

2022/2/2

埼玉産業保健総合支援センター 産業保健セミナー

オフィス・住宅における換気について ～温湿度, CO₂, 新型コロナ対策を中心に～

独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
環境計測研究グループ 上席研究員
齊藤宏之

saitoh@h.jniosh.johas.go.jp



自己紹介



齊藤宏之（さいとうひろゆき）

1970年6月 埼玉県大宮市（現在のさいたま市西区）生まれ

1989年3月 埼玉県立浦和高校卒

1993年3月 東京理科大学理学部応用化学科卒

1995年5月 労働省産業医学総合研究所（現・労働安全衛生総合研究所）入所

2007年2月 東北大学大学院医学系研究科にて博士（医学）取得

現在

- 独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
環境計測研究グループ 上席研究員
- （兼務）神奈川大学工学部経営工学科 非常勤講師（労働安全衛生）
- 日本産業衛生学会 代議員, 産業衛生技術部会 幹事・事務局
- 日本労働衛生工学会 理事
- ISO/TC159/SC5（人間工学／物理因子）国内対策委員会主査
- さいたま市大宮区北袋町在住
- メールアドレス：saitoh@h.jniosh.johas.go.jp

本日の構成



1. 換気について
 - 換気とは？
 - 我が国の建物における換気についての歴史的経緯
 - 換気の方法と仕組み
2. 換気と二酸化炭素
 - CO₂濃度の基準と健康影響
 - CO₂を指標として用いた換気の管理
 - CO₂の測定方法
 - 安価なCO₂測定器の実態
 - CO₂測定器の選び方
 - 測定不要な換気シミュレーターの紹介と実演
3. オフィス・住宅における換気
 - オフィス・住宅における換気の方法
 - オフィス・住宅における換気の実態
4. COVID-19対策と換気
 - COVID-19対策に必要とされる換気
5. オフィス・住宅における温湿度問題
 - 湿度に関する知識の整理
 - オフィスの温湿度の基準と実態
 - 温湿度による健康影響
 - 有効な加湿方法
 - 換気と加湿の共存

3

1. 換気について



4



「換気」とはなんだろうか？

- 空気を入れかえること（広辞苑）
- 屋内・室内の汚れた空気を、新鮮な空気と入れ替えること（大辞林）
- 建物内の空気を外気と入れかえること。（世界大百科事典）
- 室内の空気環境を清浄に保つために、不良となった室内空気を戸外の「いわゆる新鮮な空気」と入れ替えることをいう。（南山堂医学大辞典）

換気とは「室内の空気と外気を交換すること」 換気目的

- ・ 外の空気を室内に取り入れ、
- ・ 室内の空気を外に追い出すことにより、
- ・ 室内の空気中の汚染物質を排出または希釈すること。

5

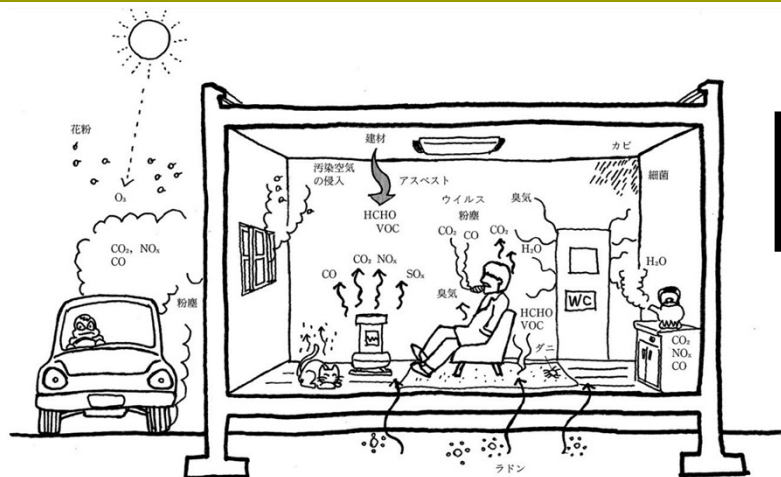


なぜ換気が必要か？

- 室内の有害物質の濃度を軽減するため
 - 作業現場で発生する有害物質の濃度軽減
⇒局所排気装置、プッシュプル換気装置など
 - 室内で発生する有害物質の濃度軽減（シックビル症候群対策）
 - 人体から発生する二酸化炭素の濃度軽減
- （燃焼機器がある場合）不完全燃焼による一酸化炭素の生成を防ぐため
- 感染症を防止するため
 - 空気感染、飛沫核感染防止に効果があるとされる。
 - 昨今のCovid-19パンデミックに伴い、にわかに脚光を浴びている。

6

建築物における空気汚染物質と換気



換気目的

これらを排出・希釈して有害性を軽減すること。

出典：日本建築学会：新型コロナウイルス感染症制御における「換気」に関して、「換気」に関するQ&A
<https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/200330.pdf>

7

我が国における「換気」の歴史（その1）



- 近代日本における「換気研究」のはじまりは？
 - 『人体由来の「腐気」が有害であり、指標としてCO₂としてその室内容限度の目安を600～700ppmとする』（森林太郎，陸軍衛生教程，1889）
 - 『特に太陽光と新鮮外気の適切な取り入れが重要』（森林太郎，造家学会講演，1893）



森 鷗外（もり おうがい、文久2年1月19日〈1862年2月17日〉 - 1922年〈大正11年〉7月9日）は、日本の明治・大正期の小説家、評論家、翻訳家、陸軍軍医（軍医総監＝中将相当）、官僚（高等官一等）。位階勲等は従二位・勲一等・功三級、医学博士、文学博士。
本名は森林太郎（もりりんたろう）。

8

我が国における「換気」の歴史（その2）



- 東京府下の小学校での換気量測定を行った上で、『基準としての室内CO₂濃度1000ppmを満たすための必要換気量と比べて圧倒的に不足している』
- 『CO₂はそれ自体が当該濃度で有害ではなく、あくまでも主な発生源が人体である際の基準として1000ppmが提唱されている』（田原良純，大日本私立衛生会雑誌，1884）

⇒ この頃と現在で、問題が本質的には変わっていない点に注目！

田原良純（たはらよしずみ、1855年8月18日（安政2年7月6日） - 1935年6月3日）は、日本の薬学者。日本最初の薬学博士である。テトロトキシンの命名者。（Wikipediaより）

9

換気に関する法規制（1）



建築物衛生法（大規模建築物）

建築物衛生法	3,000m ² 以上の建物 (学校の場合8,000m ² 以上)	空気調和設備あるいは機械換気設備を設けている場合、下表の目標基準値を守ること。	
		浮遊粉塵量	空気1m ³ につき0.15mg以下
		CO 含有率	10ppm（厚生労働省令で定める特別の事情がある建物にあっては厚生労働省令で定める数値）以下
		CO ₂ 含有率	1,000ppm以下
		温度	1)17℃～28℃ 2)室内温度を外気温度より低くするとき は、その差を著しくしないこと。
		相対湿度	40%～70%
		気流	0.5m/sec以下
		ホルムアルデヒドの量	空気1m ³ につき 0.1mg/m ³ (0.08ppm) 以下



換気に関する法規制 (2)

建築基準法 (居室)

建築基準法	全ての居室 (除外: 外気に常時開放された開口部等の換気有効な面積の合計が床面積に対して0.15%以上の場合など)	常時機械換気設備 必要有効換気量 $Vr \geq n \cdot A \cdot h$ [m ³ /時] n : 住宅等の居室にあつては 0.5 その他の居室にあつては 0.3 A : 居室の床面積 [m ²] h : 居室の天井高さ [m]
	①換気上の無窓居室。 (但し特殊建築物は除く) ②集会の用途に供される特殊建築物の居室。 (劇場・映画館・演芸場・観覧場・公会堂・集会場その他これらに類するもので政令で定めるもの)	●機械換気設備/中央管理式の空調和設備 有効換気量 $V \geq 20Af/N$ [m ³ /時] Af : 床面積 [m ²]、 N : 1人当りの占有面積 ●なおかつ、中央管理式の空調和設備 必要有効換気量 $Vr \geq 10 \cdot (E + 0.02 \cdot n \cdot A)$ [m ³ /時] E : 建築材料から発散するホルムアルデヒドの量 [mg/m ² ・時] n : 住宅等の居室にあつては 3 その他の居室にあつては 1 A : 居室の床面積 [m ²] 性能: おおむね下表を満足すること。

換気回数
住居は0.5回/時

一人あたり換気量
20 m³/時

浮遊粉塵量	空気1m ³ につき0.15mg以下
CO含有率	10ppm以下
CO ₂ 含有率	1,000ppm以下
温度	1) 17℃以上28℃以下 2) 居室における温度を外気温度より低くなる場合は、その差を著しくしないこと。
相対湿度	40%~70%
気流	0.5m/sec以下

換気に関する法規制 (3)



労働安全衛生法 (事務所)

労働安全衛生法	労働者が執務する事務所 (事務所衛生基準規則)	一般の換気は換気に有効な開口部面積を床面積の1/20以上とするが換気設備を設けCO濃度を50ppm、CO ₂ 濃度を5,000ppm以下とすること。 中央管理式空調和設備等を設ける場合は下表基準値に適合すること。
---------	-------------------------	--

浮遊粉塵量	空気(1気圧、25℃)1m ³ 中0.15mg以下
CO含有率	10ppm以下 (但し、外気が汚染されているためCO含有率10ppm以下の供給が困難なとき20ppm以下)
CO ₂ 含有率	1,000ppm以下
室内の空気の流れ	室内の流速は0.5m/s以下とし、室内に流入する空気が特定の労働者に直接、且つ継続して及ばないようにすること。
温湿度条件	室温17~28℃ 相対湿度40~70%



換気の種類

換気の方法	自然換気	換気口により換気 風力、温度差など自然現象により換気量が変動
	機械換気	換気ファン等により換気 機械力により強制的に排気、若しくは給気を行うため、より確実な換気量の確保が可能
	機械換気の種類	
第1種換気：給気と排気の両方とも換気ファンを用いるもの 第2種換気：給気は換気ファン、排気に換気口を用いるもの 第3種換気：排気は換気ファン、給気に換気口を用いるもの		

13

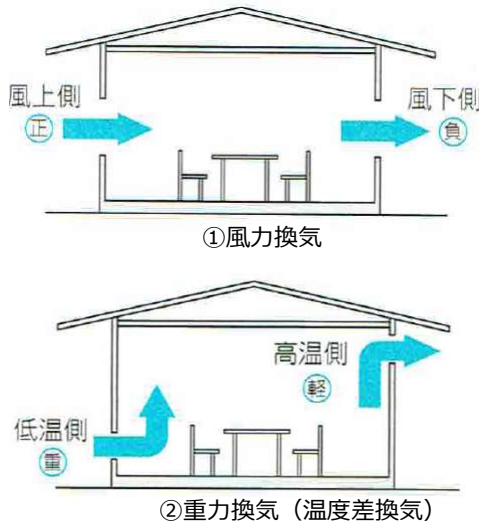
機械換気の種類（第1種～第3種）



第1種機械換気方式	第2種機械換気方式	第3種機械換気方式
<p>給気 } 共にファン 排気 }</p>	<p>給気-ファン 排気-排気口</p>	<p>給気-給気口 排気-ファン</p>
適用例	適用例	適用例
<ul style="list-style-type: none"> ● 適用用途や形態が広範である 	<ul style="list-style-type: none"> ● クリーンルーム ● 手術室 ● 易感染患者室 など 	<ul style="list-style-type: none"> ● 浴室、便所、台所 ● 空気感染病室 ● 有害ガスを排出する部屋

14

自然換気の種類



□ 風力換気

- 風上側で正圧，風下側で負圧になり，その圧力差で換気する
- 換気力は大きいですが，風向きや風速に依存する。

□ 重力換気（温度差換気）

- 空気に温度差がある場合，空気の重さによって換気が行われる。

□ 効率的な換気を行うには？

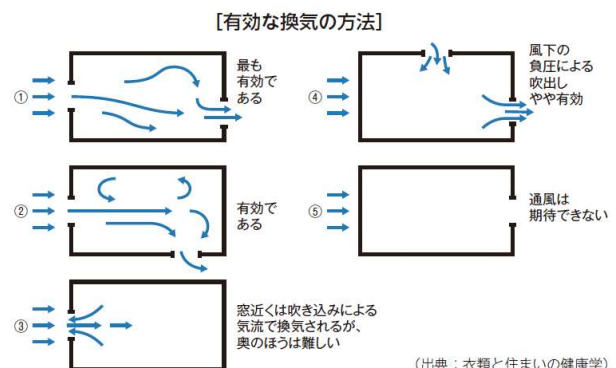
- 風力換気と重力換気を組み合わせて換気を考える。

15

有効な換気とは？ （自然換気の場合）



- 自然換気の場合，空気の流れをスムーズにするため，空気の入出口を2ヶ所以上作る。
- できれば対角線の窓を開けると効果的。
- 風が弱い時は長めに開ける必要がある。

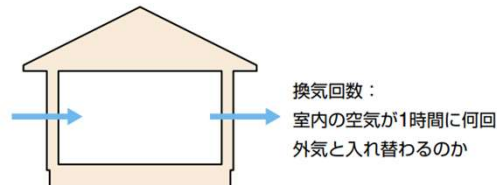


16

換気の性能評価



- 換気の性能は、「換気量」または「換気回数」で評価。
 - 換気量：1時間に何平方メートルの空気を取り入れるか（単位：m³/h）
 - 換気回数：1時間にその部屋の容積の何倍の空気を取り入れるか，何回空気が入れ替わるか（単位：回/h）
 - 必要換気量：空気中の汚染物質濃度を基準濃度以下に保つために必要な換気量。通常，呼吸で生じるCO₂濃度（1000ppm）とすることが多い。
 - 同じ換気量でも，その部屋の容積（気積）によって換気回数は異なることに注意。

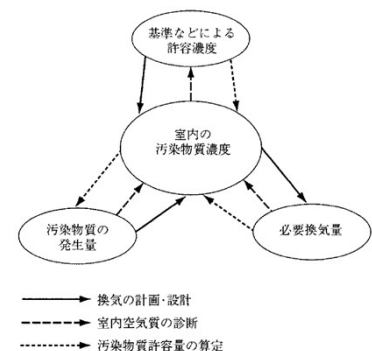


17

必要換気量とは？



- 換気の目的を満足するための必要な換気量のこと。
 - 新鮮外気として換気の役割を果たすために取り入れられる外気が必要
 - 汚染物質の濃度を基準とする濃度より低く保つための最小限必要な量
- 換気の計画や設計時に考慮されるものである
 - 室内の汚染物質の発生は，建物の用途に応じた通常状態を仮定したもの
 - 事務所の場合は，ヒトの呼吸によるCO₂を基準とすることが多い（基準値：1000ppm）



18

2. 換気と二酸化炭素 (CO₂)



19

CO₂濃度を用いた換気の管理



- 有害物を使用していない、「ヒト」がいる環境では、主たる汚染物質はヒトの呼吸によって発生する二酸化炭素 (CO₂) である。
- このような場合、CO₂濃度を換気の指標として用いるのが妥当。
- ビル管法・事務所則においても、CO₂濃度が指標として用いられている。
- 昨今、Covid-19対策でもCO₂濃度が「三密」の評価として用いられており、CO₂濃度が身近になっている。

20

二酸化炭素 (CO₂) 濃度の基準



			気温	相対湿度	CO	CO ₂
空調なし	室内環境の環境基準	第3条			50ppm以下	5000ppm以下
空気調和設備	供給空気	第5条			10ppm以下	1000ppm以下
	室内環境の環境基準		17°C以上 28°C以下	40%以上 70%以下		
機械換気設備	供給空気				10ppm以下	1000ppm以下
燃焼器具	換気	第6条			50ppm以下	5000ppm以下
学校環境衛生基準		第1条	10°C以上 30°C以下	30%以上 80%以下	10ppm以下	1500ppm以下

21

CO₂濃度による有害度と基準値



濃度 [vol%]	意義	摘要	備考
700ppm	0.07 多数継続在室する場合の許容濃度 (Pettenkofer の説)	CO ₂ そのものの有害限度ではなく、空気の物理的・化学的性状が、CO ₂ の増加に比例して悪化すると仮定したときの、汚染の指標としての許容濃度を意味する。	ビル管理法および建築基準法の値
1000ppm	0.10 一般の場合の許容濃度 (Pettenkofer の説)		
1500ppm	0.15 換気計算に使用される許容濃度 (Rietschel の説)		
2000~5000ppm	0.2~0.5 相当不良と認められる		
5000ppm~	0.5以上 最も不良と認められる		
40000~50000ppm	4~5	呼吸中枢を刺激して、呼吸の深さや回数を増す。呼吸時間が長ければ危険。O ₂ の欠乏を伴えば、障害は早く生じて決定的となる。	
80000ppm	~8~	10分間呼吸すれば、強度の呼吸困難・顔面紅潮・頭痛をおこす。O ₂ の欠乏を伴えば、障害はなお顕著となる。	
18以上	致命的		

出典：現代労働安全衛生ガイドブック
(労働科学研究所)

22

CO₂濃度基準の根拠と妥当性



- 古典的なCO₂の健康影響についての知見
 - 5000ppm以上で呼吸数がガス交換が必要なレベル以上に増加し、呼吸系統に付加的な重荷を負わせる。
 - 700～1000ppmを二酸化炭素の許容濃度とみなすとの提言（Pettenkoferら, 1881年）
- 1000ppmの吸入実験で呼吸、循環器系、大脳の電気活動に変化、室内濃度として1000ppmを超えるべきではないと提言
- これらがWHO「住居の衛生基準に対する生理学的基礎」（1968年）で引用。これを根拠に建築物衛生法の基準値（＝事務所則の基準値）が決定されたと考えられる。

23

低濃度CO₂での健康影響の指摘



- 800～1000ppmでSBS（シックビル症候群）が増加するとの報告が多数
- 500～4000ppmで心拍変動や抹消血液循環増加が報告（McNaughton 2016, Vehvilainen 2016）
- 1000ppmで優位に意思決定能力が低下（Satish 2012）
- CO₂濃度の基準値を下げるべきとの意見もあるが、実際の管理状況を考えると難しいと思われる。
 - 当面の間、1000ppmが基準値として維持されると考えられる。

24

CO₂濃度を指標とした換気の評価



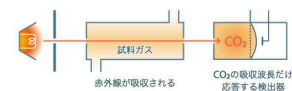
- CO₂は人間の呼気に含まれる
 - 換気が不十分な場合、室内のCO₂濃度が上昇する
 - ヒトが滞在する空間において、換気の指標としてCO₂を用いることが以前から行われてきた。
- 室内のCO₂濃度を1000ppmに維持することは、**一人あたりの換気量 30m³/時を確保することに相当。**
 - 事務所則（ビル管法）のCO₂の基準（1000ppm）を維持することで、Covid-19対策で求められる「良好な換気」を維持していることが可能となる。

25

CO₂の測定方法について



- 検知管による測定（作業環境測定基準にて規定）
 - 誤差10%程度
 - 200円/本くらい
 - 別途吸引用の器具が必要。
 - 二酸化炭素測定器
 - 1万円以上の機種はNDIR方式によるものが多い。
 - 数千円の安価な機種は精度に疑問がある。
 - 定期的な校正や較正が必要
 - 記録（ログ）が取れるものもある
- ※NDIR方式の測定器を選択することをお勧めします。



26

どのようなCO2測定器を選ぶべきでしょうか？



Amazon等では数千円でCO₂モニターが売られているが・・・



CO₂測定用のNDIRセンサーは部品単体でも数千円します。
(安い測定器には、精度の良いないセンサーが使われている可能性が高い)

二酸化炭素センサーモジュール産業用
高精度CO2検出送信機赤外線二酸化炭素モジュール
¥3,429
5%割引プロモーションが使用可能
配送料無料

CO₂・温度・湿度データロガー TR-76U
¥48,206
prime による無料配送 曜日, 1月22日, 8:00 - 12:00

Yadianna 室内空気質モニター・レンジでCO2ガス検知器~9999ppm A2772321
¥45,101
配送料無料
通常2~3日以内に発送します。

モニター 二酸化炭素濃度測定器 NDIRセンサー 養生が簡単交換可能 CO2濃度1000ppm超アラーム 校正可 室内エア換気チェッカー USB電
¥39,600
prime 無料即日配達 曜日中1/22中に
届く

27

実際に安いCO₂モニターを買ってみました！



CO2検出器二酸化炭素空気品質テストホルムアルデヒド検出器高感度中専検出器室内ホルムアルデヒドテスト

★★★★★ 5.0 - 1 レビュー - 5 注文

¥ 1,178 ~~¥ 2,356~~ -56%

¥ 3,256で ¥ 112オフ クーポンを獲得

Ships From: CHINA
CHINA 米國 スペイン オーストラリア フランス

数量: 1 + 追加 1% オフ (50 部分以上) 795 部分ご利用可能

無料配送
ePacketによってJapanへ
配達予定期間: 20-40日

今すぐ購入 カートに追加

7日バイヤープロテクション
返金の保証



- Aliexpress (中国通販) で送料込み1178円
 - 本当にこれで測れるのか???
 - 中身はどうなっているのか???

もう一台，安いCO2センサーを買って みました。



スポンサー

KKmoon 空気品質モニター 多
機能 CO2 ppmメーター小型
二酸化炭素検出器 空気汚染測
定器 ポータブル ホルムアル...

★★★★☆ ~ 50

¥1,329

13ポイント(1%)

prime による無料配達 明日, 1月

25日, 8:00 - 12:00

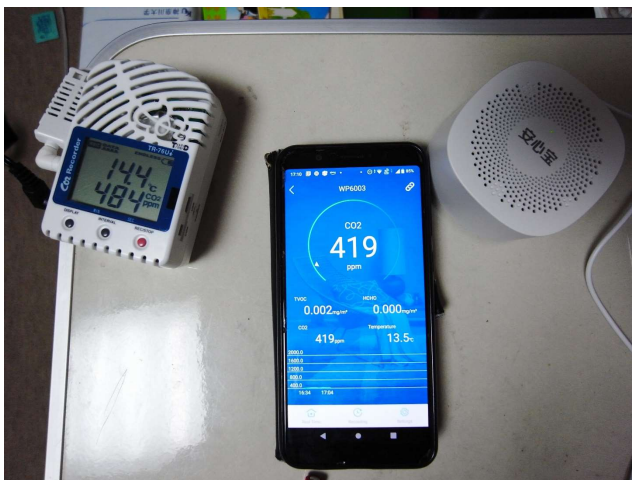
残り4点 ご注文はお早めに



- 一見，それなりに測定できているようにも見えますが・・・

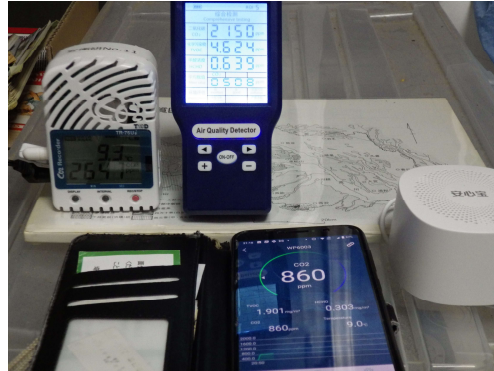
29

一応，スマホにそれらしい数値が出る ようですが・・・



30

CO2濃度が高い室内で測ってみると・・・



- NDIR方式の測定器は高い値になるが、安物の測定器はそれなりに高い値になるものもあれば、ほとんど反応しないものもある。

31

息を吹きかけてみると・・・？



- NDIR方式の測定器は高い値になるが、安物の測定器はほとんど反応しないか、反応してもあまり高くない。
 - 機種によってはそれなりに反応するものもある

32

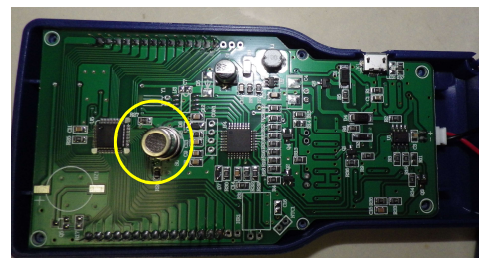
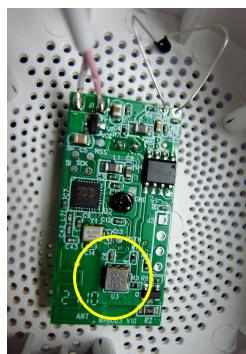
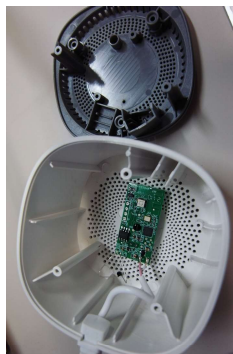
アルコールを近づけてみると・・・？



- NDIR方式の測定器は全く反応しないが、安物の測定器は非常に高い値になる。
 - VOCセンサーがアルコールに反応している。

33

分解してみると・・・



- 半導体型のVOCセンサー（左）または、ガスセンサー（右）が使われている模様。
- これで果たしてCO₂が測定できるのでしょうか？

34

安価なCO₂センサーとは・・・



- これは先日、中国Aliexpressから送料込み\$10.81で買ったもの。
- CO₂を測っているのではなく、ガスセンサーで測定した値から演算で求めている。
- 精度的には期待できない。

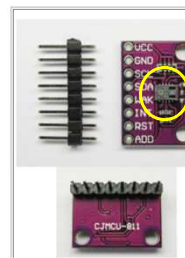
■ CCS811 CO₂・VOCセンサーを制御する ■

CCS811は、VOC（揮発性有機化合物）を検出するMOX（金属酸化物）ガス・センサーで、測定したVOCの値からセンサー内部のマイコンが等価のCO₂濃度（eCO₂）を計算して出力します。

CCS811 CO₂・VOCセンサーを使用して、室内の空気品質を監視するために、CO₂（二酸化炭素）とVOC（揮発性有機化合物）を検出する試みです。

室内の空気の汚れ、例えば、燃焼を使う暖房や調理器具、家具や壁・床の接着剤や塗料からの臭気、プリンタやコピー機などからのオゾン、人やペットからの微粒子やタバコの煙などの測定が考えられます

測定されるのはTVOC（総VOC）値なので、汚染物質の種類までは判別できないようですが、何らかの影響で室内の空気が汚れてきているのを検出できるセンサーです。



- ・主に屋内の空気品質の監視に使用可能。
- ・ホストの介入なしで、eCO₂濃度とTVOC値の表示を提供。
- ・標準のI²Cデジタル・インターフェイス。
(I²Cアドレスは、ADDRピンにより2つから選択可能)
- ・最適化された低消費電力モード。
(センサーのモード設定により、測定の間隔を選択して平均消費電力を削減)
- ・信頼性の高い設計。(5年以上の寿命)
- ・コンパクトな 2.7mm x 4.0mm x 1.1mm LGAパッケージ。

きちんとした測定器（NDIR型）と安価な測定器（半導体型）の見分け方



	NDIR型	半導体型
価格	高い（1万円以上）	安い（数千円）
息をふきかけたとき	反応する （数千ppm）	反応しないか、反応したとしても鈍い
アルコールを近づけたとき	反応しないか、反応しても軽微	反応する （数千ppm）
測定項目	CO ₂ と温湿度程度	VOCが測定可能 （VOCセンサーで代用しているため）
電力消費	電力消費量が多い 電池駆動は難しい	電力消費量が少ない USB駆動、USB充電方式も可

36



検知管も測定器もない場合には・・・

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)対策用 換気シミュレーター (新型コロナウイルス対策の一つである、換気の良否を簡単に見積もることができるツール)

部屋にいる人数、部屋のサイズ、室内での活動状況、換気装置の条件などを入力することにより、室内の二酸化炭素 (CO₂) の濃度を推定し、これにもとづいて換気の良し悪しを見積ります。事務所、会議用の部屋、集会などの場所、家庭内など、部屋のさまざまな状況で利用できます。

部屋の状況を入力

部屋にいる人数、部屋のサイズ、活動状況 (何をしているか)
換気装置の有無、換気装置の換気量 (わかる場合) など

見積り結果 (例)

では実際に使ってみましょう (下の「スタート」を押すとエクセルファイルがダウンロードできます)

スタート

本シミュレーターの作成者
公益社団法人日本産業衛生学会
産業衛生技術部会 新型コロナウイルス(COVID-19)対応検討チーム

チームリーダー
橋本 晴男 東京工業大学 キャンパスマネジメント本部 (産業衛生技術部会会長)

メンバー(五十音順)

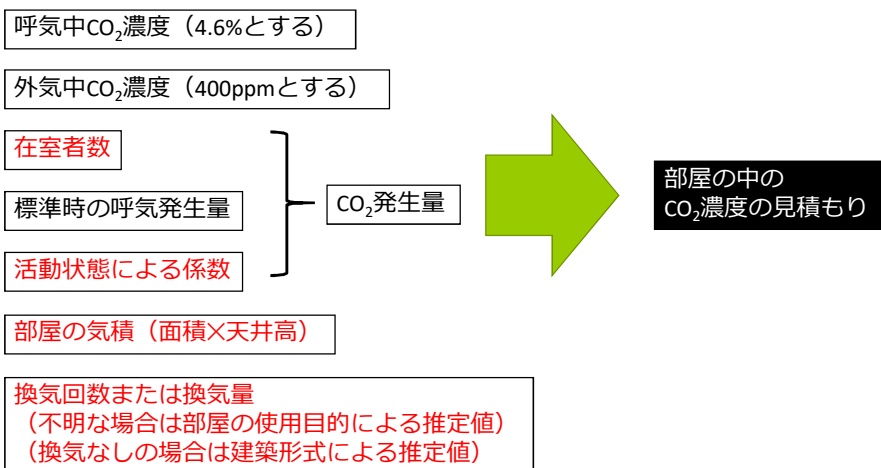
飯田 裕貴子	株式会社環境管理センター
貴志 孝洋	みずほ情報総研株式会社
齊藤 宏之	(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
中原 浩彦	JXTG エネルギー株式会社
中村 修	筑波大学
山内 武紀	昭和大学
山田 憲一	中央労働災害防止協会
山野 優子	昭和大学 (産業衛生技術部会副会長)

協力者
武藤 剛 北里大学 医学部

日本産業衛生学会 産業衛生技術部会
http://jsoh-ohe.umin.jp/covid_simulator/covid_simulator.html



換気シミュレーターの仕組み





シミュレーターの理論 (CO₂濃度)

換気モデルと計算式(基本の式)

在室者から一定速度で発生するCO₂が、一定量の換気空気と完全混合されるモデルを仮定すると、室内のCO₂濃度の時間変化は、次式および次図となる(初期濃度をC₀とする)。なお、室内に在室者以外のCO₂発生源(ガス器具等)がある場合は、このモデルは適用できない。

$$C - C_0 = \frac{G}{Q} \left(1 - e^{-\frac{Q}{V}t} \right) * 10^6$$

定常状態(t = ∞)では、室内CO₂濃度(C)は次式となる。

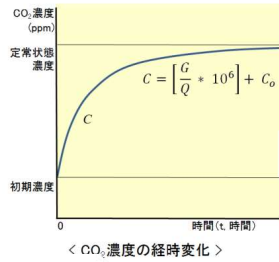
$$C = \left[\frac{G}{Q} * 10^6 \right] + C_0 \quad \dots(1)$$

CO₂発生量(G)は、次式となる。

$$G = C_e * n * R * k * 10^{-6} \\ = n * k * 0.01794 \quad \dots(2)$$

室内CO₂濃度(C)は、(1)(2)より次式となる。

$$C = \left[\frac{n * k * 0.01794}{Q} * 10^6 \right] + 400 \quad \dots(3)$$



- C: 室内CO₂濃度(ppm)(注:ppmは百万分の一)
- C_e: 呼気中CO₂濃度(ppm)(46,000ppm(4.6vol%)とする)
- C₀: 換気空気(外気)中のCO₂濃度(ppm)(400ppmとする)
- G: CO₂発生量(在室者合計)(m³/h)
- k: 呼吸量の大きさを表す係数(k)。在室者の活動状態により呼吸量は変わるため、活動状態を次表のように区分し、その時の呼吸量を標準時の「k」倍で表す。(表1はシミュレーター中に内蔵されている。)
- m: 換気回数(回/h)
- n: 在室者数(人)
- n_p: 設計時の部屋の定員数(人)
- Q: 換気量(m³/h)
- Q_f: 設計時の床面積当たり換気量(m³/m²・h)
- Q₀: 設計時の一人当たり換気量(m³/h・人)
- R: 一人当たり呼吸発生量(安静時)(m³/h)(0.39m³/h(6.5L/min)とする。(着座事務作業を想定)
- S: 部屋の床面積(m²)
- t: 経過時間(h)
- V: 部屋の容積(m³)

表1. 呼吸量の大きさを表す係数(k)

活動状態の区分	k	活動の例(室内での活動)
標準時	1	一般的な事務作業(着席)
ごく軽度の動き	2	頻繁な電話応対、発言の多い会議、ゆるいストレッチ、ランニングマシン(遅い歩行、3~4 km/h)
軽度の動き	3	軽作業、ラジオ体操、ストレッチ、ランニングマシン(速めの歩行、6 km/h)
運動など(軽い~激しい)	5	筋トレ、ランニングマシン(ジョギング、9 km/h)、スポーツ一般、筋肉労働

39

換気の良否の見積り



表5. 換気の良否見積り区分

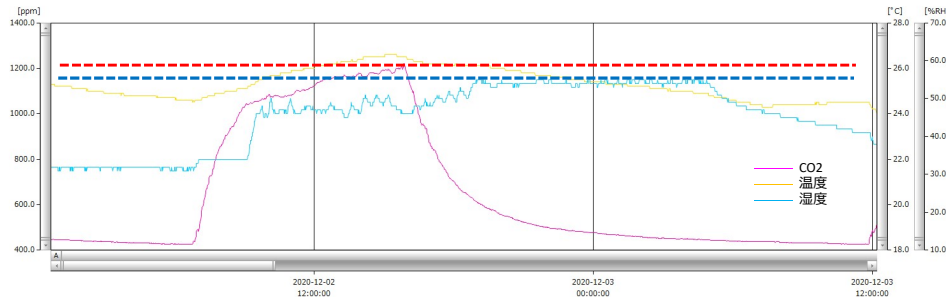
換気の良否見積り区分	対応するCO ₂ 濃度(ppm)(*)	説明, 推奨される対策
良い	1,000 以下	良好でありこの状態を保つ
やや良い	1,000 ~ 1,500 以下	受け入れられる限度。時々一部の窓を開けることもよい(1時間に数分間程度)
悪い	1,500 ~ 2,500 以下	30分に数分間程度窓を開ける(全開) またその部屋の使用は控える
非常に悪い	2,500 ~ 3,500 以下	常時窓を開ける(全開) またその部屋の使用は控える
極めて悪い	3,500 超	その部屋の使用は控える

* 各数値の説明

- 1,000 ppm: ビル管理法および労働安全衛生法事務所衛生基準規則による基準値
- 1,500 ppm: 学校保健法による推奨値
- 2,500 ppm: 以下の観点から総合的に判断したもの。① 1,500及び3,500ppmの中間値、② 2500ppmを超える濃度で在室者の意思決定機能に明らかに悪影響が見られたとの文献、③ 次の条件で推定CO₂濃度が2,800ppmになること、「一人当たり30m³/hの換気量、定員の2倍の在室者数、かつ発言の多い会議時(k=2)。
- 3,500 ppm: 空気調和・衛生工学会規格(SHASE-S102-2011 換気規準)による設計基準濃度、およびカナダの室内空気の基準値

40

推定値と実測値が比較的よく合致した事例

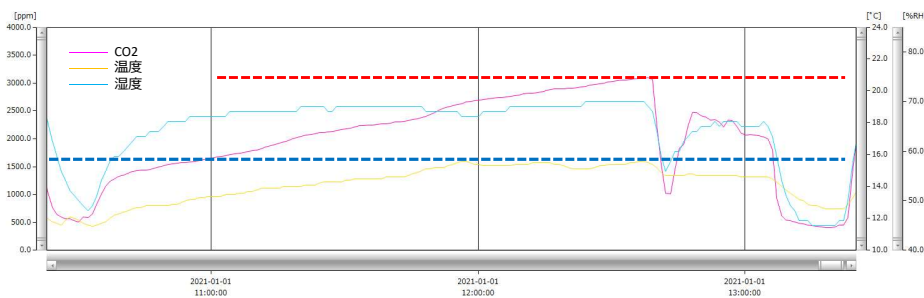


□ 築45年の研究所の居室

- 機械換気なし，自然換気のみ
- 見積り結果：1170 ppm，実測値：1220 ppm（入室8時間後）
- シミュレーターでは「コンクリート製建造物」で推定換気回数0.5回/時であるが，実際の換気回数がほぼ一致していたと思われる。

41

推測値よりも実測値のほうが高かった事例

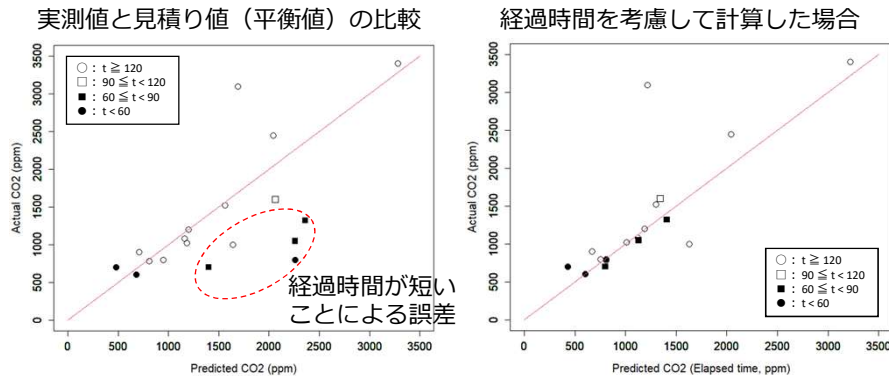


□ 築40年のマンション一室での例

- 2003年の建築基準法による常時換気義務化以前の建造物（機械換気なし，自然換気のみ）
- 見積り値：1690 ppm，実測値：3100 ppm（2時間後）
- シミュレーターでは「コンクリート製建造物」で推定換気回数0.5回/時であるが，実際の換気回数はもっと少なかった可能性が高い。

42

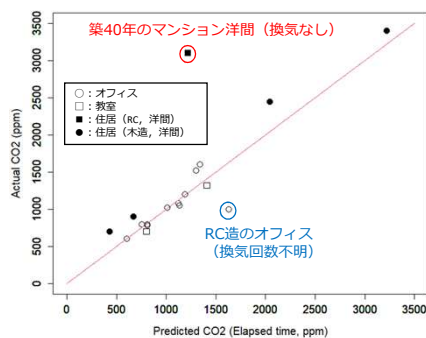
換気シミュレーターの見積り値と実測値の比較



- 換気後（入室後）の時間が短い場合に実測値との一致度が低い例が見受けられた。
 - 平衡に達したと仮定したシミュレーターであるため、平衡に達していない実測値よりは高めに出る傾向がある。
 - 換気の必要性を見積るといふシミュレーターの性格上、さほど問題にはならないと考える。

43

換気シミュレーターの推測値と実測値の比較



経過時間を考慮して計算した推測値

- 換気回数が不明、あるいは換気なし（自然換気）の場合においても、大半のケースにおいて比較的高い一致度が見られた
 - 一部、推測値よりも実測値が高いケース（赤丸）や、実測値がやや低いケース（青丸）が見られた。
 - 換気回数が不明（換気なし）における換気量の推定値と実際の換気量に乖離があったためと思われる。
 - 特に、住宅に常時換気が義務付けられた建築基準法改正（2003年）以前の建物では換気量が想定よりも少ない可能性があり、実際の濃度よりも換気量が低くなる問題が生じる。

44

換気シミュレーター使用の注意点



- あくまで簡易的なシミュレーターである
 - 換気回数が不明な場合、機械換気システムが無い場合はあらかじめ用意した推定値が用いられているが、環境によっては誤差が大きくなる可能性がある
 - 人以外のCO₂発生源がある場合には使えない（ガスファンヒーター、ガス調理器等）
 - 室内のCO₂濃度が平衡に達した時の濃度を予測しているため、入室後（換気後）の時間が短い場合は、実測値との間に差が出ることがある。
- 換気状況を正確に判断するためにはCO₂測定を行うことが基本。
 - 但し、怪しげな測定器を使うよりは、シミュレーターのほうが信用できる可能性もある。

45

実際にシミュレーターを使用した感想・ご意見をお寄せ下さい。



換気シミュレーター ver.1.0.

入力項目

○ステップ1【基本情報】 必ず最初に下記を入力してください。

珠の縦の長さ	入力	6	cm
珠の横の長さ	入力	7	cm
天井の高さ	入力	2.6	m (一般に2.5~3m、平場の場合は2.6mを入力)
部屋にいる人の数	入力	2	A
人の活動状態	選択	標準時	高活動 (一般的な業務作業 (標準))

○ステップ2【換気装置の有無】 次に下記に回答してください。

換気装置はありますか？ 選択 いいえ (あつせん、または換気停止中) はい (換気装置あり)

○ステップ3【建物のタイプの選択】 最後に下記に回答してください。

建物のタイプ 選択 コンクリート建物

見解の結果

CO₂濃度 1,060 ppm

評価結果 やや良い

受け入れられる限度、時々一部の窓を開けることもよい (1時間に数分程度)

※以上に加えて、「人が密着すること」(密着した状態での会話)も避けてください。
 ※夏は空調 (エアコン) と手洗いも必要になります。

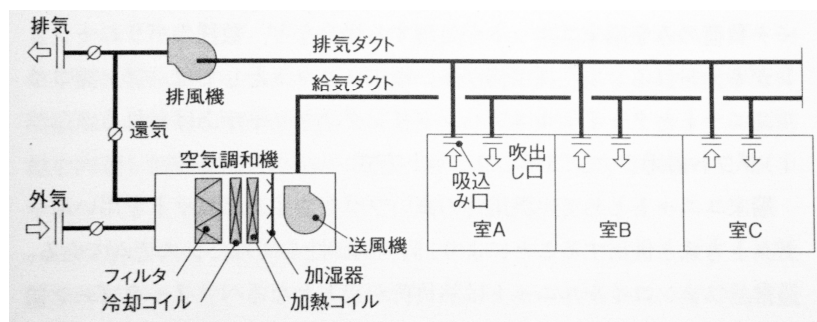
- 皆さんの身近な環境で試してみてください。
- 使ってみた感想、ご意見、活用した結果などをお寄せ頂けると大変ありがたいです。
(私宛のメールで結構です)

46

3. オフィス・住宅における 「換気」

オフィスにおける空調と換気の例 (単一ダクト方式の場合)

- 大規模なオフィスで採用されている集中制御方式の空調では、外気導入による換気が導入されていることが多い。
 - オフィスによってはCO₂濃度での制御が行われている場合もある。



集中制御の空調・換気システムの例 (定風量単一ダクト形式)
⇒空調と換気が同時に行われる。

オフィスにおける空調・換気の注意点

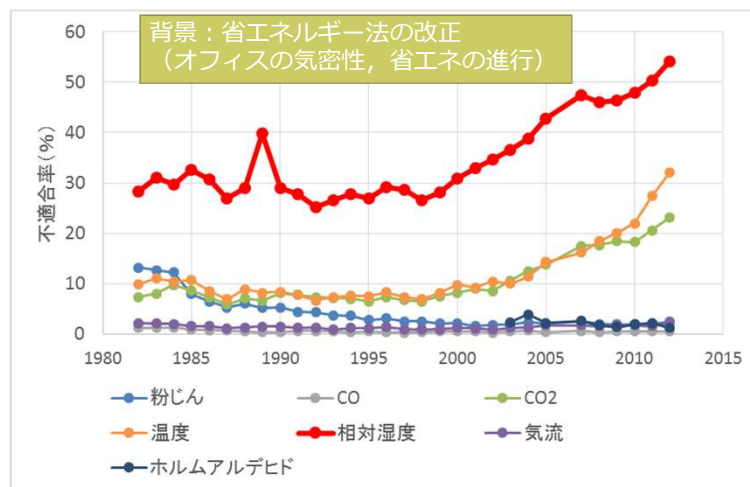


- 集中制御でない空調（例：個別のパッケージエアコン）や、ファンコイル方式の場合、換気が行われていない場合がある。
 - どのような空調方式・換気方式なのかを確認し、適切な対応を取る必要がある。
 - 換気機能がない場合は、別途換気をする必要がある。



49

オフィスにおけるCO₂濃度の実態 (不適合率の推移)



厚生省生活衛生局企画課～厚生労働省健康局生活衛生課調べ。

50

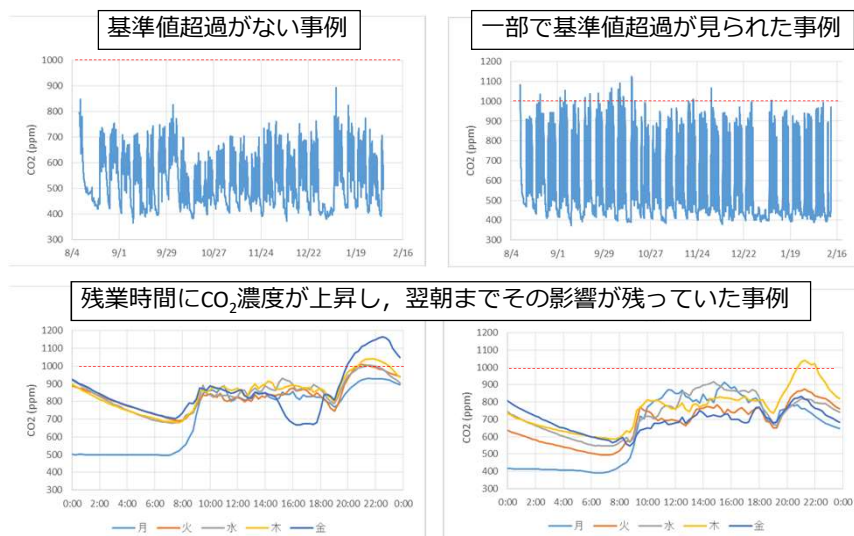
CO₂の不適合率が上昇している原因



- 建築物衛生法における特定建築物のCO₂不適合率が増加傾向。
- 原因として、下記が指摘されている。
 - 外気のCO₂濃度上昇
 - 空調の省エネ運転増加（外気取り入れ量の減少）
 - 個別空調方式の増加
- 平成11年の「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（通称：省エネ法）の改正施行も影響していると思われる。
 - オフィスビルにも省エネ法が適用。
 - 空調の省エネ運転により、外気取り入れ量が減少した可能性。

51

オフィスにおけるCO₂濃度の実態 （集中制御空調ありの場合）



52

オフィスにおける換気の注意点



- どのような空調・換気システムが使われているかを確認する
 - 集中管理システムの場合、換気量が適切かどうか、CO2濃度による管理状況はどうなっているのかを確認する。
 - 個別空調の場合、換気が適切に行われているかどうかを確認する。
 - 必要に応じて、CO2測定による換気状況の確認が必要
- CO2濃度による換気状況の確認
 - 省エネ設定により、換気量が抑えられている可能性について注意する。
 - 空調（換気）が切れている時間帯において、従業員が滞在している場合、換気が不十分になることがあることに注意する。

53

住居の換気の問題



【従来】

- 従来型の木造家屋・・・隙間が多く、自然換気での換気量は多い。
- 欧米の家屋・・・気密性が高く、換気量は少ない。シックビルディング症候群が問題に。

【現在】

- 我が国でも省エネルギー対策も相まって、気密性の高い建物が多くなり、自然換気では換気量が保てなくなっている。
- シックビルディング対策のため、2003年の建築基準法にて、住宅での24時間換気が義務付け。



昔ながらの日本家屋は気密性が低く、すきま風によって2~3回/時の自然換気が確保されていました。

54

住宅における換気 (24時間換気の義務化)



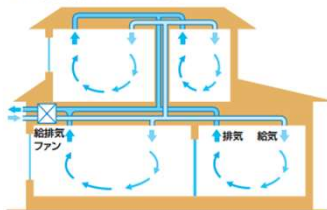
- 2003年の建築基準法改正に伴い、住宅においても常時換気装置の設置が義務化
 - 主として、建材由来のVOCによるSBS（シックビル症候群）防止の目的
 - 換気回数 0.5回/h（居室）の機械換気設備の設置が義務化

原則として機械換気設備の設置が義務付けられます。

ホルムアルデヒドを発生する建材を使用しない場合でも、家具からの発散があるため、原則として全ての建築物に機械換気設備の設置が義務付けられます。
例えば住宅の場合、換気回数0.5回/h以上の機械換気設備（いわゆる24時間換気システムなど）の設置が必要となります。

居室の種類	換気回数
住宅等の居室	0.5回/h以上
上記以外の居室	0.3回/h以上

24時間換気システムの一例



出典：国交省パンフレット

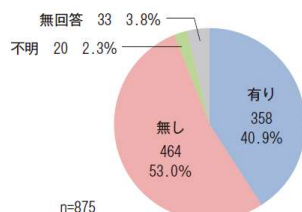
55

住宅における換気 (24時間換気の義務化)



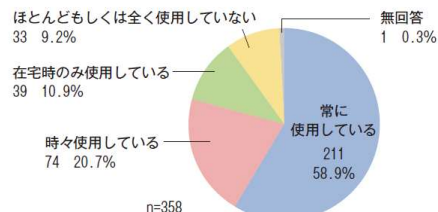
- 2003年の改正前の建造物については設置義務なし
- 設置されていても稼働していないケースがある（電気代、音がうるさい等）
- 主としてSBS防止のための基準であり、CO₂濃度軽減（およびCovid-19対策）には不十分な場合も。

[24時間換気システムの有無]



(東京都福祉保健局 平成28年度アンケート調査)

[24時間換気システムの使用頻度]



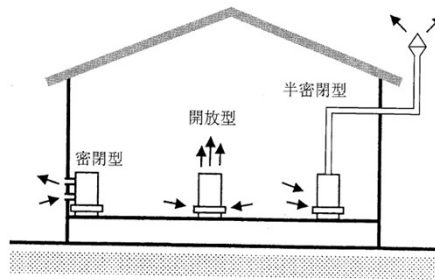
(東京都福祉保健局 平成28年度アンケート調査)

56

燃焼器具によるCO₂発生量と必要換気量



- 石油ストーブ，ガスファンヒーターなどの開放型燃焼器具は，人の呼吸の10～20倍のCO₂を発生する。
- ⇒ 室内でこれらを使用する場合は，必要換気量は大きくなる。
(酸素濃度が低下すると一酸化炭素も発生するので要注意！)

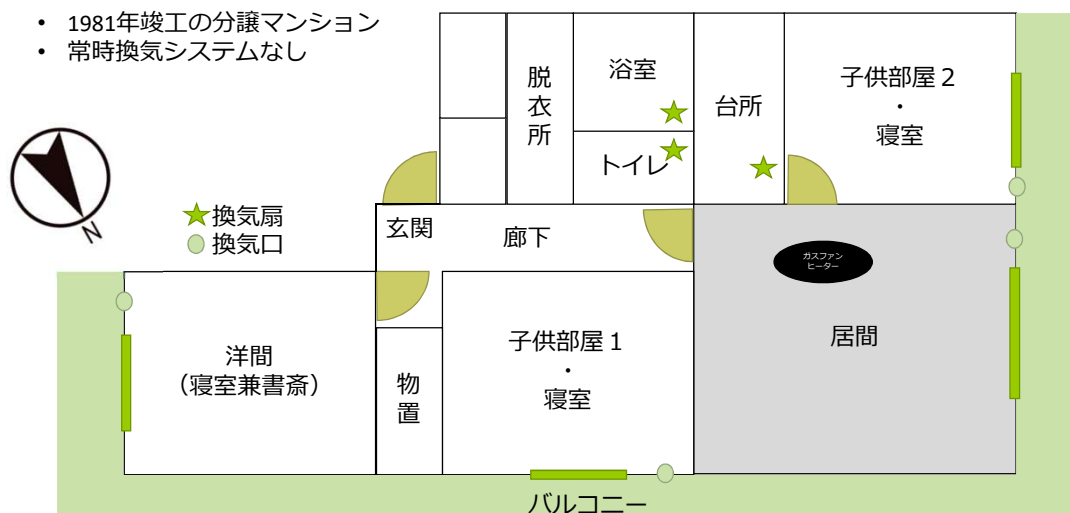


57

住居における換気状況の実例



- 1981年竣工の分譲マンション
- 常時換気システムなし

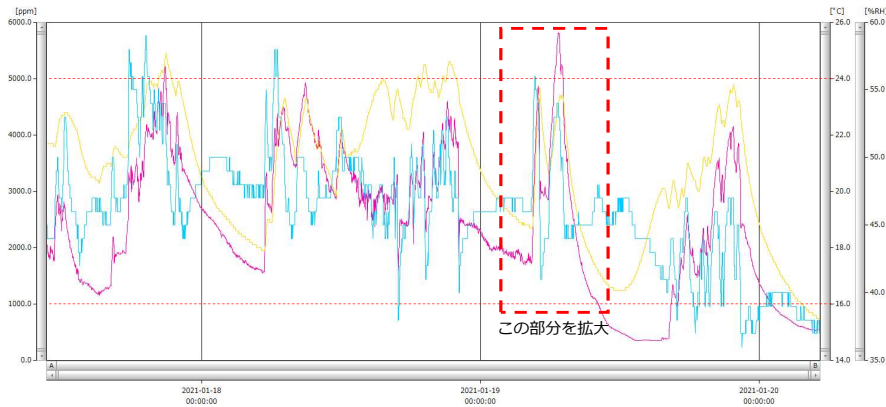


58

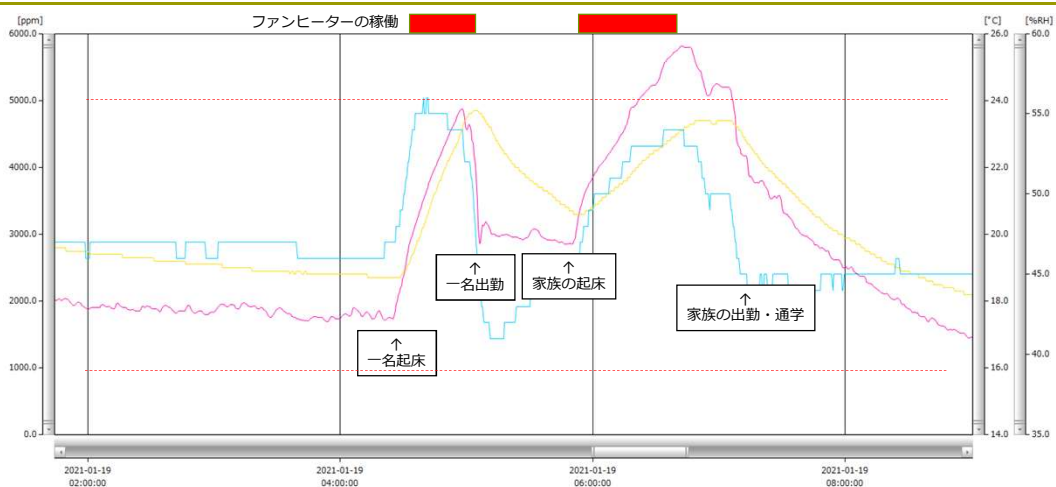
住居における一例（居間）



- 某分譲マンションの一室（居間）で測定した事例
 - 1981年築のマンション，建築基準法改正前のため，常時換気システムなし。
 - ガスファンヒーターあり，在室人数：1～4人
 - 換気量が明らかに不足している（ガスファンヒーターを用いた場合は特に）。



住居における一例（居間）





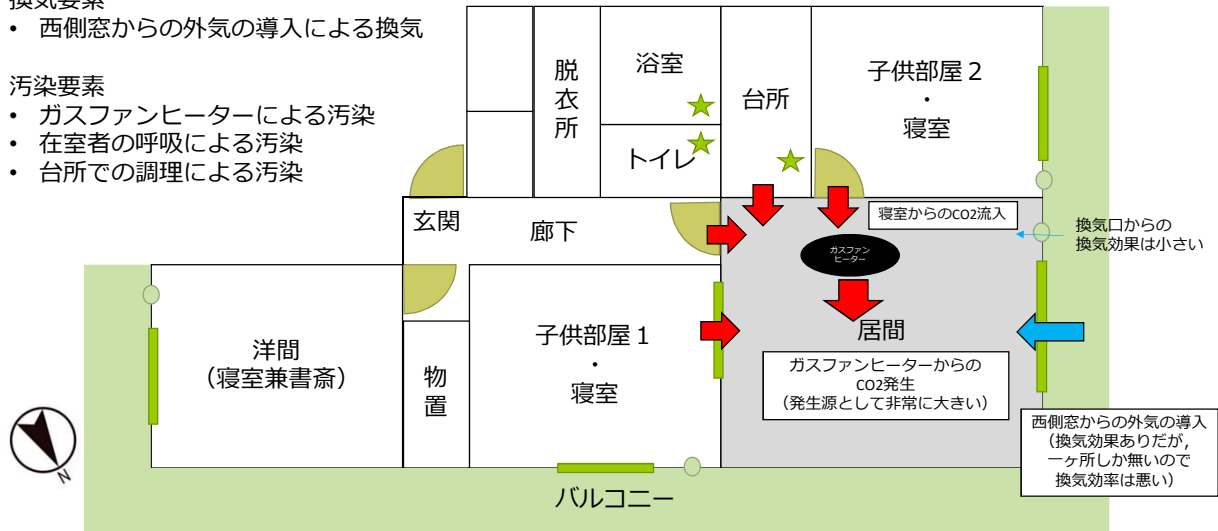
この部屋における空気の流れ

換気要素

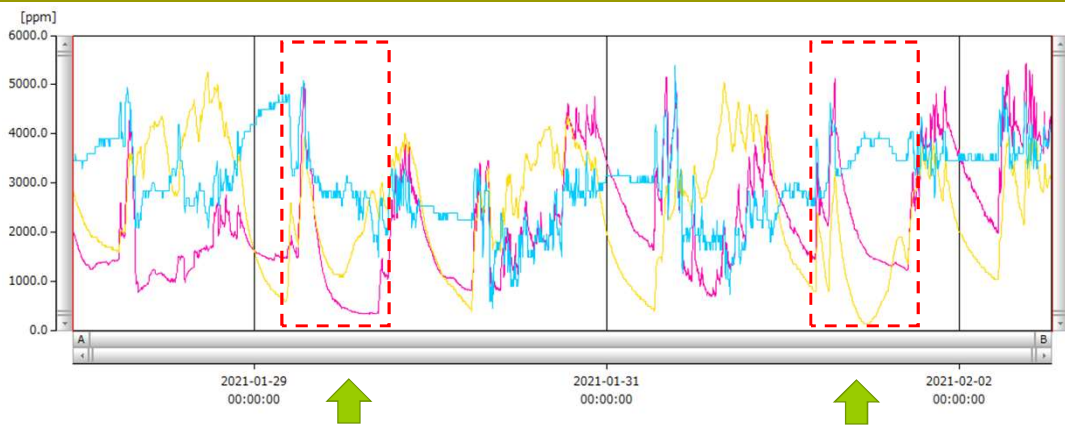
- 西側窓からの外気の導入による換気

汚染要素

- ガスファンヒーターによる汚染
- 在室者の呼吸による汚染
- 台所での調理による汚染



自然換気における、風向き・風速の影響の例



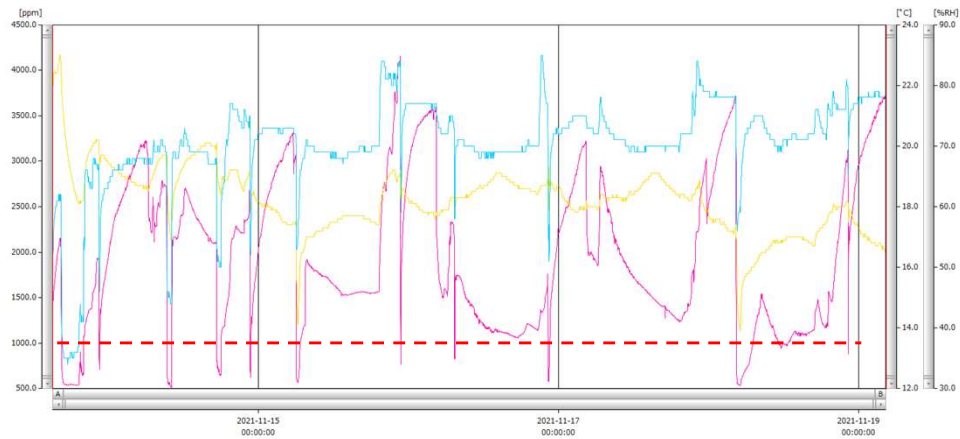
北西からの風が強かった日
 8:00...3000ppm ⇒ 9:00...1500 ppm
 (半分の濃度になるのに約1時間)

北西からの風があまり強くなかった日
 8:00...3200ppm ⇒ 11:20...1600ppm
 (半分の濃度になるのに約3時間20分)

住居における一例（寝室兼書斎）

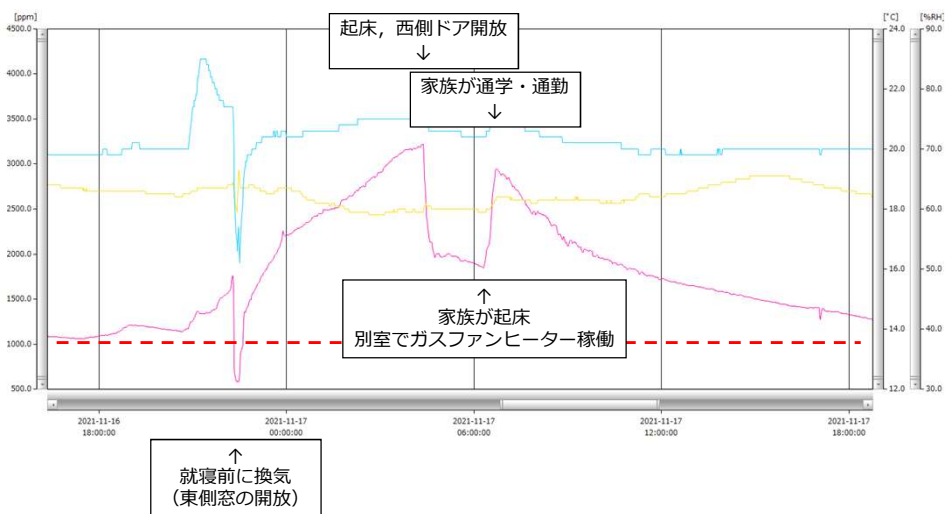


- 某分譲マンションの一室（寝室兼書斎）で測定した事例
 - 1981年築のマンション，建築基準法改正前のため，常時換気システムなし。
 - 東向きで，窓は東側1箇所，廊下へのドアが西側にある。



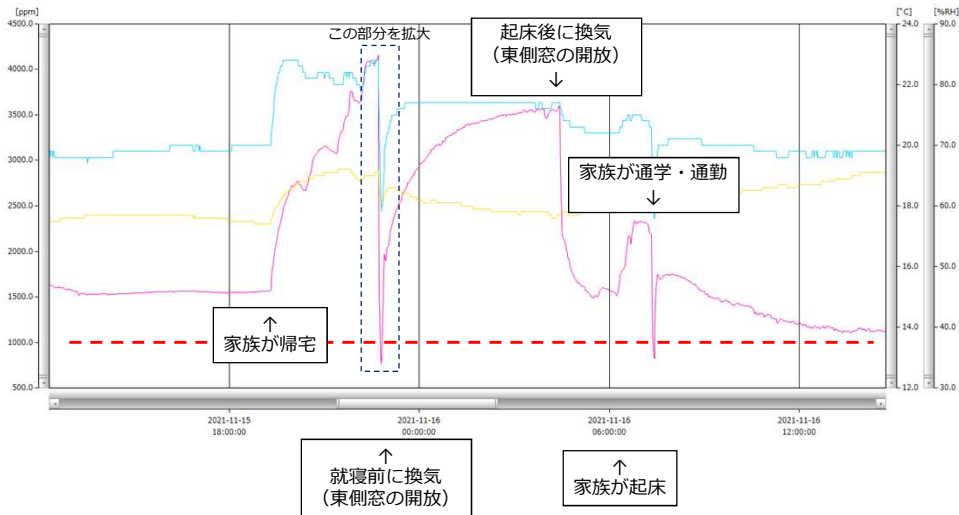
63

住居における一例（寝室兼書斎）

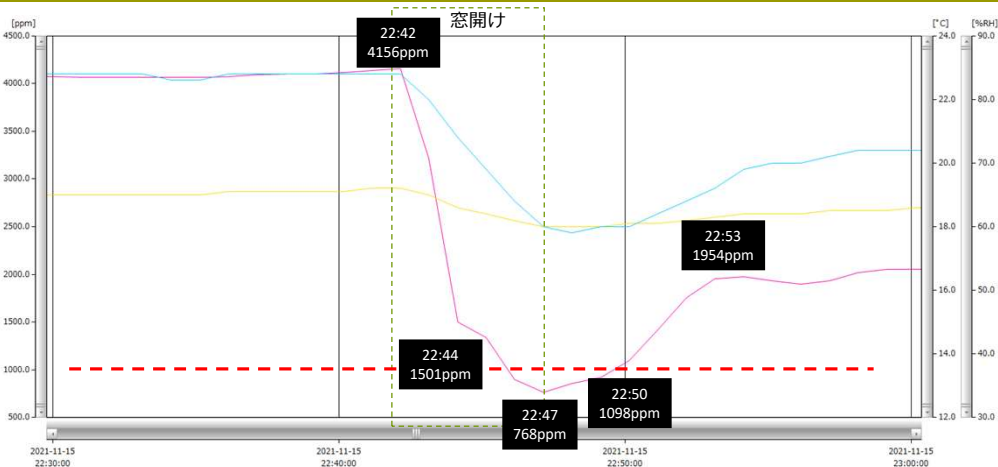


64

住居における一例（寝室兼書斎）



住居における一例 (窓開けによる換気効果と再汚染)



この部屋における空気の流れ



換気要素

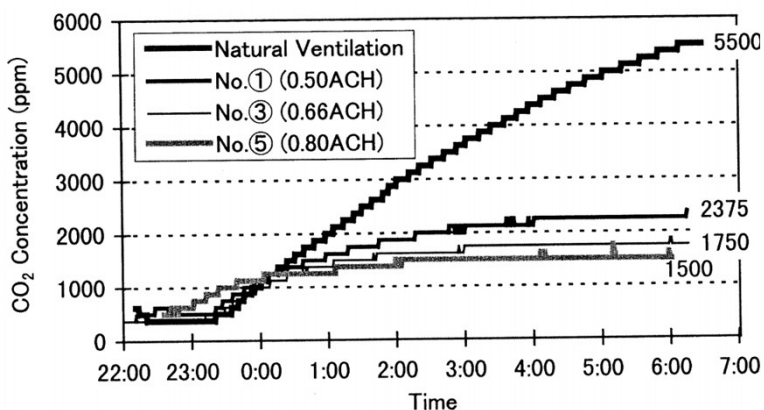
- 東側窓からの外気の導入による換気

汚染要素

- 在室者の呼吸による汚染
- 廊下側ドアからの汚染空気の流入



24時間換気システムの効果



2名が就寝している和室にて、

- ・自然換気 (換気回数 0.10)
- ・機械換気① (換気回数 0.50)
- ・機械換気③ (換気回数 0.66)
- ・機械換気⑤ (換気回数 0.80)

で比較。

- ・自然換気に比べて、機械換気は明らかに効果はある。
- ・但し、寝室での効果は限定的で、換気回数0.5回では足りない。

木村洋ほか：集合住宅の24時間換気システムによる室内空気質改善効果。人間と生活環境 8, p.18-26, 2001.⁶⁸

住居における換気の問題 (在宅勤務を念頭に置いて)



- 集中機械制御されているオフィスと異なり，住居の換気は不十分になりがち
 - 最近の住宅は常時機械換気が義務化されているが，換気回数は不十分で，使用されていないことも多い
 - 2003年以前の古い住宅では，常時機械換気が義務化されておらず，自然換気に頼っている。
 - 自然換気での換気効率には風向き・風速にも左右される。
 - 窓が少ない物件も多く，有効な換気を行うことは困難な場合もある。
 - 他の部屋の汚染状況によっては，窓開け・ドア開けが逆効果に鳴るケースも。
- 在宅勤務でのリモートワークが一般化しつつある状況において，自宅での換気にも留意する必要がある。
 - 事務所と異なり，規制の対象外であるが，良好な環境をどのように維持管理していくか？

69

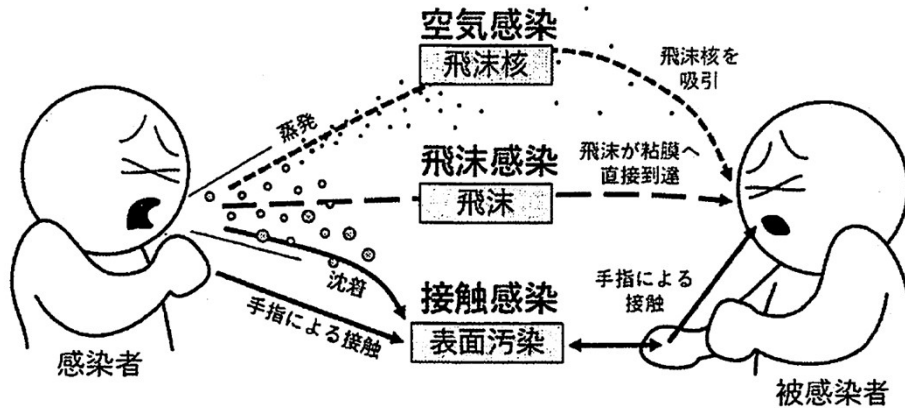
4. 新型コロナウイルス感染症 と換気



70



Covid-19の感染経路



Covid-19で考えられている感染経路
(出典：田辺新一ほか，建築防災 2020.10，24-31)



いわゆる「三密」を避ける必要性

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「密」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間近で会話や発声をする **密接場面**

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 厚労省 コロナ 総務

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

出典：首相官邸Webページ

新型コロナウイルスの感染拡大防止にご協力をお願いします

「密閉」「密集」「密接」しない!

- 「ゼロ密」を目指しましょう。屋外でも、密集・密接には、要注意!

<p>他の人と十分な距離を取る!</p> <p>2メートル</p>	<p>窓やドアを開けこまめに換気を!</p>
<p>屋外でも密着するような運動は避けましょう! 少人数の散歩やジョギングなどは大丈夫</p>	<p>飲食店でも距離を取りましょう! ・多人数での会食は避ける ・顔とつばはばに届く ・互い遠くに座る</p>
<p>会話をするときにはマスクをつけましょう! 5分間の会話は1回の咳と同じ</p>	<p>電車やエレベーターでは会話を慎みましょう!</p>

首相官邸 厚生労働省 厚労省 コロナ 総務 厚生労働省フリーダイヤル 0120-565653

Covid-19感染防止と換気



- Covid-19は飛沫・飛沫核感染を感染ルートの一つとしている
 - いわゆる「三密」を避けることが求められている。
 - 三密のうち、「換気の悪い密閉空間」改善することが対策の一つとされている。
- 換気回数として、下記を提唱（厚生労働省）
 - 一人あたり必要換気量として、 $30 \text{ m}^3/\text{時}$
 - これはビル管法（事務所則）の基準と同じ
 - 典型的なオフィスビルを想定すると、毎時2回の換気回数に相当。
 - CO_2 濃度1000ppmの基準を満たしていれば、「換気の悪い密閉空間」には当たらない

73

Covid-19対策における換気の根拠



- Covid-19対策における換気回数については、明確なエビデンスは存在しない。
- 結核等の「空気感染する感染症」において、換気回数と感染症の発生に一定の関連性があるとの報告がある。
 - 換気回数が2回/時以上と未満の間に差があるとの報告あり
 - 急性呼吸器感染症（ARI）隔離施設の基準として、CDC・WHOは12回/時（既存建物は6回/時）を規定
 - 一般の空間としては、2回/時の換気が適当。
 - 一人あたり必要換気量として、 $30 \text{ m}^3/\text{時}$ に相当
 - 建築基準法の空気環境基準に適合していれば確保可能。

74

(参考) 空気感染する結核での例



- ❑ 医療関係者のツベルクリン反応陽転率が、時間あたりの換気回数が2より大きな病棟に比較して、2以下の病棟勤務の医療関係者では優位に高かった。
- ❑ 中学校で発生した集団感染事例について、換気回数が1.6~1.8回の教室での感染率が90%と高かった。
- ❑ 換気回数0.45~1回/時の学校で162人中7名が陽性だったのに対し、3.57~7回/時の学校では108名中陽性者は認められなかった。

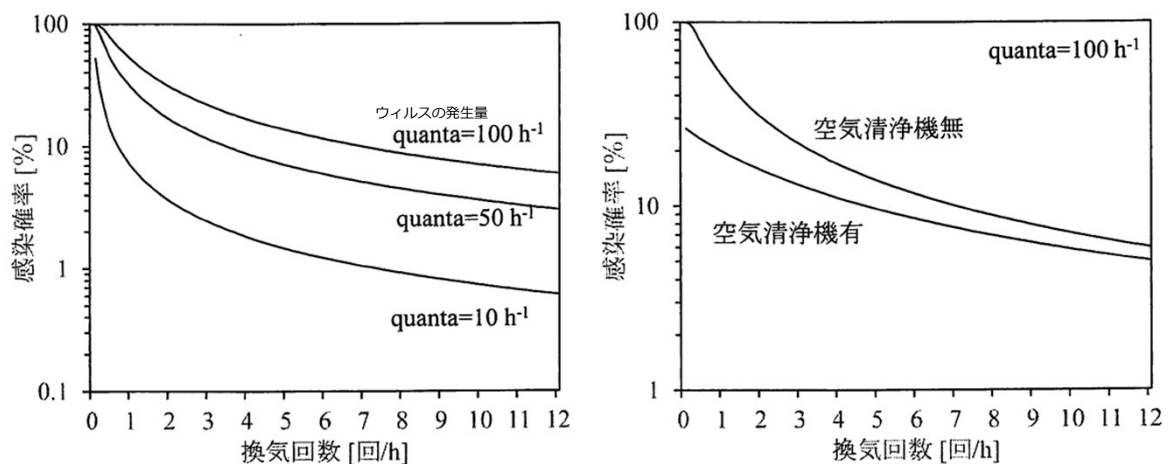


空気感染リスクのある感染症（結核）においては、換気の良否が集団感染リスクと関連がある。

古屋博行：「室内CO₂濃度測定による結核感染リスクの推定に関する総説」,
結核 93 (8) 479-483, 2018

75

感染確率と換気量の関係 (シミュレーション結果)



柳宇：空調・換気・UVGIによる感染性エアロゾルの対策，空気清浄58(3) 139-146.

76

COVID-19対策における換気



- 新型コロナウイルス（COVID-19）対策として、いわゆる「三密」を避けるために換気を良好に保つことは重要。
 - おおむね、1000ppm以下に保つことが必要。
 - 換気だけを行えばよいわけではないことに注意
 - 換気の良否を判断するために、CO₂濃度の測定は有用
 - ただし、安価な測定器には注意！
 - 測定出来ない場合は、シミュレーターの利用も有用。

77

5. オフィス・住宅における 温湿度の問題

特に冬期の低湿度に着目して



78

湿度について



出典：加湿.net

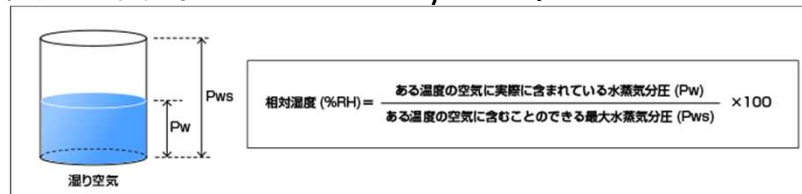
どの程度の水分を含んでいるか？
(これを示すのが「湿度」)

79

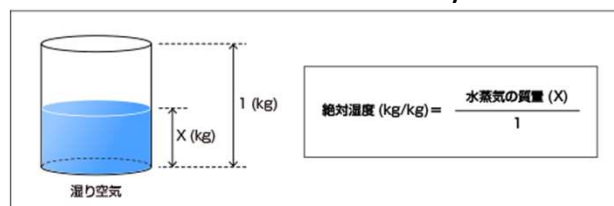
相対湿度と絶対湿度



相対湿度 (relative humidity = RH)



絶対湿度 (absolute humidity = AH)

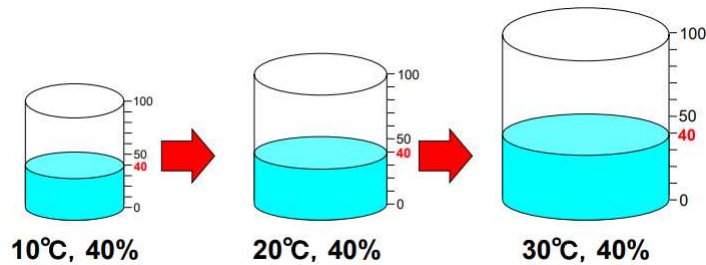


出典：ウエットマスター (株)

80



同じ相対湿度でも温度が違うと？

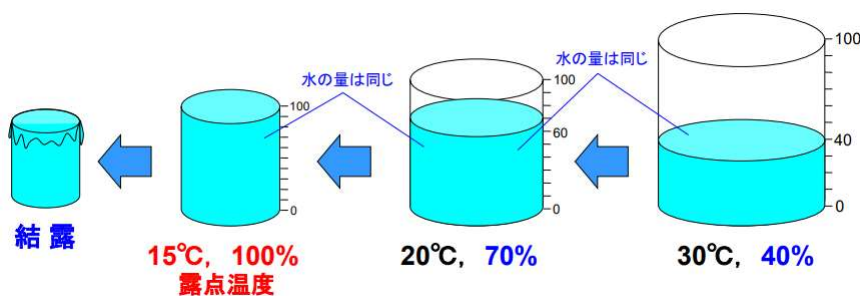


- 温度が高くなると、飽和水蒸気量が大きくなる（含むことが出来る水蒸気量が増える）。
 - 同じ相対湿度でも、含まれている水蒸気の量は増える（絶対湿度が高くなる）。

81



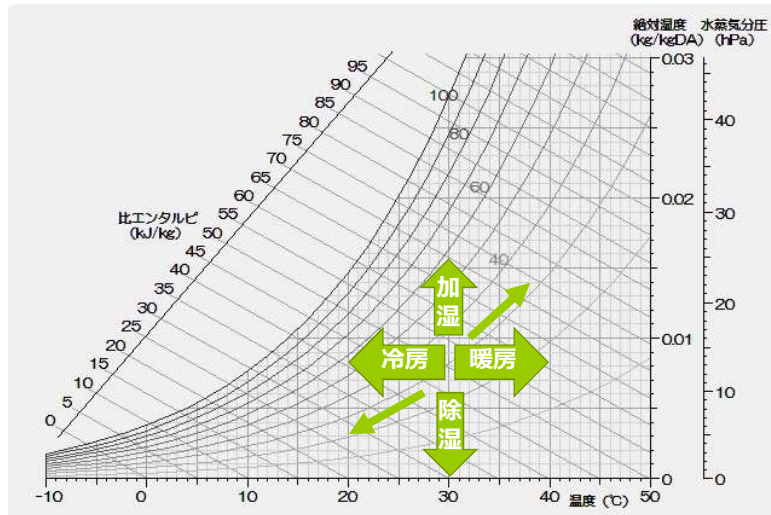
同じ絶対湿度でも温度が違うと？



- 温度が低くなると飽和水蒸気量（含むことができる水蒸気量）が小さくなる
 - 温度が低くなるほど相対湿度が高くなる
 - 露点温度より低くなるとそれ以上水蒸気としていられなくなるので結露する

82

湿り空気線図



83

我が国の建築物衛生管理に関する法規制



□ 建築物における衛生的環境の確保に関する法律（ビル管法）

- 建築物環境衛生管理基準
(管轄：厚生労働省健康局生活衛生課)

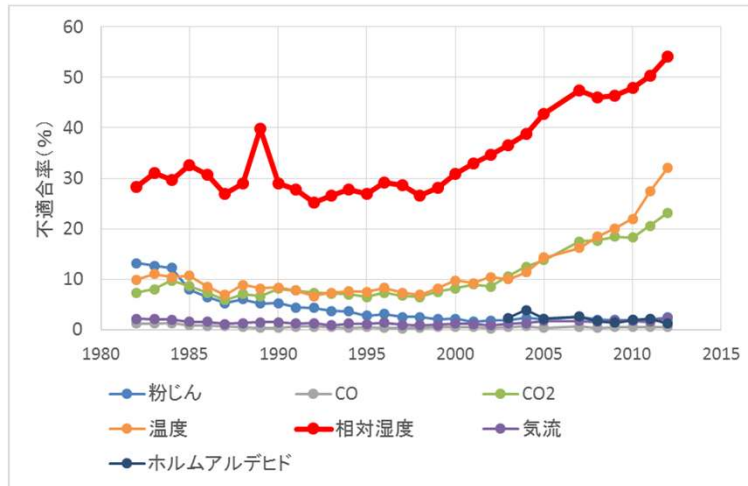
□ 労働安全衛生法（安衛法）

- 事務所衛生基準規則（事務所則）
(管轄：厚生労働省労働基準局労働衛生課)

項目	ビル管法	事務所則
浮遊粉じん	0.15mg/m ³ 以下	同左
CO	10ppm以下	同左
CO ₂	1000ppm以下	同左
温度	17℃以上 28℃以下	同左 (努力義務)
相対湿度	40%以上 70%以下	同左 (努力義務)
気流	0.5 m/s以下	同左
ホルムアルデヒド	0.1 mg/m ³ 以下	同左

84

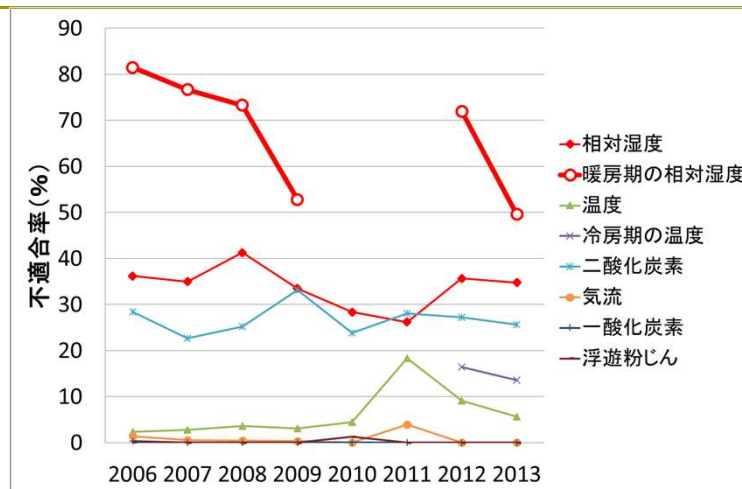
特定建築物立入検査等における 不適合率の推移



厚生省生活衛生局企画課～厚生労働省健康局生活衛生課調べ。

85

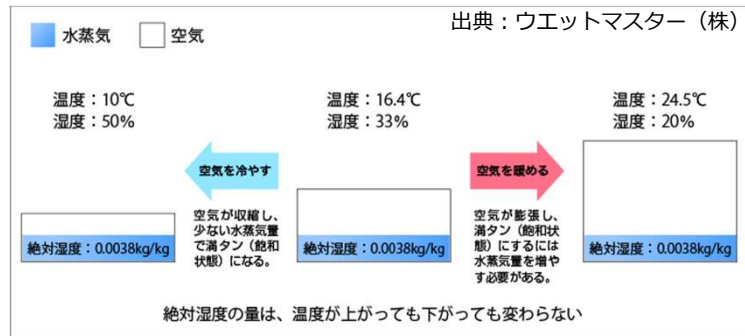
特定建築物立入検査等における 不適合率の推移 (東京都)



東京都健康安全研究センター調べ。
2006～2008年度は東京都全体，2009～は多摩地区を除く特別区・島嶼地区。

86

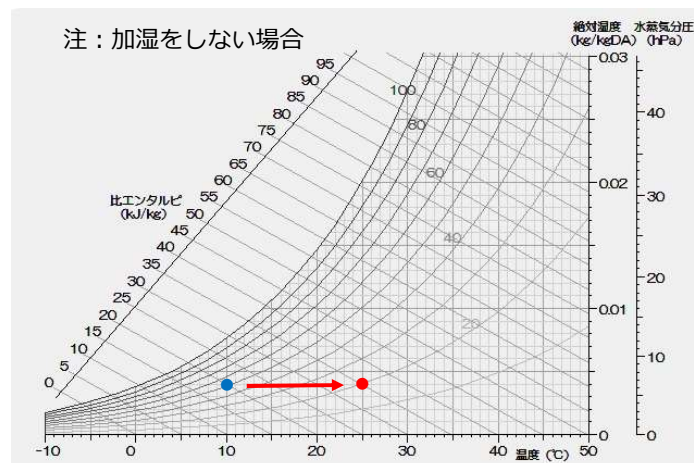
何故，冬の室内は乾燥するか？



- 絶対湿度の量は温度が変わっても変化しないが，飽和水蒸気量は温度によって変わる（温度が高くなると飽和水蒸気量が大きくなる）。
- 低温の外気を導入し，暖房で温めると，同じ水分量で飽和水蒸気量が大きくなるので，相対湿度は低下する。
- 冬は元々低湿度なので，室内はさらに低湿度になる。

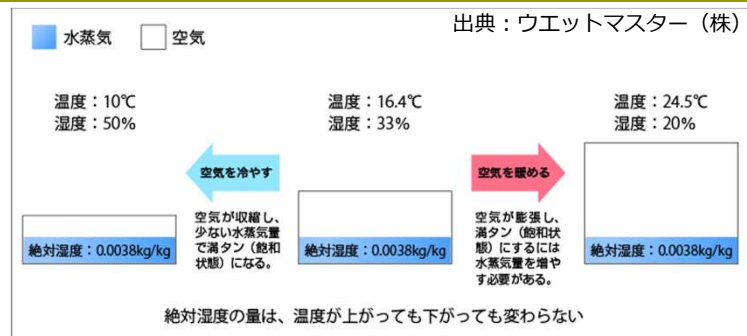
87

冬の屋内の乾燥を「湿り空気図」で考える



88

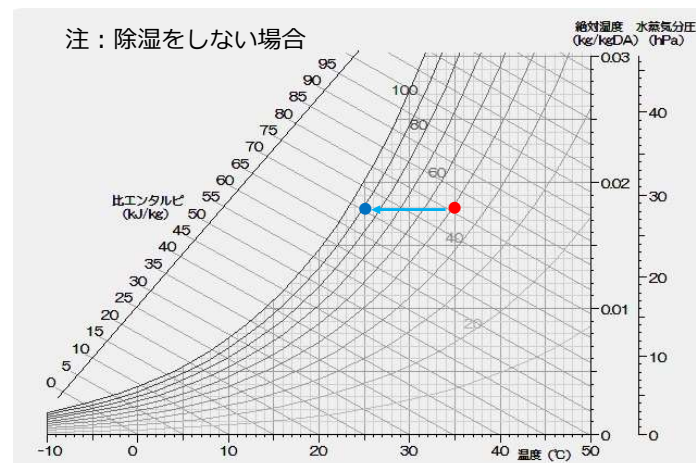
何故，夏の室内は多湿になるか？



- 絶対湿度の量は温度が変わっても変化しないが，飽和水蒸気量は温度によって変わる（温度が低くなると飽和水蒸気量が小さくなる）。
- 高温の外気を導入し，冷房で冷やすと，同じ水分量で飽和水蒸気量が小さくなるので，相対湿度は増大する。
- 夏は元々高湿度なので，室内はさらに高湿度になる。
(注：空調で除湿していない場合)

89

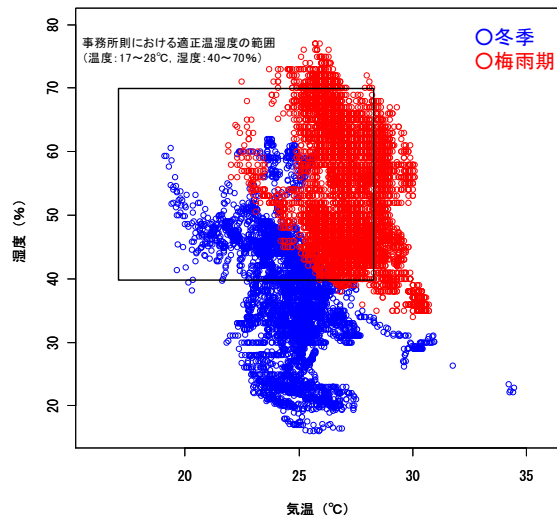
夏の屋内の高湿度を「湿り空気図」で考える



- 外気 (35℃50%RH) を ● 25℃に冷やした場合
相対湿度は約80%となってしまう。

90

オフィスにおける調査結果 冬季と梅雨期の温湿度分布



	気温		
	17℃未満	17~28℃	28℃超
冬季	0.0%	98.5%	1.5%
梅雨期	0.0%	77.6%	22.4%

	湿度		
	40%未満	40~70%	70%超
冬季	54.8%	45.2%	0.0%
梅雨期	3.5%	93.7%	2.8%

オフィスでは
 ・冬季の乾燥
 ・夏季（梅雨期）の高温
 が問題！

91

乾燥による健康影響



- 人間には湿度を感じる器官がないため、乾燥を直に感じることはできない。
- 乾燥によって、下記のような健康影響が起きることが報告されている。
 - 風邪、インフルエンザにかかりやすくなる
 - 皮膚、眼、のど、粘膜などの乾燥、かゆみ、カサカサ
 - アトピー性皮膚炎が悪化する
 - 静電気が起こりやすくなる。
 - 作業能率、作業効率が下がる

92

多湿による健康影響



- 多湿による健康影響は、乾燥によるものに比べると問題視されることは少ないが、下記のようなものが指摘される。
 - カビ、ダニなどの発生、アレルギー反応
 - カビが産出するMVOC（微生物由来揮発性物質）によるカビ臭さ、シックビルディング症候群
 - 湿気による能率低下

93

“Damp Building”における “Sick Building”問題



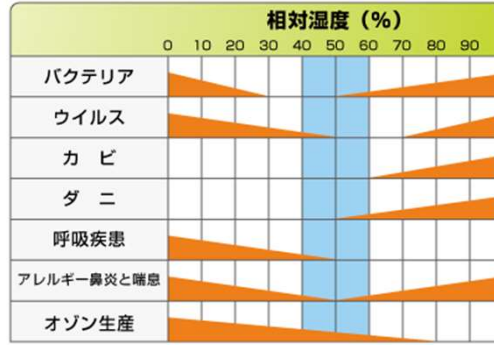
- 主として欧米では、湿気が原因で健康に被害をもたらす“Damp Building”問題が注目。
 - 高温状態でカビが発生し、空気環境が汚染される
 - カビが算出するMVOC（Microbial Volatile Organic Compounds, 微生物由来揮発性物質）により、“Sick Building Syndrome”が発生する可能性がある。
 - 建物の気密性が向上したことにより深刻化。
 - 我が国でも問題になる可能性がある。

94



湿度の至適範囲

相対湿度と微生物等との相関関係



ASHRAE※報告書 1985年より ※アメリカ暖房冷凍空調学会

相対湿度30~60% (論文によっては40~60%) が至適範囲。

2016 ASHRAE HVAC System and Equipment Handbook, Ch. 22.

95



加湿器の種類と特徴

	気化式	蒸気式	ハイブリッド式	水噴霧式
加湿方法	<p>加湿エレメント上に滴下した水に風を宛て、蒸発気化させることで加湿する。</p>	<p>水をヒーターで熱し、その蒸気で加湿する。</p>	<p>フィルターに水を含ませ、温風を当てることで加湿する。</p>	<p>常温の水を超音波などで噴霧し、送風機で拡散させる。</p>
メリット	消費電力が少ない。過加湿による結露がない	水を加熱することで殺菌効果が期待される。	気化式と蒸気式の機能を併せ持っているため、効率よく加湿できる。	消費電力が少ない。
デメリット	加湿エレメント上に不純物が堆積したり、空气中に飛散する可能性がある。	スケール付着対策が必要。消費電力が大きい。	機能が複雑なため、機器本体の価格が高くなる。	水中に含まれる不純物や細菌が空气中に飛散する。不純物によって白粉現象が起きる。

96

部屋の広さと必要な加湿能力



加湿器の加湿能力と対応する部屋の広さの目安

300mL/h	和室5畳・洋室8畳まで	(個室用)
500mL/h	和室8畳・洋室14畳まで	(リビングや居間用)
700mL/h	和室12畳・洋室19畳まで	(LDKなどの大きめの部屋用)
900mL/h	和室15畳・洋室25畳まで	(かなり大きめの部屋やオフィス用)



97

必要加湿量の計算方法



- 必要加湿量は下記の計算式で計算できる。

$$L = V \times r \times (x_1 - x_2) = 1.2 V \times (x_1 - x_2)$$

必要な絶対湿度

L: 必要加湿量 (kg/h)
 X1: 室内空気の絶対湿度 (kg/kg')
 X2: 室外空気の絶対湿度 (kg/kg')
 V: 換気量 (kg/m³)
 r: 空気の密度 (kg/m³)
 ※20℃で1気圧の場合, r=1.2

98

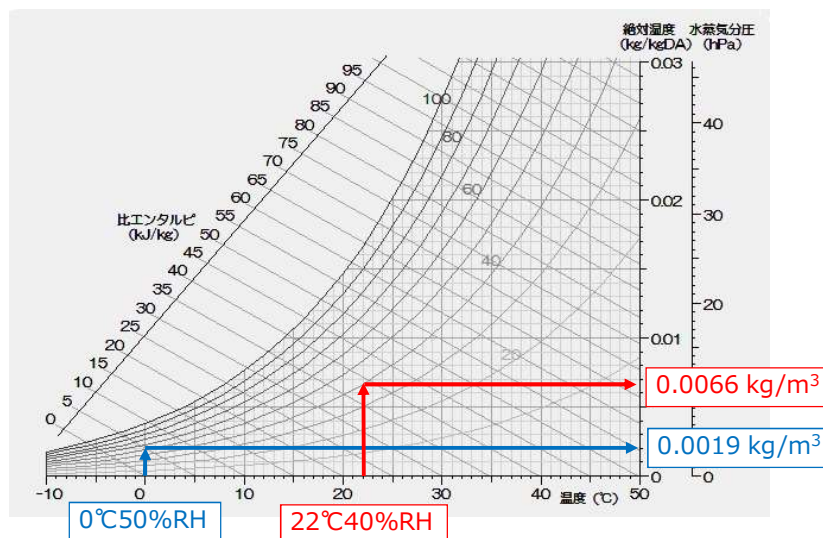
このケースで計算してみよう



- 全体の容積： 2000 m³
- 外気の温湿度： 0℃ 50%RH
- 目標とする室内の温湿度： 22℃ 40%RH
- 換気回数： 1回/時

99

(1) 湿り空気線図から絶対湿度を求める



100

(2) 必要な加湿量を求める



- 必要な絶対湿度 = $0.0066 - 0.0019$
= $0.0047 \text{ kg/kg}'$
- 空気の密度 = 1.2 kg/m^3 (1気圧, 20°C)
- 換気量 = 部屋全体の容積 × 換気回数
= $2000 \times 1 = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$
- 必要加湿量 = 換気量 × 空気の密度 × 必要な絶対湿度
= $2000(\text{m}^3/\text{h}) \times 1.2 (\text{kg/m}^3) \times 0.0047(\text{kg/kg}')$
= **11.28 (kg/h)**
- **このことから、1時間に11.28 kg以上の加湿能力を持つ加湿器が必要となる。**
 - 能力が足りない場合は、複数台数必要。

101

不適切な加湿による健康影響



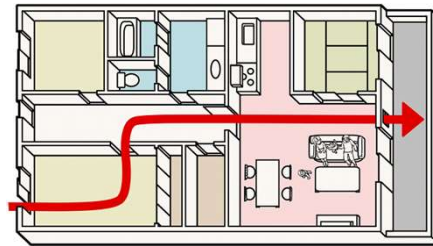
- 「加湿器病」 = 「過敏性肺臓炎」 (アレルギー性肺疾患の一種)
 - 加湿器から放出される細菌やカビなどの微生物を長期に渡って吸い込んだ場合に起こる。
 - 咳, 発熱, 全身倦怠感
 - 重症化すると呼吸困難に陥る。
 - 超音波式加湿器や, 気化式加湿器で手入れが不十分な時に起きやすい。

102

換気と加湿の共存方法



- 換気を行うと、外気の冷たく乾燥した空気が導入されるため、気温・湿度は下がる。
 - 大きく窓を開けると換気効率は良いが、気温・湿度が一気に低下してしまう。
- 短時間に窓を全開にするよりも、一方向の窓を少しだけ開けて常時換気したほうが室温や湿度の変化を抑えられる。
 - 人がいない部屋の窓を開け、廊下を経由して少し温まった空気を人のいる部屋に取り入れる「二段階換気」も有効。



103

乾燥環境の改善方法のまとめ



- 加湿器の利用
 - どのような加湿器で、どのように加湿するのか？
 - 必要な加湿量と台数は？
- 調湿機能付き空調への変更
 - 設備更新時、新築時でないと難しい
 - 貸しビルの場合は困難。
- 加湿と換気の共存を考える必要がある。
- 加湿が不十分なときに個人でできることは？
 - パーソナルタイプの小型加湿器
 - マスクの活用
 - 保湿剤によるこまめな手入れ

104



まとめ（1）換気的重要性

- 作業場や居住空間の換気を適切に行うことは重要
 - 有害物質やCO₂による健康影響の防止（シックビル症候群を含む）
 - 不完全燃焼の防止（燃焼器具がある場合）
 - 空気感染・飛沫感染の可能性のある感染症の防止
- CO₂濃度は室内の換気の良い否の基準になりうる
 - 事務所則（ビル管法）の基準（1000ppm）が目安
- テレワーク時代を念頭に置くと、オフィスのみならず、居住空間での換気を適切に行うことが重要
 - 居住空間の換気はまだまだ不十分
 - オフィスでは空調での換気設定の確認を！

105



まとめ（2）換気を良くするには？

- 機械換気設備がある場合・・・きちんと機能しているかどうかを確認（CO₂濃度による確認が有効）
 - 心配な場合は「窓開け」による換気。できれば2方向の窓を開ける。
 - 窓の開かない建物の場合は、機械換気装置の風量を上げる。
- 機械換気がなく、自然換気の場合
 - 定期的に「窓開け」による換気を行う（できれば2方向の窓を開ける）。
 - 台所や浴室、トイレ等の換気扇を運転
 - 燃焼器具を使う場合は、換気回数を増やす必要がある（可能であれば、燃焼による暖房は使わない）。

106

まとめ（3）

新型コロナウイルスにおける換気



- 新型コロナウイルス（COVID-19）対策として、いわゆる「三密」を避けるために換気を良好に保つことは重要。
 - 換気だけを行えばよいわけではないことに注意。
 - 換気の良否を判断するために、CO₂濃度の測定は有用（測定出来ない場合は、シミュレーターの活用も有用）。
 - 空気清浄機は換気が十分でないときの補助用としては有用。
 - （空調あるいは空気清浄機内における）紫外線による殺菌は有用。
 - 噴霧などによる空間除菌は効果が期待できず、有害性も懸念されるため、使わないこと。

107

ご清聴ありがとうございました

COVID-19騒動はいずれ落ち着くとは思いますが、
換気は重要ですので、引き続き留意してください。



108