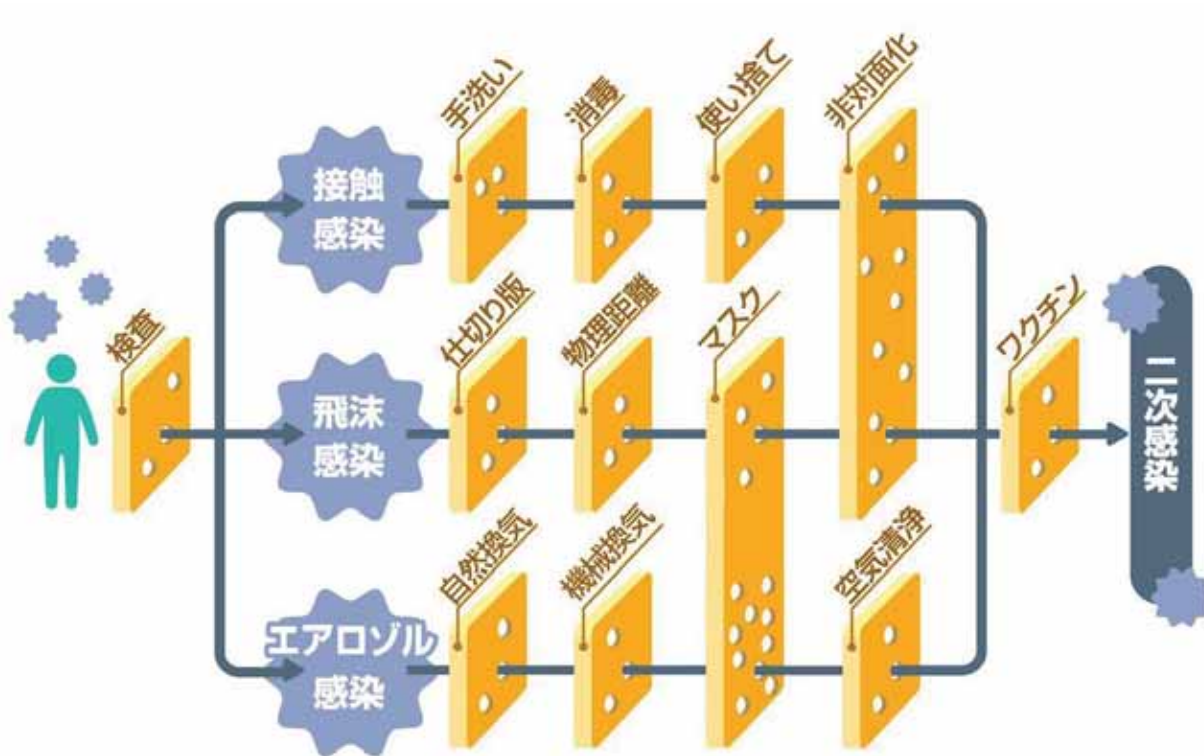


自治体・企業と連携したIoTとデータサイエンスによる感染症対策の取り組み事例

石垣 陽（情報学専攻・特任准教授）



エアロゾル感染のリスク



ダイヤモンドプリンセス号では**エアロゾル感染**が支配的

PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

Home Articles Front Matter News Podcasts Authors Submit

RESEARCH ARTICLE

Mechanistic transmission modeling of COVID-19 on the *Diamond Princess* cruise ship demonstrates the importance of aerosol transmission

Parham Azimi, Zahra Keshavarz, Jose Guillermo Cedeno Laurent, Brent Stephens, ...

PNAS February 23, 2021 118 (8) e2015482118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2015482118>

Edited by Andrea Rinaldo, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Switzerland, and approved January 7, 2021 (received for review July 22, 2020)

Article Figures & SI Info & Metrics PDF

Significance

We find that airborne transmission likely accounted for >50% of disease transmission on the *Diamond Princess* cruise ship, which includes inhalation of aerosols during close contact as well as longer range. These findings underscore the importance of implementing public health measures that target the control of inhalation of aerosols in addition to ongoing measures targeting control of large-droplet and fomite transmission, not only aboard cruise ships but in other indoor environments as well. Guidance from health organizations should include a greater emphasis on controls for reducing spread by airborne transmission. Last, although our work is based on a cruise ship outbreak of COVID-19, the model approach can be applied to other indoor environments and other infectious diseases.

Table of Contents

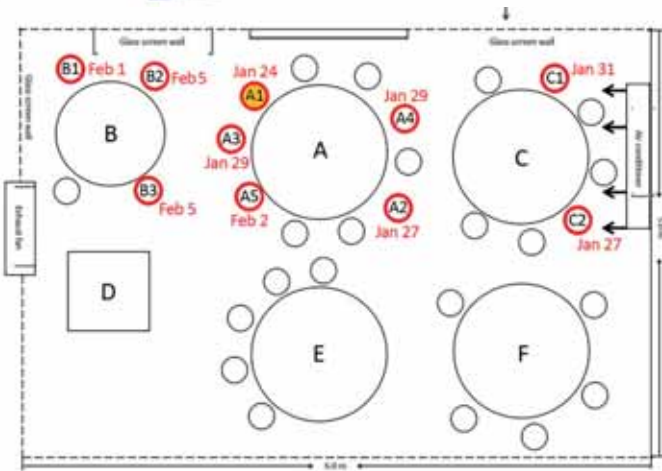
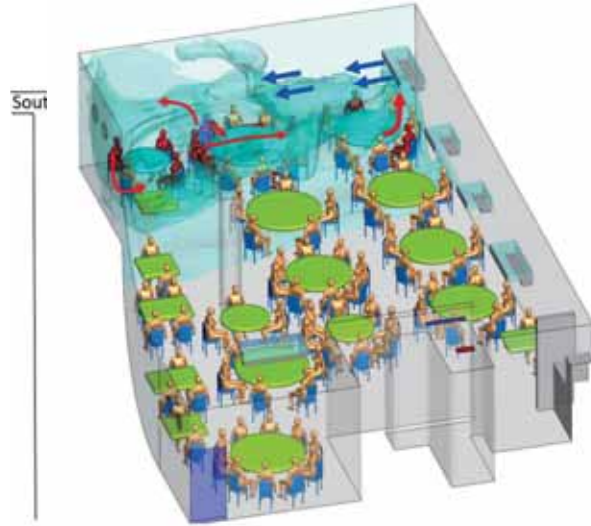
Submit

Sign up for the PNAS Highlights newsletter to get in-depth stories of science sent to your inbox twice a month:

Enter Email Address Sign up

石垣：CO2の可視化による感染症予防の取り組み
http://www.i-s-l.org/shupan/pdf/SE203_5_open.pdf

米国科学アカデミーの予稿
<https://www.pnas.org/content/118/8/e2015482118>

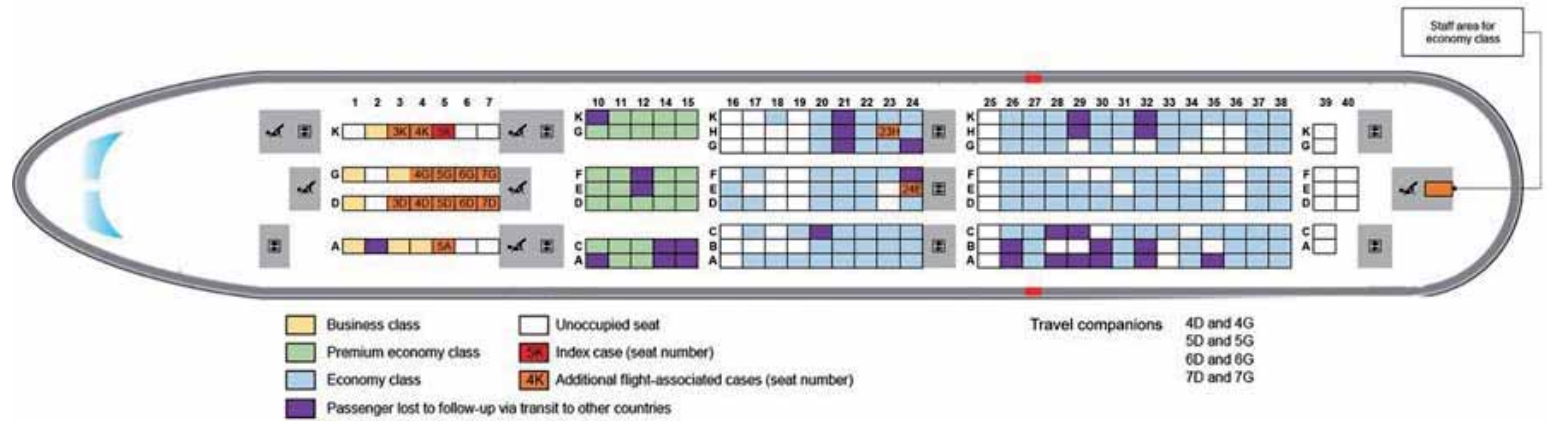


COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020

https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764_article

Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant

<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.16.20067728v1>



Transmission of SARS-CoV 2 During Long-Haul Flight
 Khanh N, Thai P, Quach H, Thi N, Dinh P, Duong T, et al.
 Transmission of SARS-CoV 2 During Long-Haul Flight. Emerg Infect Dis. 2020;26(11):2617-2624. <https://doi.org/10.3201/eid2611.203299>

医療サイト 朝日新聞アピタル

「コロナは空気感染が主たる経路」 研究者らが対策提言

新型コロナウイルス

野口憲太 2021年8月27日 20時24分

シェア ツイート ブックマーク スクラップ メール 印刷



新型コロナウイルスの感染対策について、感染症や科学技術社会論などの研究者らが、「空気感染が主な感染経路」という前提でさらなる対策を求める声明を出した。「いまだ様々な方法が残されており、それらによる感染拡大の阻止は可能である」と訴えている。

研究者らによる声明文

<https://digital.asahi.com/articles/ASP8W6KSKP8WULBJ00H.html>

換気とCO2濃度の関係



感染症対策におけるCO2濃度の指標

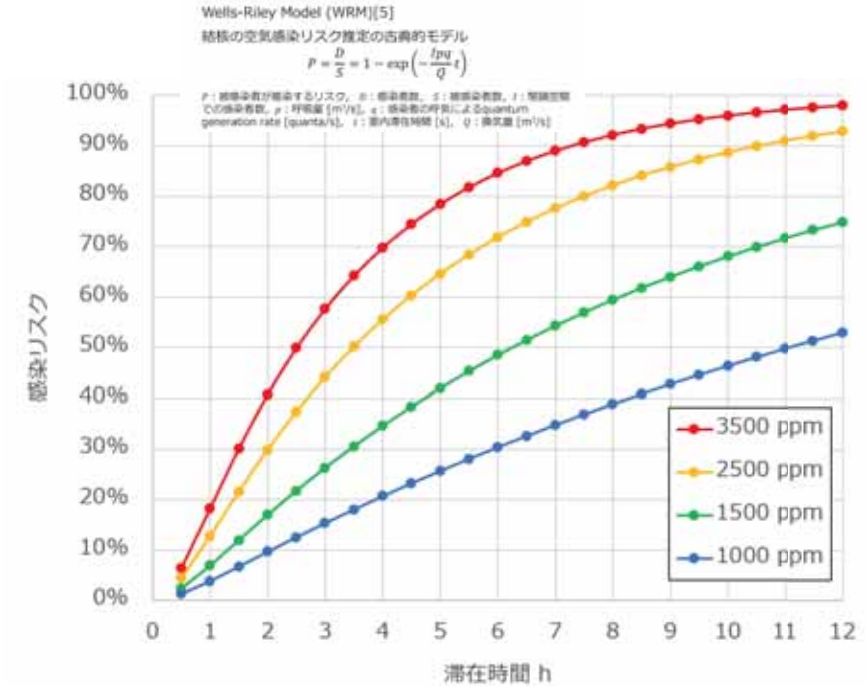
表1 換気の良い見積り区分

CO ₂ 濃度 [ppm]	区分	説明
1,000以下	良好	良好でありこの状態を保つ
1,000-1,500以下	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時間に数分間程度）
1,500-2,500以下	悪い	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
2,500-3,500以下	非常に悪い	常時窓を開ける（全開） またその部屋の使用は控える
3,500超	極めて悪い	その部屋の使用は控える

(文献⁶) を元に色付け)

石垣：CO₂の可視化による感染症予防の取り組み
http://www.i-s-l.org/shupan/pdf/SE203_5_open.pdf

CO2濃度とウイルス量の関係をイメージする



室内に感染者が1名居た場合の感染リスクを、肺結核の空気感染モデルとして知られるWells-Riley Modelを用いて換気条件(定常時CO2濃度)毎にプロットした。床面積100 [m²]で天井高2.7 [m]の空間を想定しているため容積は270 [m³]、感染者を含めた在室者数は10名、在室者の呼吸率 $\rho=0.39$ [m³/h]、感染者からの感染性粒子発生数は100 [quanta/h]と仮定した。換気量 Q は所与の定常時CO2濃度(1000, 1500, 2500, 3500ppm)からザイデルの式を用いて算出した: 1,000ppm時は $Q=598$ [m³/h]、1,500ppm時は $Q=326$ [m³/h]、2,500ppm時は $Q=171$ [m³/h]、3,500ppm時は $Q=116$ [m³/h]。本モデルは、感染者の呼吸や空気が均一に混合されていること、非感染者の感受性が等しく定常曝露していること、感染性飛沫核(エアロゾル)の感染能力の喪失や濾過・沈降等による除去が無いことを前提としている。現実環境では、これらの条件を厳密に適用することは難しいため、本グラフは、絶対的な感染リスクの見積りのために用いるのではなく、換気の改善や滞在時間を減らすことで相対的に感染リスクをどの程度低減できるかを視覚的に理解するためのリスクコミュニケーションのために用いる事を想定している。

前提条件:

- 25平米の会議室に標準的な代謝をもつ6名が発言の多い会議をする
- 1名が感染者でウイルスを含む飛沫核100個が空中にまんべんなく存在
- 換気をしないとこれらの100個のウイルスがずっと室内に漂っている

CO2濃度(飽和時)とウイルス数の関係は次のように計算できる。

ウイルス量を半分(50個)にするまでにかかる時間:

- CO2濃度が4000ppm(極めて悪い)のとき、約52分
- CO2濃度が2200ppm(悪い)のとき、約26分
- CO2濃度が1100ppm(やや良い)のとき、約10分
- CO2濃度が760ppm(良い)のとき、約5分

Duらの研究

- 結核の集団感染(結核患者27人, 接触者1665人)が発生した換気が不十分な大学の建物の換気設備を改善
- 最大CO2濃度を3204±50ppmから591-603ppmに低下させれば、新規接触者の二次感染率をゼロに抑えることができた(平均追跡期間: 5.9年)
- CO2濃度を1,000 ppm未満に管理すれば、接触者における結核発症率を97%減少(95%CI: 50%~99.9%)

エビデンスに基づく図書館の感染症対策へ

全学の活動データを活用。電通大「IoT・AIキャンパス」プロジェクトとは？

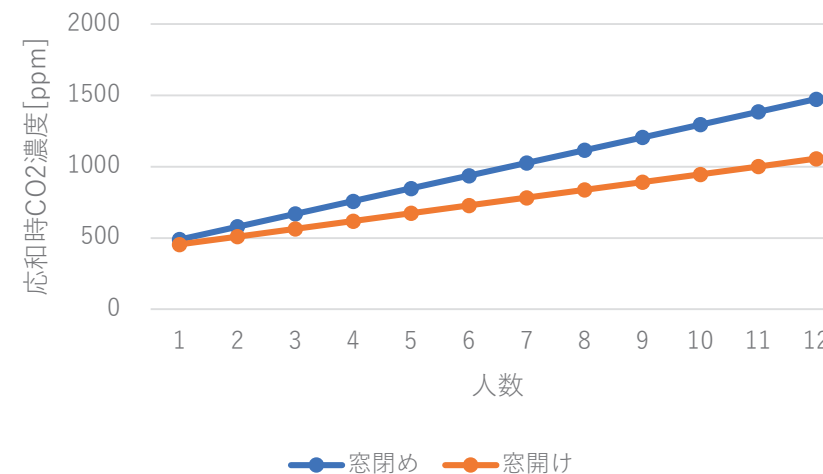
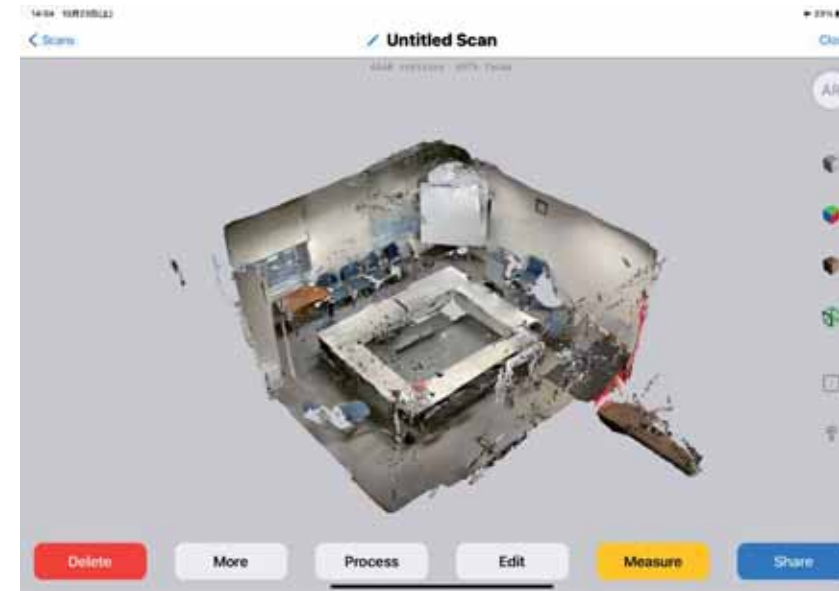
2021年04月23日 テクノロジー



利用する学生が多かった時のCO2濃度のモニター画面 (昨年2月=電通大提供)

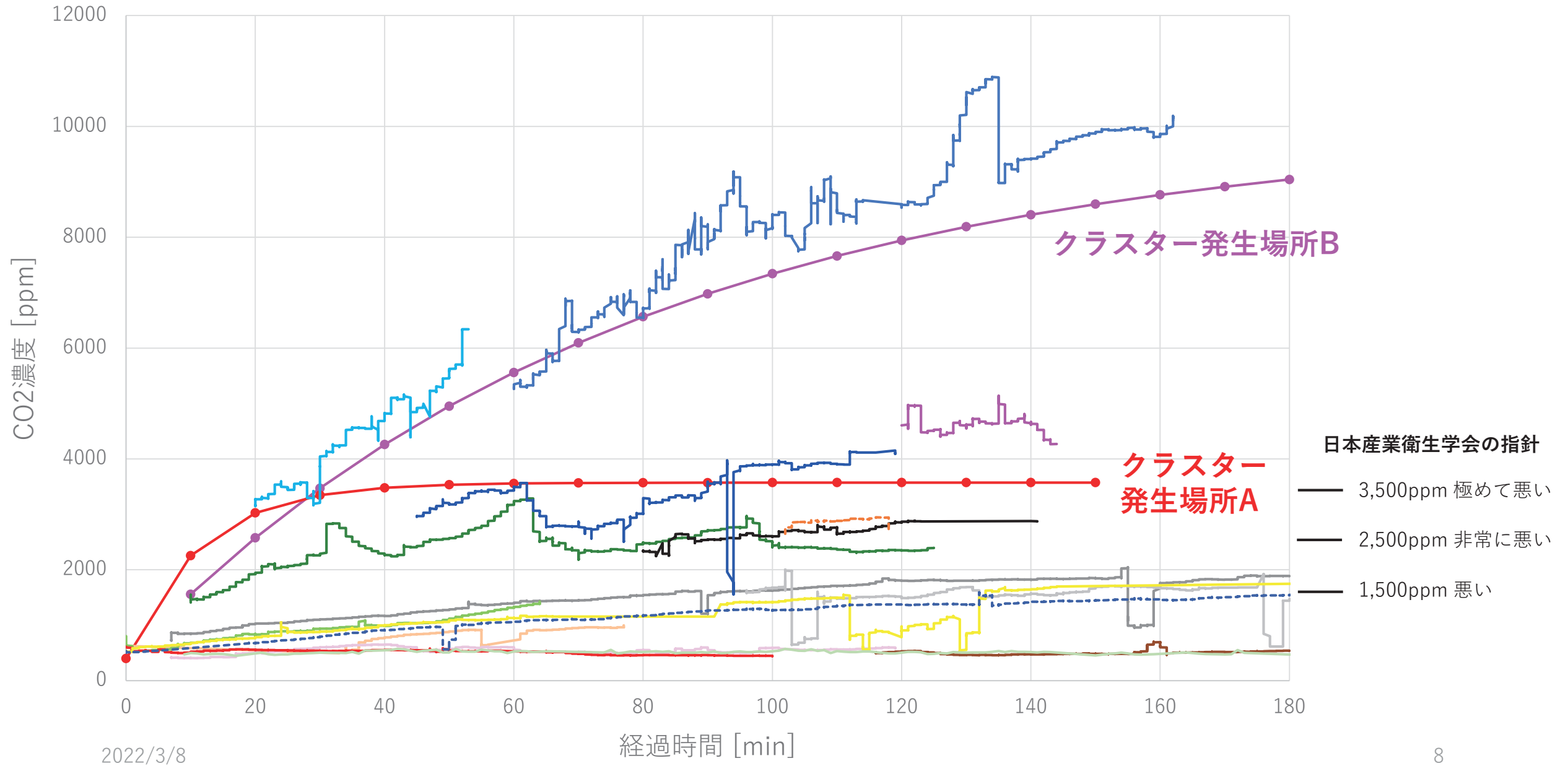
電気通信大学は全学の活動データをIoT（モノのインターネット）で集め、人工知能（AI）で絞り込んで解析する「IoT・AIキャンパス」プロジェクトを開始した。2021年度中に認知症患者の生体・環境データを介護に生かす実証試験と、農業や商業など多様なデータを議論する場となる施設を整備する。同大はこれまでセンサーやカメラを配置した学修空間での研究から、新型コロナウイルス感染症の対策などを示してきた。

電気通信大学は認知症患者の徘徊（はいかい）や暴力を防ぐ実証研究に東京都などと取り組む。食事スペースやベッドを備えた仮想的介護施設を学内に置き、センサーやカメラのビッグデータ（大量データ）をAIで分析。問題行動の予測につながるかどうか、介護・医療の専門家と連携して検証する。



- 同時入室人数を**6名まで**に制限、ただし換気扇の強運転を必須とする
- さらに10cm以上の窓あけ+送風を行う場合は**10-11名まで**を許容する

図書館から社会へ：店舗のCO2濃度測定

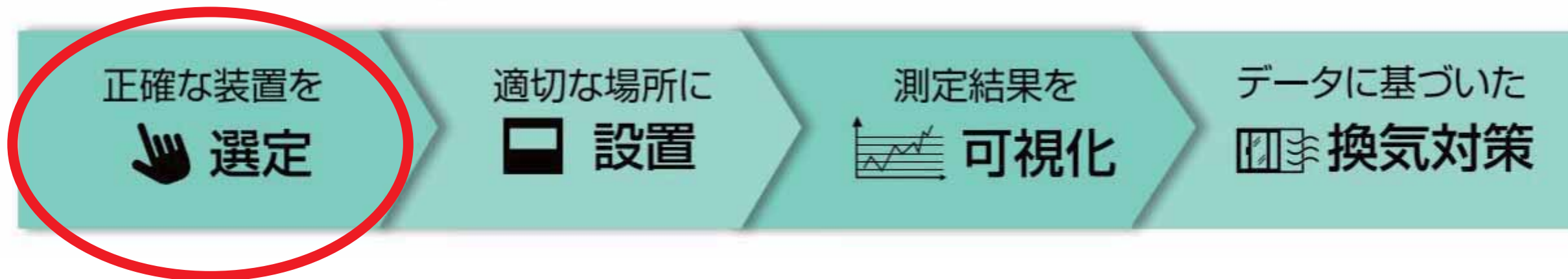


Agoraで培った換気対策をガイドブック化！

東京・京都・沖縄・医師会などで配布



CO2センサーはエアロゾル感染リスクを可視化できる非常に強力なツールです。**しかしCO2センサーは置いただけでは何の効果もありません。**エアロゾル感染のリスクを真に低減するためには、次の4つのステップが求められます。





https://news.tv-asahi.co.jp/news_society/articles/000225127.html

2022/3/8

ニュースリリース



報道機関 各位

令和3年8月10日
国立大学法人 電気通信大学

安価で粗悪なCO₂センサの見分け方 ～5千円以下の機種、大半が消毒用アルコールに強く反応～

国立大学法人 電気通信大学の石垣 陽 特任准教授、榎木 光治 准教授、横川 慎二 教授のグループは、新型コロナウイルス感染症の対策用としてECサイトで販売されている5,000円以下の安価な二酸化炭素濃度測定器(以下 CO₂ センサ、図1)の精度検証を実施しました。その結果、全体の25%のセンサは低精度ながらもCO₂に反応しましたが、67%はCO₂に反応しませんでした。さらにこれら 67%の無反応センサは全て消毒用アルコールに強く反応することがわかりました。すなわち、CO₂ センサとうたいながら、CO₂ 濃度を疑似的に表示する測定器が市場に多く出回っている可能性があります。

この結果を広く公開し専門家の議論を促すため、医学分野のプレプリントサービス「medRxiv」(運営:コールド・スプリング・ハーバー研究所(CSHL)、医学系雑誌出版社 BMJ、米・イェール大学)に速報原稿を投稿しました。



11



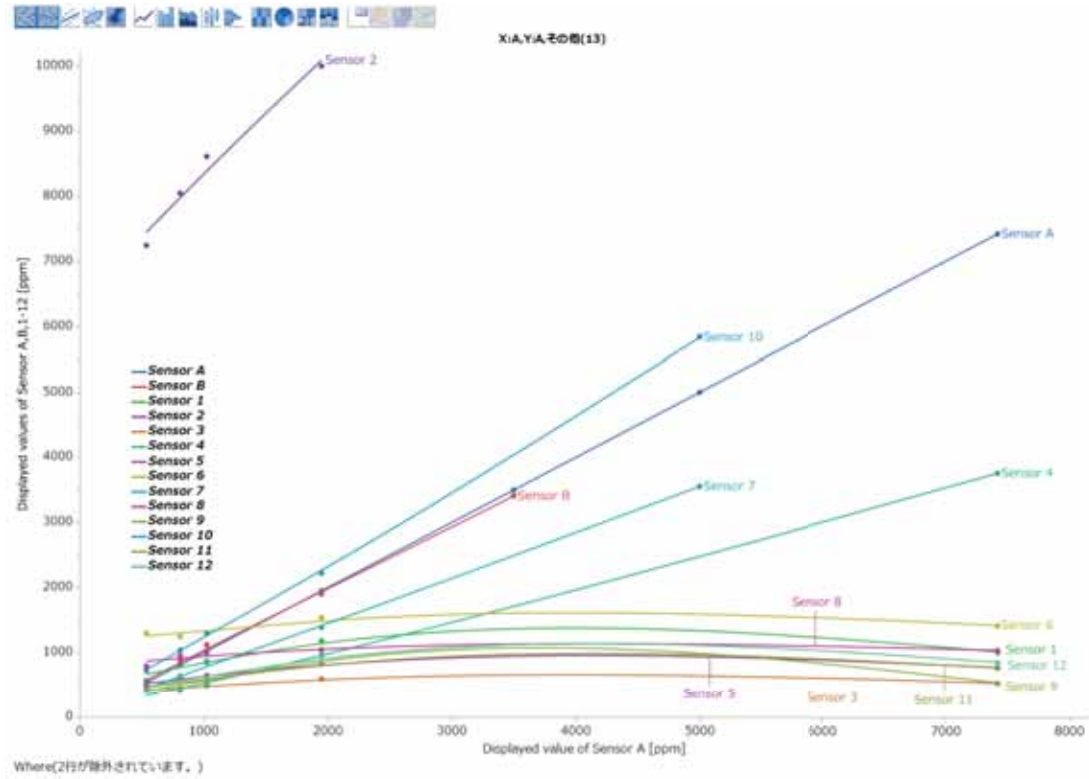
CO2 400 PPM

TVOC 0.075 mg/m³

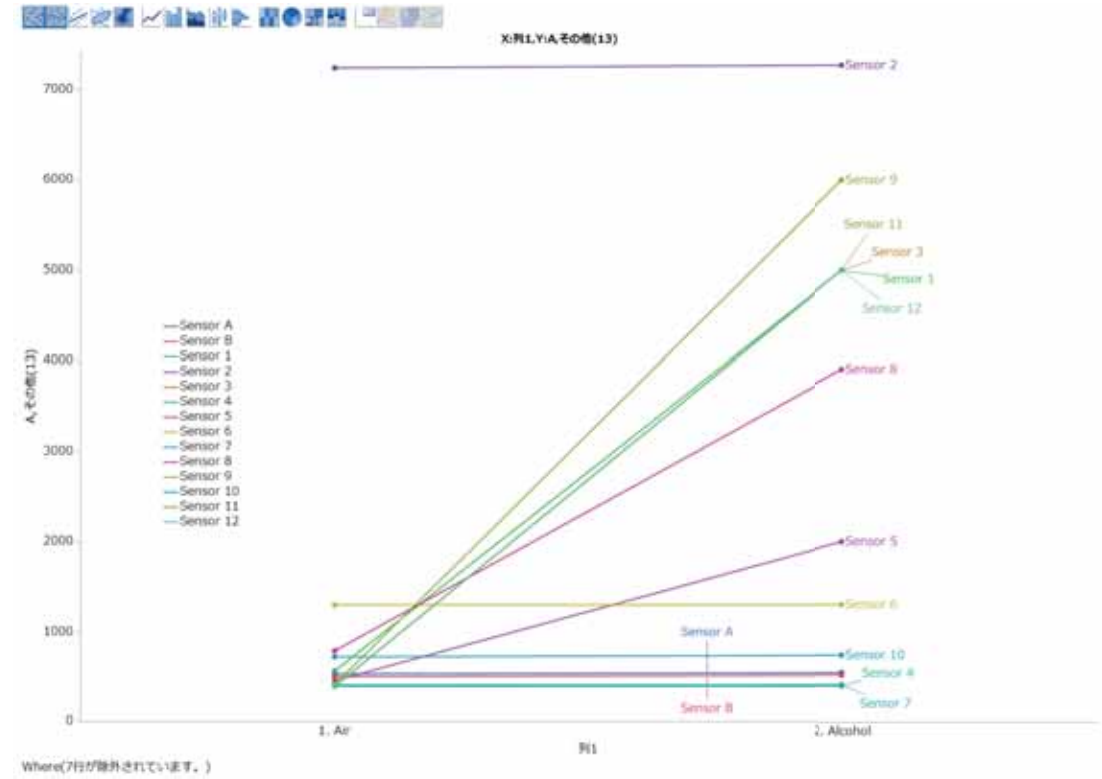
Temp 22°C

Humi 48%

CO2応答特性



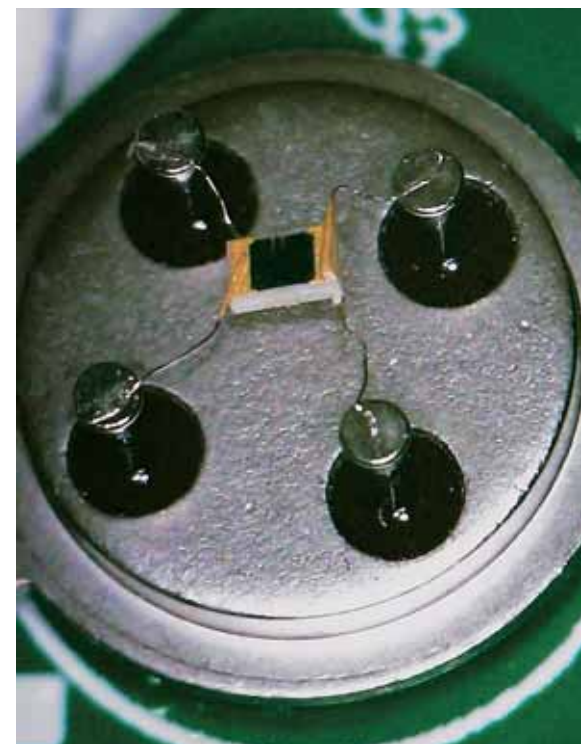
アルコール応答特性



センサについて

表・2 CO₂ センサの比較 (写真：SENSIRION 社提供)

方式	eCO ₂ 	NDIR 	光音響方式 
サイズ	数ミリ角	数センチ角	約 10 ミリ角
消費電力	50 mA 以下	約 18 mA	約 3.5 mA
精度	±15% 程度	±30 ppm 程度	±40~50 ppm 程度
参考価格	数百円	数千円	千円以下
応答時間	数秒	数秒~数十秒	
用途	家電など	産業用, 家電など	



品質 Vol. 51, No. 2

感染症対策としての空気の品質管理 ~CO₂ 濃度の例~ † 石垣 陽*

実際の例（改善済）



経済産業省
Ministry of Economy, Trade and Industry

申請・お問合せ English サイトマップ 本文へ 文字サイズ変更 印刷 図表 アクセシビリティ 関税支那ツール

ニュースリリース 会見・動静・談話 審議会・研究会 統計 政策について 経済産業省について

ホーム ▶ ニュースリリース ▶ ニュースリリースアーカイブ ▶ 2021年度11月一覧 ▶ 二酸化炭素濃度測定器の選定等に関するガイドラインを策定しました

二酸化炭素濃度測定器の選定等に関するガイドラインを策定しました

2021年11月1日

▶ その他

経済産業省及び産業用ガス検知警報器工業会は、新型コロナウイルス感染症防止対策として「換気の悪い密閉空間」を改善することを目的に、換気が十分に行われているかどうかを確認するための方法として二酸化炭素濃度測定器が使用される場合において、測定器を選定する際に最低限要求される仕様等の基準を定めるガイドラインを策定しました。

1. 趣旨・目的

「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気が十分に行われているかどうかを確認するための有効な方法の一つとして、二酸化炭素濃度測定器を用いた測定があります。一方で、測定器の測定精度は測定器に用いられる検知原理等により異なるため、有識者の知見も踏まえながら、測定器を選定する際に最低限要求される仕様等の基準を定めることとしました。

- ・ 検知原理が光学式¹を用いたものであること。
- ・ 補正用の機能²が測定器に付帯していること。

- ・ 測定器に呼気を吹きかけ、測定値が大きく増加すること。
 - ※ 呼気の二酸化炭素濃度は非常に高く、正常な測定器であれば二酸化炭素濃度の高い測定値が表示される。
- ・ 消毒用アルコールを塗布した手や布等を測定器に近づけても、二酸化炭素濃度の測定値が大きく変化しないこと。
 - ※ 光学式が用いられていれば、アルコールにはほとんど反応しない。

CO2センサーはエアロゾル感染リスクを可視化できる非常に強力なツールです。**しかしCO2センサーは置いただけでは何の効果もありません。**エアロゾル感染のリスクを真に低減するためには、次の4つのステップが求められます。





過大な値が表示される場所

高い濃度のCO₂ガスが直接センサーに吹きかかるような場所に設置すると過大な値が表示されます。



▶ 人の息が直接かかる場所
(例:個人デスクの上)



▶ 燃焼物がある場所
(例:ガス調理器、固形燃料)



▶ 炭酸ガスポンペを使った
ビールサーバーの近く



過小な値が表示される場所

屋外の新鮮な空気は400ppm程度なので、外気が直接センサーにかかると過小な値が表示されます。



▶ 窓の近く
(窓が開かない場合は除く)



▶ ドアの近く



▶ 空気取入口の近く



センサーの精度が落ちる可能性がある場所

温湿度の急激な変化や、風が当たることによるセンサー内部の温度低下は、測定に悪影響を及ぼすことがあります。



▶ 常に風がかかる場所
(例:送風口付近)

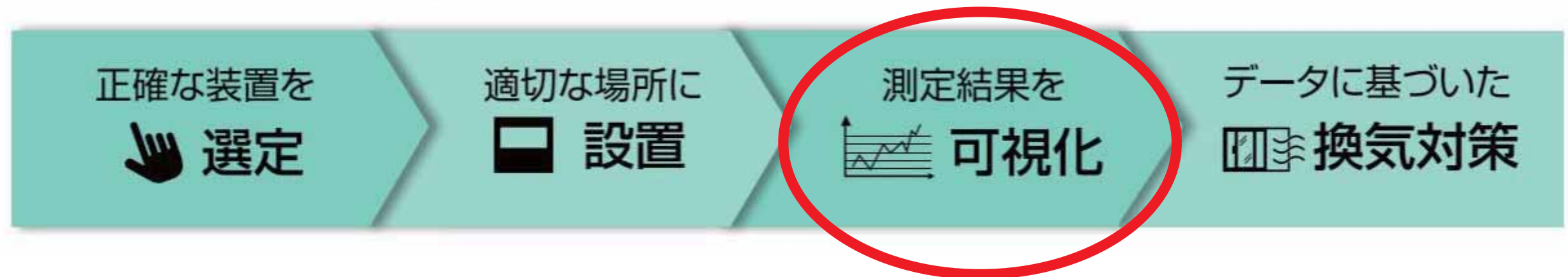


▶ 温度が大きく変化する場所
(例:エアコンの吹出口付近)



▶ 湿度が大きく変化する場所
(例:加湿器の吹出口付近)

CO2センサーはエアロゾル感染リスクを可視化できる非常に強力なツールです。**しかしCO2センサーは置いただけでは何の効果もありません。**エアロゾル感染のリスクを真に低減するためには、次の4つのステップが求められます。

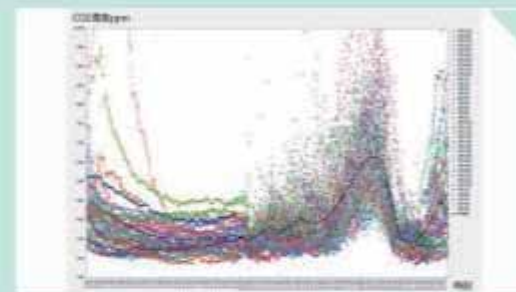


段階

1

定期的に記録し「管理者」がグラフを見る

記録簿を付けて可視化します。グラフ描画機能を持つCO2センサーも非常に便利です。1時間に1回、延べ1週間程度のデータをグラフ化すれば、室内の推移や曜日毎の特徴をつかむことができます。



段階

2

「スタッフ」が見える位置に置き定期的に換気させる

スタッフが定期的にCO2濃度をチェックし、値が高かった場合には換気対策を行うように指導します。一定濃度を超えたらブザーが鳴るものや、メールで通知する機能を持ったCO2センサーも便利です。



段階

3

「お客様」に積極的に見せる

CO2濃度が概ね1,000ppm以下であることが確認できたら、換気対策をアピールするため、積極的にお客様にCO2濃度を見せるのも良いでしょう。



商店街や公共施設での可視化事例

調布商店街、調布市、三鷹市、ワクチン接種会場
(10万人規模)



東京換気良好マップ
(東京都とのPJ)

暮らす・働く 学ぶ・知る © 2021.03.23
調布・電通大が地元商店街とコラボしCO2
測定実験 「密」見える化で安心感



小型CO2センサーを設置した「やきとり鮫い志井 東口店」

出典：<https://chofu.keizai.biz/headline/3436/>

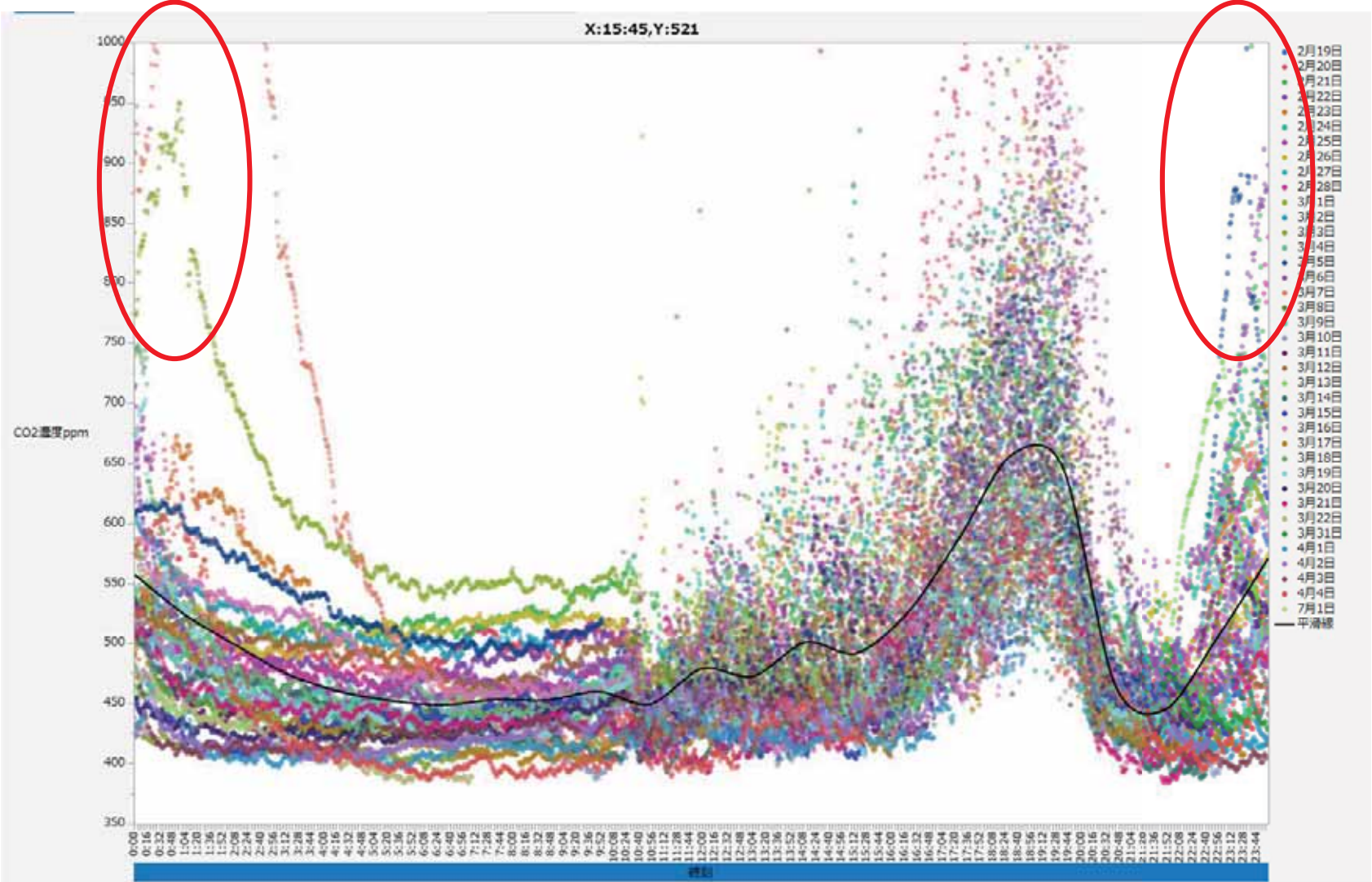
東京新聞

調布の医師巡回接種 始まる 「想定以上にスムーズ」
「密」回避、CO2センサー設置
2021年4月23日 07時20分

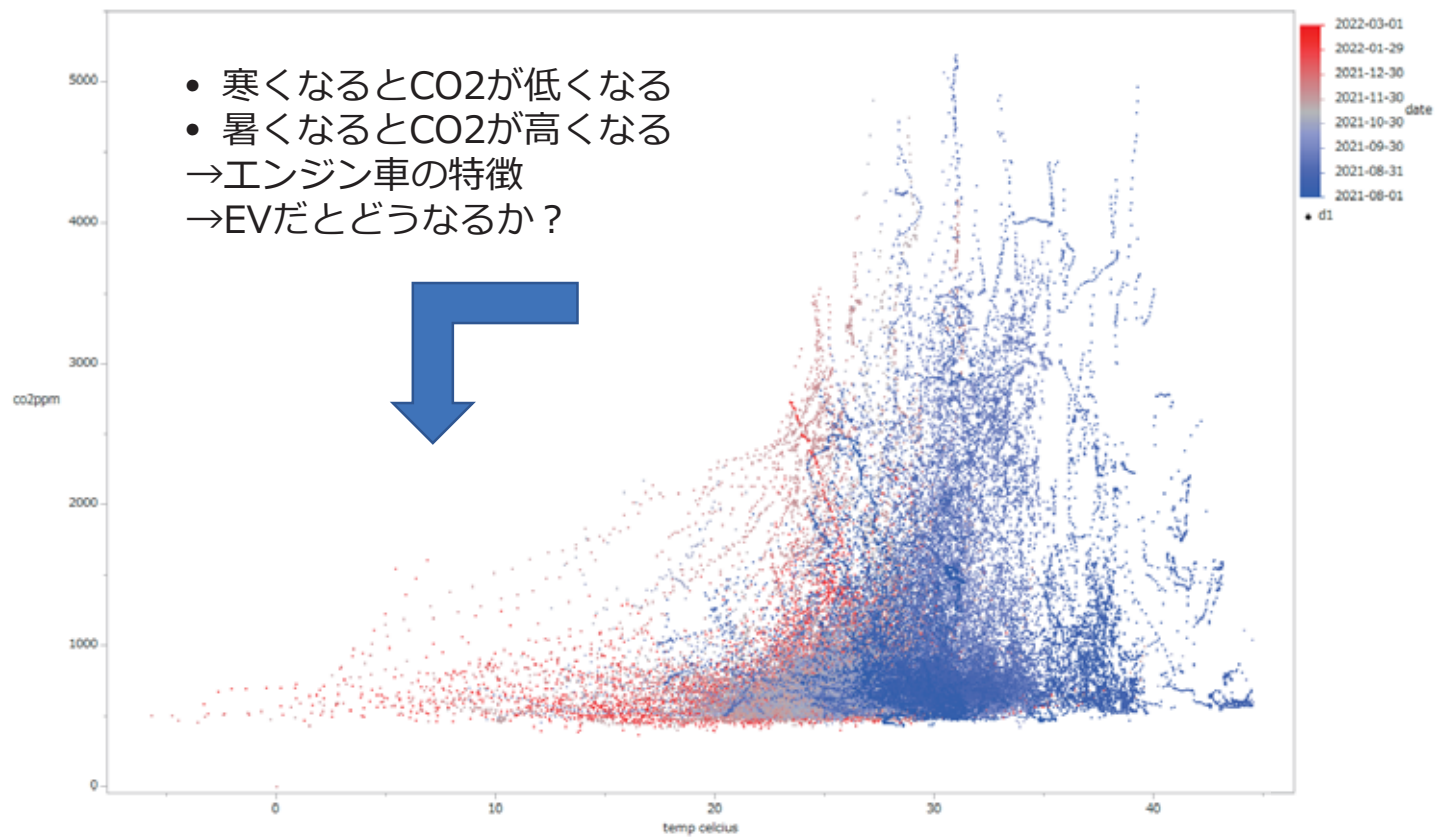


焼き鳥店での可視化事例

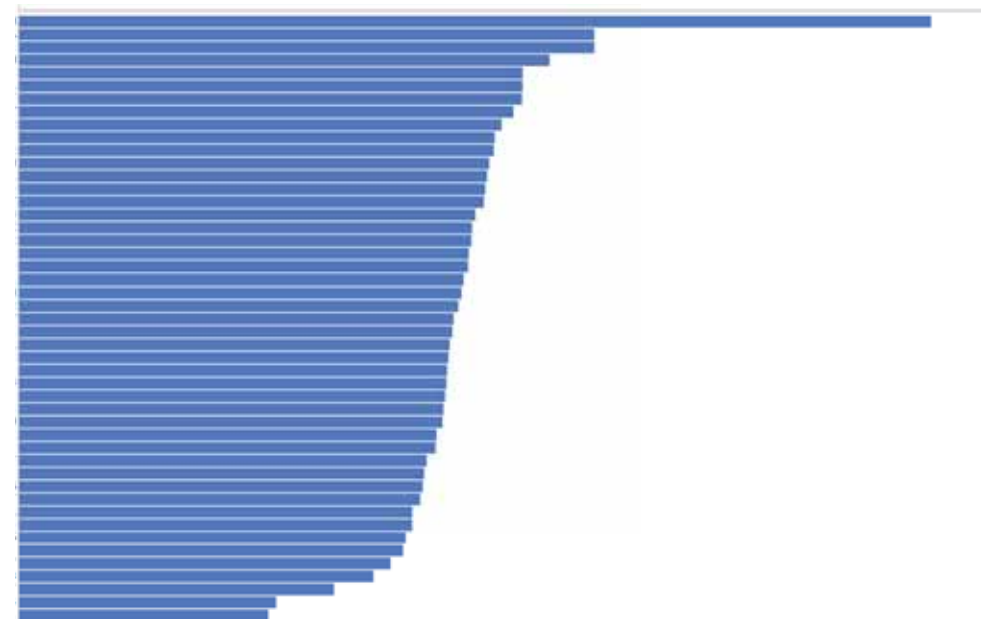
閉店後にピーク



タクシーでの可視化事例



乗務員毎のCO2濃度ランキング
→外気導入・窓開けの個別指導に活用中

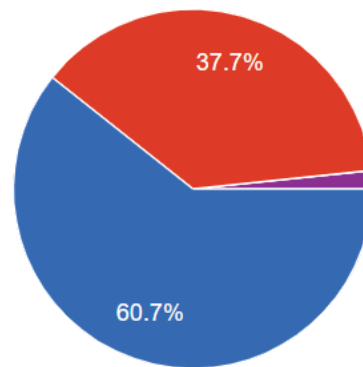




ライブ中のCO2濃度可視化、 98%が「とても安心できる」「安心できる」と回答 (N=61)

演奏中の安全を確保するため、CO2濃度を表示する事についてどう思いますか？

61件の回答



- とても安心できると思う
- 安心できると思う
- なんとも思わない
- 不安になる
- とても不安になる

→これまで35公演で実施

DX企業インフォコーパスが感染症対策の第一人者、電気通信大学石垣陽特任准教授監修によりスマートシティ感染症対策統合プラットフォームSensorCorpus IC「換気対策アプリケーション」を開発

～複数ヶ所のCO2センサーの活用に悩む管理者の換気対策を支援。1000ppmを超えた箇所をリスト表示、担当者にアラートメール、パトライト（オプション）で知らせ換気対策を促します～

株式会社インフォコーパス

🕒 2022年2月16日 11時00分



事例

■ ホテル（城山ホテル鹿児島的事例）



鹿児島のホテル、SHIROYAMA HOTEL kago shima（城山ホテル鹿児島 旧：城山観光ホテル）は、桜島の絶景を望む展望露天温泉、鹿児島食材を堪能できるレストランなどを完備した、鹿児島随一のホテルです。大規模な宴会場や結婚式場として使用されるチャペルを中心に、CO2センサーを30個以上設置させていただき、徹底的な換気対策を実施しました。アプリ開発にあたっては施設管理者の方から多くのアドバイス、要望を頂きました。

・パトライト連動（オプション）

CO2アラート発生時にパトライト点灯
センサー障害発生時にパトライト点灯
*パトライトは、株式会社パトライトの登録商標です。



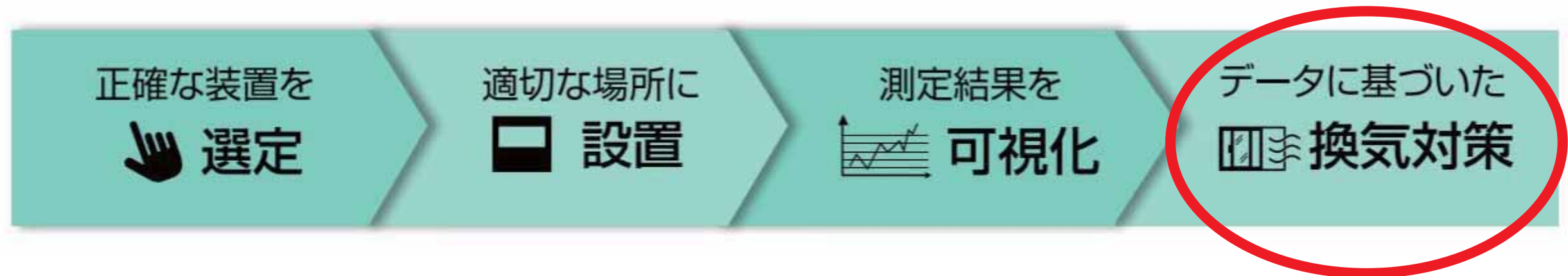
PATLITE®

・レポート（オプション）

指定期間の毎日のCO2濃度値のグラフ表示
指定期間の毎日のCO2アラート発生回数のグラフ表示
データのダウンロード



CO2センサーはエアロゾル感染リスクを可視化できる非常に強力なツールです。**しかしCO2センサーは置いただけでは何の効果もありません。**エアロゾル感染のリスクを真に低減するためには、次の4つのステップが求められます。



自然換気

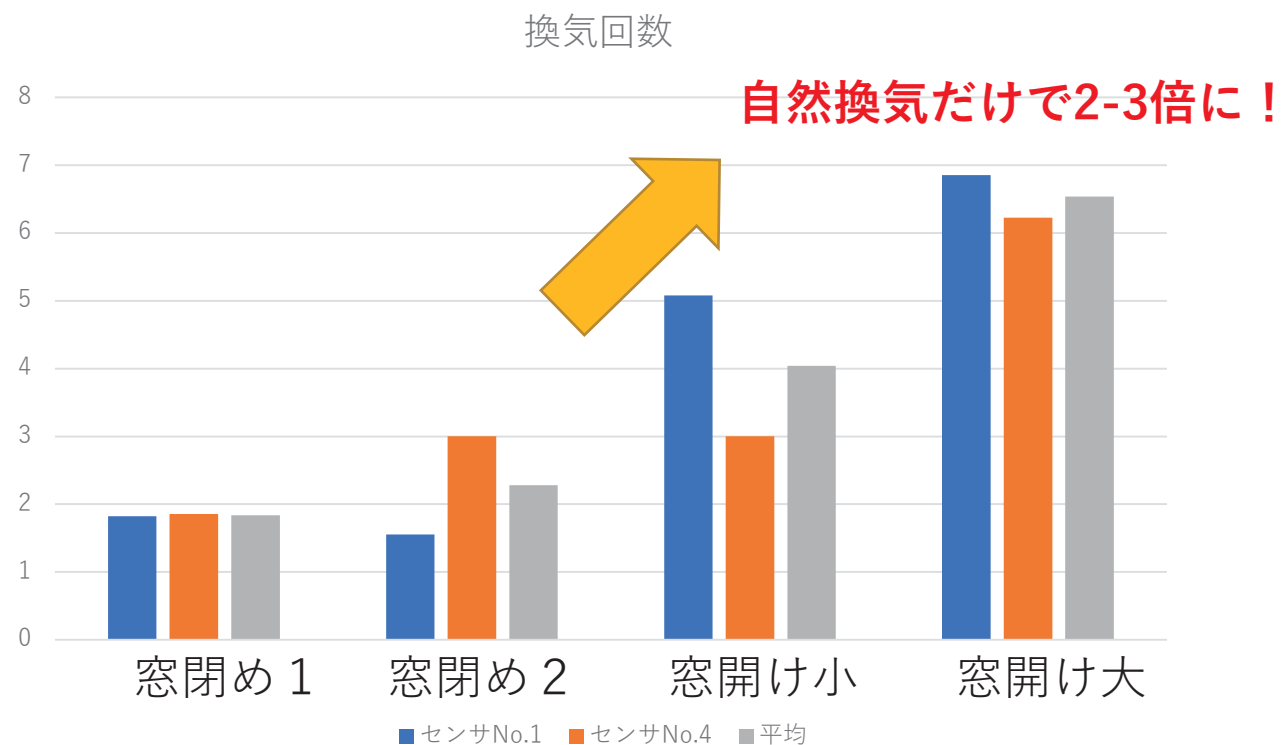
自然換気の基本は「窓・ドアを開けて風を通すこと」です。全開ではなく数センチ開けるだけでも効果があります。窓が複数ある場合は対角線上を開けるとさらに効果的です。なお、開けたドアの先が内廊下につながっている場合は、その内廊下にある窓も空けないと風が通りませんので注意しましょう。

自然換気を補助する送風機(サーキュレーター)も効果的ですが、人に直接当たった結果、そこから飛沫が拡散してクラスターになった事例があります。送風機は中から外に向かって汚い空気を押し出すように使いましょう。

もし寒い風が入る場合は、写真のように窓の内側にカーテンや衝立を置くと、温かい空気と自然に熱交換され、より快適に過ごせます。



福岡県内の貸会議室での
トレーサガスによる測定



機械換気

いわゆる換気扇や熱交換機(ロスナイ)による換気方法です。ここでは、機械換気装置が有効に作動しているかどうかを調べるポイントを3つ紹介します。

1. 換気スイッチは「オン」「強」ですか？
入れ忘れていた例が非常に多いので注意してください。

2. 排気口にティッシュが吸い付きますか？
ティッシュが吸い付かないほど排気が弱い場合は、奥に見える弁が閉まっているか、ファンやフィルターが埃だらけになって、能力が低下している可能性があります。

3. ドアにある通風口を塞いでいませんか？
これは大切な空気の通り道です。
絶対に塞がないでください。

わかりにくいスイッチの例



オフで点灯



設定が煩雑



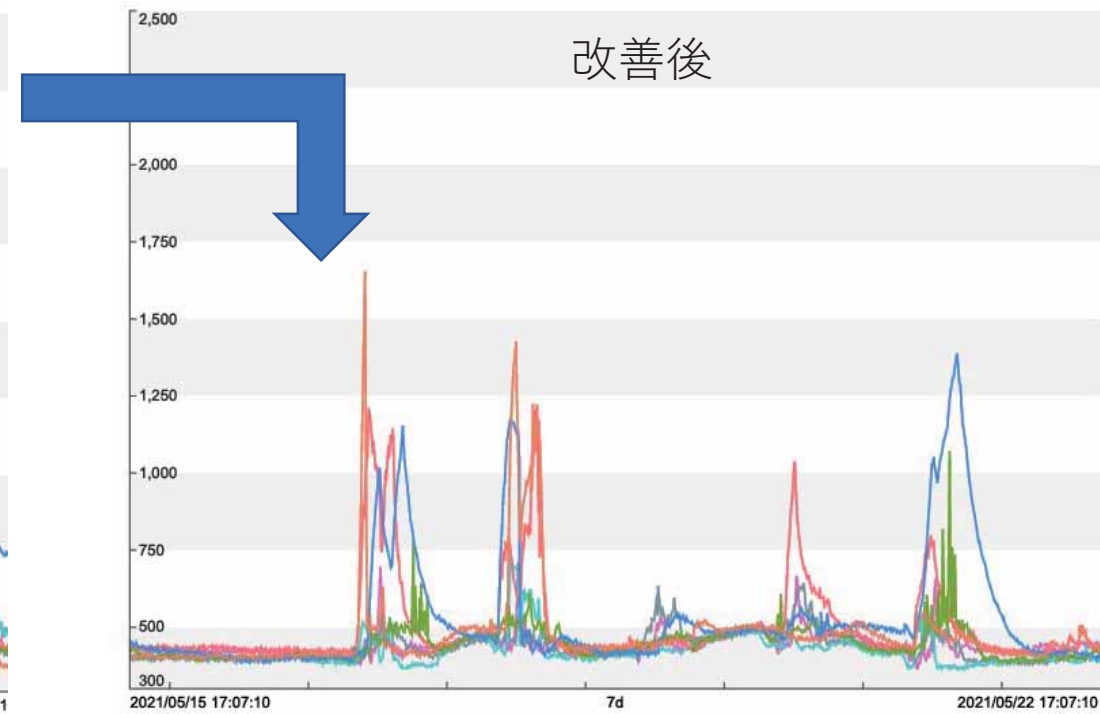
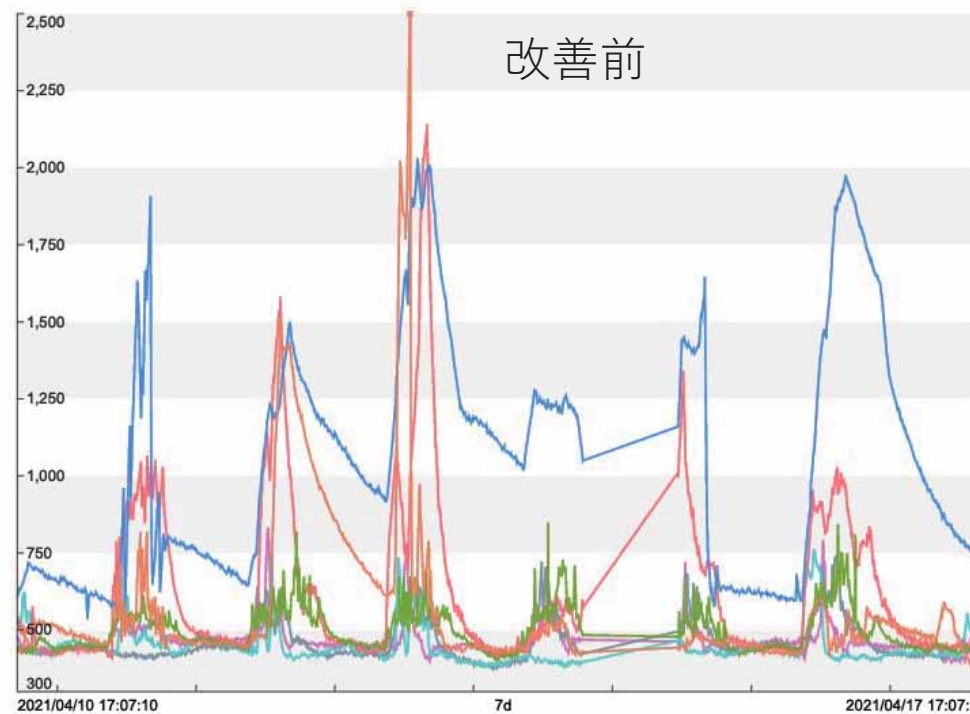
赤がオン



都内大学における予防（行動変容）

主な対策

1. 窓枠の清掃
2. 常時窓開けのポスター掲示
3. 換気扇常時ONのポスター掲示



窓のない地下ライブハウスでの改善事例

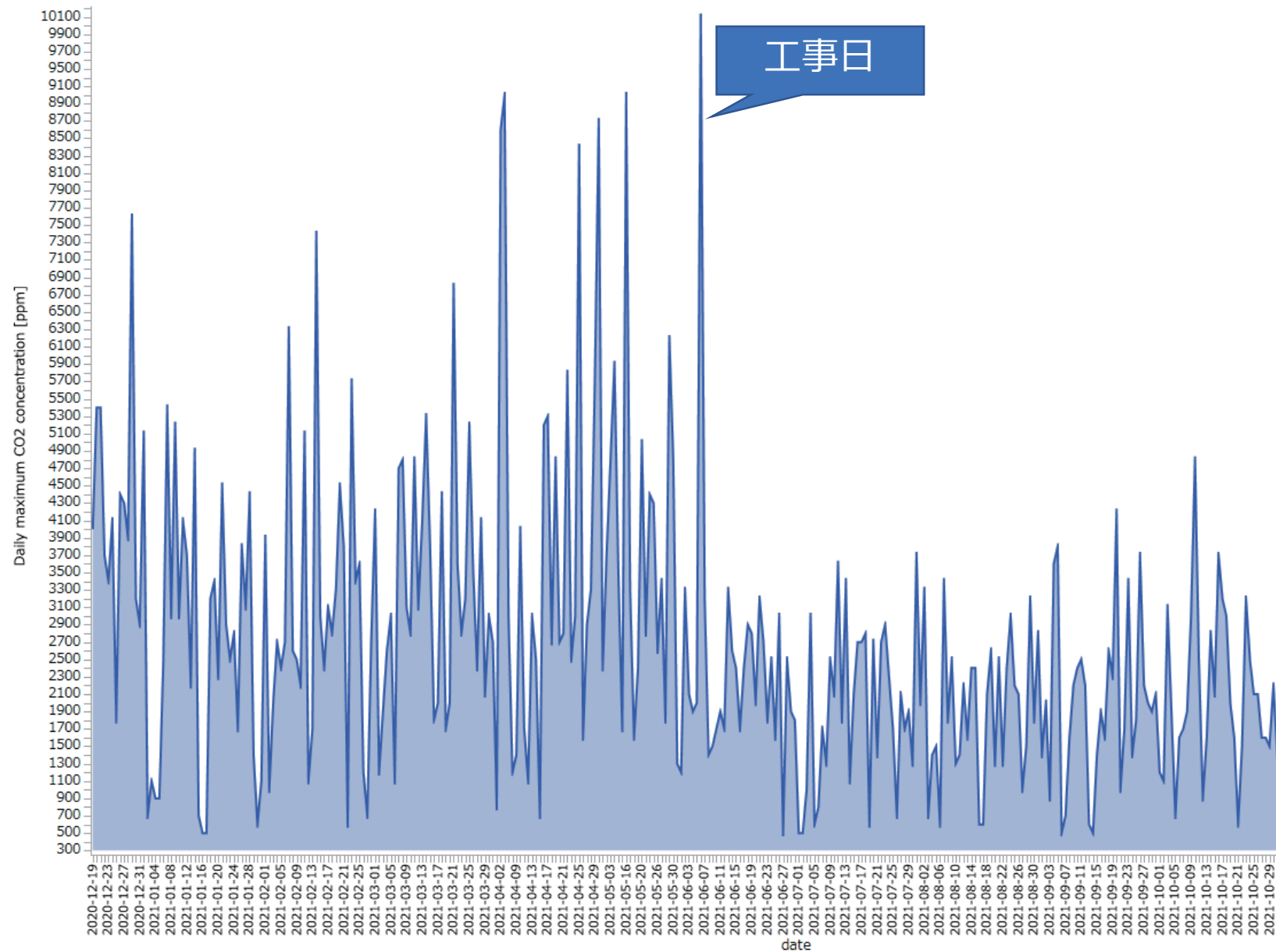
主な対策（7万円）



未使用の換気ダクトを活用



換気扇つなぎこみ
→風量を確認



それでも換気ができない場合は？ 「空気清浄機」

POINT

01

HEPAフィルターを採用していること

HEPA(ヘパ)はJIS規格によって「定格風量で粒径が $0.3\mu\text{m}$ 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」と規定されています。メーカーによってはHEPAの基準を満たしていないにも関わらず「HEPAタイプ」などの紛らわしい表記をしている事例も確認されていますので、注意が必要です。

POINT

02

風量が毎分 5m^3 (=毎時 300m^3)程度以上であること

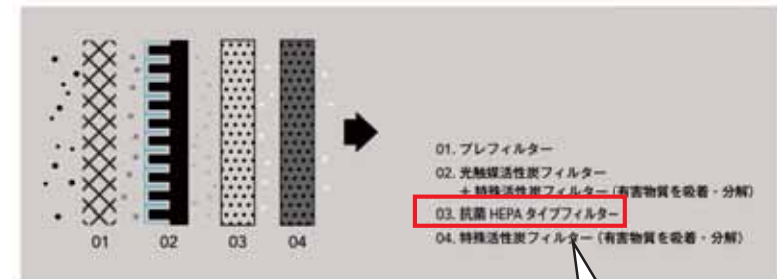
一定の風量がないと、部屋全体の空気を効率的に循環濾過することができません。風量が毎分 5m^3 (=毎時 300m^3)程度以上であることを目安にすると良いでしょう。空気清浄機によっては、一部の空気しかフィルターで濾過していない場合があります。購入時には、「表記された風量の全てがフィルターを通過しているか」をメーカーに確認すると良いでしょう。

POINT

03

十分な台数を設置すること

明確なガイドラインはありませんが、換気の悪い空間で使うのであれば、少なくとも 50m^3 (30畳)につき1台以上は欲しいところです。(天井高を3m、必要換気回数を毎時2回として、換気の代替として空気清浄機を用いると仮定しています)



HEPA?

ちがいを
ちからに
変える街。



渋谷区 渋谷区内ライブハウス等音楽施設向け 換気対策支援補助金のご案内

新型コロナウイルス感染症の影響を受ける区内ライブハウス等が独自に取り組む換気対策のための設備導入や改修工事に対して、その経費を補助いたします。

補助対象施設

渋谷区内にある施設で、下記(1)又は(2)に該当する施設

- (1) 不特定の客に対して歌手がその場で歌う歌、バンドの生演奏等を聴かせることを目的とする施設
(例:ライブハウス等)
※当該施設の主な目的が飲食の提供であり、飲食に付随するサービスとして音楽演奏やショーを行っている場合は原則として対象となりません。
- (2) 楽器を用いた生演奏によらず、演奏者専用のステージにて再生機器を用いて選曲・操作すること等で音楽の提供を行うことにより、一般公衆に遊興をさせ、かつ飲食させることを目的とする施設
(例:クラブ、ディスコ等)

補助対象経費

施設が実施する換気対策に資する設備設置又は改修に係る工事事業で、下記に該当する経費

- (1) 換気設備の設置・改修に必要となる経費
(給気口の増設、換気扇の点検(クリーニング含む)、換気用窓や網戸の取付けなど)
- (2) (1)の実施に伴い、換気効果を向上させるための物品購入経費
(扇風機、サーキュレーター、二酸化炭素濃度測定器の購入など)

補助金額 及び 補助率

1施設につき上限 **30万円** (10/10 以内)

※1事業者が複数の施設を運営する場合は、施設ごとに申請ができます。
※他の補助金で補助を受けている場合には、二重に補助金を受け取ることは出来ません。

渋谷区内ライブハウス等音楽施設対象

空気清浄機

1施設
5台
まで



無償配布のお知らせ

※画像はイメージです。実際の商品とは異なる場合がございます。

渋谷区内のライブハウス等音楽施設様に向け
感染症対策の一環として効果が見込める空気清浄機を
1施設5台までを上限としご支援いたします。
十分な対策、換気とともにご活用ください。

お申し込み期間

2022年1月17日(月)10:00 - 2022年3月18日(金)

空気清浄機は数に限りがございます。お申し込み多数の際は、
予告なく終了とさせていただきます。

支援対象

区内ライブハウス等音楽施設

※対象となる施設は下記お申し込み特設サイトの
Q&Aページよりご確認ください

WEBでカンタンにお申し込み

〈お申し込み特設サイト〉

<https://shibuya-shien.jp/livehouse>



各種お問い合わせ先

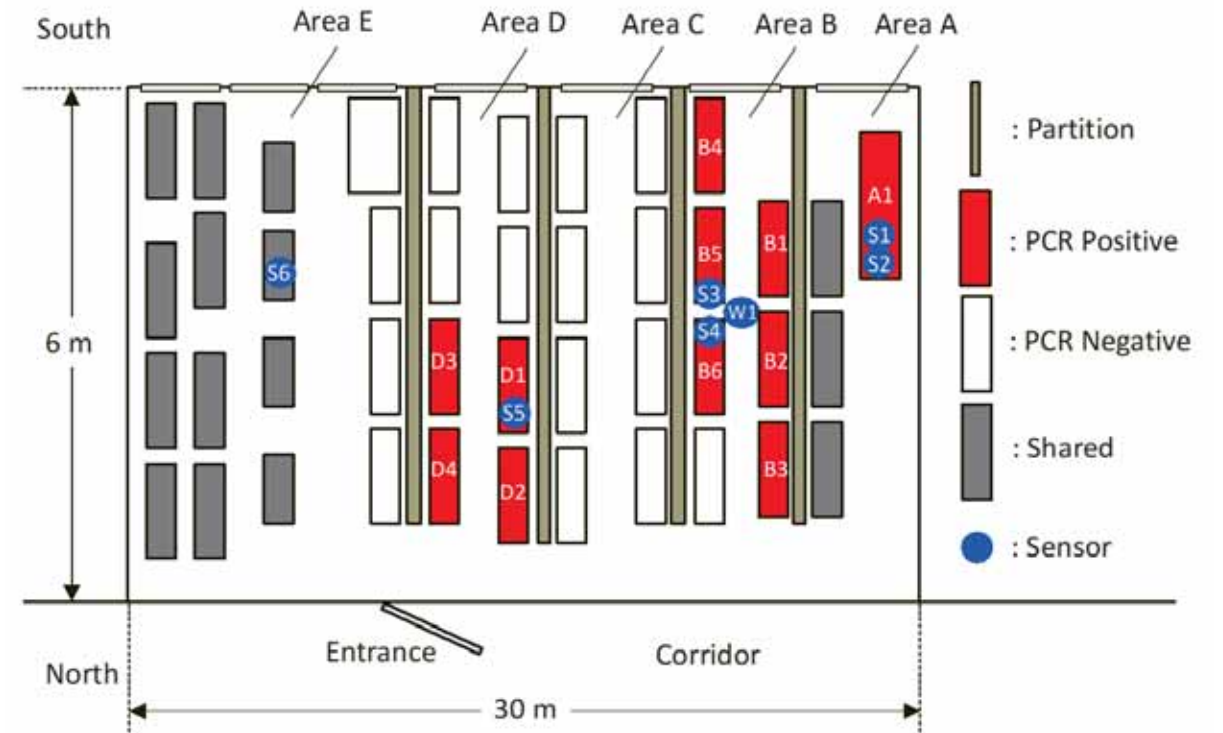
渋谷区 区民部 産業観光課
03-3463-1762

受付時間 10:00~16:00(土・日・祝日を除く)
※くれぐれもお電話のおかけ間違いのないようお願いいたします。

ビニールシートクラスターにご注意を！



特殊スモークによる再現実験



クラスター発生状況（赤色がPCR陽性）



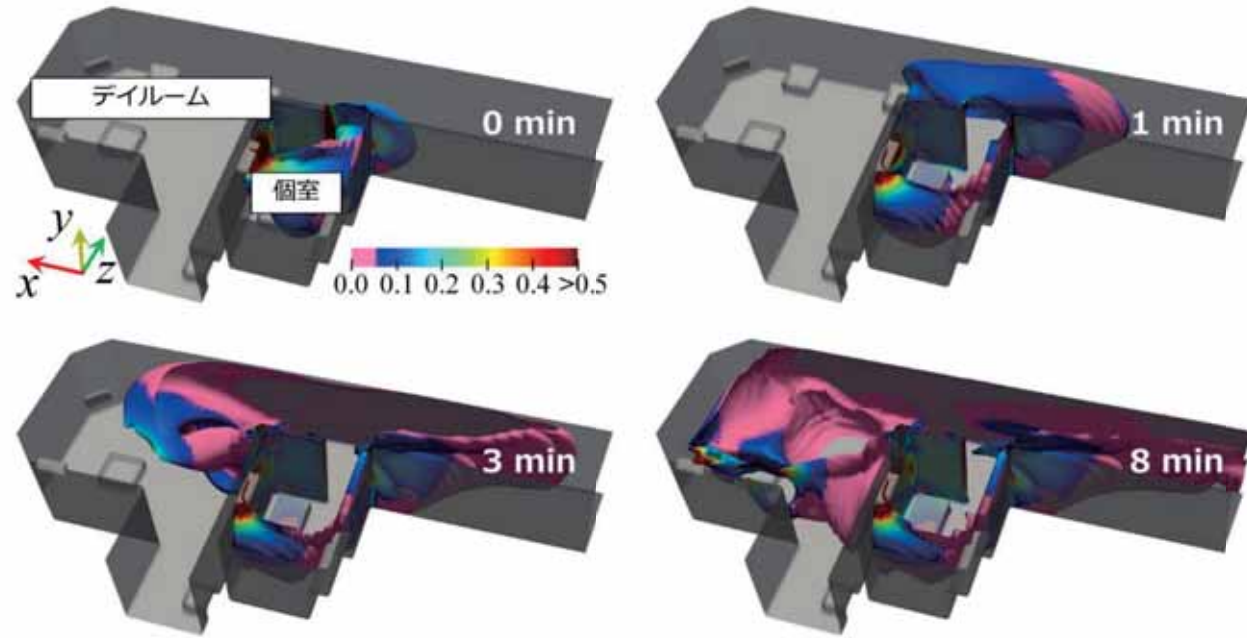
https://news.tv-asahi.co.jp/news_society/articles/000217627.html

<https://www.news24.jp/articles/2021/06/01/07882116.html>





換気による気流クラスターにご注意を！



クラスター発生後の対策

1. 全てのエリアにCO2センサを導入
2. 黄色信号(>1500ppm以上) が出たらメール自動通報、窓開け (窓開け教育徹底)
3. 以後、1500ppmを超えたことは無くクラスターも再発なし



共創進化する図書館：Agoraが感染症対策に果たした役割

- I. エビデンスに基づく社会ルール形成
- II. データに基づく啓蒙、行動変容の実現
- III. 産学連携、社会実装、サービス化
- IV. 自治体、地方公共団体との連携
- V. 実地疫学、医工連携による地域貢献

