

令和7年度 特定建築物の衛生管理に関する講習会

空気環境管理の切り札： 高効率換気システムの最先端

2026年2月18日（水）

14:30～16:00

大阪市西成区民センター

2026年3月5日（木）

14:30～16:00

大阪市北区民センター



THE UNIVERSITY OF
OSAKA

大阪大学・名誉教授
先導的学際研究機構・特任教授
山中 俊夫



COVID-19は終わっていない！

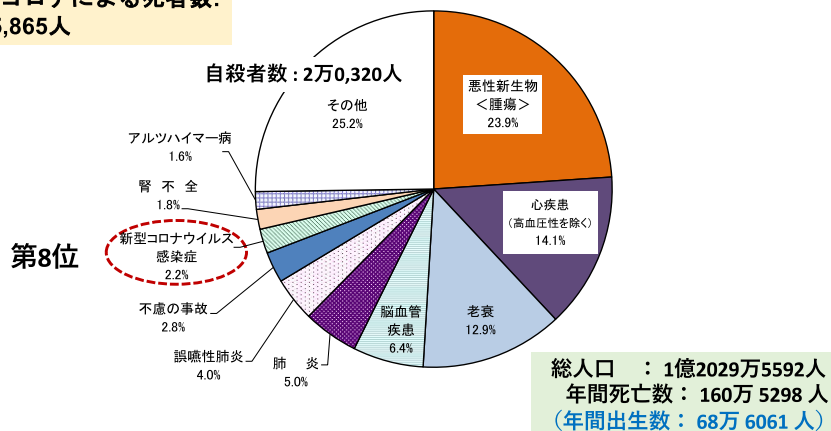


<https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/data/>

日本における日本人の死因2024

図5 主な死因の構成割合（令和6年(2024)）

新型コロナによる死者数：
3万5,865人



厚生労働省：令和6年(2024)人口動態統計月報年計(概数)の概況

CO₂濃度は建築物衛生法不適率が高い！

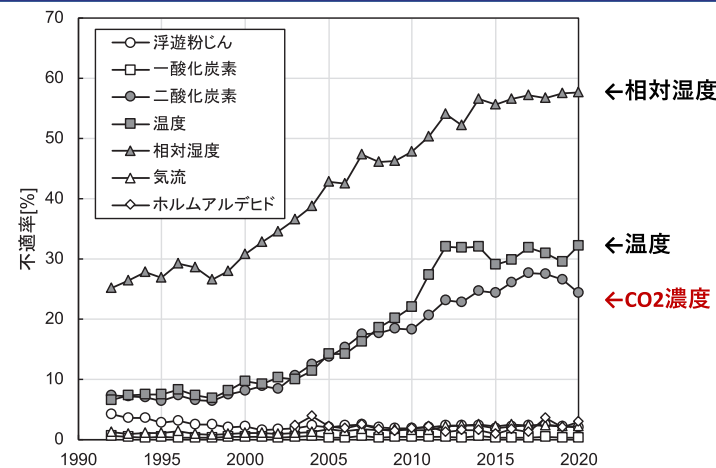
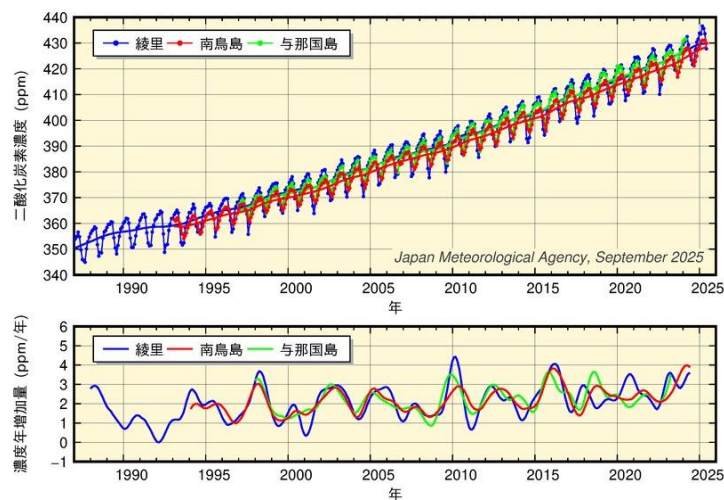


図5-1-6(1) 空気環境7項目の不適率の経年変化¹⁵⁾

15)鍵直樹「建築物環境衛生管理基準における空気環境の不適率の状況」『ビルと環境 No.178』日本建築衛生管理教育センター 2022

気象庁観測点におけるCO₂濃度経年変化



気象庁HP https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html?theme=8

Page | 4

空気調和・衛生工学会の提言

- 必要換気量算定のための二酸化炭素の設計基準濃度（総合的指標）は外気濃度+700 ppmとすることが望ましい。

空気調和・衛生工学会の提言(2021)

- 建築物衛生法の二酸化炭素の管理基準は、1,000 ppmである。

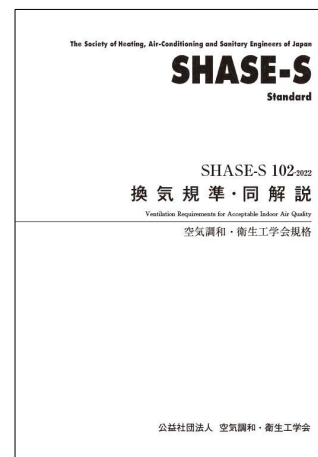
Page | 5

本講のポイント

- まだCOVID-19は終わったわけではない。また、未知の感染特性を持つウイルスの出現にも対処する必要がある。
- 建築物衛生法の管理基準CO₂濃度1,000ppmが守られない現状に対応する必要がある。
- 換気効率を考慮できるより高度な規準として、空気調和・衛生工学会の換気規準SHASE S-102がある。
- 建築物衛生法のCO₂濃度基準を守るとともに、感染対策として高効率換気方式である置換換気に焦点を当て、大阪・関西万博のレストランなど、様々な実例を紹介する。

Page | 6

改訂版 換気規準・同解説 SHASE-S 102-2022



- 1939年（昭和14年） HASS 102 換気
- 1972年（昭和47年） HASS-102 換気（案）
- 1983年（昭和58年） HASS-102 換気規格（案）・同解説（案）
- 1997年（平成9年） HASS 102-1997 換気規準・同解説
- 2003年（平成15年） SHASE-S 102-2003 換気規準・同解説
- 2011年（平成23年） SHASE-S 102-2011 換気規準・同解説
- 2022年（令和4年） SHASE-S 102-2022 換気規準・同解説

Page | 7

SHASE-S 102-2022における居室の必要換気量の考え方のポイント

- ① 基本的に対象とする汚染質は、二酸化炭素、一酸化炭素、浮遊粉じん、二酸化窒素、二酸化硫黄、ホルムアルデヒドの6種類である。ただし、ラドン、浮遊細菌、浮遊真菌、VOC、オゾン、臭気、知覚空気質、PM2.5については、別途考慮が必要な場合がある。
- ② すべての汚染質の発生量が明確に予測できる場合は、それぞれの設計基準濃度と発生量から必要な換気量を完全混合の仮定の下に求め、それぞれの必要換気量のうち最も大きな値を「基本必要換気量」とする。ただし、このときCO₂の設計基準濃度は、3,500ppmを採用してよい。
- ③ 成分と発生量が明確には予測できない汚染質がある場合には、②の発生量が明確に予測できる汚染質に対する必要換気量の計算に加えて、人から発生されるCO₂を想定し、**総合指標である外気濃度+700ppmを設計基準濃度**として、換気量を算定し、それらのうち最も大きい換気量を「基本必要換気量」とする。
- ④ 人しか発生源がない場合には、CO₂の発生量を考慮した上で、総合的指標（CO₂外気濃度+700ppm）を用いて、基本必要換気量を求めることができる。
- ⑤ 室内の汚染質の発生条件を考慮した上で、**規準化居住域濃度**を求め、基本必要換気量に乗じることで、最終的な設計必要換気量を求めることができる。

「設備と管理」（オーム社）2024年11月号より

Page | 8

主要な改訂点

①総合指標としてのCO₂設計基準濃度の変更

1000ppm→外気濃度+700ppm

②新しい空気汚染質指標の追加（参考値）

浮遊真菌、臭気、知覚空気質、PM2.5が追加

③再循環（リターン）空気の考慮

④人からのCO₂発生量の計算方法の詳細化

⑤規準化居住域濃度の資料充実

「設備と管理」（オーム社）2024年11月号より

Page | 9

二酸化炭素(CO₂)の設計基準濃度

- 一般環境に関しては、二酸化炭素は空気の汚れの指標として扱われ、**建築物衛生法^{3), 4)}**では、**1000 ppm以下**と規定されている。これは二酸化炭素そのものの健康影響に基づくものではなく、二酸化炭素が、1000 ppmを超えるような環境では、他の汚染質の濃度もそれに比例して悪化しているというこれまでの**環境監視の実績**を踏まえたものである。また、同時に**二酸化炭素は人の呼気から発生することから、一般的には体臭などの人体由来の汚染物の指標**として位置づけられる。しかしながら、近年、外気の二酸化炭素濃度の上昇を背景として、諸外国の規準も**二酸化炭素濃度の基準値を外気濃度との差で表現する例が見られるようになった**。日本でも、特に都市部の外の二酸化炭素の増加により、1000 ppmを維持するための換気量が増加する傾向にあり、本規準では**ASHRAEの換気規準⁵⁾**にならい、二酸化炭素濃度の基準値を外気濃度との差で規定することとした。具体的には**外気濃度に700 ppmを加えた値**が室内濃度の設計基準濃度と考える。

Page | 10

前文：汚染物の追加

- 室内の二酸化炭素、粉じん、ホルムアルデヒド、二酸化窒素などの一般的な空気環境要素を対象とする。ただし、ラドン、浮遊細菌、**浮遊真菌**、VOC、オゾン、**臭気**、**知覚空気質**、**PM_{2.5}**は本文では扱っていないが、参考として解説に記した。

表1 室内空気汚染の設計基準濃度新旧比較

汚染質	設計基準濃度	
	旧規格	新規格
総合指標		
CO ₂	1 000 ppm	外気濃度 + 700 ppm
単独指標		
CO ₂	3 500 ppm	3 500 ppm
CO	10 ppm	6 ppm
SPM	0.15 mg/m ³	0.15 mg/m ³
NO ₂	200 µg/m ³	200 µg/m ³
SO ₂	500 µg/m ³	500 µg/m ³
HCHO	100 µg/m ³	100 µg/m ³

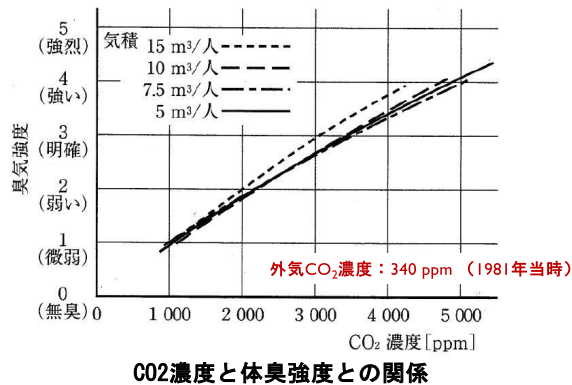
SPM：浮遊粉じん、HCHO：ホルムアルデヒド

「設備と管理」（オーム社）2024年11月号より

Page | 11

総合指標としての汚染質と設計基準濃度

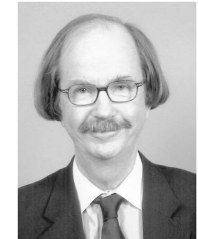
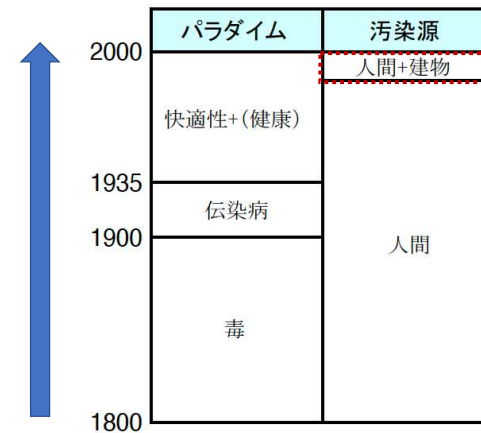
- 二酸化炭素 1000ppm → **外気濃度+700 ppm**
※ASHRAE^{b)} の基準を参考とした。
- 二酸化炭素の基準濃度「外気濃度+700ppm」は、在室者の体臭などの汚染質をはじめとする室内の空気汚染の**総合的指標**



梶崎正也「室空気浄化設計の原理」, GBRC, 38.00.21-30, 1991

人から発生する汚染物質の位置づけ

- 換気哲学の変遷



P.O. Fanger
(1934 - 2006)
By P.O. Fanger

図-1 換気哲学の変遷¹⁾

規準化居住域濃度とは？

ある汚染質が室内で発生しているとき、室内の**居住域**の汚染質濃度（外気濃度基準）を**完全混合時**の室内汚染質濃度（外気基準）との比で表した**規準化濃度**のこと。この数値が低いほど、換気効率が良い。

$$C_n = \frac{C_a - C_o}{C_p - C_o}$$

C_n : 規準化居住域濃度

C_a : 居住域平均汚染質濃度

C_p : 完全混合状態を仮定した汚染質濃度（排気濃度に等しい）

C_o : 取り入れ外気の汚染質濃度

様々な給排気口位置での C_n

給排気口的位置	供給空気と居住域空気の温度差： $t_s - t_i$ (°C)	規準化居住域濃度 C_n
	<-10 -10~-5 -5~0 0 0~5 5~10 >10	0.8~0.9 0.9~1.0 0.9~1.0 1.0 1.0~1.1 1.0~1.1 1.1~1.2
	<-10 -10~-5 -5~0 0 0~5 5~10 >10	0.8~1.0 0.9~1.1 1.0~1.2 1.2 1.2~1.3 1.3~1.4 1.4~1.5
	<-10 -10~-5 -5~0 0 0~5 5~10 >10	0.6~0.7 0.7~0.8 0.8~0.9 0.8~0.9 0.8~0.9 0.9~1.0 1.0~1.1
	<-10 -10~-5 -5~0 0 0~5 5~10 >10	1.0~1.1 1.0~1.1 1.0 1.0 0.9~1.0 0.9~1.0 0.9~1.0
	<-10 -10~-5 -5~0 0 0~5 5~10 >10	0.9~1.0 0.9~1.0 0.9 0.9 0.9 0.8~0.9 0.8~0.9

※室内汚染質一様発生条件であることに注意！

いま再注目の置換換気とは？

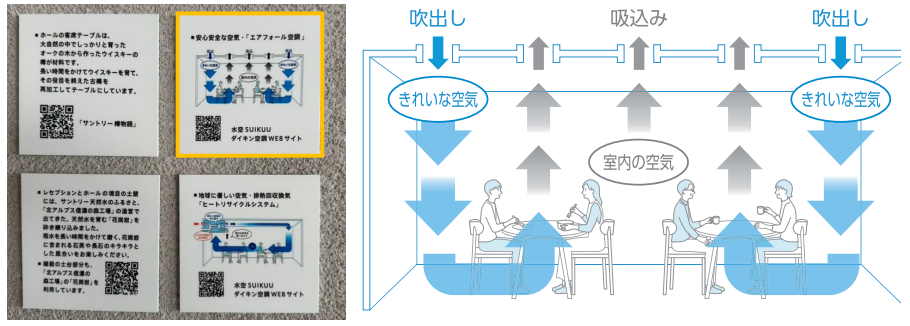
特集 **いま、再注目の置換換気**
—万博の現場から—

天井の吹出口

大阪・関西万博のレストラン「水空」

「設備と管理」(オーム社) 2025年7月号より

—万博の現場から—



万博レストラン「水空」ホールの気流イメージ1)

1) 蔵永真理「特集いま、今再注目の置換換気—万博の現場から—」, 設備と管理(オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

置換換気は高効率換気の名詞！

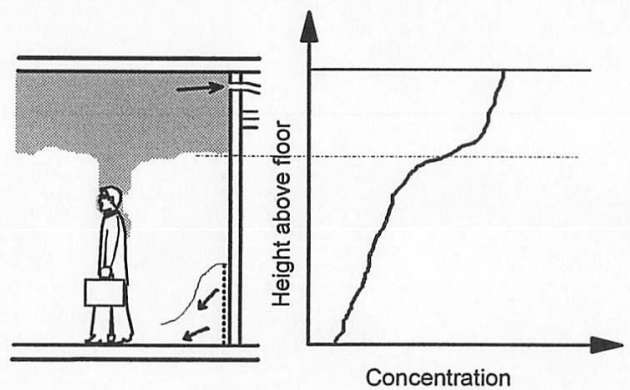


Figure 9 Typical distribution of pollutants from person's breathing in a room with a good balance between the ventilation rate and the feed-air requirement of the convective currents.

置換換気のみかた

Hakon Skistad, "Displacement Ventilation" (1994)

置換換気に何を期待すべきか？

人体由来汚染質の効率的除去

感染症(ウイルス、細菌)の防止

体臭・CO₂濃度の低減

建築物衛生法への適合!

置換換気とは

• 置換換気のはじまり

- 1978年 工場に導入
- スウェーデン、ノルウェー、デンマーク、フィンランド等、北欧諸国の工場で広く導入
- その後、オフィス、学校、ホール、レストランなどに広く普及



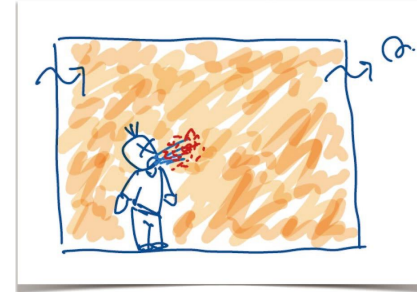
Figure 1.4. Free-standing diffusers as architectural elements (courtesy of Halton).



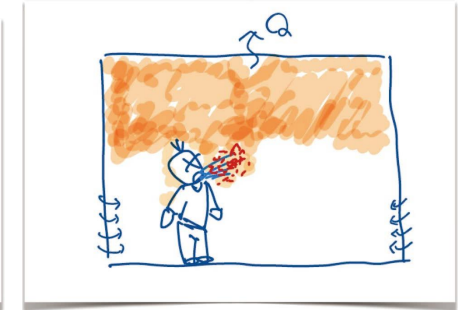
Figure 8.8 Partitions between the diffuser and the closest seats protecting the customers from drafts.

REHVA, Displacement_Ventilation_Guidebook_23, (2017) REHVA, Displacement_Ventilation_Guidebook_1, (2004)

混合換気と置換換気



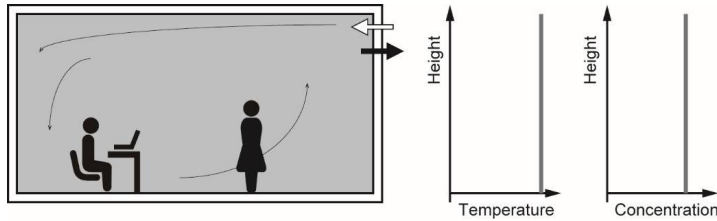
混合換気
(Mixing Ventilation)



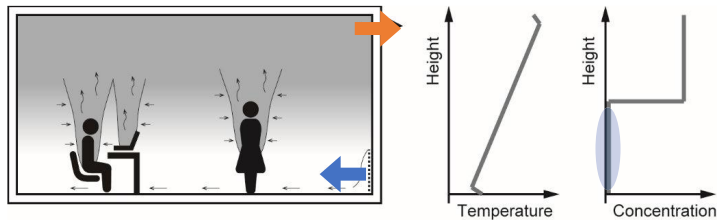
置換換気
(Displacement Ventilation)

混合換気と置換換気

混合換気



置換換気



E. Mundt, H. M. Mathisen, P. V. Nielsen, A. Moser, REHVA Guidebook No. 2: Ventilation Effectiveness, REHVA, 2004.

OTV (居住者空調) のいろいろ

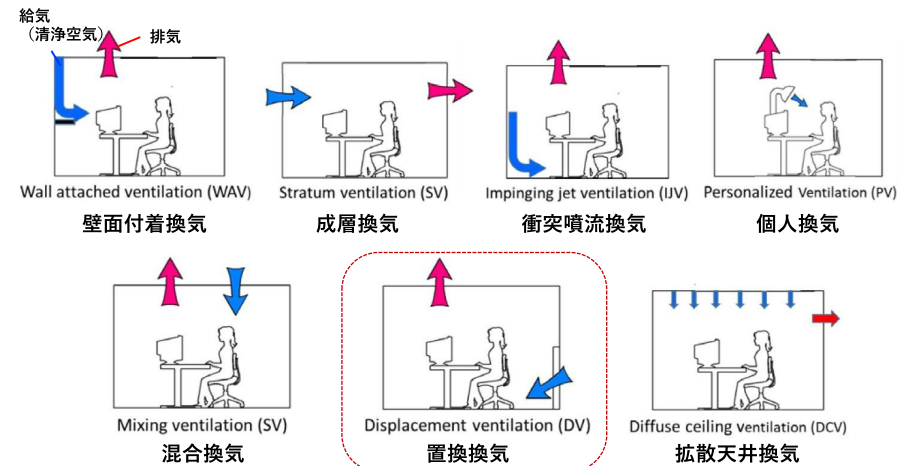


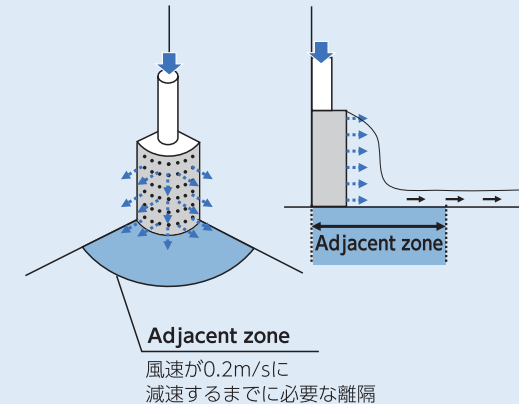
Figure 3. The simulated air distribution methods (blue arrows: supply; red arrows: exhaust).

Melokov, Angui Li, Kosonen et al.

置換換気で配慮すべき点①

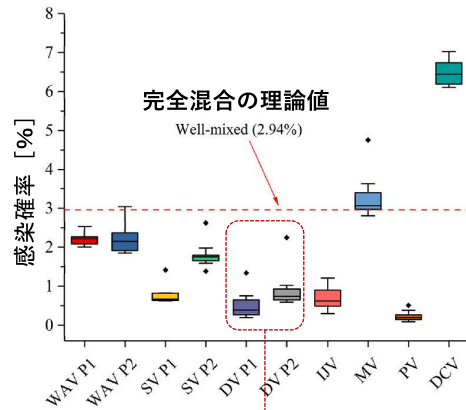
① 足下のドラフト感（不快な気流感）

- 居住者の近くで給気（20℃）
- ディフューザーからの離隔距離が必要



蔵永真理「特集いま、今再注目の置換換気-万博の現場から-」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

各換気方式における感染確率 (position1, 2)



- MV（混合換気）との比較
 - PVが最も低い値
 - SV, DV, IJVともに低い値
 - WAVもMXより低い値
 - DCVはMXの2倍の値
- OTVのなかでは、DCV以外は良好な換気効率

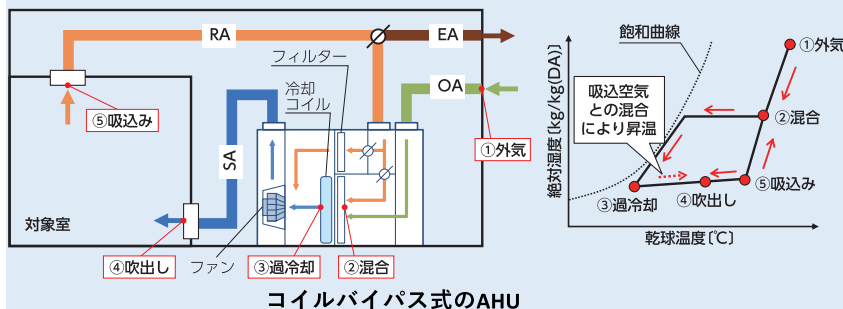
- マスクなし
- Quanta発生量：10.5 quanta/h
- 連続発生
- 4時間暴露
- 5μm以下の粒子をCO₂で模擬

DV（置換換気）は感染確率が低い！

置換換気で配慮すべき点②

② 除湿

- 在室者の近くで給気（20℃）
- 日本では再熱が必要→エネルギー消費



コイルバイパス式のAHU

蔵永真理「特集いま、今再注目の置換換気-万博の現場から-」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

置換換気で配慮すべき点③

③ 鉛直温度分布

- 温度成層の形成が必須
- 居住域での上下温度差に注意
 - 在室者の頭（FL+1.1m）とくるぶし（FL+0.1m）の温度差が3℃以下に！

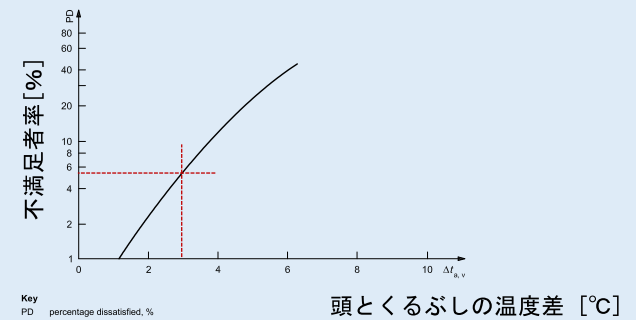
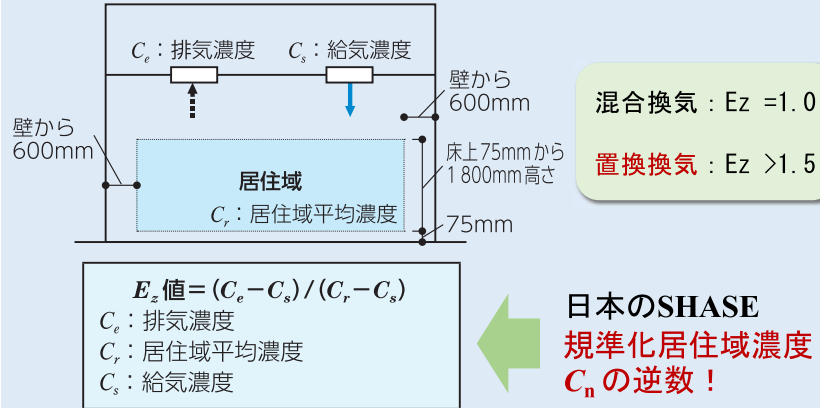


Figure 2 — Local discomfort caused by vertical air temperature difference

ISO7730

米国での換気効率評価 E_z

• ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) における E_z 値

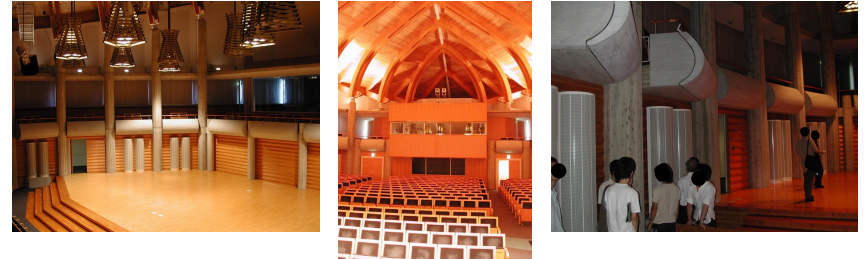


蔵永真理「特集 いま、今再注目の置換換気-万博の現場から-」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

置換換気が導入されている建物事例

事例	目的	気流イメージ
事例1 音楽ホール	大空間における居住域の効率的な換気・空調	

蔵永真理「特集 いま、今再注目の置換換気-万博の現場から-」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025



李晟在ほか: 置換換気方式を採用した音楽ホールにおける温熱快適性と換気効率の実測, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 559, No. 9, pp.37~44, 2002年

置換換気が導入されている建物事例②

事例	目的	気流イメージ
事例2 寒冷地のオフィス	暖房時の足元の冷えを考慮し、全面床吹出方式を採用	

蔵永真理「特集 いま、今再注目の置換換気-万博の現場から-」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

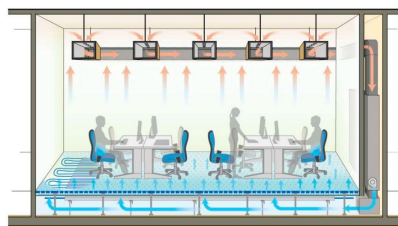


図-5 足元からの空調デザイン

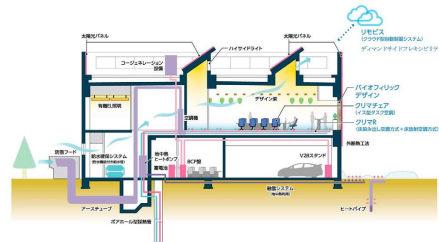


図-2 建物Hのテクノロジーマップ

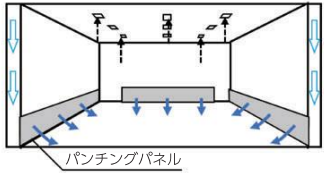
石井ほか: 積算寒冷地におけるウェルネスに配慮した中小規模ビルのZEB化に関する調査研究 (その1) 計画コンセプト, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp.185~188, 2021年9月

置換換気が導入されている建物事例③

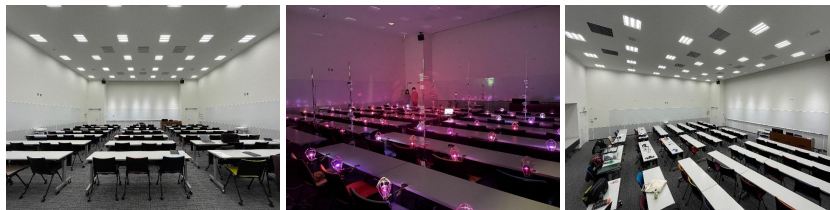
事例	目的	気流イメージ
事例4 テレビ局の社屋	テレビスタジオ: 大空間における居住域の効率的な空調	
	厨房: フードにて効率よく捕集する	

蔵永真理「特集 いま、今再注目の置換換気-万博の現場から-」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

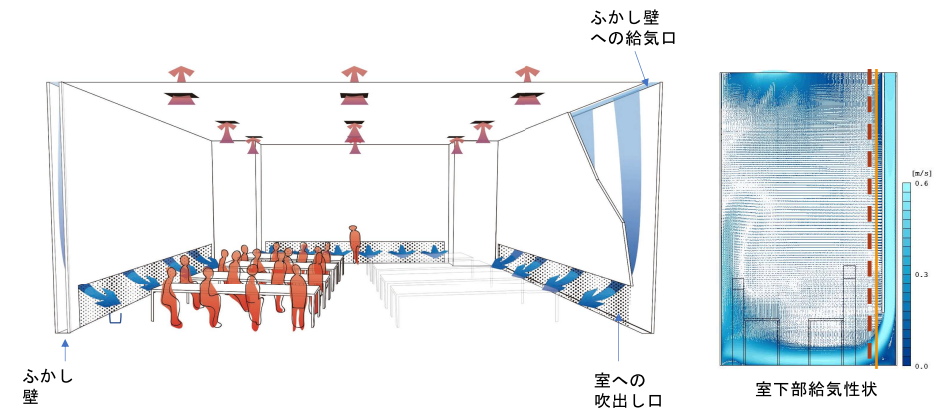
置換換気が導入されている建物事例④

事例	目的	気流イメージ
事例3 学校施設	清浄空気による知的生産性向上・感染症予防対策	

蔵永真理「特集いま、今再注目の置換換気－万博の現場から－」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

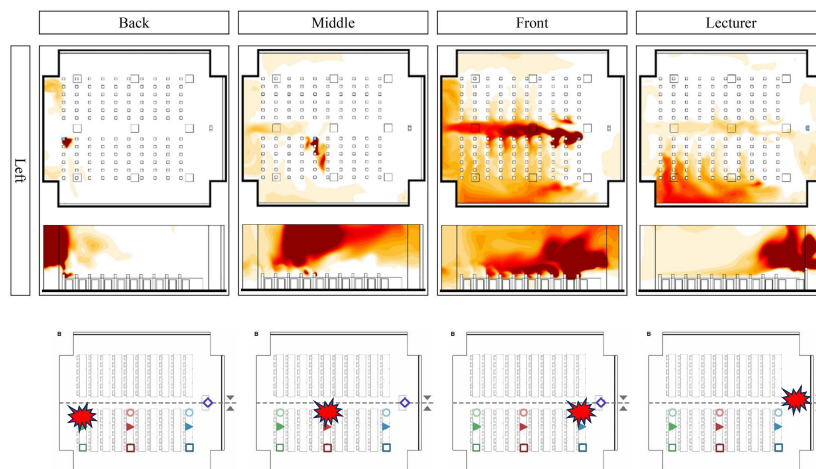


ふかし壁による給気



教員と学生の会話による飛沫核拡散

TABLE 5. Contaminant distribution in plan at 1.1 m and longitudinal section passing through infected individual



置換換気講義室でできること

- 在室者に常にきれいな空気を供給でき、心身の健康に効果
- CO₂濃度の低い清浄空気による学習効率の向上
- 新型コロナウイルス感染症拡散の防止効果
- 換気量の増大による消費エネルギー増を防ぐ方策は？
 - 外気条件による制御
 - 人流計測に基づく制御
 - 排気CO₂濃度による制御



ダイキン工業（株）・大阪大学共同研究 天井給気型置換換気の開発

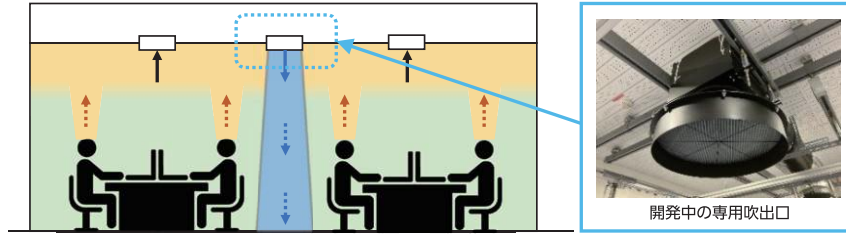
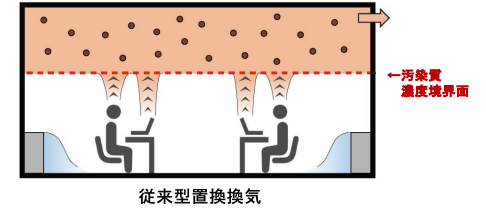


図7 天井給気型置換換気

蔵永真理「特集 いま、今再注目の置換換気-万博の現場から-」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

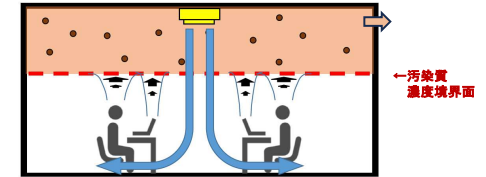
天井吹出し型置換換気の方

- ・ 利点 :
 - 施工性が良い
 - ダクトが天井内に納まる
→床が広く使える
 - オープンオフィスに適用が容易
 - 既存システムへの対応も可能



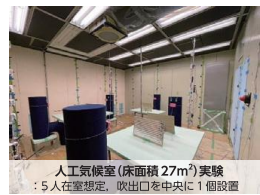
従来型置換換気

- 日本での実施例 :
 - 業務用厨房での実用化
 - ・近藤・萩田・吉野・藤田「業務用電化厨房における置換換気・空調システムに関する研究」, AIJ論文集, (2012) 他
 - ・中川・梅本・須田・尾形・中澤「不燃性と通気性を有するソックダクトの性能評価及び業務用厨房における実測評価」, SHASE大会, (2015) 他
 - 病室での適用例 (テキスタイル)
 - ・本田・山中・甲谷・桃井・相良・上田・前田「低風速天井吹出し空調による病室の室内環境に関する研究-室内温度・汚染質濃度分布及び換気性能に関する検討-」, SHASE論文集, (2017)



理想的な天井吹出し置換換気

ダイキン工業・大阪大学共同研究 天井給気型置換換気の開発 (実験)



人工気候室 (床面積 27m²) 実験
: 5人在室安定, 吹出口を中央に1個設置



模擬オフィス (床面積 120m²)
: 18人在室想定 (6人 x 3層), 吹出口を6個設置
※実験結果は4個から吹き出した条件

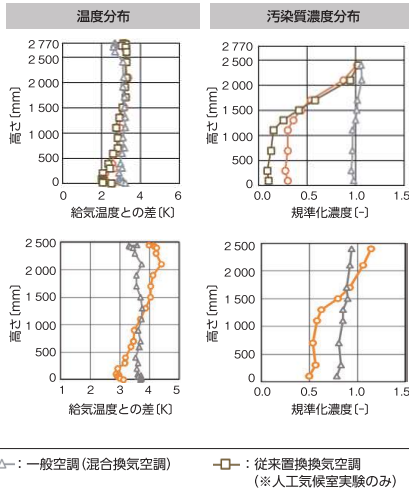


図8 天井給気型置換換気の実験結果¹¹⁾

蔵永真理「特集 いま、今再注目の置換換気-万博の現場から-」, 設備と管理 (オーム社), 2025年7月号, p.25-35, 2025

まとめ

- ・ 高効率換気の代表として、置換換気があり、いままでにも様々な置換換気が応用・発展してきた。
- ・ 換気効率を用いて換気性能の評価を行うことで、感染防止と居住域の汚染質濃度の提言が可能になる。
- ・ 建築物衛生法のCO₂濃度管理基準の遵守も容易になり、室内空気質の向上に寄与する。
- ・ 今後、さらなる技術開発が期待される。