換気量実測調査等まとめ

－ＢＡ協会Ｒ０２年度セミナー田中先生資料より－

２０２１年６月

一般社団法人
ビルディング・オートメーション協会

はじめに　－資料の位置づけ－

2021年5月初旬現在、3回目の非常事態宣言が国から発出され、短期間かつ強い対応によってコロナウィルス感染拡大を抑止する取り組みが進められている。我々の分野すなわち空調の計装、中央監視分野においても設備インフラを通して可能な限り良いシステムを、設備業界で関係する皆様のご指導を頂きながら、社会にお届けする必要がある。

その際、従前とは違い何について留意すべきであるのかを協会として検討しつつ令和2年度活動として、調査やセミナーを実施した。

この資料は2020年9月から12月にかけて実施された「事務所建物基準階に関する換気量の実測調査データ」及び2021年3月に開催されたセミナー「ニューノーマル時代のビル空調（計測・制御）」における名古屋大学田中教授資料、という二つの資料を使い協会として留意のまとめを試みた資料である。

フェーズとしては設計・改修など計画段階での計装の議論を意識している。

：使用資料のURL　http://ba-system.org/speach-public/

本件につき公益社団法人空気調和・衛生工学会の皆様、一般社団法人公共建築協会の皆様にはひとかたならぬご支援をいただきました紙面をお借りして御礼を申し上げます。

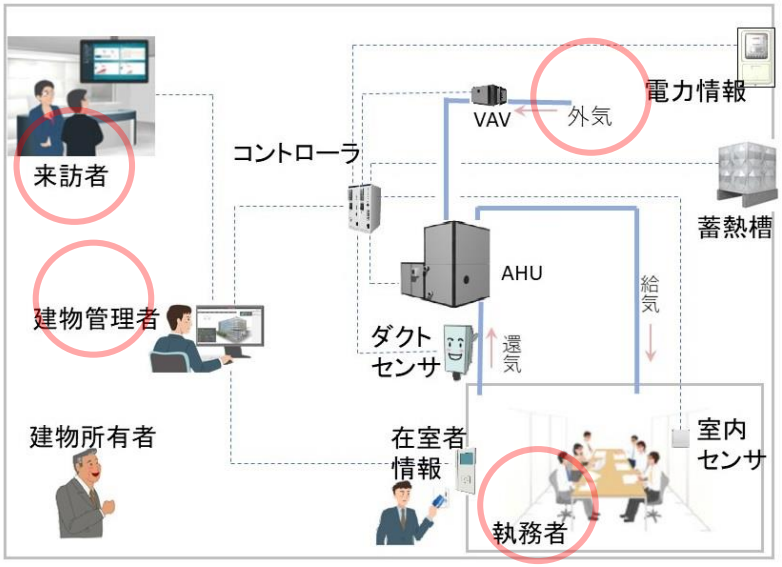
検討価値と建物のステイクホルダー、スライド　関係表

	項目	執務者	来訪者	管理者	地域・環境	所有者	備考	田中教授 関連スライド
1	外気利用の価値	○	○	－	○	（○）	外冷効果含む	２、３、７スライド
2	フィルターの価値	○	○	○	－	（○）		２スライド
3	湿度管理の価値	○	○	○	－	（○）		６スライド
4	省エネの価値	－	－	○	○	（○）		１０、１１スライド
5	ダクト活用の価値	－	－	○	－	（○）	空調方式比較	１２スライド
6	見える化の価値	○	○	○	○	（○）		１２スライド
7	在室情報の価値	○	○	－	－	（○）	情報フィードバック	２５スライド

BA協会

1．外気利用の価値　－空調方式－

空調システムでは室内空気質の維持だけでなく、外気冷房など省エネを目的として外気利用の価値をとらえてきた。コロナウイルスを中心とする感染症対策を求められる状況下では換気による室内の空気中の「ウイルス濃度の希釈」という新たな目的を今後の計装に取り込む必要がある。元々、取り入れ外気量の不足は、フィルターのメンテナンス不足が引き起こす課題として指摘されており（下記参照　個別分散熱源方式）外気利用はこれからの計装にとってさらに注目される項目となった。



は関連箇所を示す

取入外気量の実態について

2

既存建物の実測結果

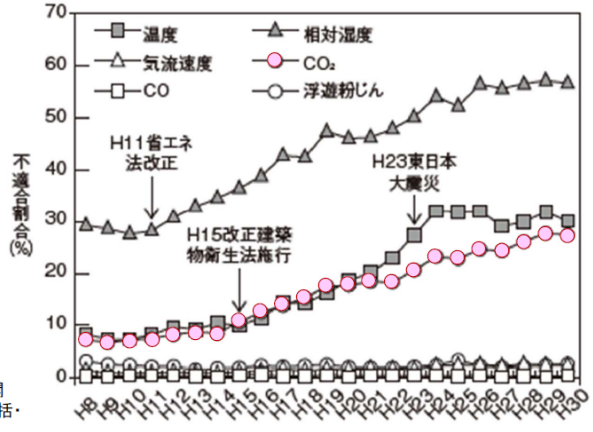
一般オフィスの換気回数
- 全風量(外気+循環空気)：６回/h
- 外気量：２回/h

立ち入り検査
- CO2濃度の不適合割合
- 増加傾向
- 中央方式：15.0%(N=412※)
- 個別方式：20.3%(N=74※)

※東京都内調査による

フィルタの目詰まりによる外気量不足は、個別方式でメンテナンスが十分至らないと顕著になってくると考えられる。

全国特定建築物立入検査等状況調査による
空気環境測定項目別の不適合割合

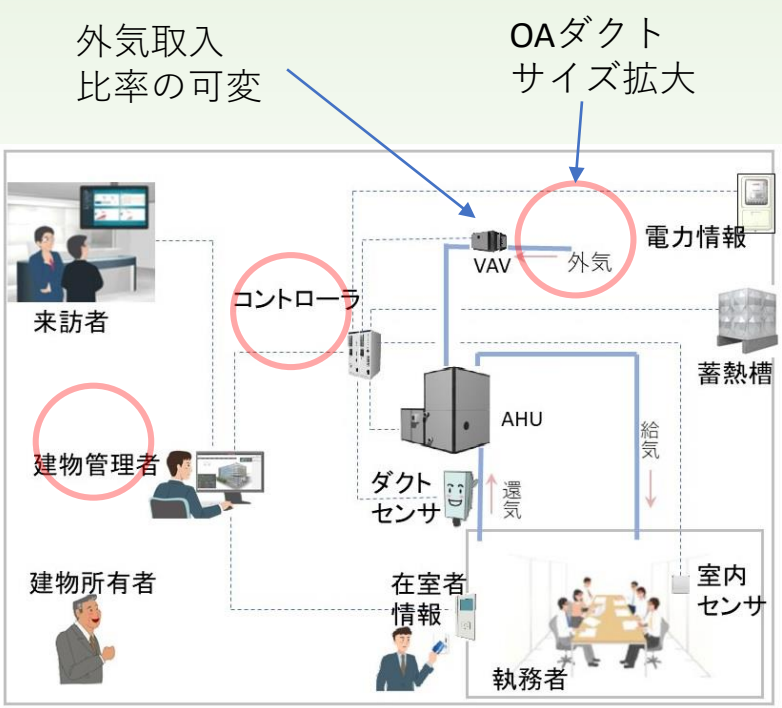


引用）大澤元毅ほか,「建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究＜課題番号：H20・健危・一般・009＞平成21～22年度総括・分担報告」厚生労働省健康局総務課地域保健室82P, 168P 2011

「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学　田中教授講演資料, BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

1．外気利用の価値　－自動制御－

大型建物以外は見送られがちだった計装として、室内の二酸化炭素濃度を対象としたCO_2制御、室内エンタルピーと外気エンタルピーを比較した外気冷房制御の２点が挙げられる。集中熱源－ダクト方式はこの２つの制御について外気の取り入れ量が可変なことを特長としている。これからの自動制御の提案としてはOA ダクトサイズを最大化し外気利用の可能性を高めること、特定の命令や状況で外気取り入れの容量が選択できることが求められる。



は関連箇所を示す

取入外気量の実態について

3

BA協会における実態調査

出所）2020年度：ビルディング・オートメション協会調査による

新築オフィスビルの換気量

- 基準階面積 400～2,000㎡ 対象（個別方式 5件, 中央方式 5件）
- 換気回数2回/h を概ね確保
- 外気量 30㎥/(h・人)以上が概ね確保（Xビル：通常時にこれを下回る）

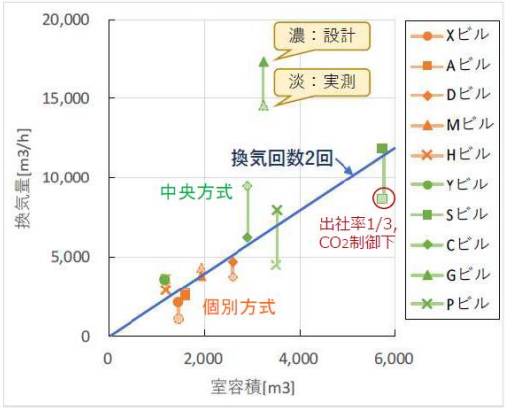


表４　在室一人当たりの換気量[㎥/(人h)]

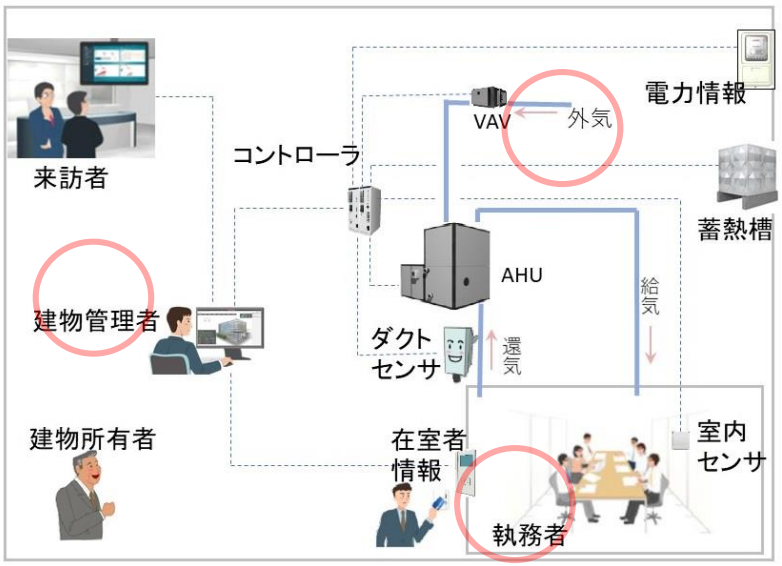
ビル記号	X	A	D	M	H	Y	S	C	G	P
通常	20	52	93	86	90	45	24	63	146	64
コロナ禍	29	104	93	143	90	65	68	78	183	64

通常＝実測換気量[㎥/h]／在室人数（通常）[人]
コロナ禍＝実測換気量[㎥/h]／在室人数（コロナ禍）[人]

「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学　田中教授講演資料, BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

1．外気利用の価値　－生産性－

今回、令和２年度のセミナーにおいて田中教授からＣＯ$_2$濃度と生産性に関するレポートが示された。また林准教授のウェルネス空調のセミナーにおいても居室における生産性を扱われており外気の取り入れ量と関連しつつ、（1）執務者の安心に貢献する－外気取り入れ、また（2）執務者の生産性向上に寄与する－ＣＯ$_2$の低濃度な状況の確保　という点は計装の新しい価値として注目すべきと考えられる。



は関連箇所を示す

外気量とプロダクティビティについて

7

換気量と学習効率

- ビデオ講義あとに確認テストを行って学習効率を測定
- 換気量と学習効果に相関性を確認

引用）後藤伴延，伊藤一秀：「若年層（16～22 歳）を対象とした温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討」，日本建築学会環境系論文集，No.655，pp.767-774，2010.9

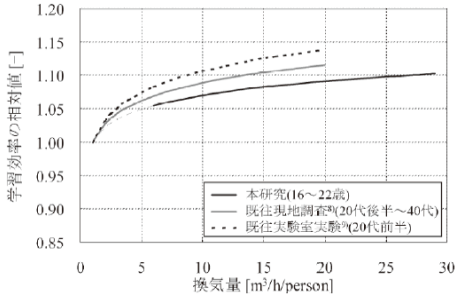


図 15　換気量と学習効率に関する既往研究との比較

CO2濃度と生産性

- ９種の能力を測定
（Strategic Management Simulation）
- 高濃度で明らかに能力低下
- 集中力を伴う作業・情報検索濃度による差異が少い

引用）Usha Satish, et al., "Is CO2 an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO2 Concentrations on Human Decision-Making Performance", Environmental Health Perspectives, Vol.120, No.12, 2012.12

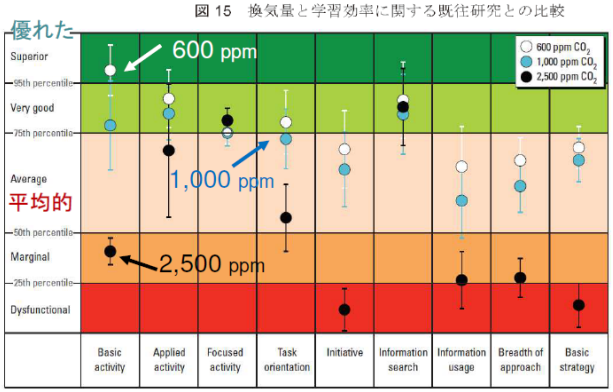


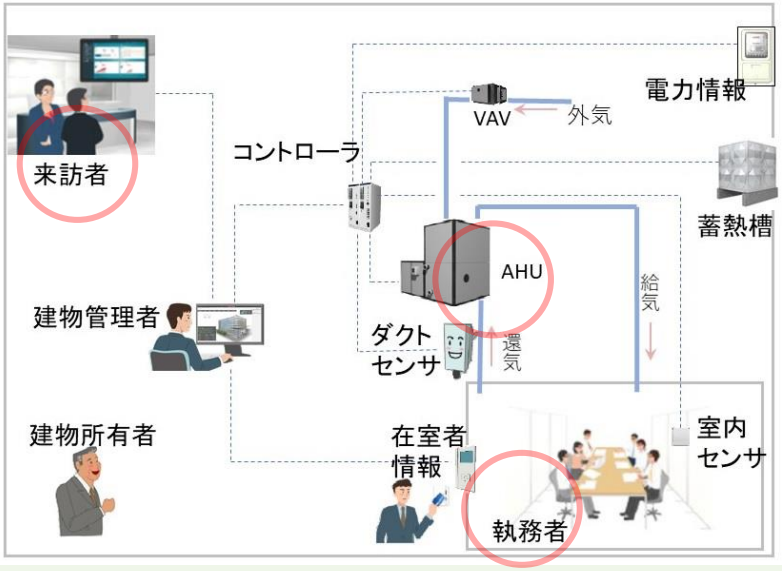
Figure 2. Impact of CO_2 on human decision-making performance. Error bars indicate 1 SD.

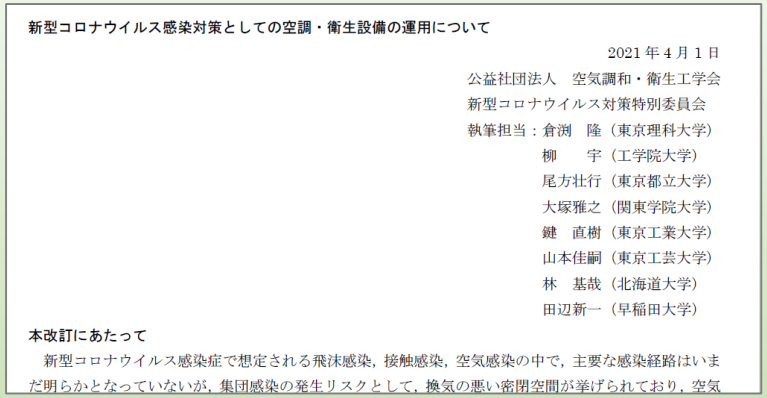
「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学　田中教授講演資料，BA協会オンラインセミナー，2021/3/3

BA協会

2．フィルターの価値　－循環空気のフィルターによる清浄－

空気調和衛生工学会が2021年4月1日に発行した「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「飛沫のサイズ、エアフィルターの捕集性能と保守管理」を記載している。MERV 13レベル（一般的なAHUで使用している中性能フィルターの仕様）においては通常の空気調和を実施することで10分ごとに室内から発生するウィルスの78%が除去されるとの推定が示されている。実測のヒアリング調査では専有部における個別分散空調のフィルター交換は、機械室におけるAHUのフィルター交換と比較し作業が困難との報告があるが、いずれの方式にせよフィルターの交換・清浄が更に重要となる。





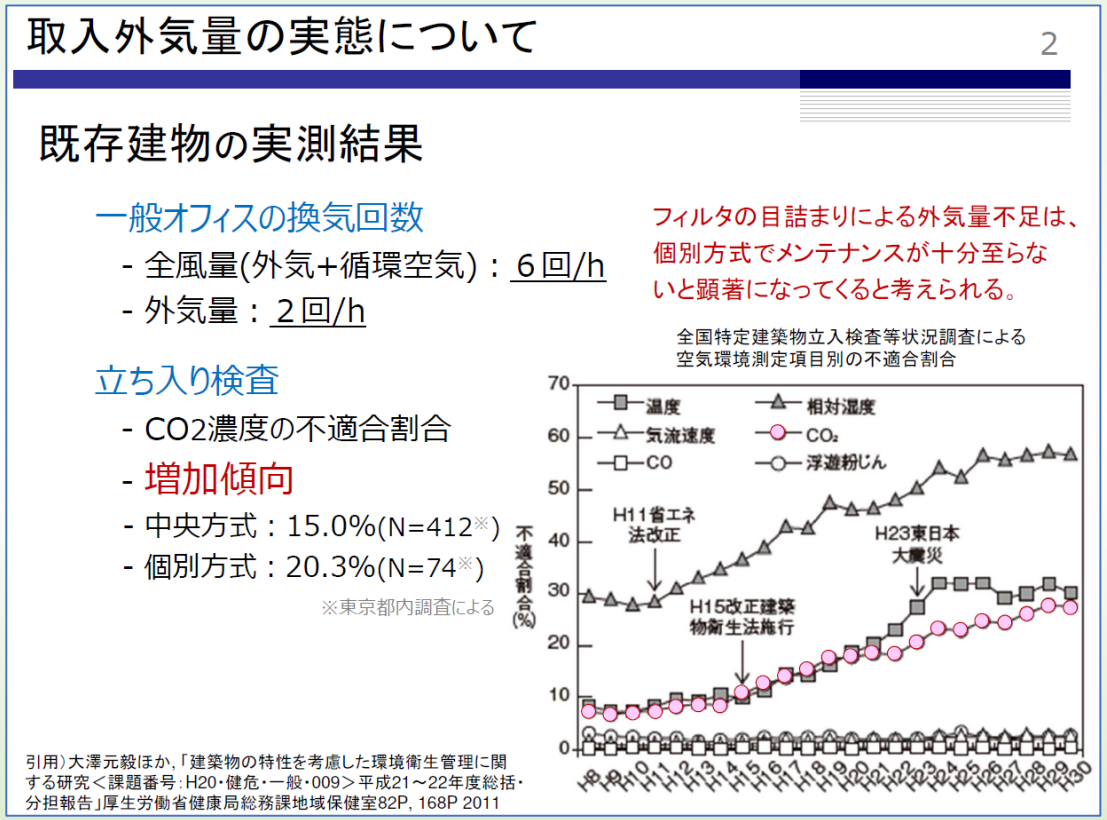
新型コロナウイルス感染対策としての空調・衛生設備の運用について

2021年4月1日

公益社団法人　空気調和・衛生工学会
新型コロナウイルス対策特別委員会
執筆担当：倉渕　隆（東京理科大学）
柳　宇（工学院大学）
尾方壮行（東京都立大学）
大塚雅之（関東学院大学）
鍵　直樹（東京工業大学）
山本佳嗣（東京工芸大学）
林　基哉（北海道大学）
田辺新一（早稲田大学）

本改訂にあたって

新型コロナウイルス感染症で想定される飛沫感染，接触感染，空気感染の中で，主要な感染経路はいまだ明らかとなっていないが，集団感染の発生リスクとして，換気の悪い密閉空間が挙げられており，空気



取入外気量の実態について　2

既存建物の実測結果

一般オフィスの換気回数
- 全風量(外気+循環空気)：6回/h
- 外気量：2回/h

立ち入り検査
- CO2濃度の不適合割合
- 増加傾向
- 中央方式：15.0%(N=412※)
- 個別方式：20.3%(N=74※)

※東京都内調査による

フィルタの目詰まりによる外気量不足は、個別方式でメンテナンスが十分至らないと顕著になってくると考えられる。

全国特定建築物立入検査等状況調査による
空気環境測定項目別の不適合割合

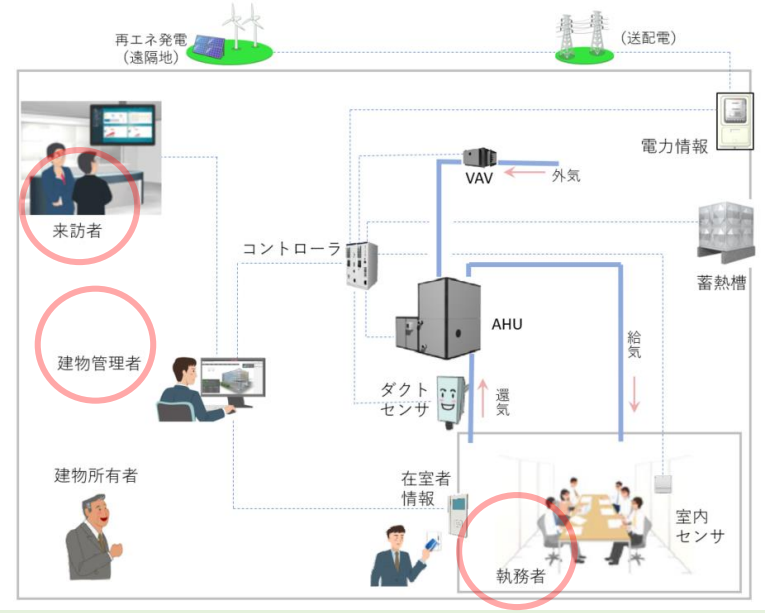
引用）大澤元毅ほか,「建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究＜課題番号:H20・健危・一般・009＞平成21～22年度総括・分担報告」厚生労働省健康局総務課地域保健室82P, 168P 2011

「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学田中教授講演資料，BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

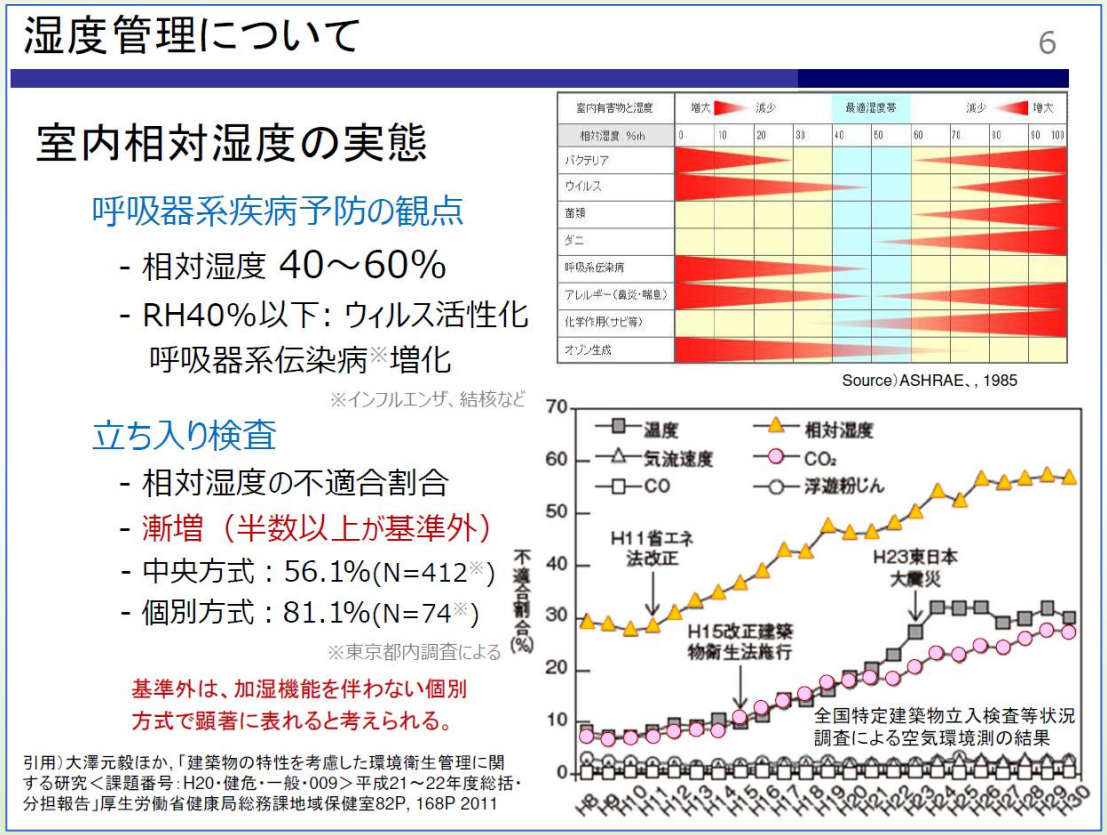
「新型コロナウイルス感染対策としての空調・衛生設備の運用について」公開資料, 公益社団法人 空気調和・衛生工学会, 2021/4/1

3．湿度管理の価値

冬期の湿度管理については設備施工会社・計装会社のいずれにとっても長年の課題の一つである。今回の名古屋大学　田中教授のセミナーによって改めて感染症対策の観点から湿度管理の必要性が示された。すなわちテナントからの乾燥感によるクレーム以外にもウイルスの活性化を抑制するという新しい価値が指摘されている。（東京都の）立入検査の「相対湿度不適合」についてはコロナ禍以前から漸増しており（下図）個別空調方式は加湿器の追加設置などが推奨される。



◯ は関連箇所を示す



「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学　田中教授講演資料, BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

4．省エネの価値

前述、外気利用の価値、湿度管理の価値は空調システムとして感染症対策のために新しく付加された価値である。一方、田中教授はシミュレーションツールを使用し外気量増により13%のエネルギーが増加することを指摘している。また実際2020年度では建物オーナーからエネルギー増加のコメントが寄せられた。

計装関係者としては増エネ（外気取り入れ増加）を意識しつつ、省エネ（CO_2濃度、在室人数）検討し計装・システムを提案する必要がある。

外気量とエネルギー消費

10

外気量”増”による影響

空調システム

- 空冷ビル用マルチ型パッケージ(EHP)
- 外気処理空調機（OAHU）
- 中間期：24℃、50% (5,10月)
- 冷房期：26℃、50% (6~9月)

導入外気量条件

- 30 ㎥/(h･人), 40 ㎥/(h･人)

シミュレーションツール

- MicroHASP/TES（熱負荷）
- LCEMツール lab改良版※

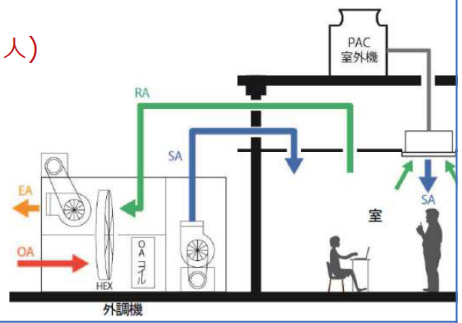
※外調機･EHP連携負荷処理モデル構築, 未処理室負荷による室環境変化を計算し次時間の機器処理に反映, dt=10分

計算対象建物

- 同建物モデル 基準階×10

■外調機給気条件　※( )内は冷水コイル出口

中間期型	梅雨期型	夏期型	梅雨期型	
5/1～6/10	6/11～7/23	7/24～9/3	9/4～10/15	10/
外調機20℃（再熱なし）	外調機16℃（再熱なし）	外調機16℃（12℃+再熱）	外調機16℃（再熱なし）	



外気量とエネルギー消費

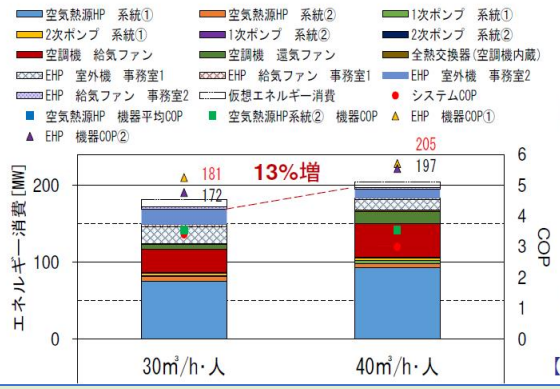
11

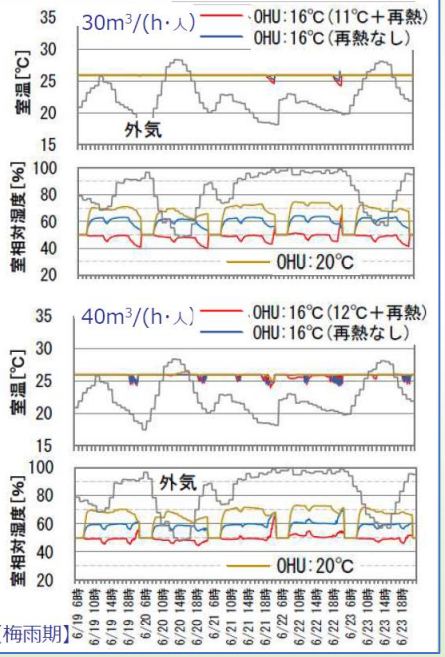
外気量”増”による影響

エネルギー消費

- 30 ㎥/(h･人)→ 40 ㎥/(h･人)
- 13%増（5月～10月）

→今後は温暖化･HIの影響も受ける

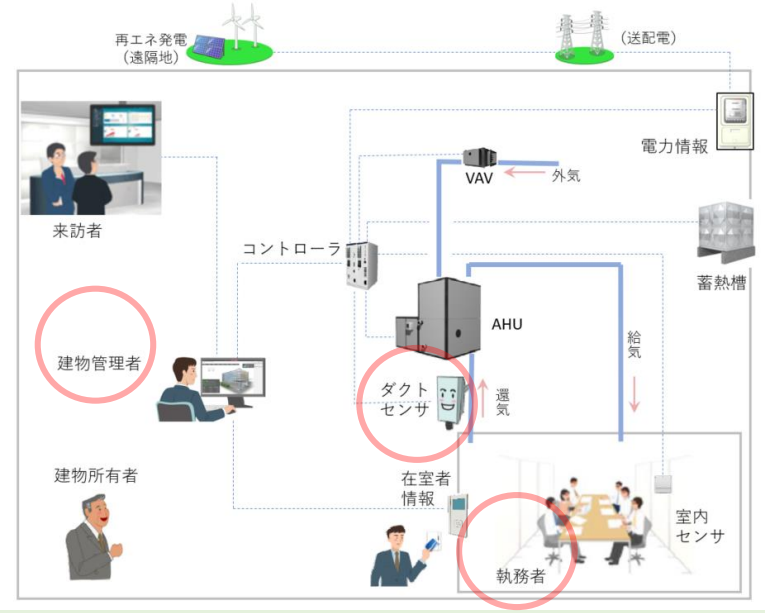




「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学　田中教授講演資料, BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

5．ダクト活用の価値

セミナーにおける名古屋大学田中教授のご指摘でもあるように、今後空調システムは平常時と非常時の機能両立が要求される。機能両立は外気量や換気量の比率を変更できるダクト方式によって実現される。個別分散方式では全熱交換器における外気取り入れが個別であるため、居室における外気取り入れの計測が困難であった。今後は全熱交換器に計測機器が追加されたシステム等によって、各居室での外気取入れ量表示がなされる可能性がある。



◯ は関連箇所を示す

今後の外気導入システム

12

適応力と調整力

COVID-19の経験から

- 外気導入量の増加や全外気運転が求められた
- 平常時と非常時の 機能両立

➢ 外気冷房制御 の備え、柔軟なモード切換（設定値変更を含む）
（換気ユニットであっても、風量増モードを備えた 外気冷房・CO_2制御 機能付）

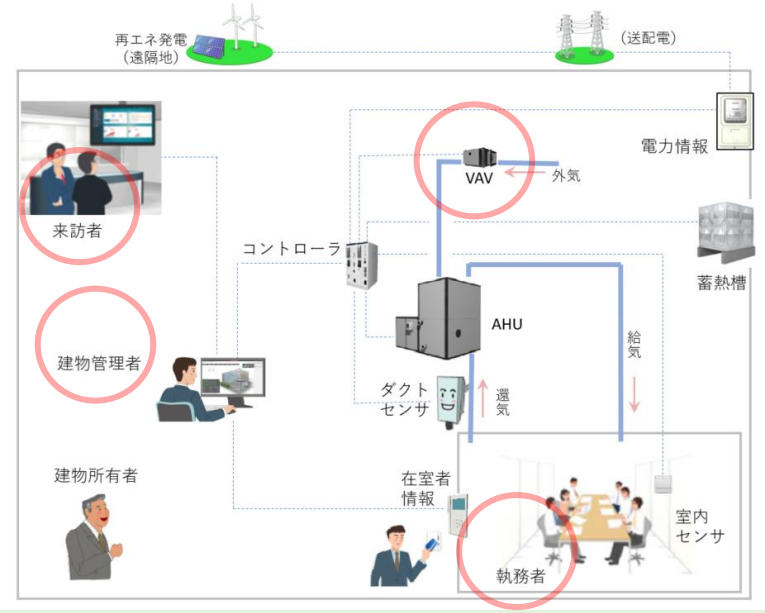
- 中央式では モード切換のスムーズさ, 分かりやすさ が重要
- 状態値が容易に確認できること(ダンパー開度, 外気風量 or その代替値など)
- 外気量の見える化 (ユーザ:緑/赤, 管理者:CO_2濃度→lag伴う,外気量, 動圧, 風速)
  → メンテサインや 性能検証データに活用, 運転改善が容易に
  → ZEB(カーボンニュートラル), 知的生産性の向上に寄与

➢ スポット外気供給 欲しい量を欲しい所へ：ダクト経路・制御の再考

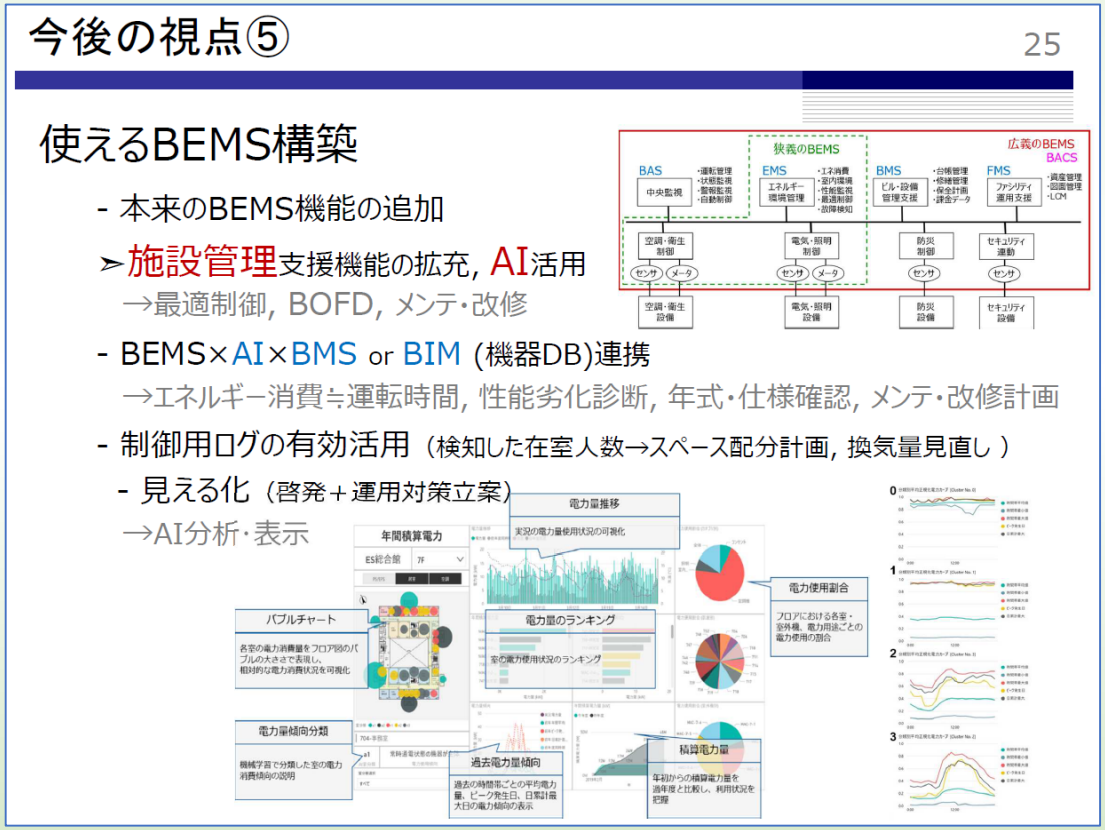
「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学　田中教授講演資料, BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

6．見える化の価値

空気調和・衛生工学会は「室内 CO_2 濃度を計測して 換気量の充足度を見える化することが望ましい。これは建築物衛生法の基準である CO_2 濃度 1000ppm が充足しているかを直接確認することになる。」（2021/4/1資料９ページ）と発表している。これまで、ビルの計装はほとんどの場合、室内の空気容積希釈の観点から換気量の多寡など、計測・表示を実施していない。今後、ビル内の執務者、来訪者の安全と安心のために、また建物管理者が換気に関する適正な作業判断を実施するためにも室内状態・換気の見える化を推進する必要がある。今回のセミナーでは名古屋大学田中教授が２５スライドにて見える化の価値に言及されている。



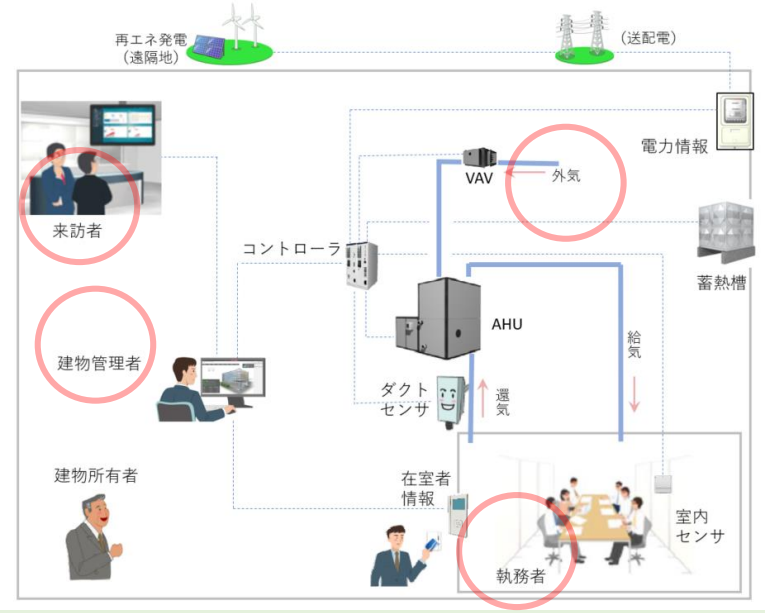
は関連箇所を示す



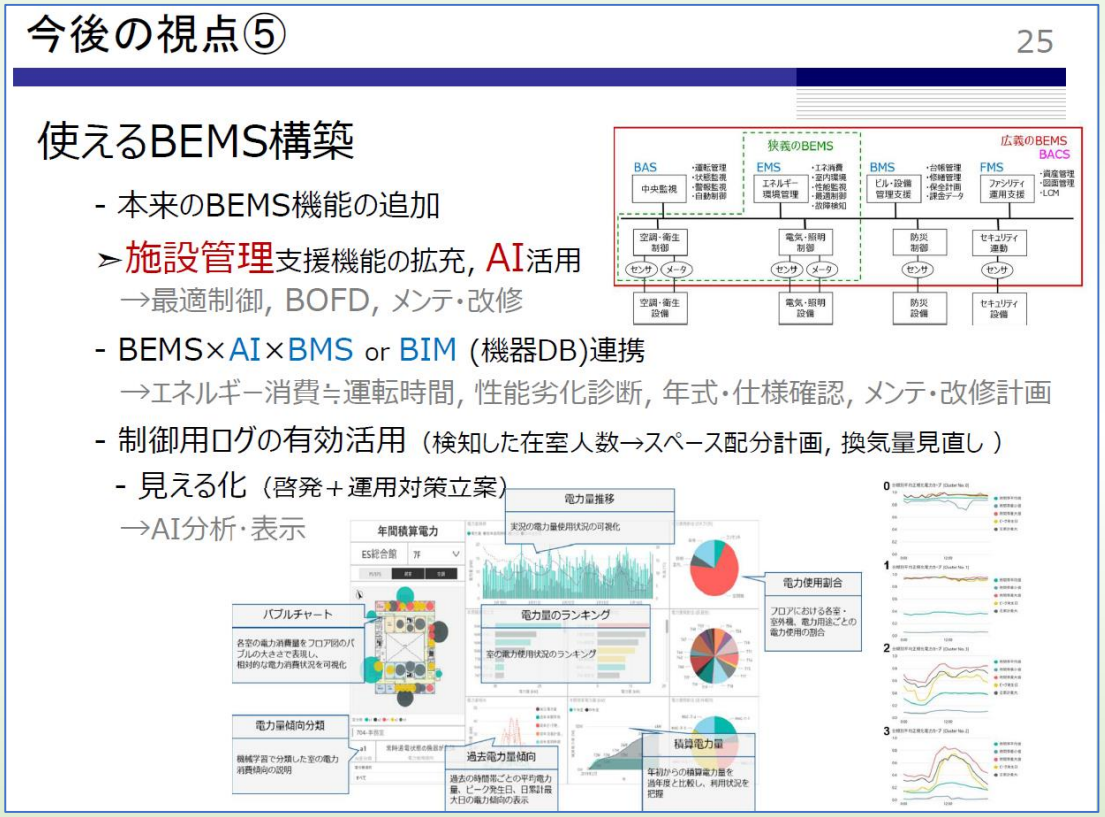
「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学　田中教授講演資料, BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

7．在室情報の価値

学会や関係省庁は、情報発信として一人当たり30㎥/ｈの換気量を確保することが重要であるとしている。今後のニューノーマルな時代においては計装BEMSにおいて「現在活動している居室人数」を制御のための基本情報として利用されるものと考えられる。現在の計装の分野から見て在室管理システム、また赤外線を利用したセンサなどは、別目的の製品でありつつ、今後はインターフェースを取りながら連携によって新しい価値を提供していく必要がある。



は関連箇所を示す



「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」名古屋大学　田中教授講演資料, BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

参考資料
「事務所建物基準階に関する換気量の実測調査データ」に基づく追加分析

検討価値とグラフ１～５　関係表

	項目	グラフ１	グラフ２	グラフ３	グラフ４	グラフ５
1	外気利用の価値	○	○	○	○	
2	フィルターの価値					○
3	湿度管理の価値					○
4	省エネの価値		○		○	
5	ダクト活用の価値		○	○		
6	見える化の価値	○		○	○	○
7	在室情報の価値		○		○	

Copyright © 2021 Building Automation Association All Rights Reserved.

1．概要

BA協会より公開された「事務所建物基準階に関する換気量の実測調査データ」を用いて、在室人数、CO2濃度、粉塵量に関する追加分析を行った。以下にデータ諸元と用語確認を示す。

8．実測データ　－換気量の実測調査データ－

（今回のグラフに用いた実測データ）

建物名称		Xビル	Aビル	Dビル	Mビル	Hビル	Yビル	Sビル	Cビル	Gビル	Pビル
空調方式		個別	個別	個別	個別	個別	集中	集中	集中	集中	集中
計測日		2020/9/9	2020/9/29	2020/11/6	2020/12/19	2020/12/16	2020/9/9	2020/10/7	2020/10/13	2020/10/23	2020/11/5
室容積	[m3]	1,500	1,600	2,600	1,900	1,200	1,200	5,800	2,900	3,200	3,500
実測換気量	[m3/h]	1,000	2,600	3,700	4,300	3,600	3,600	8,500	9,400	14,600	4,500
実測換気回数	[回/h]	0.7	1.6	1.4	2.2	3.0	3.0	1.5	3.2	4.5	1.3
設計外気量	[m3/h]	2,000	2,500	4,700	3,800	2,900	3,500	11,800	6,300	17,400	7,900
設計換気回数	[回/h]	1.4	1.5	1.8	2.0	2.4	3.0	2.0	2.1	5.4	2.3
在室人数(通常)	[人]	50	50	40	50	40	80	355	150	100	70
在室人数(ｺﾛﾅ禍)	[人]	35	25	40	30	40	55	125	120	80	70
必要換気量(通常)	[m3/h]	1,500	1,500	1,200	1,400	1,200	2,400	10,600	4,500	3,000	2,100
必要換気量(ｺﾛﾅ禍)	[m3/h]	1,100	800	1,200	900	1,200	1,700	3,700	3,600	2,400	2,100
CO2濃度	[ppm]	930	680	600	590	420	530	420	750	510	540
室内循環風量	[m3/h]	5,200	13,300	27,300	32,800	14,400	19,500	39,400	20,000	40,800	14,500
粉塵量	[mg/m3]	0.005	0.008	0.010	0.010	0.013	0.015	0.010	0.005	0.008	0.008

数値の計算方法について
　室容積(m3)＝面積(m2)×天井高(m)
　換気回数(回/h)＝換気量(m3/h)÷室容積(m3)
　必要換気量(m3/h)＝1人当り必要換気量=30(m3/h･人)×在室人数(人)

補足
　在室人数についてはSビルだけが入退室管理システムの情報であり、それ以外はビル管理者のヒアリングの数値である。そのデータは２種類、コロナ禍が発生する以前の（計測フロアの）在室人数、またコロナ禍にある現在の在室人数である。
　また CO2測定値もSビルだけが長期データ収集として保管されていた数値を利用、それ以外はビル管理法に従う記録帳票における数値の平均値を使っている。つまりテナントビルの「空室である期間」を除いたCO2測定値の平均・粉塵量の平均は、その建物平均として扱えることがグラフ作成の前提となっている。

※室内循環風量：
当該室内の空調設備による供給風量の合計。
本調査では設計値を用いた。
室内循環風量対して実測換気量は外気取入量を表す。

「空調・換気エネルギーと運転制御・管理に関する今後の視点」換気量実測報告資料,
BA協会オンラインセミナー, 2021/3/3

Copyright © 2021 Building Automation Association All Rights Reserved.

２．換気量の適正度検証

図１に室容積と換気回数の相関を示す。主に集中方式の建物では、1時間に室容積の2倍以上となる換気能力を備えている。個別方式でも比較的新しい建物は、集中方式と同程度の換気能力がある。

図２に実測換気量と必要換気量の相関を示す。実測換気量は在室人数×30[m3/h]で推定した必要換気量を十分満たしており、換気量を確保しながら外気取入れ量を適正化し省エネルギーを図る余地があると考えられる。Ｓビルはダクトにｃｏ２濃度計と在室管理システムを備えており、換気量の可変域が大きい。

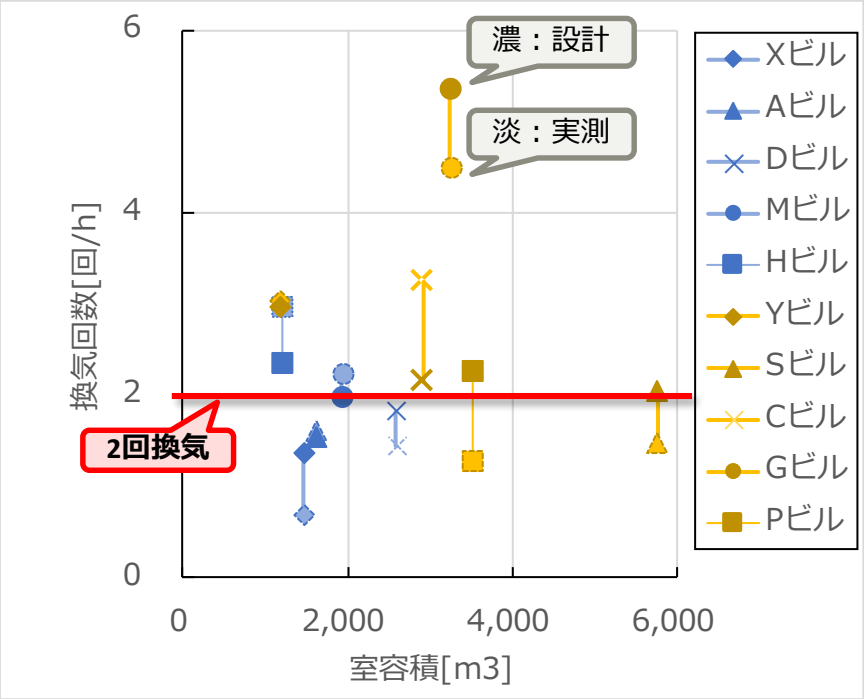


図１　室容積と換気回数の相関

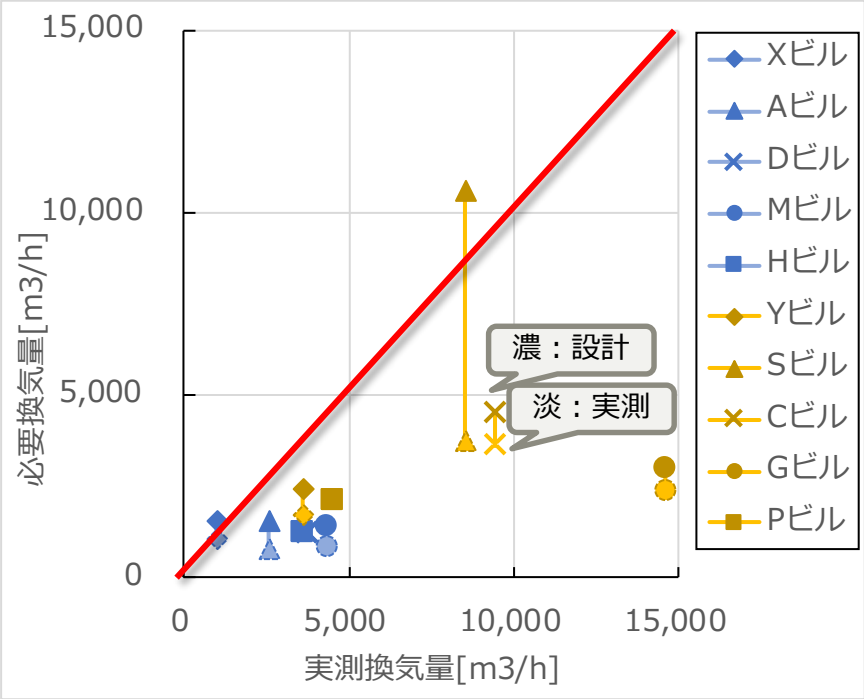


図２　実測換気量と必要換気量の相関

Copyright © 2021 Building Automation Association All Rights Reserved.

3． CO2濃度と換気量

図３に室容積とCO2濃度の相関を示す。おおむね室容積に反比例するが、換気量の多いYビル・Hビルは CO2濃度が低い傾向にある。

図４に換気回数とCO2濃度の相関を示す。おおむね換気回数に反比例する。換気量を増加させることで CO2濃度を低く保てる可能性がある。Sビルは制御により低いＣＯ２濃度を維持しながら外気取入れ量を抑制している。外気取入れ量適正化においてCO2濃度をモニタすることで室内環境を維持しながら外気負荷の低減も可能となる。

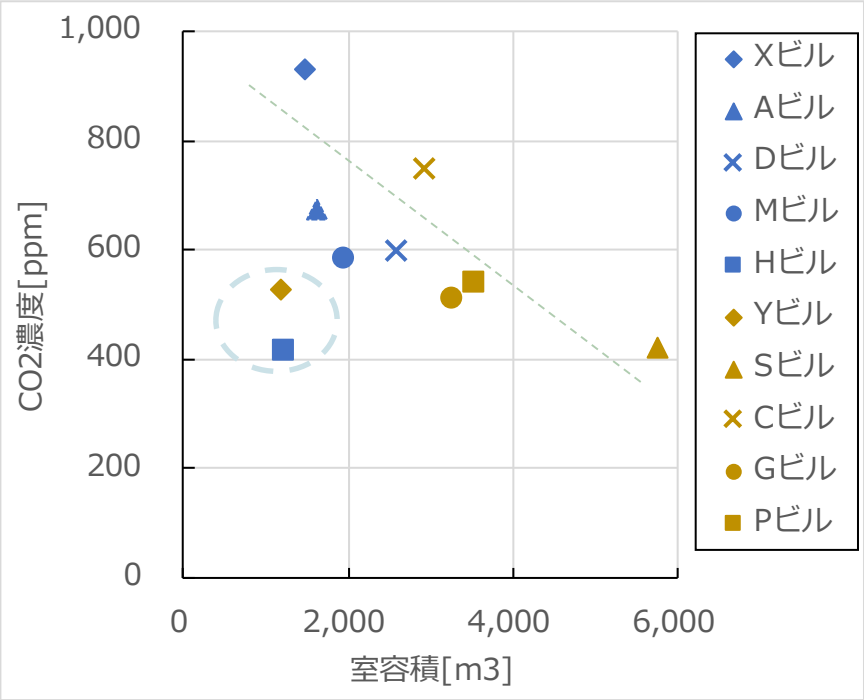


図３　室容積とCO2濃度の相関

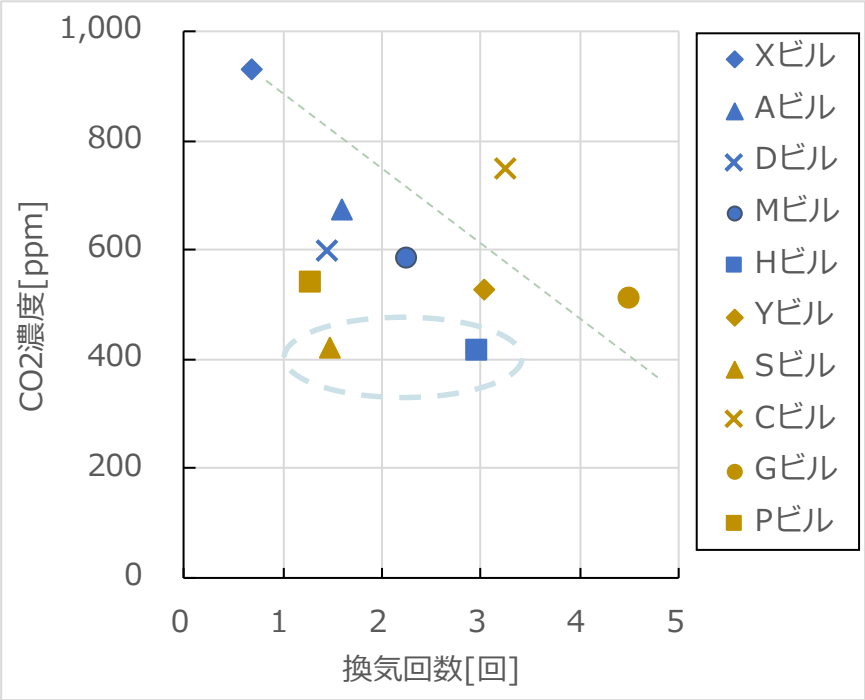


図４　換気回数とCO2濃度の相関

Copyright © 2021 Building Automation Association All Rights Reserved.

４．粉塵量と換気量

図５に室内循環風量と粉塵量の相関を示す。室内循環風量が増加するとフィルタによる粉塵等の捕捉量が増加するため、おおむね室内循環風量が大きいほど粉塵量は少なくなるが、室内循環風量が小さい範囲でも粉塵量が小さい建物がある。室容積が小さいなど、別の要因が影響していると考えられる。空調方式による違いはあまり見られない。前述３．湿度管理の価値で指摘されているように、粉じん量不適合の増加と並行して、湿度管理不適合の増加も「感染症対策の空調」として今後意識すべき。

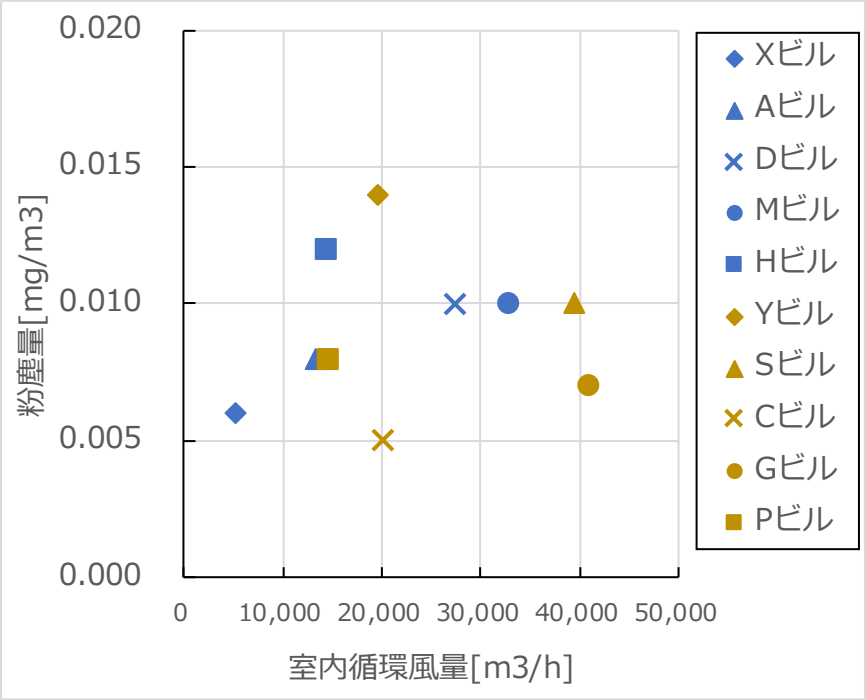


図５　室内循環風量と粉塵量の相関

Copyright © 2021 Building Automation Association All Rights Reserved.

一般社団法人
ビルディング・オートメーション協会
Building Automation Association

事務局活動
教育視察部会
広報出版部

BA協会