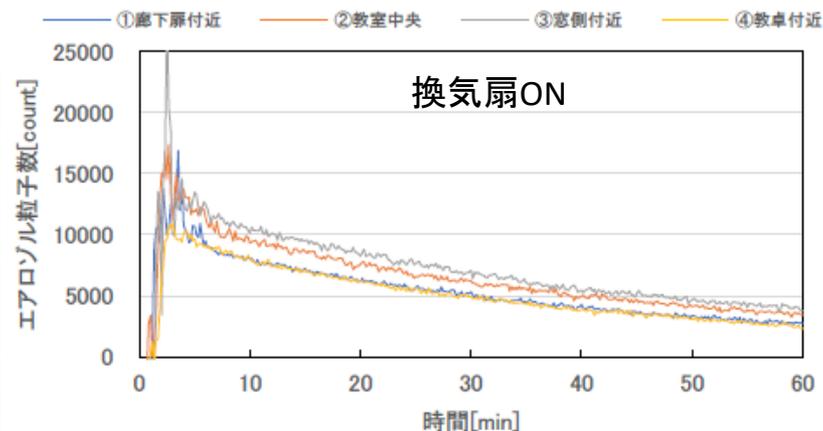


図6 Case. 2-1 噴霧エアロゾル粒子数推移

## ➤ 換気(換気扇、窓開け換気)と空気清浄機の効果

エアロゾルの除去量: R

$$R = C_{in} \cdot (Q + \eta \cdot Q_r) = C_{in} \cdot (Q + Q_f)$$

$C_{in}$ : 室内エアロゾル濃度,  $C_{out}$ : 室外エアロゾル濃度,  $Q$ : 換気量,  
 $Q_r$ : フィルター通過風量,  $\eta$ : フィルターエアロゾル捕集率,  
 $Q_f$ : エアロゾル除去の相当換気量

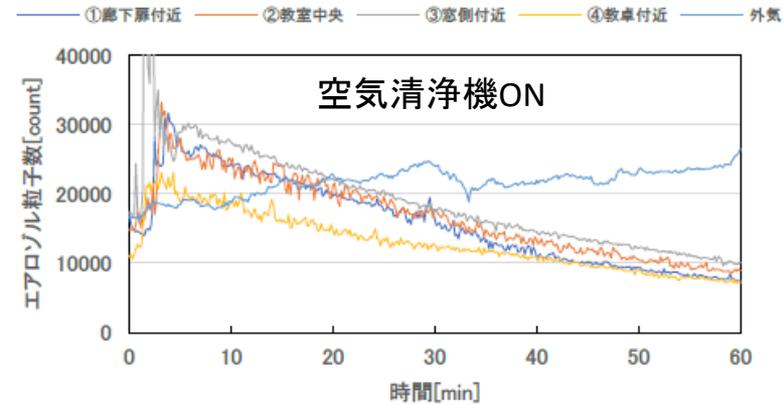
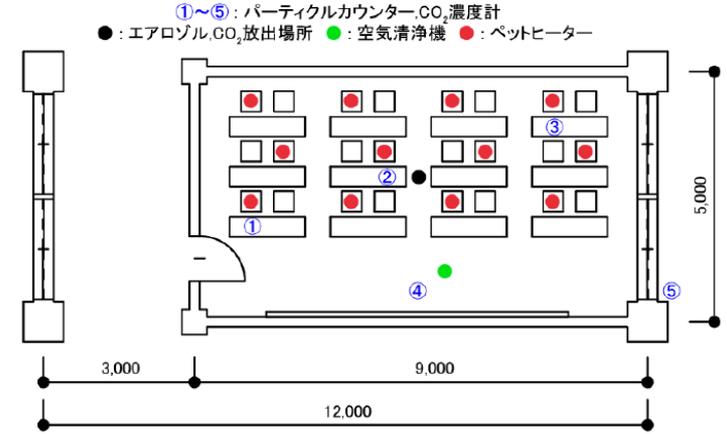
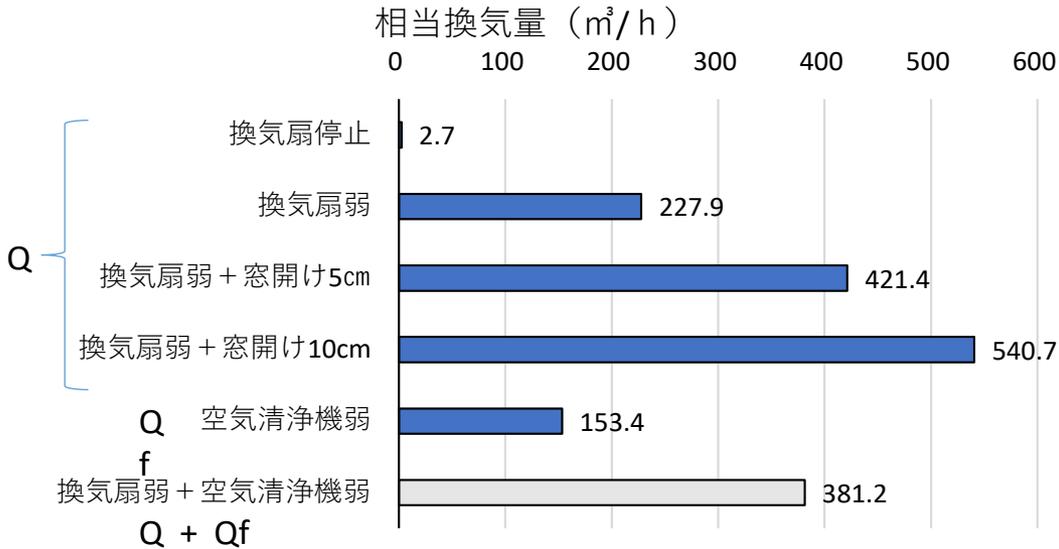


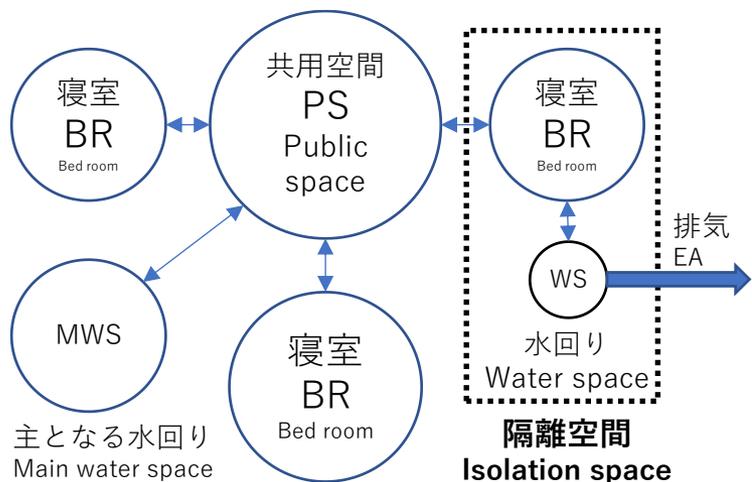
図10 Case. 6-1 エアロゾル粒子数推移

## ➤ 感染症対策のための住宅の評価

- 水回りと個室の動線を分析
- 感染症対策への対応度が高い間取りは少ない。

## ➤ 住宅における感染対策

- ウイルスを持ち込まない・ウイルスを広げない。
- 感染者・濃厚接触者のための隔離空間を確保する。
- 隔離空間からのエアロゾルの流出を抑制。



住宅 no.	5	所在地	土幌町	家族構成	夫婦
延床面積	135.62m <sup>2</sup>	水回り面積	15.33m <sup>2</sup>	竣工年	2020年

2階平面図

玄関から洗面所	動線分離
接触する扉の数	非接触
玄関洗面の有無	なし
ウイルスを持ち込む可能性：中	

×

私室から便所	動線分離
私室から浴室	LDK 通過
階段の空間分離	なし
ウイルスを広げる可能性：大	

II

ウイルスを持ち込む可能性	中
ウイルスを広げる可能性	大
COVID-19 への対応度：低	

1階平面図

水回り (S) の配置階	1階	R 2階
LDK と S の関係	同階	
私室 (R) の配置階	2階	S LDK 1階
住宅タイプ：I - ii		

		ウイルスを持ち込む可能性		
		小	中	大
ウイルスを広げる可能性	小	2	7	5
	中	10	35	16
	大	20	107	148

対応度：高	対応度：中	対応度：低
-------	-------	-------

# エアロゾル感染の原因と有効な換気対策について

## 1. 浮遊飛沫(エアロゾル)による感染

風下感染 と 空間拡散感染

## 2. 有効な換気対策

- ① 風下感染 ⇒ 人との距離、攪拌
- ② 空間拡散感染 ⇒ 換気(換気+エアロゾル捕集)\*

### \* 換気の方法

- 換気: 機械換気、窓開け換気、CO<sub>2</sub>濃度モニタ
- エアロゾル捕集: フィルター、電気集塵
- 室内温熱環境の維持: 暖冷房・加湿除湿・温湿度計

# 参考文献

- 1) 厚生労働省,“商業施設の管理権限者へ向けて「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法”, 2020.04.03,
- 2) 厚生労働省,“熱中症予防に留意した『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について”, 2020.06.17,
- 3) 厚生労働省,“冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法”, 2020.11.27,
- 4) 厚生労働省,“建築物における衛生的環境の確保に関する法律（昭和45 年法律第20号）”, 2015.3.20
- 5) Motoya Hayashi, U Yanagi, Kenichi Azuma, Naoki Kagi, Masayuki Ogata, Shoichi Morimoto, Hirofumi Hayama, Taro Mori, Koki Kikuta, Shin-ichi Tanabe, Takashi Kurabuchi, Hiromi Yamada, Kenichi Kobayashi, Hoon Kim, Noriko Kaihara: Measures against COVID - 19 concerning Summer Indoor Environment in Japan: JAPAN ARCHITECTURAL REVIEW, DOI10.1002/2475-8876.12183, 2020. 8. 22
- 6) 厚生労働省,“新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について”, 2021.04.07
- 7) 中西香織,熊谷優子,小池典久,大久保卓磨,白水彩,西條政幸,山口亮,館石宗隆,高橋賢亮,黒須一見,山岸拓哉,菊田弘輝,林基哉：高い累積罹患率を認めた札幌市内コールセンターでの新型コロナウイルス感染症アウトブレイク（2021年5月）—健康管理, 感染管理, 換気を確認する重要性について: IASR Vol. 42 p206-207: 2021年9月号
- 8) 新型コロナウイルス感染症のクラスター発生空間の換気性状の調査、北大工学研究院環境空間デザイン学研究室ホームページ、[5c5280\\_89fea69ecaab45c397c6bbb556796ae2.pdf \(filesusr.com\)](https://www.filesusr.com/preview.php?file=5c5280_89fea69ecaab45c397c6bbb556796ae2.pdf)

科目予定 令和2年 6月8日～28日

## I. 建築物衛生

建築物衛生とそれによる居住者への健康影響の関係を系統的に理解し、説明することができる。

- 1.1 建築物のしくみと働き
- 1.2 建築物と健康
- 1.3 環境管理目標と健康影響
- 1.4 建築物衛生行政
- 1.5 建築物衛生の歴史
- 1.6 都市と建築物

## II. 建築物環境衛生

建築室内環境の概要と環境をよくするための方法を理解し、提案・説明できる。

- 2.1 建築物室内環境
  - 2.1.1 室内環境概論
  - 2.1.2 温熱環境
  - 2.1.3 化学物質
  - 2.1.4 微生物
  - 2.1.5 アレルゲン
  - 2.1.6 レジオネラ
  - 2.1.7 ねずみ・衛生害虫
  - 2.1.8 放射線
- 2.2 建築空調設備
  - 2.2.1 空気調和設備・衛生管理
  - 2.2.2 空調図面の読み方
  - 2.2.3 気流と換気設備
  - 2.2.4 建築物における加湿と湿度

## III. 建築物衛生管理

建築物衛生における健康危機管理について、建築衛生監視の視点からその問題の本質を理解し、説明、対応、指示することができる。

- 3.1 衛生管理の各論
  - 3.1.1 水の衛生と管理
  - 3.1.2 給排水設備の維持管理
  - 3.1.3 建物の清掃・廃棄物処理
  - 3.1.4 空調ダクトの衛生管理
  - 3.1.5 省エネルギーと環境
- 3.2 管理業務の実際
  - 3.2.1 東京都ビル監視体制
  - 3.2.2 建築物の衛生監視
- 3.3 環境衛生測定法
  - 3.3.1 環境衛生測定法
  - 3.3.2 環境衛生測定実習

## IV 建築物衛生の実際

「建築物衛生」問題の対応のためのネットワークや体制づくりの方法を提案し、説明することができる。

- 4.1 科学院における建築物管理
- 4.2 建築設備技術見学
- 4.3 事例報告セミナー
- 4.4 セミナー「住まいと健康フォーラム」
- 4.5 グループ演習

## ■ 関連する研修

環境衛生監視指導研修 11月(予定)

住まいと健康研修 R3年



## 1. 「住まいと健康」問題とその対策

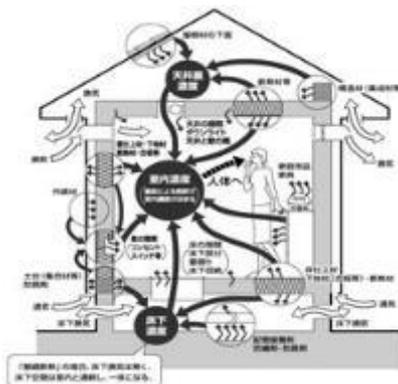
公衆衛生従事者が住まいに関わることの今日的意義を説明することができる。

- 1.1 「住まいと健康」概論
- 1.2 居住環境と厚生行政

## 2. 室内環境と健康

- 2.1 空気質と健康
- 2.2 換気と室内環境
- 2.3 化学物質とその対策(生活用品含む)
- 2.4 ダニとその対策(ハウスダスト含む)
- 2.5 微生物とその対策
- 2.6 ねずみ・衛生害虫
- 2.7 温熱環境と健康(入浴事故対策)
- 2.8 温湿度環境と健康
- 2.9 結露とその対策
- 2.10 光・照明
- 2.11 電磁波
- 2.12 放射線(災害時の公衆衛生活動含む)
- 2.13 たばこ(受動喫煙・加熱式たばこ含む)
- 2.14 室内事故(高齢者・乳幼児への対応)

住環境の健康への影響と対策について説明することができる。



## 3. 住宅計画と管理

- 建築技術者等との連携に必要な住宅計画や管理のポイント、法制度について説明することができる。
- 3.1 住宅品質確保促進法
  - 3.2 給水システムと水の安全性確保法制度について説明することができる
  - 3.3 住宅設備と管理(省エネ含む)
  - 3.4 集合住宅の管理
  - 3.5 住環境表現法(図面作成とアセスメント)
  - 3.6 設備・衛生図面の読み方

## 4. ネットワーク・体制づくり

住まいと健康に関する問題の対応のためのネットワークや体制づくりの方法を提案し実践することができる。

- 4.1 事例報告セミナー
- 4.2 在宅医療・介護と住宅
- 4.3 保健所の取組みセミナー
- 4.4 「住まいと健康」フォーラム

## 5. 住環境教育の方法

住民やその支援者を対象とした住環境教育の手法を使い現場で実践することができる。

- 5.1 住環境教育演習
- 5.2 室内環境の測定法
- 5.3 施設見学(戸建住宅関連)
- 5.4 施設見学(集合住宅関連)

