

換気に関する基礎知識 ～ 換気の方法と評価 ～

2022年1月28日

アズビル株式会社
ビルシステムカンパニー
EPS事業推進室
岡 幸彦

azbil

～ 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で共通する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30m³）を満たすことになり、「換気が悪い空間」には当てはまらな思考えられます。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こと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(空気調和設備、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30m³）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。

ビル管理法における空気調和設備を設けている場合の空気環境の基準

項目	基準
ア 浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
イ 一酸化炭素の含有率	100万分の10以下（＝10 ppm以下） ※特例として外気がすでに10ppm以上ある場合には20ppm以下
ウ 二酸化炭素の含有率	100万分の1000以下（＝1000 ppm以下）
エ 温度	1. 17℃以上28℃以下 2. 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
オ 相対湿度	40%以上70%以下
カ 気流	0.5 m/秒以下
キ ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下（＝0.08 ppm以下）

※機械換気設備を設けている場合は、上記の表のアからウまで、カ及びキを遵守する必要がある。

② 窓の開放による方法

- 換気回数※を毎時2回以上（30分に一回以上、数分間程度、窓を全開する。）とすること。
※ 換気回数とは、部屋の空気がすべて外気と入れ替わる回数をいう。
- 空気の流れを作るため、複数の窓がある場合、二方向の壁の窓を開放すること。窓が一つしかない場合は、ドアを開けること。

換気に当たっての留意点

① 特定建築物に該当する場合

- 特定建築物※1に該当する商業施設等の管理権原者は、ビル管理法に基づく空気環境の調整に関する基準に従って当該建築物を維持管理しなければなりません。
- 基準を満たしていない場合※2は、建築物環境衛生管理技術者の意見を尊重して適切な是正措置を講じ、当該建築物が基準を満たすように維持管理しなければなりません。

※1 ビル管理法における特定建築物とは、興行場、百貨店、集会場、遊技場、店舗等の用途に供される延べ床面積が3,000m²以上の建築物であって、多数の者が使用・利用するものをいいます。

※2 近年、二酸化炭素の含有率の基準を満たしていない特定建築物が多数報告されています。改めて換気設備の点検を行うなど、適切な維持管理を行ってください。

② 特定建築物に該当しない場合

- 特定建築物に該当しない商業施設等の管理権原者についても、ビル管理法に基づく空気環境の調整に関する基準に従って当該建築物の維持管理するように努めなければならないとされています。
- これを踏まえ、機械換気による場合、換気設備を設計した者や換気の専門業者に依頼し、換気量などの程度あるかを確認し、一人あたりの必要換気量が確保できるよう、部屋の内部の利用者数の上限を把握するよう努めなければなりません。

本日の内容

～ 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で共通する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。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る必要換気量（一人あたり毎時30m³）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ふこと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30m³）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。



換気の悪い密閉空間にしない
→なぜ換気の悪い密閉空間にしてはいけないのか？

外気を取り入れる換気を実施
→外気を取り入れる換気方法とは？

必要換気量
→必要換気量（30m³/Hr人）とは？
→CO2濃度1000ppmとの関係は？

機械換気による方法
→機械換気設備とは？
→どうやって必要換気量を確保している？
→ビル管理法とは？

ビル管理法における空調設備を設けている場合の空気環境の基準

項目	基準
ア 浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
イ 一酸化炭素の含有率	100万分の10以下（＝10 ppm以下） ※特例として外気がすでに10ppm以上ある場合には20ppm以下
ウ 二酸化炭素の含有率	100万分の1000以下（＝1000 ppm以下）
エ 温度	1. 17℃以上28℃以下 2. 居室における温度を外気より低くなる場合は、その差を著しくしないこと。
オ 相対湿度	40%以上70%以下
カ 気流	0.5 m/秒以下
キ ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下（＝0.08 ppm以下） ※機械換気設備を設けている場合は、上記の基準を超過するおそれがあるため、これを遵守する必要がある。

② 窓の開放による方法

- 換気回数※を毎時2回以上（30分に一回以上、数分間程度、窓を全開する。）とすること。
※換気回数とは、部屋の空気がすべて外気と入れ替わる回数である。
- 空気の流れを作るため、複数の窓がある場合、二方向の壁の窓を開放すること。窓が一つしかない場合は、ドアを開けること。

換気当たりの留意点

① 特定建築物に該当する場合

- 特定建築物※1に該当する商業施設等の管理権原者は、ビル管理法に基づく空気環境の調整に関する基準に従って当該建築物を維持管理しなければなりません。
- 基準を満たしていない場合※2は、建築物環境衛生管理技術者の意見を尊重して適切な是正措置を講じ、当該建築物が基準を満たすように維持管理しなければなりません。

※1 ビル管理法における特定建築物とは、興行場、百貨店、集会場、遊技場、店舗等の用途に供される延べ床面積が3,000m²以上の建築物であって、多数の者が使用・利用するものをいいます。

※2 近年、二酸化炭素の含有率の基準を満たしていない特定建築物が多数報告されています。改めて換気設備の点検を行うなど、適切な維持管理を行ってください。

② 特定建築物に該当しない場合

- 特定建築物に該当しない商業施設等の管理権原者についても、ビル管理法に基づく空気環境の調整に関する基準に従って当該建築物の維持管理するように努めなければならないとされています。
- これを踏まえ、機械換気による場合、換気設備を設計した者や換気の専門業者に依頼し、換気量がどの程度あるかを確認し、一人あたりの必要換気量が確保できるような、部屋の内部の利用者数の上限を把握するよう努めなければなりません。

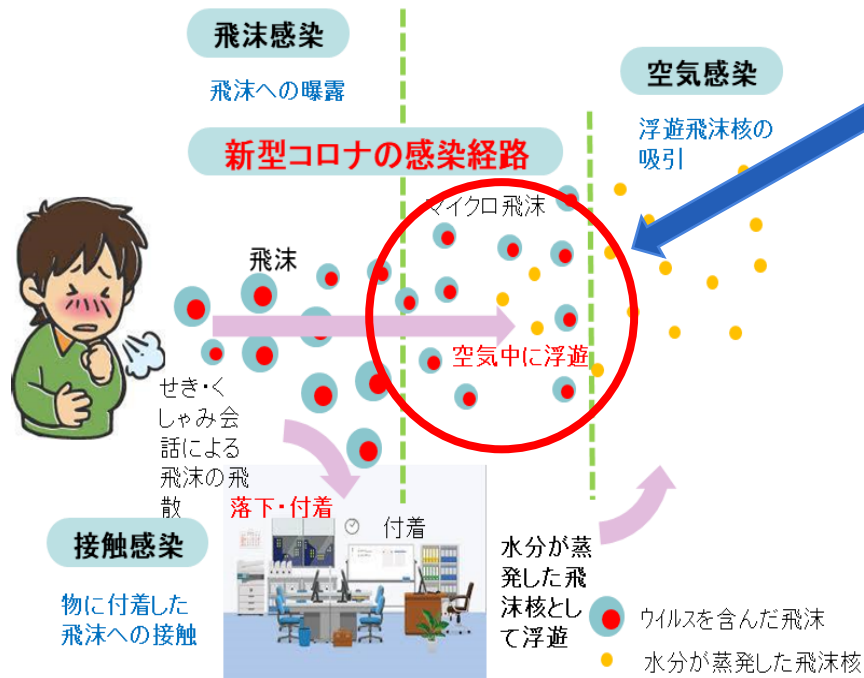
R2.4.3

窓の開放による方法
特定建築物に該当しない場合
→小規模な建物等の具体的な効率的換気方法は？

なぜ換気の悪い密閉空間にしてはいけないのか

「換気が悪い密閉状態の空間＝室外の新鮮空気と入れ替えが行われていない空間」とは、**室内の空気を汚す発生源**（二酸化炭素(CO2)、一酸化炭素、ホルムアルデヒド、粉塵、ウイルス等の発生源)が**いる限り(ある限り)汚れ濃度が高くなり続けることになり**、COVID-19のようにマイクロ飛沫による飛沫感染が感染経路の感染症においては、**罹患者が密閉空間にいると室内のウイルス濃度が高くなることで、同室内にいる非罹患者への感染リスクが高まること**になります。

汚れ濃度を下げるためには、フィルタの利用等の他の方法も存在していますが、もっとも簡単な手法として新鮮な外気との入れ替え＝換気があります。



換気が悪い密閉空間では、**空気中に浮遊するマイクロ飛沫量**が増加し、**空気中のウイルス濃度が高くなる＝感染リスクが高くなる**

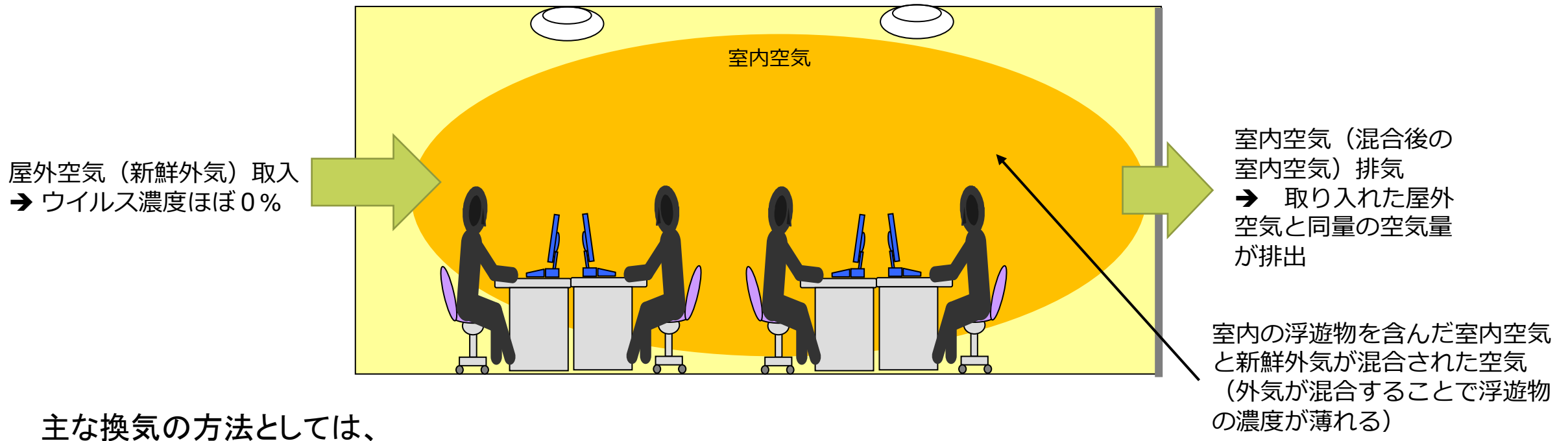
注意

厚生労働省は、集団感染リスク回避のために「換気の悪い密閉空間」の改善を推奨しており、**罹患者がいないことが分かっている空間や一人しかいないような空間では過剰な換気は別の悪影響を及ぼす可能性がある**ので**考慮が必要です**。

外気を取り入れる換気方法とは

換気とは、室内の汚れた空気(二酸化炭素(CO₂)、一酸化炭素、ホルムアルデヒド、粉塵、ウイルス等)を室外の新鮮な空気(一般的には新鮮外気)に**入れ替える**ことを言います。

具体的には屋外の空気を室内に取り入れて、同量の室内の空気を屋外に排出することですが、実際には室内の空気と取り入れた空気が混合した状態の空気を排出することになり、**室内の浮遊物の濃度(飛沫等に含まれるウイルス濃度等)を薄める(希釈する)**こととなります。



主な換気の方法としては、

- ① 機械換気(空調設備(機械換気設備を含む))による方法
- ② 窓の開放による方法

必要換気量（30m³/h・人）とは

厚生労働省が換気を目安として推奨している、1人当たりの毎時必要換気量(30m³/h・人)の根拠について、厚生労働省の発表文章で見つけることが出来ませんが、空気調和・衛生工学会 学会誌(令和3年6月第95巻第6号 特集/新型コロナウイルスの現状とその対策(2))他に、「カナダの17の救急医療施設に勤務する医療従事者を対象とした結核の院内感染リスクに関する大規模疫学調査結果に基づくもの」として紹介されています。調査結果では、カナダの一般病棟では換気量48m³/h・人以下の換気量では感染リスクが3.4倍高く、感染リスクを下げるためには48m³/h・人以上の換気量が必要と報告している。**厚生労働省では、ビル管理法で設計基準となっている30m³/h・人の確保が48m³/h・人と同じオーダーであるとして推奨している。**

【必要換気量30m³/h・人の算出根拠】

人間が事務作業程度の活動状態(CO₂発生量0.02m³/h・人)でCO₂を発生し続けた場合に、CO₂濃度上限の目安である1000ppmになるまでに必要な空気量を試算し、必要換気量とした、(外気=無人の室内のCO₂濃度(350ppm)と設定しているが、現在の計測値は400ppm以上の状況となっており、厳密に再計算すると30m³/h・人以上となるものの、現行法規を遵守することが推奨値としては受け入れやすいとの判断)

CO₂濃度1000ppm以下とするための必要換気量試算式

$$\begin{aligned} \text{必要換気量} &= \text{人のCO}_2\text{発生量} / (\text{CO}_2\text{濃度上限} - \text{外気のCO}_2\text{濃度}) \\ &= 0.02(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}) / (1000 - 350)\text{ppm} \\ &= 0.02(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}) / (1000 - 350) \times 10^{-6}(\text{m}^3/\text{m}^3) \\ &\neq 30(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}) \end{aligned}$$

注: 建築基準法では必要換気量を20m³/h・人としているが、これは人のCO₂発生量を0.013m³/h・人(安静時相当)と想定したものと推定される。

作業程度	CO ₂ 発生量(m ³ /h・人)
安静時	0.0132
極軽作業時	0.0132~0.0242
軽作業時	0.0242~0.0352
中等作業	0.0352~0.0572
重作業	0.0572~0.0902

人間からのCO₂発生量

CO2濃度とは

CO2濃度を示すppm(Part Per Million)とは、百万に占める割合を示しており**CO2濃度1000ppmとは、1m³中に0.1%のCO2(1000ml)**が含まれていることとなります。(CO2の重さは1m³あたり1.8Kgとなりますので、**0.18gのCO2**が含まれている含まれている濃度) 仮に高さ2.5m、床面積50m²の部屋(125m³)の場合、125,000mlのCO2が含まれている状態が1000ppmの部屋状況となります。

密閉された部屋において人以外にCO2を排出するものが無い場合には、部屋のCO2濃度は人の呼気によって排出されるCO2量と部屋に取り込まれていた空気(外気)に含まれるCO2によって決まります。

【人の呼気中のCO2量】

次に人が一日に呼吸により排出される二酸化炭素量は、**一日の呼吸量と運動状況によりことなる呼気中のCO2濃度**によって決まります。

1人の一日の呼吸する空気量: 約20m³day
安静時の呼気中のCO2濃度: 10,000ppm
重作業時の呼気中のCO2濃度: 90,000ppm
軽作業時の呼気中のCO2濃度: 30,000ppm

例: 1時間軽作業を行った際の排出CO2量は
 $(20\text{m}^3 \div 24\text{h}) \times (30,000 \div 1,000,000) \neq 0.025\text{m}^3 = 25,000\text{ml}$



どのようなCO2濃度測定器を使用するのが良いかについては、2021年11月1日に経済産業省より「二酸化炭素濃度測定器の選定等に関するガイドライン」が出されています。

<https://www.meti.go.jp/covid-19/guideline.pdf>

【外気中のCO2量】

気象庁より公開されています年度ごとの外気中のCO2濃度によりますと、2020年度で**420ppm弱**(計測地点は空気の綺麗な離島ですので、都会においてはCO2濃度は計測値より高いと想定されます。)

- [気象庁 | 二酸化炭素濃度の観測結果 \(jma.go.jp\)](https://jma.go.jp)



CO2濃度1000ppmに到達するには、

高さ2.5m、床面積50m²の外気が取り込まれた密閉した部屋(125m³)で、1人が軽作業を行った場合
 $T = (125000 - (420\text{ml}/\text{m}^3 \times 125\text{m}^3)) \div 25000\text{ml}$
 $= 2.9$

換気無しで一人で2.9時間軽作業を行うと1000ppmをOver

必要換気量（30m³/h・人）とCO₂濃度1000ppmの関係

必要換気量: 人が発生するCO₂により上昇するCO₂濃度を基準値（試算では1000ppmと設定）以下とするために必要な取り入れ新鮮外気量を試算し、必要換気量としたもの。

→ 必要換気量(30m³/h・人)は、室内の空気の**人が発生する汚染物濃度の上昇を基準値以下に抑える**為に**必要な換気量の目安**である。(ウイルス濃度上昇による感染リスク上昇を抑えるための**換気量の目安**)

CO₂濃度: 建物内のCO₂濃度を1000ppm以下(ビル管理法および建築基準法)に抑えることは健康影響の防止と、近年は労働生産性(意思決定能力や問題解決能力)への影響を考慮しての基準値となっている。

→ CO₂濃度の基準は、居室(生活や執務の為の部屋)の**空気質を良好に保つための目安の一つ**である。

→ CO₂濃度が高くなることにより感染リスクが上昇するわけではない。

→ 換気(新鮮外気の入)が十分に行われないと、CO₂濃度が上昇することにより、**換気が行われているかどうかの目安**として利用可能。(CO₂濃度上昇は、換気だけでなく室内の広さ(容積)、室内人数、活動量によっても変化するため、目安の一つとして捉えるのが正しい)

CO ₂ 濃度	生理変化	精神運動機能	症状
500ppm以上	pCO ₂ , 心拍数, 心拍変動, 血圧, 末梢血液循環		700 ppm以上でシックビルディング症候の症状
1,000以上		認識能力(意思決定, 問題解決)	学童の喘息症状の増悪
5,000以上			
10,000以上	呼吸数増加, 呼吸性アシドーシス, 代謝性侵襲(血中Caや尿中燐濃度の低下), 脳血流増加, 分時換気量増加		
50,000以上			めまい, 頭痛, 混乱, 呼吸困難
100,000以上			激しい呼吸困難に続き, 嘔吐, 失見当, 高血圧, 意識消失

CO2濃度1000ppmを超えるまでの時間目安

参考として、**床面積50㎡、高さ2.5mの密閉された空間でCO2濃度が1000ppmを超えるまでの時間を試算**してみます。但し実際には一般的な事務所や病室等の人がいる部屋が密閉状態となることはなく、積極的な換気を行っていない場合も常にドアの隙間等により空気の入、排出は行われていますし、人の出入りの際のドアの開閉により換気は行われています。あくまでも試算値として、目安の参考の一つとしていただければと思います。

試算条件：床面積50㎡、高さ2.5m
外気のCO2濃度：420ppm(気象庁計測値相当)
安静者：呼気中のCO2濃度10000ppm
軽作業者：呼気中のCO2濃度30000ppm

【重要】

「換気の悪い密閉空間」となっている可能性を示す指標のひとつとしてCO2濃度が推奨されているが、1000ppmという基準値は現在の法規上の基準値であり、実際には外気のCO2濃度が上昇している状況(気象庁データ参照)において、基準値の在り方の見直しの議論も一部では起こっている。**感染症対策としては、CO2濃度を基準値以下とすることが目的ではなく、あくまでも正しく必要な換気(必要な換気量30㎡/h)が行われているかの判断を行うための目安(換気がされていないとCO2濃度が上昇する)としての位置づけ**であることをご理解いただきたいと思ひます。

単位：時間		安静者					
		1人	2人	3人	4人	5人	6人
軽作業者	0人	8.6	4.3	2.9	2.2	1.7	1.4
	1人	2.2	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0
	2人	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7
	3人	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
	4人	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5

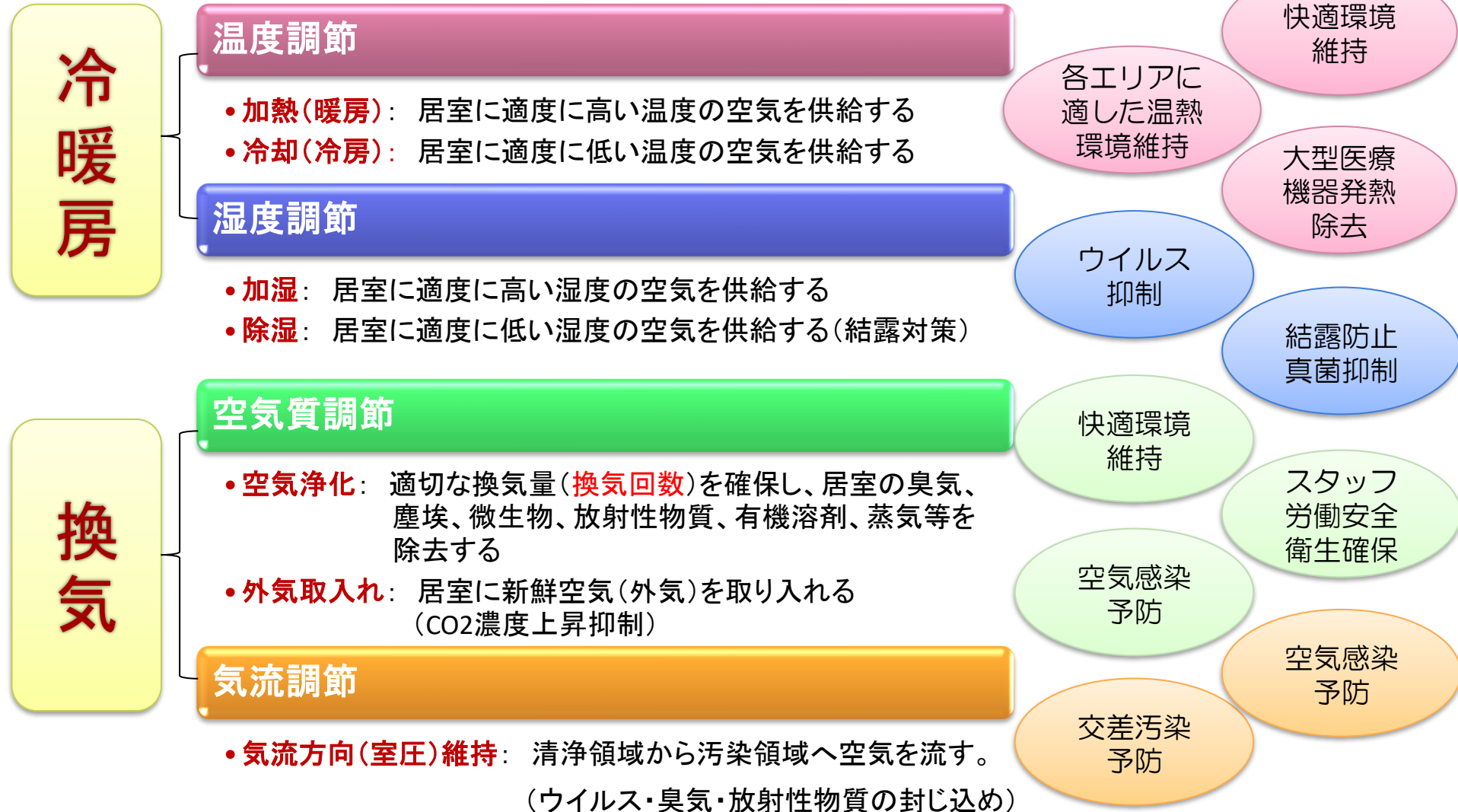
<計算式>

部屋容積㎡×(1000ml－420ml)÷20000000ml÷24Hr
×(安静者人数×0.01＋軽作業者人数×0.03＋重作業者人数×0.09)

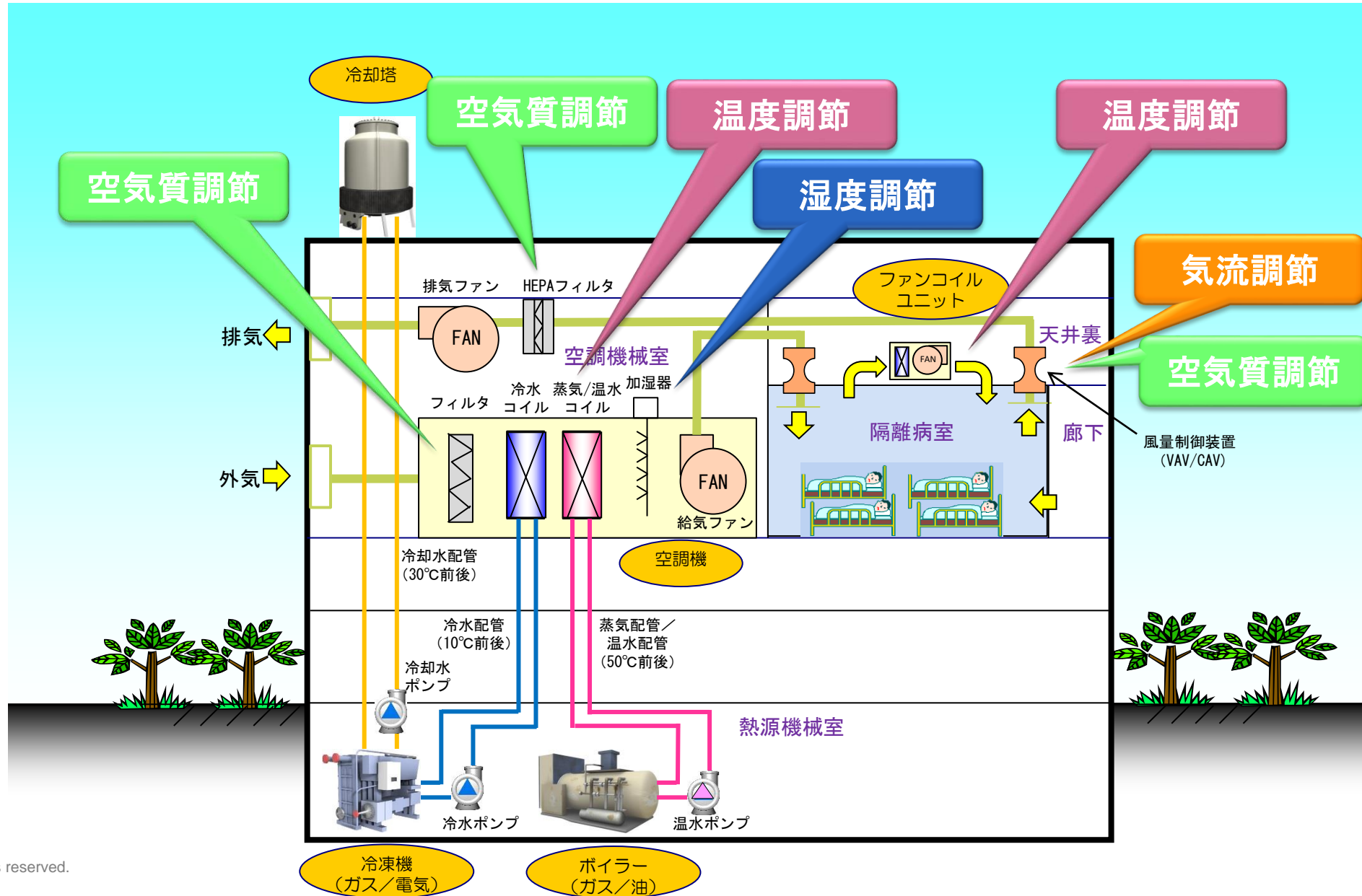
機械換気による方法：空調設備のはたらき

【空調設備の基本機能】

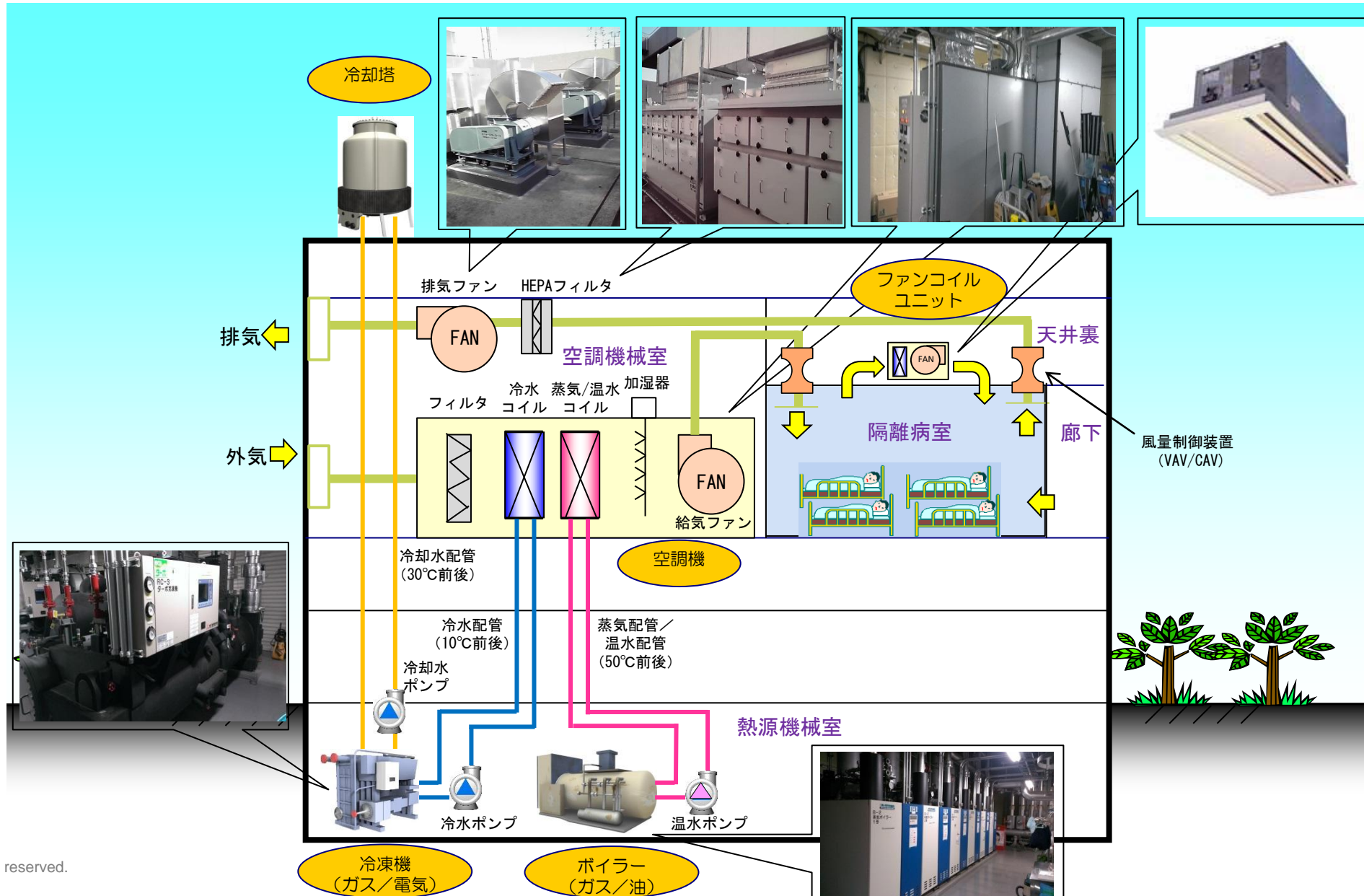
【期待される効果】



機械換気による方法：空調設備の構成機器



機械換気による方法：空調設備の構成機器（現場写真）



空調設備による換気の仕組み（セントラル空調方式の場合）

給気を含む外気割合を制御可能

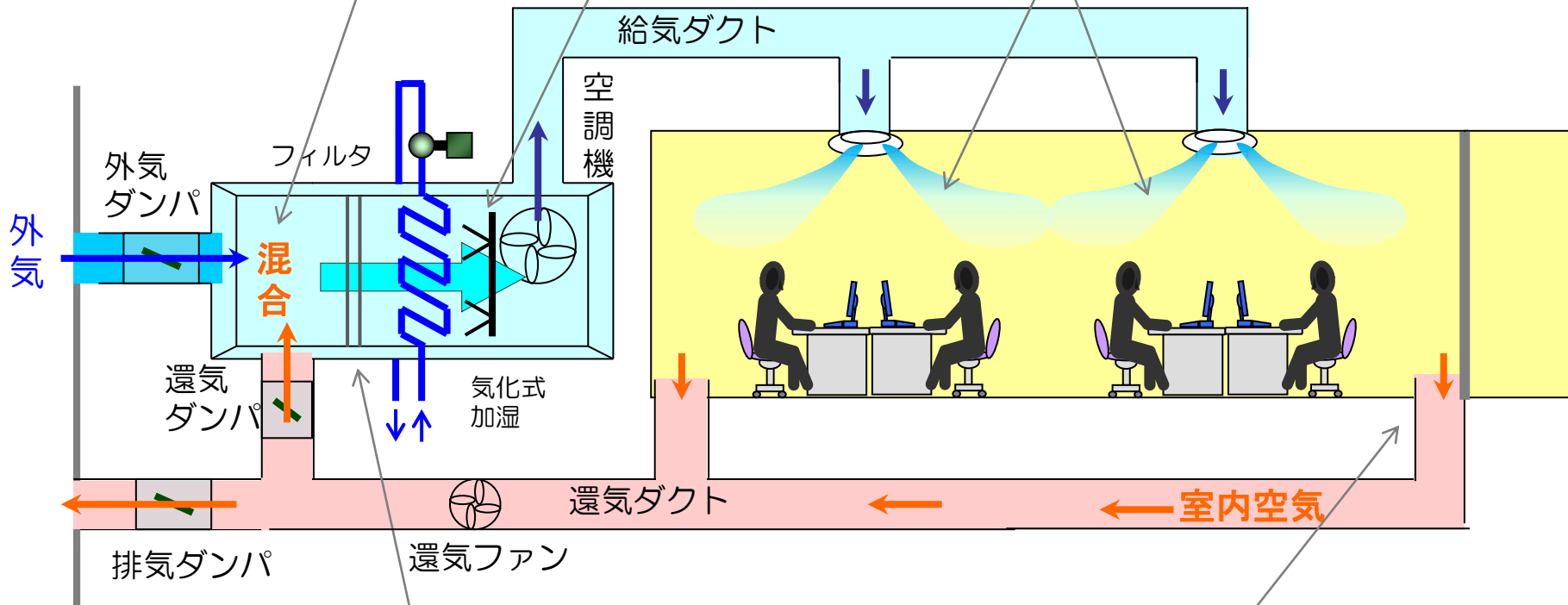
外気ダンパと還気ダンパの制御により、外気と還気の混合割合を自由に制御可能
外気冷房対応であれば、外気100%の給気も届けることができる

気化式加湿器の空気清浄効果

気化式加湿器の水で、ウイルスを含む飛沫核捕集もできる可能性がある
また、ドレンなどで繁殖する菌の再飛散などは限定的と考えられている

すべての給気に新鮮外気を含む

空調機で外気を混合した空気を室内に届けるため、すべての給気口から吹き出す空気には新鮮外気が含まれている
そのため、室内に新鮮外気を効率よく届けることが可能（換気効率が良い）



中性能フィルタで、ウイルスを含んだ飛沫核も一定の除去可能

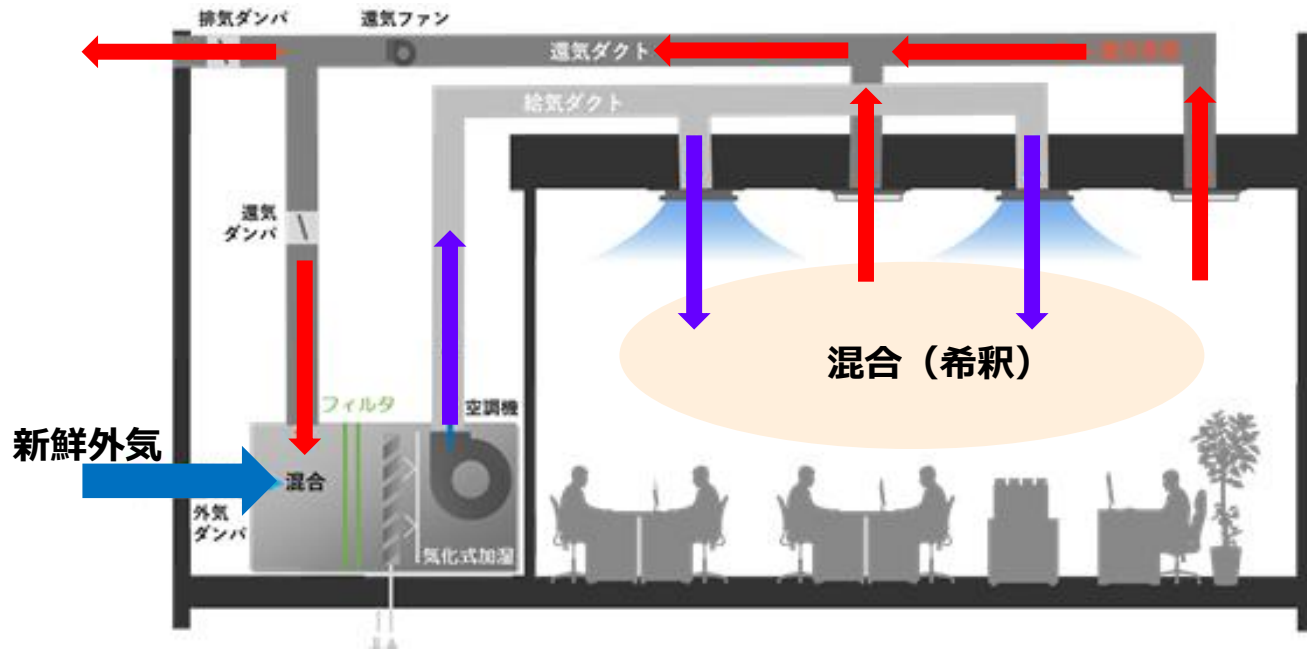
空調機には、性能の高いフィルタを使用しているのが一般的で、ウイルスの空気感染（飛沫核感染）の元となる $0.4\mu\text{m}$ ～ $5\mu\text{m}$ のアεροゾルも効率よく除去できる

換気効率の良い気流分布設計

天井カセット方式よりも、気流分布を設計しやすく、効率よく飛沫核を空調機に戻すようなダクト設計が可能

空調設備による空気の流れの違い

セントラル空調方式（空調機（AHU））



空調機（AHU：エアハンドリングユニット）において、取り込まれた新鮮外気と室内から戻った空気を混合し、温めたり冷やした空気を室内に供給する。

空調機に新鮮外気を取り込むことで**換気機能を実現**している。

（後述するビル管理法の対象建物とならない病院においても、セントラル空調システムを導入している場合には、概ね同等の換気機能を有している）

個別空調方式（FCU・PAC）

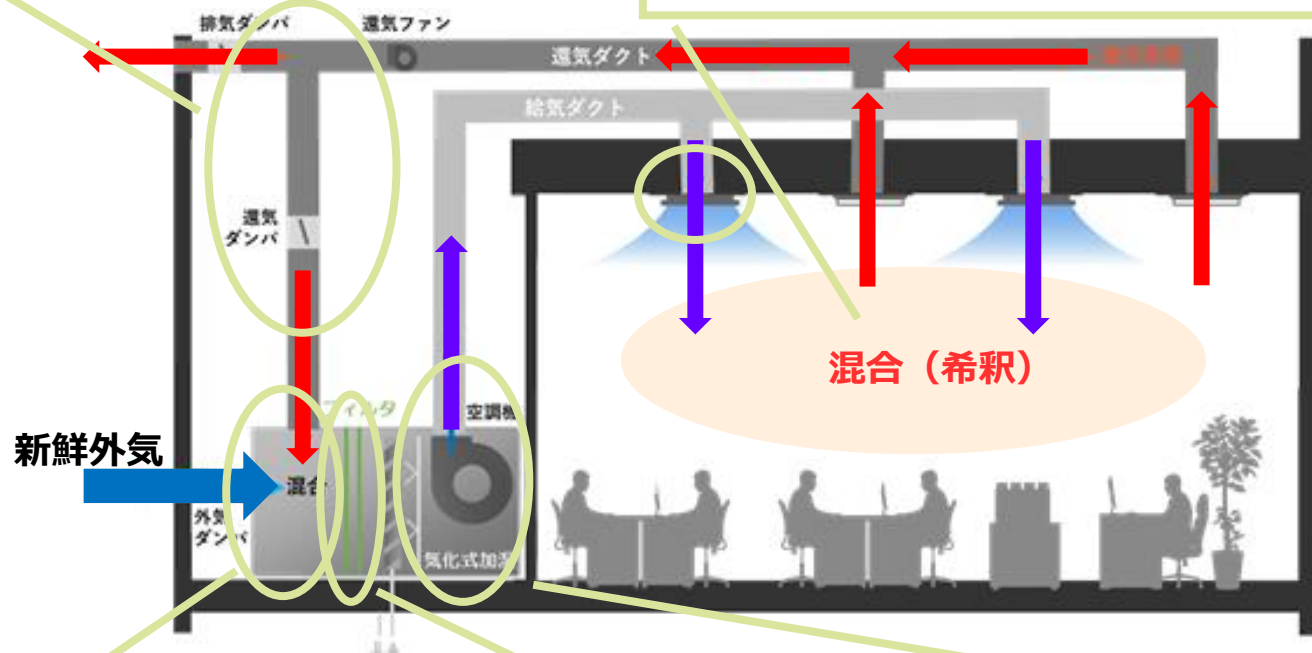


FCU（ファンコイルユニット）、PAC（パッケージ型空調機）では、室内の空気を室内機内に取り込み温めたり、冷やしたりした後室内に供給する。室内機の中に室内の空気を循環させるだけのため、換気のためには**別途機械換気設備の設置**や、**窓の開閉等**が必要となる。

機械換気による方法：セントラル空調方式の場合

室内の空気の一部または全てを排気する。
排気する室内空気の量は制御可能

後述するビル管理法または建築基準法の基準を満足するよう運転されている場合には、**良好な換気を目安を満足することが可能となり、窓開け等による自然換気を行う必要性は低い**



室内から戻ってきた空気と取り入れた**新鮮外気を混合**。(全外気運転とする場合には設備設計上の対応が必要)

フィルターにより空気中の**粉塵やウイルス等の捕集**を行う

室内に供給する空気の**温度と量を制御**する

セントラル空調方式では、室内から戻った空気に新鮮外気を混合することで窓の開閉等による直接外気の取り込みを行わなくても換気が可能となっている。また一般的な空調調和機に使用されている中性能フィルターでは、ウイルスの捕集も行われるため、実際に室内に供給される空気は、換気による希釈とフィルターによる捕集でウイルス等の濃度が低い空気となるため、窓等の開閉による室内での希釈に比べ、より効率的に希釈を行えていると言える。

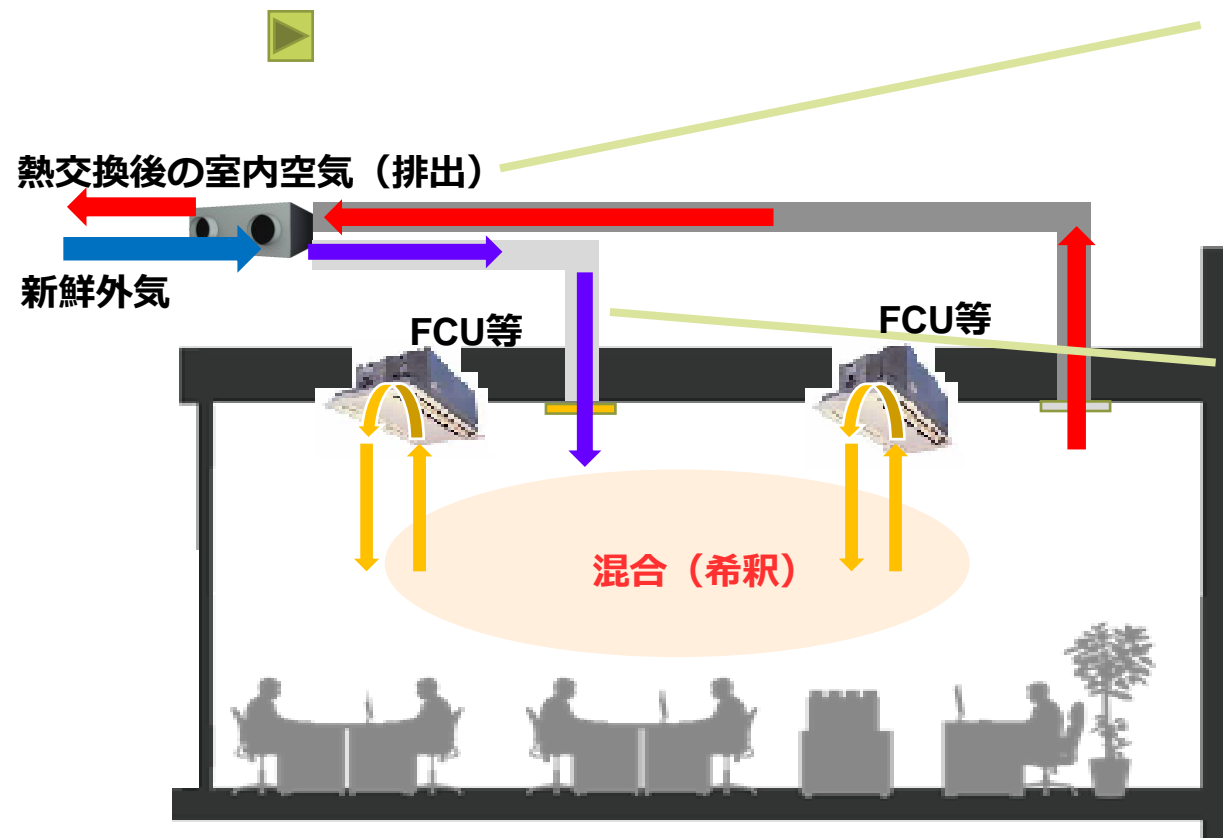
参考：

2021年4月1日 公益社団法人 空気調和・衛生工学会 発行の“新型コロナウイルス感染対策としての空調・衛生設備の運用について”では、一般的な空調機に使用されているフィルター(MERV13)によってインフルエンザウイルスの粒径別の構成比から求めたインフルエンザウイルスのシングルパス捕集率は78%として説明している。

注：高性能なフィルターとしてHEPAフィルターが存在していますが、一般の粉塵が舞うような環境下での使用時にはメンテナンスをこまめに行う等の配慮が必要となります。

機械換気による方法：個別空調方式の場合

全熱交換機を使った機械換気設備を使用している場合



全熱交換機により、排気される室内空気と取り込まれる新鮮外気間の熱交換を行う。(例;夏場は冷えた室内の空気をそのまま排気するのではなく、全熱交換機を通すことで暑い外気の温度を冷えた室内の空気で冷やすことで、室内に供給される外気の温度を下げる事が可能)

全熱交換機により、熱交換された空気は外気の温度が室温に近づくよう変化していますが、空気調和設備のように室内の空気の温度を調整する(下げる、上げる)ほどの温度とはなっていないので、個別空調設備による空調が必要になります。

個別空調方式でも、全熱交換機のような機械式の換気設備が導入されている場合には、ウイルス等を含んだ室内空気を室外に排気し、排気量に見合った新鮮外気を取り込むことが可能となります。窓の開閉等により直接外気を取り込みを行わなくても換気が可能となっています。

機械換気における換気風量設計

☆ 新型コロナウイルス感染症対策で注目されている数値

・必要換気量: 一人あたり $30\text{m}^3/\text{h}$
 空気調和・衛生工学会規格「人体から発生するCO₂に基づき、ビル管理法の基準」
 (CO₂濃度:1000ppm等)を満たすように算出した値

・換気回数: 2回/h以上
 国際保健機構(WHO)「結核とほかの拡散」と「換気回数2回/h未満の診療室」との関連が根拠
 Menzies et al. (2000), Bloch et al.(1985)

☆ 空気調和設備設計時の換気風量表例

室名	面積 [m ²]	天井高 [m]	室容積 [m ³]	単位風量 [m ³ /h人]	人員(密度より)			人員(計画より)		24時間換気	
					在室密度 [m ² 人]	人員 [人]	換気風量 [m ³ /h]	人員 [人]	換気風量 [m ³ /h]	決定風量 [m ³ /h]	換気回数 [回/h]
居室A	300.00	2.80	840	30	4.2	72	2160			2200	2.6

人数想定: 多数の参考データあり

- 人員密度[人/m²]
- ・事務室 0.15
 - ・会議室 0.3 など
- 在室密度[m²/人]
- ・事務室 4.2
 - ・商店売場 3.3
 - ・ホテル客室 10.0
 - ・住宅 3.3

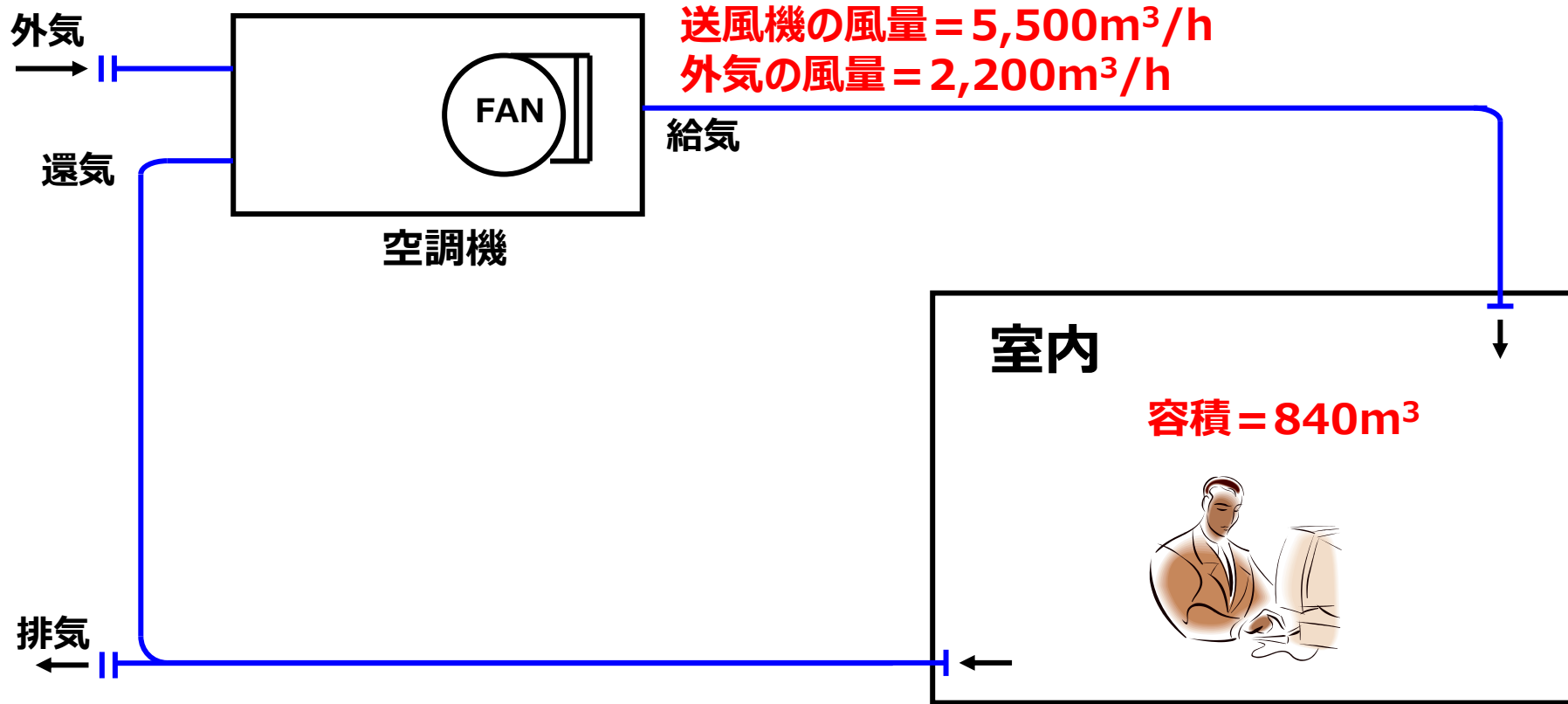
建物用途に応じて計数を決定

換気風量(必要な換気風量)
 (必要単位風量、想定人員より必要換気風量を算出)
 換気風量 = 30×72

人員(想定する在室人数)
 (部屋面積、在室密度より人員を算出)
 人員 = $300 \div 4.2$

換気回数
 換気回数 = $2200 \div 840$

換気回数とは



換気回数とは、対象室（ゾーン）の空気、を1時間当たりに「何回」入替えることが出来るか？を表します。

上図の例では、室内循環空気の換気回数は $5,500 \div 840 = 6.6$ 回（/h）、外気の換気回数は $2,200 \div 840 = 2.6$ 回（/h）となります。

※換気回数は、室内循環風量を示す場合と外気量を示す場合があり要注意
⇒感染対策上は外気量が重要

換気に関する法規制：ビル管理法

推奨される換気の方法として、「ビル管理法の基準に適合していれば必要換気量を満たしている」と考えられるとされています。ではビル管理法とは？

正式名称：建築物における衛生的環境の確保に関する法律

目的：ビルの衛生環境を向上させ、安全に管理すること。具体的には、不特定多数の人が利用するビルを清潔な状態で利用できるように、**空気**、水、衛生（清掃、害虫駆除など）についての**管理項目**を定めて、設備をきちんとメンテナンスし、正常な状態に維持するように求めています。

→ 推奨される換気方法としては、**空気の基準**を満たすことを推奨している。

対象建物：不特定多数の人が利用する「特定建築物」で、用途としては、デパートなどの規模の大きな商業施設や、映画館、劇場といった娯楽施設、博物館・美術館、ホテルや学校、オフィスビル・事務所などが相当します。

規模としては、特定用途に使われる床面積が、**商業施設等の場合3,000平方メートル以上**、学校の場合8,000平方メートル以上があてはまります。

マンションや**病院**、介護施設、工場などは、「特殊な環境であること」「一般とは異なる設備を持つ建物であること」などの理由から、**ビル管理法の対象になっていません**。

→ 病院における空調設備設計においては、クリーン度の要求度合いにより異なりますが、各エリアにおいては特定建築物以上の空気の洗浄度が確保できる設計基準となっていることが一般的です。（小規模の病院、小規模建物内のクリニック等は除く）

具体的には次頁の空気環境基準を満たすことを求められ、そのためには換気機能を有した空気調和設備や、専用の機械換気設備の運転やメンテナンスを実施する必要があります。この**基準を満たすためには設備設計上良好な換気の目安である必要換気量(1人当たり毎時30m³)や換気回数(毎時2回以上)以上を満たす設備の必要があり**、結果として基準に沿った運用がされている建物は必要な換気が出来ていると考えられます。

換気に関する法規制：ビル管理法

ビル管理法における空気環境の基準

項目	空気調和設備の基準	専用の機械換気設備の基準
浮遊粉塵の量	0.15mg/m ³ 以下	
一酸化炭素の含有量	100万文の10以下 (=10ppm以下) 特例として外気が既に10ppm以上の場合20ppm以下	
二酸化炭素の含有量	100万分の1000以下 (=1000ppm以下)	
温度	1. 17°C以上28°C以下 2. 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしない40%	-
相対湿度	40%以上70%以下	-
気流	0.5m/秒以下	
ホルムアルデヒドの量	0.1mg/m ³ 以下 (=0.08ppm以下)	

← 換気による排出およびフィルターによる捕集

← 換気による新鮮外気との混合による希釈

設備設計時には、居室(空調調和機がカバーする居室)の広さ(m³)、使用人数想定(人)から、基準を満たすための換気設備の設計を行います

← 換気による新鮮外気との混合による希釈

一般社団法人ビルディング・オートメーション協会の報告では特定建築物において新築の建物では概ね十分な換気量を確保できているが、既設の建物では**CO2濃度の不適合率**(1000ppmOverしている率)が上昇してきているとの報告がある。設備の運用とメンテナンスの徹底が重要である。

十分な換気がなされていない可能性有

換気に関する法規制：建築基準法

厚生労働省が参考としているビル管理法において、病院は特定建築物となっておらず規制の対象外となつていますが、建築基準法においては病院も報告義務(定期報告制度(12条点検))を有した特定建築物となつており、相応の設備の運用とメンテナンス、報告が求められています。

【建築基準法における特定建築物抜粋】

以下の用途に使われる建物で、その用途に使われる床面積が200㎡以上あるもの

用途	規模
劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場など	・3階以上の階にあるもの ・客席の床面積が200㎡以上のもの ・地階にあるもの ・主階が1階にない劇場、映画館、演芸場
病院、有床診療所 、ホテル、旅館、就寝用福祉施設 (※別注参照)	・3階以上の階にあるもの ・2階の床面積が300㎡以上のもの ・地階にあるもの
体育館、博物館、美術館、図書館、ボーリング場、スキー場、スケート場、水泳場、スポーツ練習場 (いずれも学校に附属するものを除く)	・3階以上の階にあるもの ・床面積が2,000㎡以上のもの
百貨店、マーケット、展示場、キャバレー、カフェー、ナイトクラブ、バー、ダンスホール、遊技場、公衆浴場、待合、料理店、飲食店公衆浴場、待合、料理店、飲食店、物品販売業を営む店舗	・3階以上の階にあるもの ・2階の床面積が500㎡以上のもの ・床面積が3,000㎡以上のもの ・地階にあるもの

上記は国が政令で指定する建築物であり、特定行政庁がそれぞれ指定する建築物の基準が別途存在しています。

「12条点検」については下記Webサイトに分かりやすく解説されています

<https://bilumen-taishi.jp/article-12-inspection>

【定期報告制度(12条点検)】

報告周期: 概ね6か月～1年の間隔において特定行政庁が定める時期(建築設備)

建築設備の点検項目: 給排水設備
換気設備
非常照明設備
排煙設備

機械換気設備の判定基準(抜粋):

令第二十条の二第一号 ロの規定に適合しないこと。ただし、風速の測定が困難な場合において、在室者がほぼ設計定員において、還気の二酸化炭素含有率又は還気と外気の二酸化炭素含有率の差を検知管法又はこれと同等以上の測定方法により確認した場合にあっては、**還気の二酸化炭素含有率が百万分の千を超えていること**又は還気と外気の二酸化炭素含有率の差が百万分の六百五十を超えていること。

「CO2濃度1000ppmを超えないこと」

病院の空調設備設計ガイドライン

	発行者など	感染制御に関する主な施設基準 (2005~2012)
日本	厚生労働省	医療施設における院内感染の防止について (2005)
		感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律 (2006改正)
		医療施設等における院内感染対策について (2011)
		無菌治療室加算の施設基準 (2012)
	日本建築学会	微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説 (2005)
	国公立大学付属病院感染対策協議会	病院感染対策ガイドライン (2012)
	日本造血細胞移植学会	造血細胞移植ガイドライン第2版 (2012)
米国	CDC (米国疾病管理予防センター) Centers for Disease Control and Prevention	医療環境における結核菌伝播予防のためのガイドライン (2005)
		多剤耐性菌対策のガイドライン (2006)
		隔離予防策のガイドライン (2007)
		医療施設におけるノロウイルス胃腸炎のアウトブレイクの予防と制御のためのガイドライン (2011)
		その他
	AIA (米国建築協会) American Institute of Architects	Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities (2006)
	FGI (施設ガイドライン協会) The Facility Guidelines Institute	Guidelines FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF Health Care Facilities (2010)
ASHRAE (米国暖房冷凍空調学会) American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	ASHRAE Handbook	

「病院設備設計ガイドライン(空調設備編)」

(HEAS-02-2013)※

日本医療福祉設備協会 発行

※HEAS: Healthcare Engineering Association of Japan Standard



反映



病院の空調設備設計ガイドライン

【参考】 温湿度条件

表3.3-1 主要室の温湿度条件（設計条件）

部 門	室 名	夏 期		冬 期		備 考
		乾球温度 DB(°C)	相対湿度 RH(%)	乾球温度 DB(°C)	相対湿度 RH(%)	
病 棟 部	病室	24~ <u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60	22~ <u>23</u> ~24	40~ <u>50</u>	窓側冷輻射や日射の影響に注意する
	スタッフステーション デイルーム	25~ <u>26</u> ~27 <u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60 <u>50</u> ~60	20~ <u>22</u> 21~ <u>22</u>	40~ <u>50</u> 40~ <u>50</u>	
外来診療部	診察室	<u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60	22~ <u>24</u>	40~ <u>50</u>	待合室より温度は高めにする
	待合室	<u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60	22~ <u>24</u>	40~ <u>50</u>	
	調剤室	<u>25</u> ~26	<u>50</u> ~55	20~ <u>22</u>	40~ <u>50</u>	
	緊急手術室	23~ <u>24</u> ~26	<u>50</u> ~60	22~ <u>26</u>	45~ <u>55</u> ~60	
中央診療部	手術室	23~ <u>24</u> ~26	<u>50</u> ~60	22~ <u>26</u>	45~ <u>55</u> ~60	高温度設定要求もある 機器発熱対応が必要 輻射暖房が望ましい
	回復室	<u>24</u> ~26	<u>50</u> ~60	23~ <u>25</u>	45~ <u>50</u> ~55	
	ICU	<u>24</u> ~26	<u>50</u> ~60	23~ <u>25</u>	45~ <u>50</u> ~55	
	分娩室	24~ <u>25</u> ~26	<u>50</u> ~60	23~ <u>25</u>	45~ <u>50</u> ~55	
	新生児・未熟児室	<u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60	25~ <u>27</u>	45~ <u>55</u> ~60	
	一般検査室	25~ <u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60	20~ <u>22</u>	40~ <u>50</u>	
	X線撮影室	<u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60	24~ <u>25</u>	40~ <u>50</u>	
	X線操作室	25~ <u>26</u>	<u>50</u> ~60	20~ <u>22</u>	40~ <u>50</u>	
	水治療室	26~ <u>27</u>	<u>50</u> ~65	26~ <u>28</u>	<u>50</u> ~65	
	解剖室	<u>24</u> ~26	<u>50</u> ~60	20~ <u>22</u>	40~ <u>50</u>	
供 給 部	厨房	「病院給食システムの設計・管理指針」による				
	洗濯室(作業域周辺)	30 以下	70 以下	15 以下	40 以下	
	材料部諸室	<u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60	20~ <u>22</u>	40~ <u>50</u>	
管 理 部	一般居室	<u>26</u> ~27	<u>50</u> ~60	20~ <u>22</u>	40~ <u>50</u>	

病室では
夏期:26°C、50%RH
冬期:23°C、50%RH
が基準となる

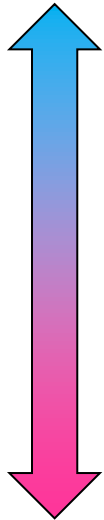
- (注) 1) 表中アンダーラインを付けた数値は空調機器設計のための設計条件値を示す。
2) 夏期日射や高温機器の輻射熱、冬期窓などからの冷輻射の影響を受ける場合は、考慮すること。

出典： 日本医療福祉設備協会 「病院設備設計ガイドライン(空調設備編)」(HEAS-02-2013)P26

病院の空調設備設計ガイドライン

【参考】清浄度クラスと換気条件（一部抜粋） 換気回数

清浄エリア
Clean



汚染エリア
Dirty

清浄度クラス	名称	該当室 (代表例)	最小風量のめやす (回/h)		室内圧 P：陽圧 E：等圧 N：陰圧	給気最終 フィルタ種類
			外気量	室内循環 風量		
I	高度清潔区域	バイオクリーン手術室 易感染患者病室	5	---	P	HEPA
			2	15		
II	清潔区域	一般手術室	3	15	P	高性能
III	準清潔区域	未熟児室	3	10	P	中性能 (高性能に近い)
		膀胱鏡・血管造影室	3	15		
		手術室手洗いコーナー	2	6		
		ICU/CCU/NICU	2	6		
		分娩室	2	6		
IV	一般清潔区域	一般病室、診察室、待合室、 救急外来、製剤室、人工 透析室、消化器内視鏡室、 材料部、手術回復室、X線 撮影室、理学療法室 新生児室	2	6	E	中性能
			全排気	6	N	
2	6					
2	12					
2	12					
全排気	12					
V	汚染管理区域	RI管理区域諸、 細菌・病理検査室	2	6	N	中性能
		感染症用隔離病室	2	12		
		隔離診察室、内視鏡室	2	12		
		解剖室	全排気	12		
		患者用便所	---	10		
拡散防止区域	使用済みネン室 汚物処理室 霊安室	---	10	N	特に規定 しない	
		---	10			
		---	10			
		---	10			

【参考】 室圧管理を行う場合の代表的な目標値

表 2.5-1 室圧管理を行う場合の代表的な管理目標値

用途	管理目標値	出典	
手術室など	<u>+ 2.5 Pa</u>	(1)	陽圧
防御環境 (PE)	<u>+ 2.5 ~ 8.0 Pa</u>	(2)	陽圧
空気感染隔離 (AII)	<u>- 2.5 Pa</u>	(2)	陰圧

(1) : ASHRAE Standard

(2) : Centers for Disease Control and prevention (CDC)

注1) 上記の各室は、室圧管理が必須条件ではない。

注2) 防護環境 (PE) 室は、+ 8.0Pa が望ましい。

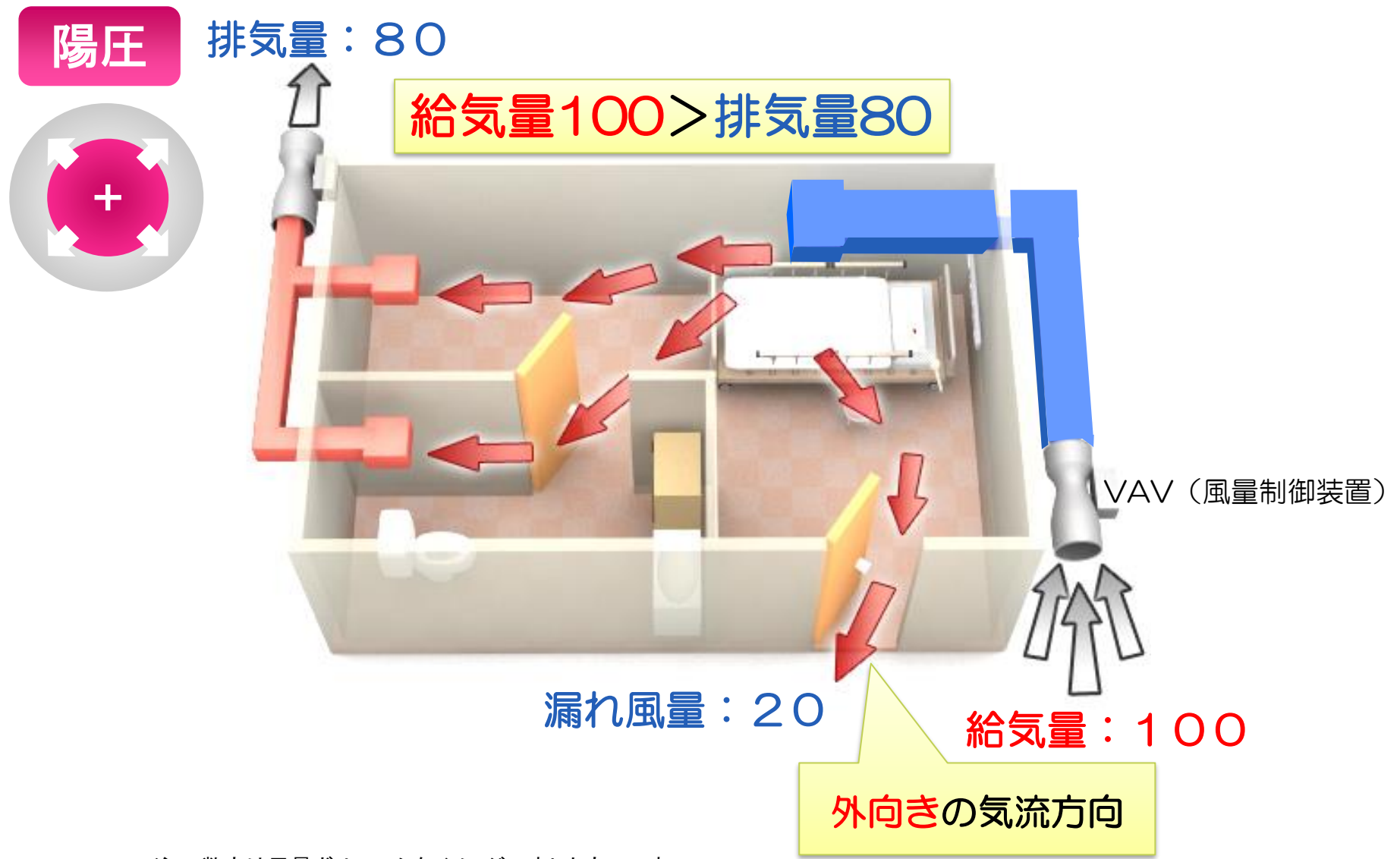
出典： 日本医療福祉設備協会 「病院設備設計ガイドライン(空調設備編)」(HEAS-02-2013)P15

1Pa (パスカル) = 1N (ニュートン) ÷ m²

※100Pa=1hPa (ヘクトパスカル) = 1mbar (ミリバール)

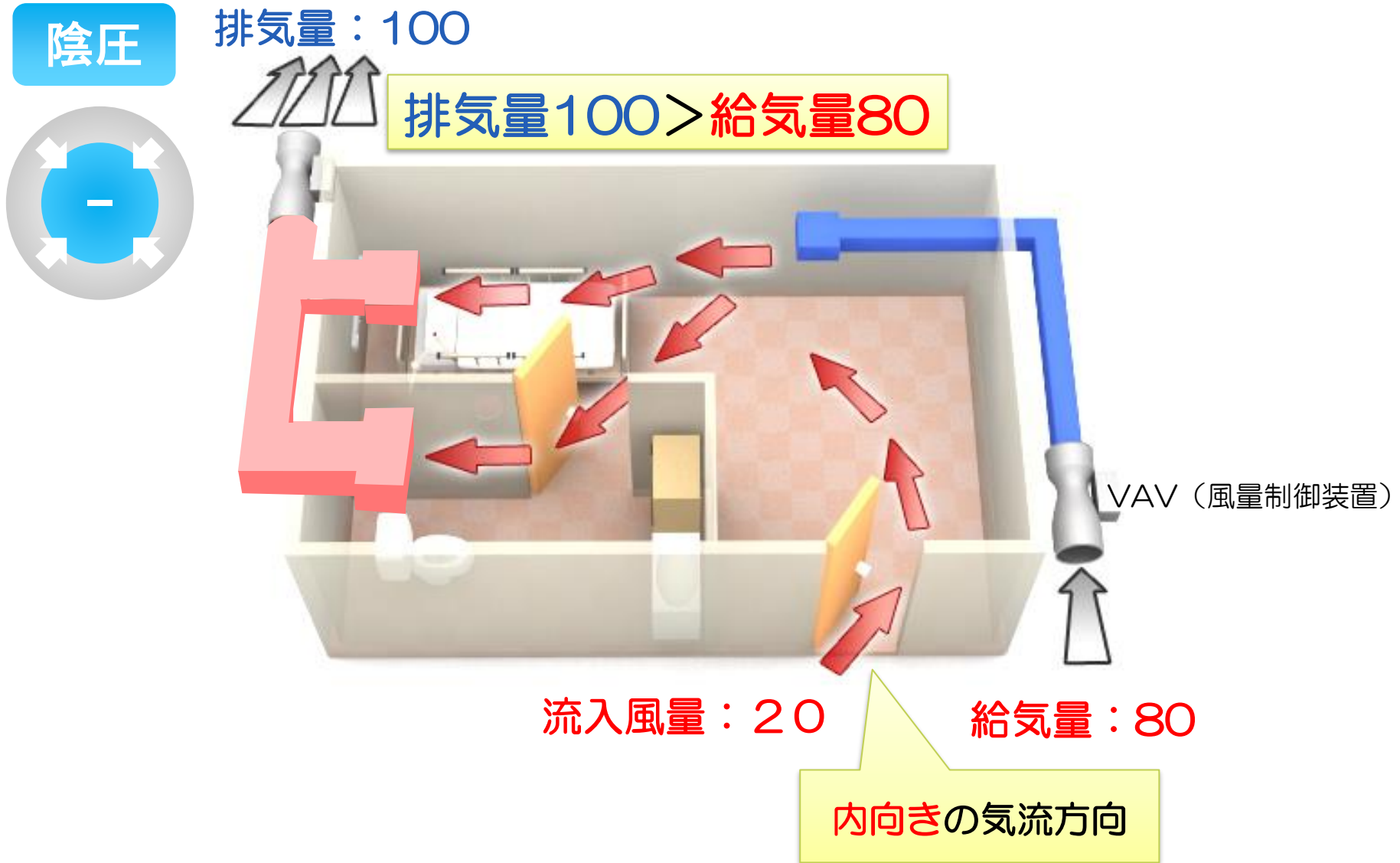
※1気圧=100,000Pa=1,000hPa=1bar

陰圧・陽圧とは



注：数字は風量ボリュームをイメージで表したものです。
実際の現場では異なります。

陰圧・陽圧とは



注：数字は風量ボリュームをイメージで表したものです。
実際の現場では異なります。

特定建築物に該当しない建物の換気方法

特定建築物に該当しない建物(病院等)であっても、セントラル空調方式が採用されている建物や専用の機械換気設備が導入されている建物においては、前述の「機械換気による方法」で、必要な換気の確保が可能となります。ビル管理法の基準に基づく設備の運用が行われるように努めることが求められます。ここでは、機械換気設備が導入されていない小規模な建物等で換気方法について説明します。

【窓の開放による方法】

厚生労働省の推奨する窓の開放による換気の方法として

- ① 換気回数を毎時2回以上(30分に1回以上、数分間程度窓を全開する)とする。
- ② 空気の流れを作るため複数の窓がある場合、二方向の壁の窓を開放する。
換気回数とは、部屋の空気が全て外気と入れ替わる回数をいう。

としていますが、部屋の空気を全て入れ替えるに必要な窓の開放回数・開放時間を算出することは非常に困難と言えます。(「窓の開放による換気時間の目安」を後述します。)

実際には空気の流れ(風の抜け)や窓の大きさ、向き、数、風量によって変化しますので、極力効率良く換気が出る方法に努める必要があります。

日本放送協会(NHK)のホームページにて、換気に関する実験映像がありますので、換気方法による換気効率の違いを実感していただければと思います。

[“可視化”でまるわかり！新型コロナ対策の新常識 | NHK](#)

22㎡の部屋で実験し部屋の空気が全て入れ替わるまでの時間は以下の通り：

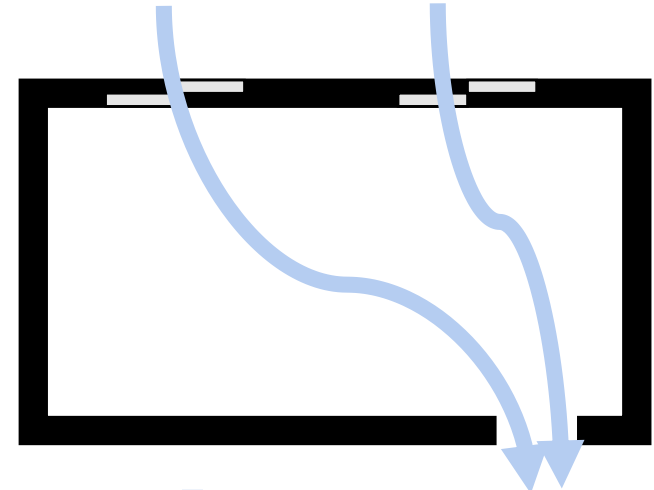
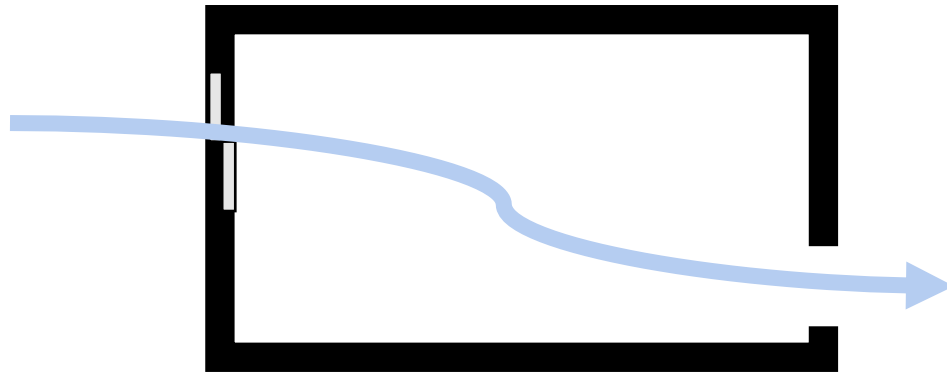
2か所換気 = 7分 ・ 1か所換気 = 45分 ・ 1か所換気 + 扇風機 = 21分 ・ 1か所換気 + 扇風機 + サーキュレーター = 12分

窓の開放による換気方法例

窓開放による換気を行う場合には、**空気の流れを意識**する必要があります。
建物(部屋)の構造によって外気の取り入れる窓と排気(室内の空気の排出)を行う窓、空気の流れを作るためのサーキュレータや扇風機の設置位置を考慮してください。(前頁のNHKのテスト映像でも示すように効果的な換気を行うためには空気の入りと出、空気の流れを意識する必要があります。)

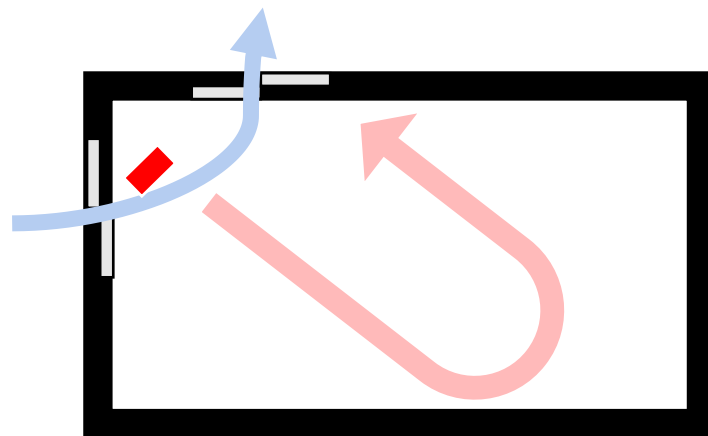
良い例

・向い合わせた開口(窓とドア)によって外気の取入と排気を一方向とする。

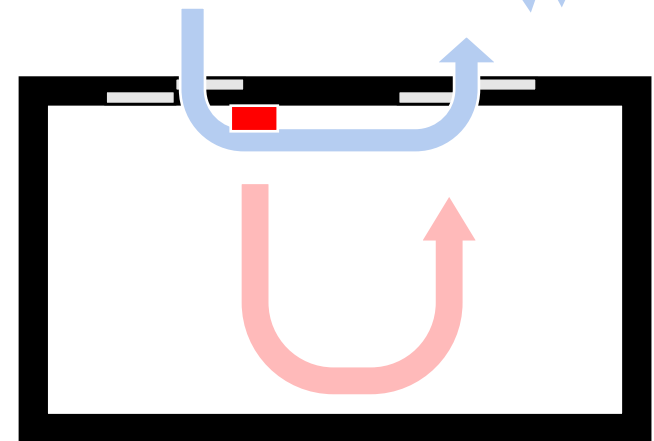


悪い例

・別途サーキュレータ等を使い部屋全体に空気が廻るよう配慮が必要



サーキュレータによる風例



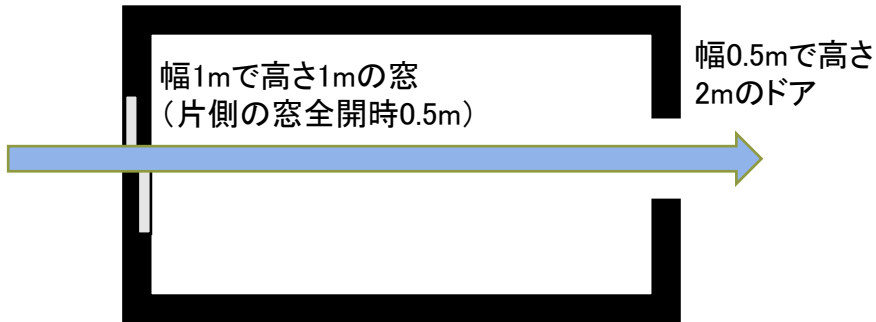
サーキュレータによる風例

窓の開放による換気時間の目安

窓開放による換気を行う場合には、どのくらいの開放面積で何分間窓を開ければ良いのか分かりにくいと言われます。前述のように窓の位置、窓の数や室内に置かれた物、排気側の窓の位置等により風の流が異なり簡単に算出することは困難と言えます。

ここでは、参考として考え方について解説してみたいと思います。(取り入れた外気量と同じ量だけ排気される部屋と仮定しての考え方)

仮定部屋



床面積300㎡で高さ2.8mの部屋

部屋の容積は、 $300\text{m}^2 \times 2.8\text{m} = 840\text{m}^3$ となり換気回数2回を達成するためには、**1680m³の外気を1時間内に取り込む必要**がある。

<30m³/hの外気を確保するには>
風の強さが3m/sec = 10,800m³/hならば
 $30\text{m}^3/\text{h} \div 10,800\text{m}^3/\text{h} = 0.0028\text{m}^2 = 0.053\text{m} \times 0.053\text{m} =$
約5cm×5cmの開口部を1Hr開けておけばよい

計算上の窓の開放時間

片側全開時:解放面積 0.5m²

風の強さ:3m/s

換気回数2回となるための開放時間

$$1680\text{m}^3 \div (0.5\text{m}^2 \times 3\text{m/s}) = 1120\text{s}$$

となり、**1時間の間に18.7分間窓の開放が必要**なる。(実際には室内で空気が流れが妨げられる場合がほとんどの為上記時間は最低開放時間と捉えるのが良い。)

十分な排気側の面積が取れると仮定すると、開放時間を短くするためには、外気を取り入れる開放面積を増やす(開放する窓を増やす)、風の強い向きの窓を開ける(風向きによって開放する窓を変える)といった方法が効率的であると言えます。

風の強さの目安

風力	名称	風速(m/s)	陸上の状況
0	平穏	0.0~0.2	静穏、煙がまっすぐ上昇。
1	至軽風	0.3~1.5	煙がなびく。
2	軽風	1.6~3.3	顔に風を感じる。木の葉がゆれる。
3	軟風	3.4~5.4	木の葉や細い枝がたえず動く。旗がはためく。
4	和風	5.5~7.9	砂ほこりがたち、紙片が舞う。小枝が動く。
5	疾風	8.0~10.7	葉の茂った樹木がゆれ、池や沼にも波頭がたつ。
6	雄風	10.8~13.8	大枝が動き、電線が鳴る。傘の使用困難となる。
7	強風	13.9~17.1	樹木全体がゆれる。風に向かうと歩きにくい。

気象庁風力階級表より抜粋

参考：粒径別最小捕集率報告書(MERVs)と比色法捕集率

MERV	0.3-1.0 μm	1.0-3.0 μm	3.0-10 μm	比色法
1	n/a	n/a	E3<20	-
2	n/a	n/a	E3<20	-
3	n/a	n/a	E3<20	-
4	n/a	n/a	E3<20	-
5	n/a	n/a	20 ≤ E3	-
6	n/a	n/a	35 ≤ E3	-
7	n/a	n/a	50 ≤ E3	40
8	n/a	20 ≤ E ₂	70 ≤ E3	40
9	n/a	35 ≤ E ₂	75 ≤ E3	50
10	n/a	50 ≤ E ₂	80 ≤ E3	50
11	20 ≤ E ₁	65 ≤ E ₂	85 ≤ E3	60
12	35 ≤ E ₁	80 ≤ E ₂	90 ≤ E3	75
13	50 ≤ E ₁	85 ≤ E ₂	90 ≤ E3	90
14	75 ≤ E ₁	90 ≤ E ₂	95 ≤ E3	95
15	85 ≤ E ₁	90 ≤ E ₂	95 ≤ E3	98
16	95 ≤ E ₁	95 ≤ E ₂	95 ≤ E3	-

一般的なセントラル空調方式で使用される空気調和設備に使用される中性能フィルター

n/a: not available,

Source: ASHRAE Standard 52.2-2017.

高機能のフィルターとして**HEPAフィルター**が存在していますが、捕集率としては上記の**MERV16以上の捕集能力**を有しています。しかし高機能すぎるため、通常の室内で使用すると目詰まりしやすくなりメンテナンス等の運用に配慮が必要となります。
HEPAフィルター捕集能力: 定格風量で粒径が0.3 μmの粒子に対して99.97%以上の粒子捕集率を有しており、かつ初期圧力損失が245Pa以下の性能を持つエアフィルター

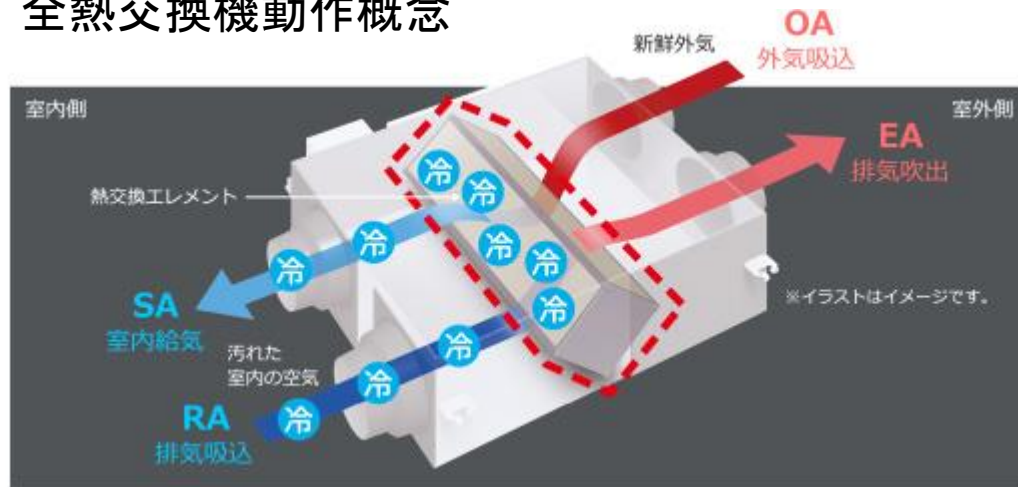
参考：全熱交換機とは

全熱交換機の概要は、ダイキン工業株式会社様のホームページにて分かりやすく解説されていますので、ご参照いただくと良いと思います。

ホームページアドレス：

[全熱交換器と換気扇との違いは？ | ダイキンプロショップ-業務用エアコン総合情報サイト \(daikinproshop.jp\)](http://daikinproshop.jp)

全熱交換機動作概念



全熱交換器の「熱交換エレメント」で室内からの空気と屋外からの空気を交差させて冷たい熱を移す。

上記ダイキン工業株式会社様ホームページより