

# 室内空気質と感染リスク指数のモニタリング

～Palas社製 AQ Guard使用～



 **東京ダイレック株式会社**

# AQ Guardによる室内モニタリング

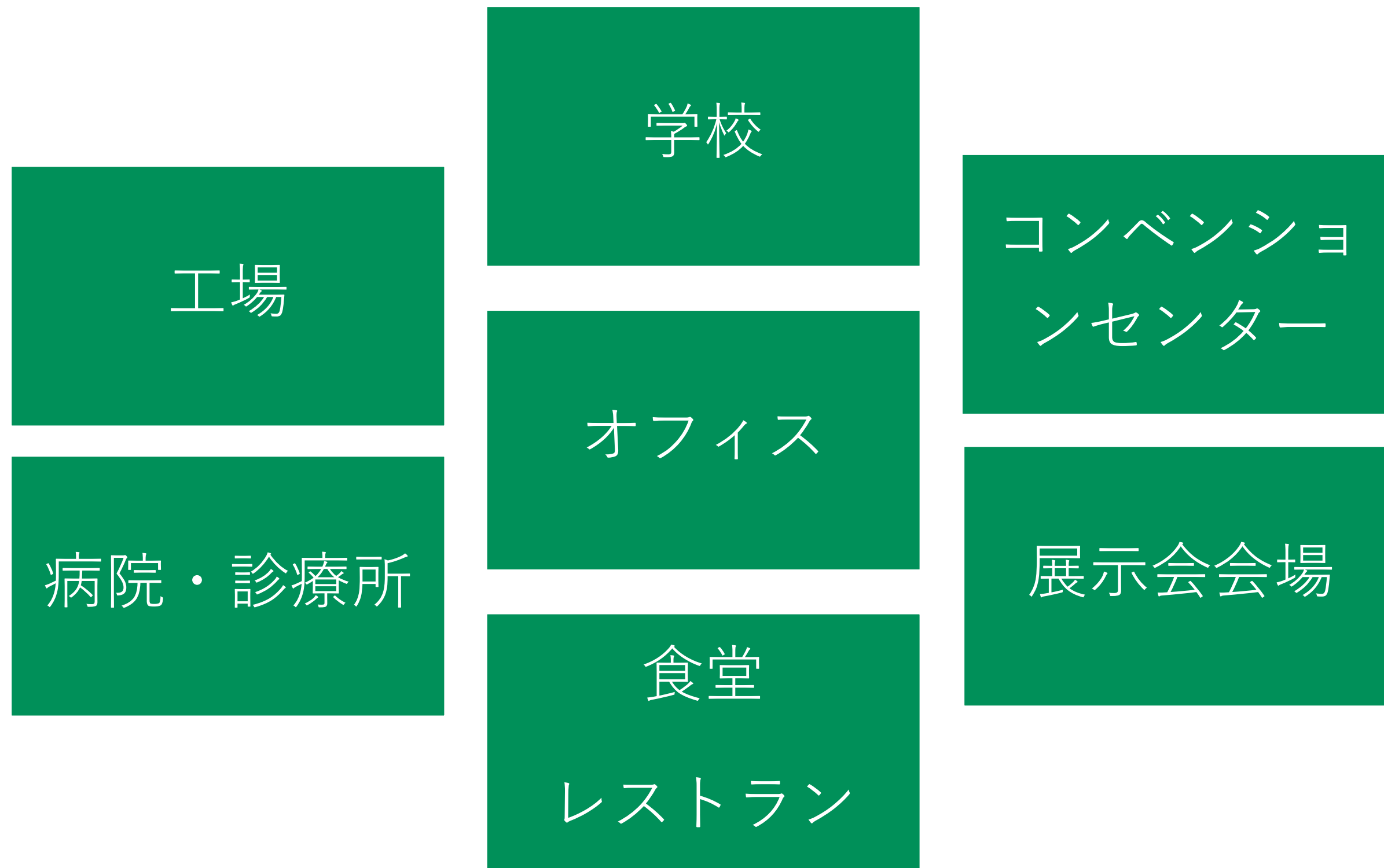
---

|   |                                                     |
|---|-----------------------------------------------------|
| 1 | COVID-19と室内環境                                       |
| 2 | ウイルスの感染リスクに影響すると考えられるパラメータ                          |
| 3 | AQ Guard – More than an aerosol spectrometer        |
| 4 | CO <sub>2</sub> 測定だけでは不十分？                          |
| 5 | なぜ粒径分布は重要？                                          |
| 6 | AQ Guard – 感染リスク指数    Infection Risk Index (IRI)の原理 |
| 7 | 測定例                                                 |

# COVID-19と室内環境

---

多くの人に関連



・・・など

# 新型コロナウイルスのエアロゾル感染

---

当初、WHOはせきやくしゃみによる飛沫を吸い込む「飛沫感染」や、ウイルスが付いた手で口や鼻を触ることにより粘膜から感染する「接触感染」を新型コロナの主な感染経路としてきた。

2020年7月6日 世界32カ国の感染症専門家239人は**エアロゾルによって感染するリスクを指摘した報告書を公開**(米感染症学会の学術誌「医療感染症 (CID)」のサイト※)

2020年7月7日 WHOはエアロゾルを介した感染の可能性を示唆したうえで、「換気の悪い場所などでの感染の可能性は否定できない」と話した。「証拠を収集して解釈する必要がある」として、検証作業を急ぐ考えを示した。

2020年7月10日 米国立アレルギー感染症研究所のファウチ所長は「エアロゾル（感染）についてはまだいくつかの謎があるが、ある程度は起こり得るだろう」と述べた。

※ <https://academic.oup.com/cid/article/doi/10.1093/cid/ciaa939/5867798>



# エアロゾル感染リスクを指摘した報告書の概要

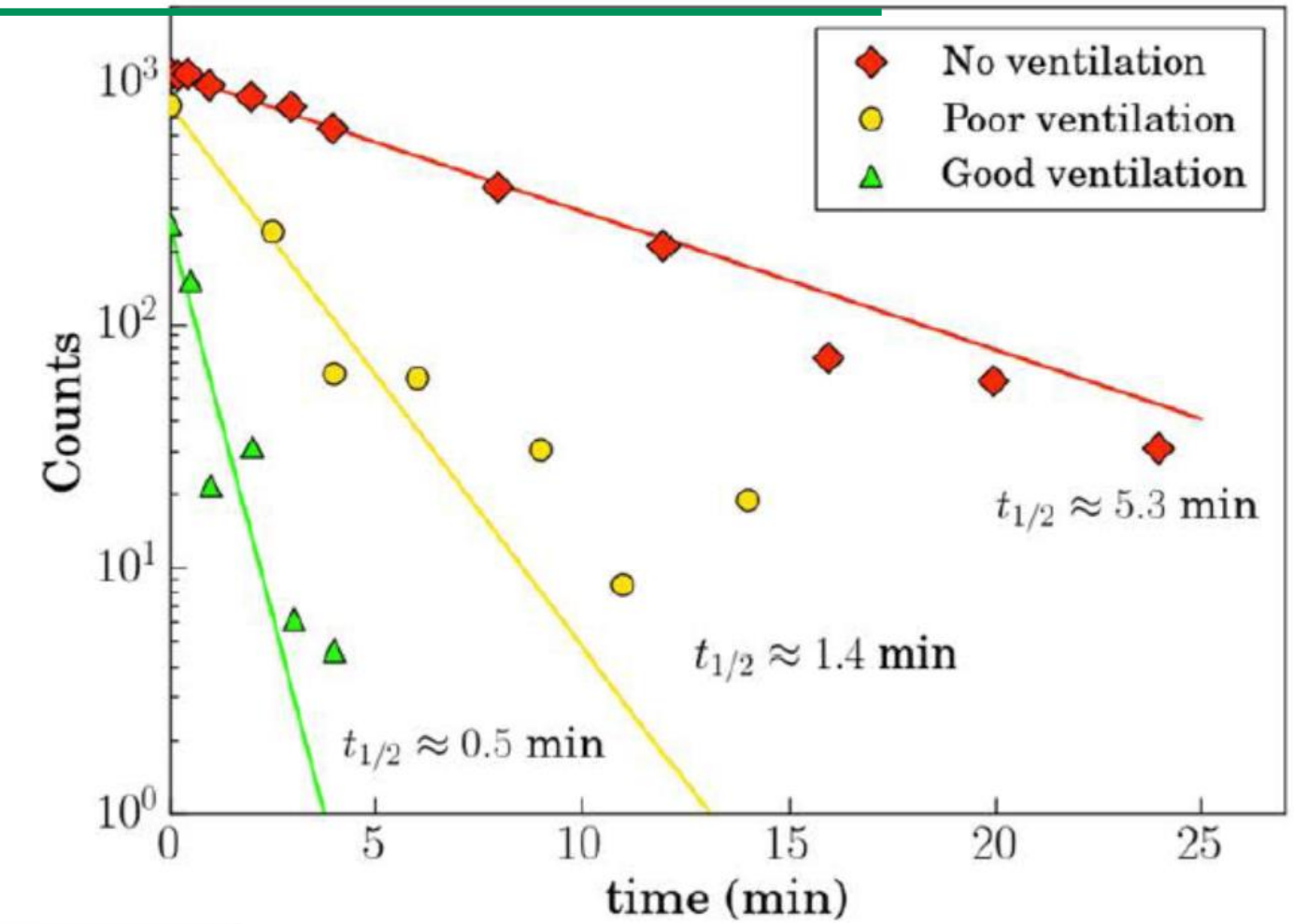
---

1. ウイルスが呼気、会話、咳の際に、マイクロ飛沫で放出され、感染者から1～2 mを超える距離でばく露されるリスクをもたらす。また、換気の悪い室内では地上1.5 mの高さで放出されたウイルスを含んだマイクロ飛沫が空気の循環で数十m先まで移動する可能性がある。
2. レトロスペクティブ解析（後ろ向きコホート研究）では、例えば、レストランのビデオ録画のレビューでは、感染者を含む3者間の直接的または間接的接触の証拠は観察されなかったが、その後、他者の感染が認められた。
3. 空気中には5  $\mu$ m未満の飛沫に関連するウイルスRNAが検出されており、ウイルスはこのサイズの飛沫で感染能を維持することが示された。また、他の研究では、表面上の飛沫と比較してエアロゾル中で同程度に良好に生存することが示されている。

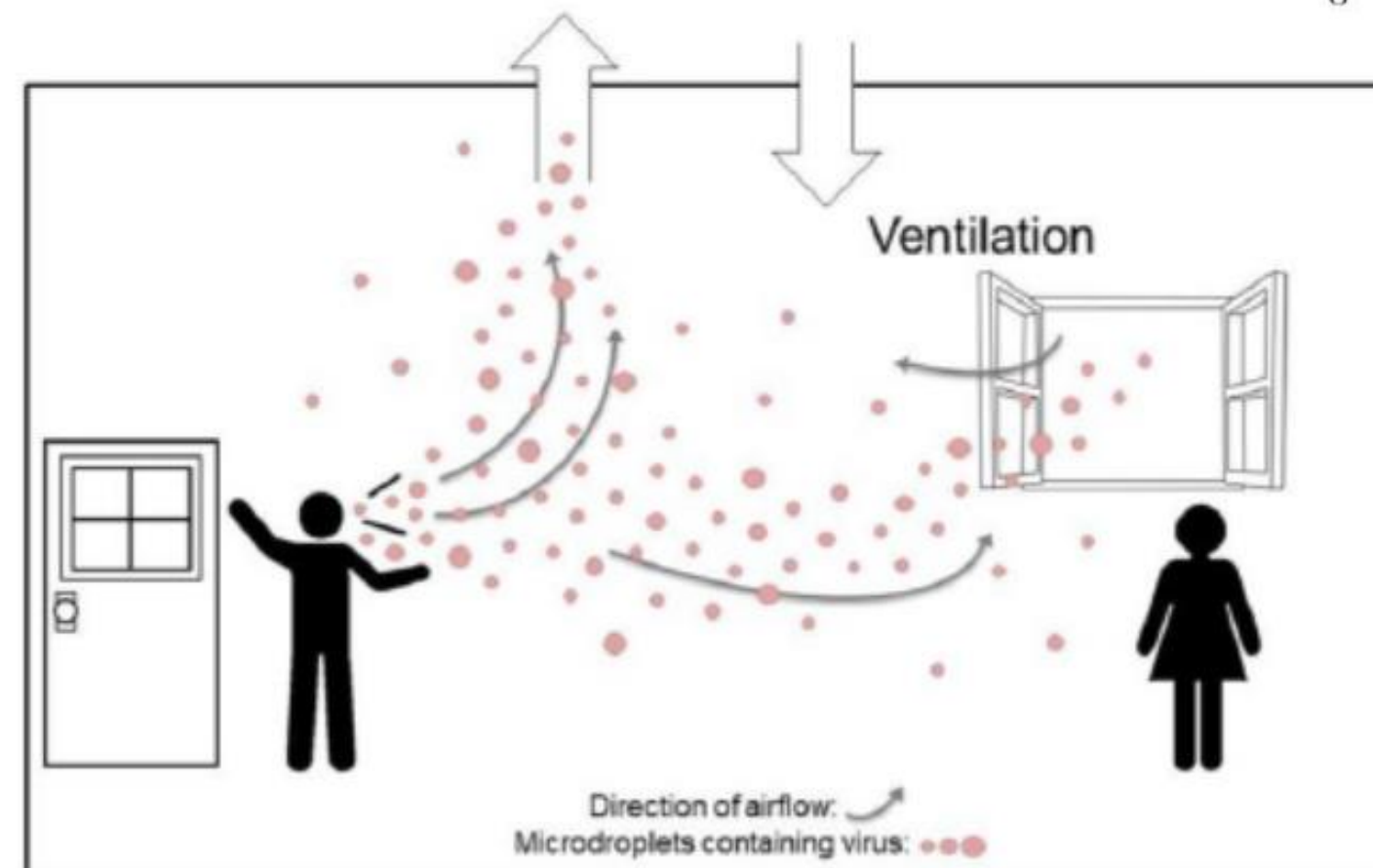
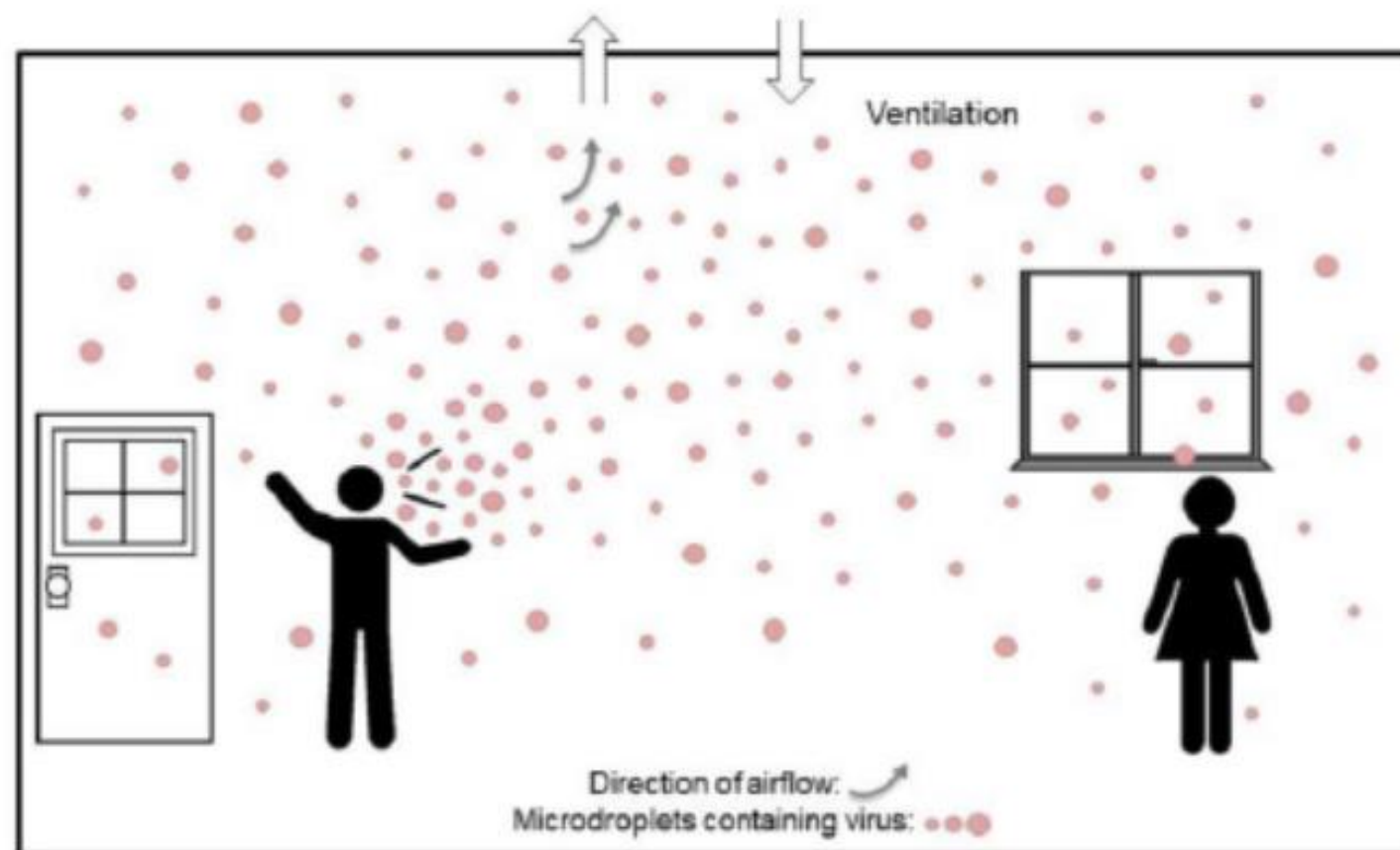


# エアロゾル感染リスクを指摘した報告書による防止策の提案

1. 効果の高い換気
2. 高機能の空調フィルターや紫外線殺菌の導入
3. 公共交通機関や公共スペースでの過密防止



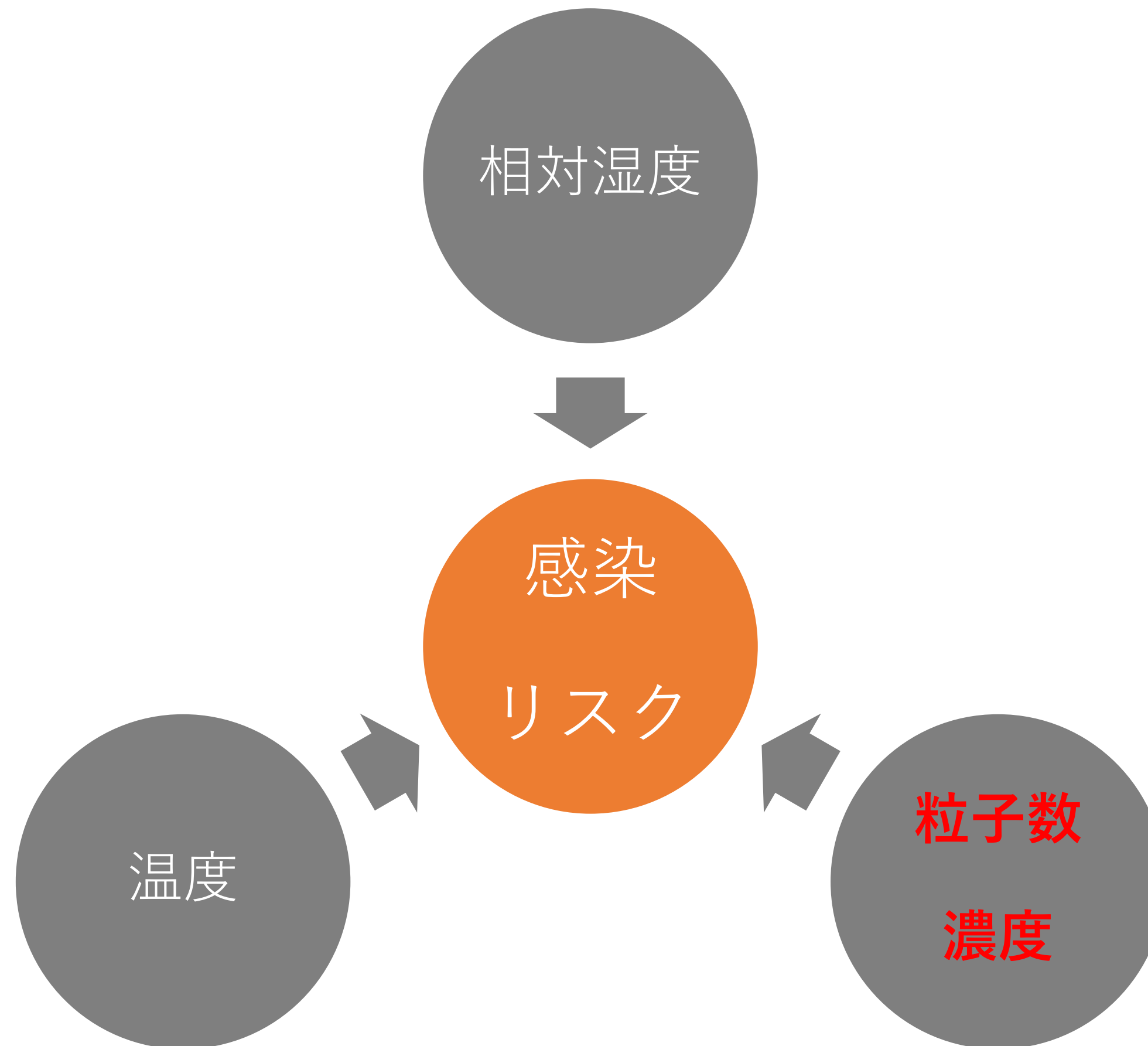
Somsen *et al.*, 2020 “Small droplet aerosols in poorly ventilated spaces and SARS-CoV-2 transmission”, The Lancet.  
[https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30245-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30245-9)



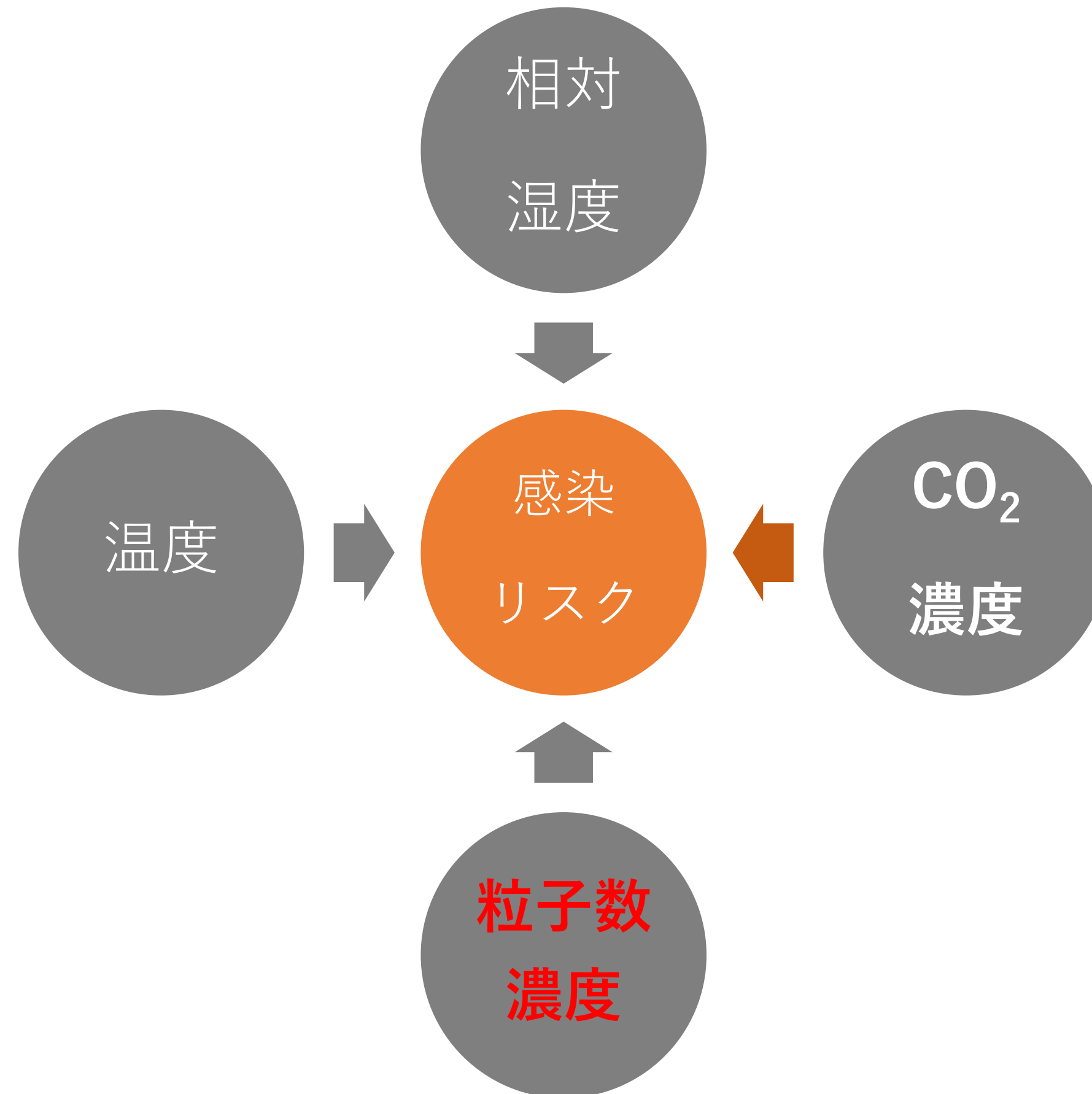
Morawska and Milton, 2020 “It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19”, Clinical Infectious Diseases, ciae939, <https://doi.org/10.1093/cid/ciae939>

# ウイルスの感染リスクに影響されると考えられるパラメータ

---



# ウイルスの感染リスクに影響されると考えられるパラメータ





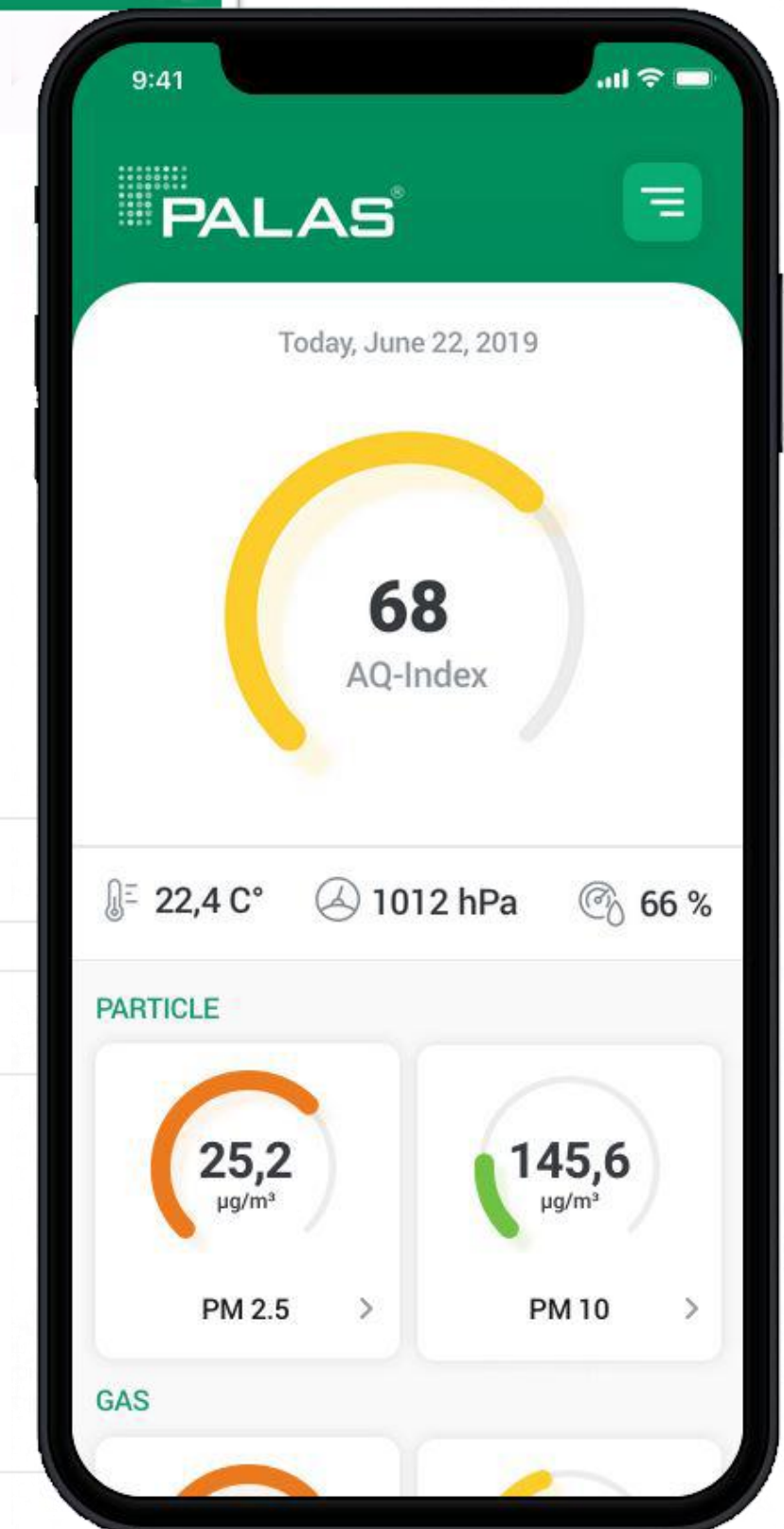
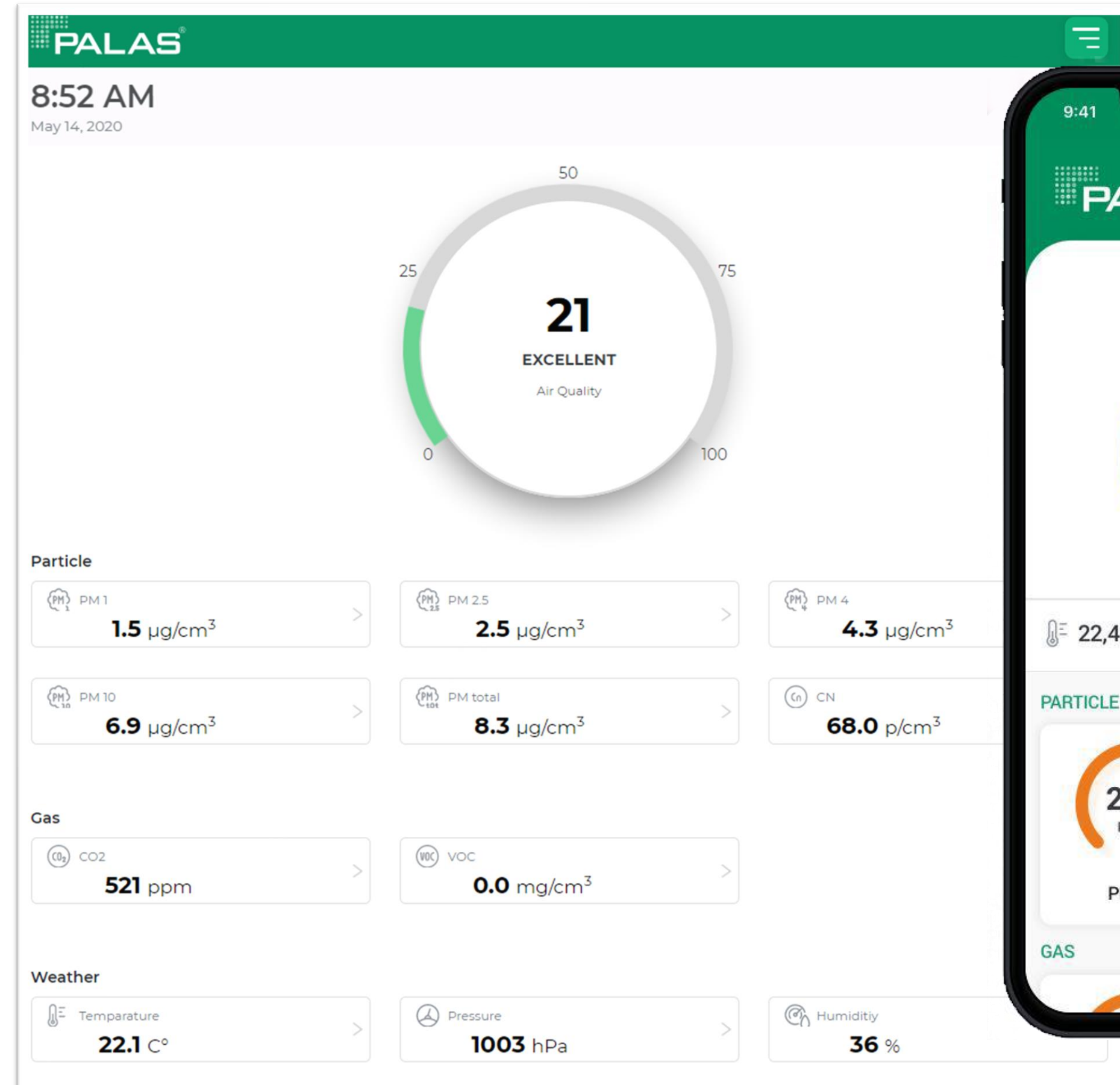
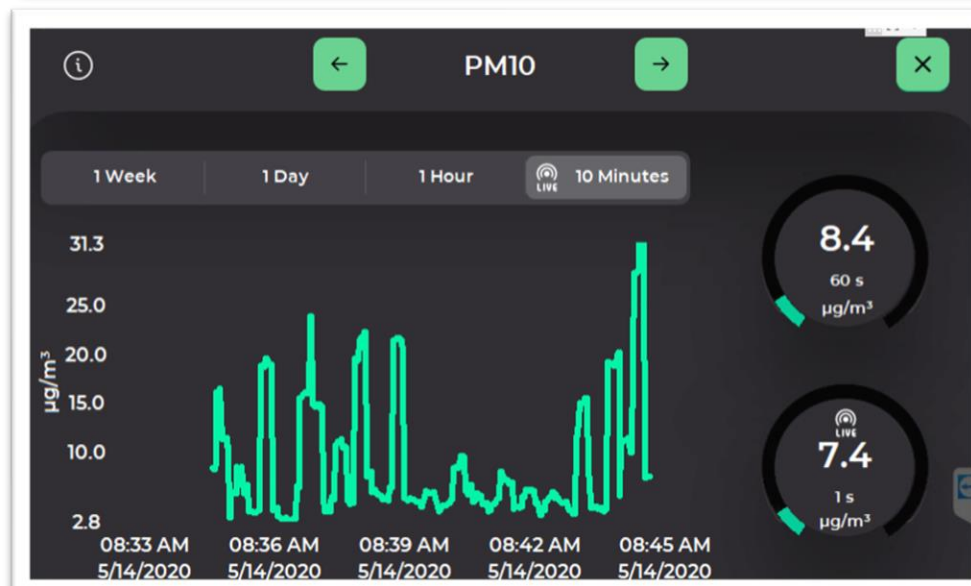
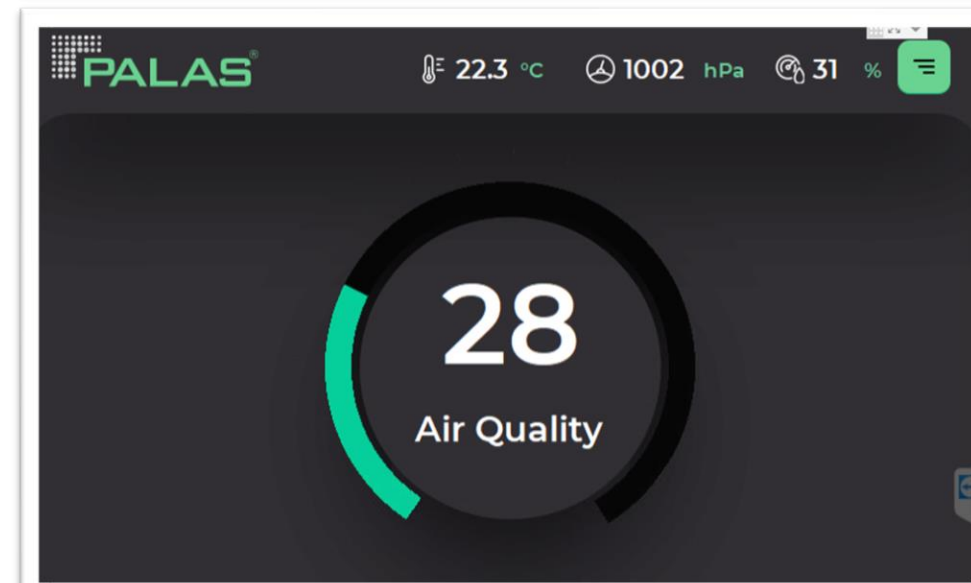
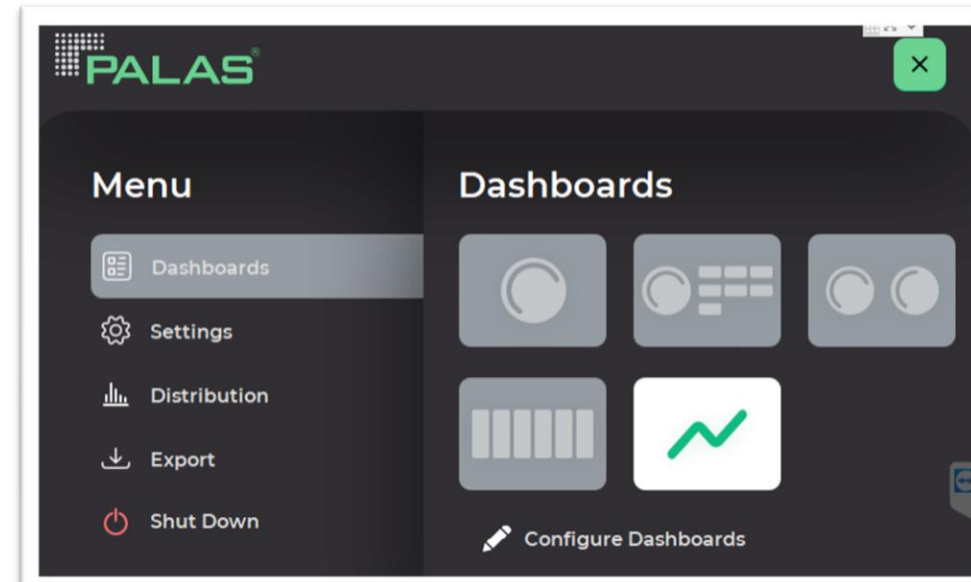
# AQ Guard – More than an aerosol spectrometer

## 特徴:

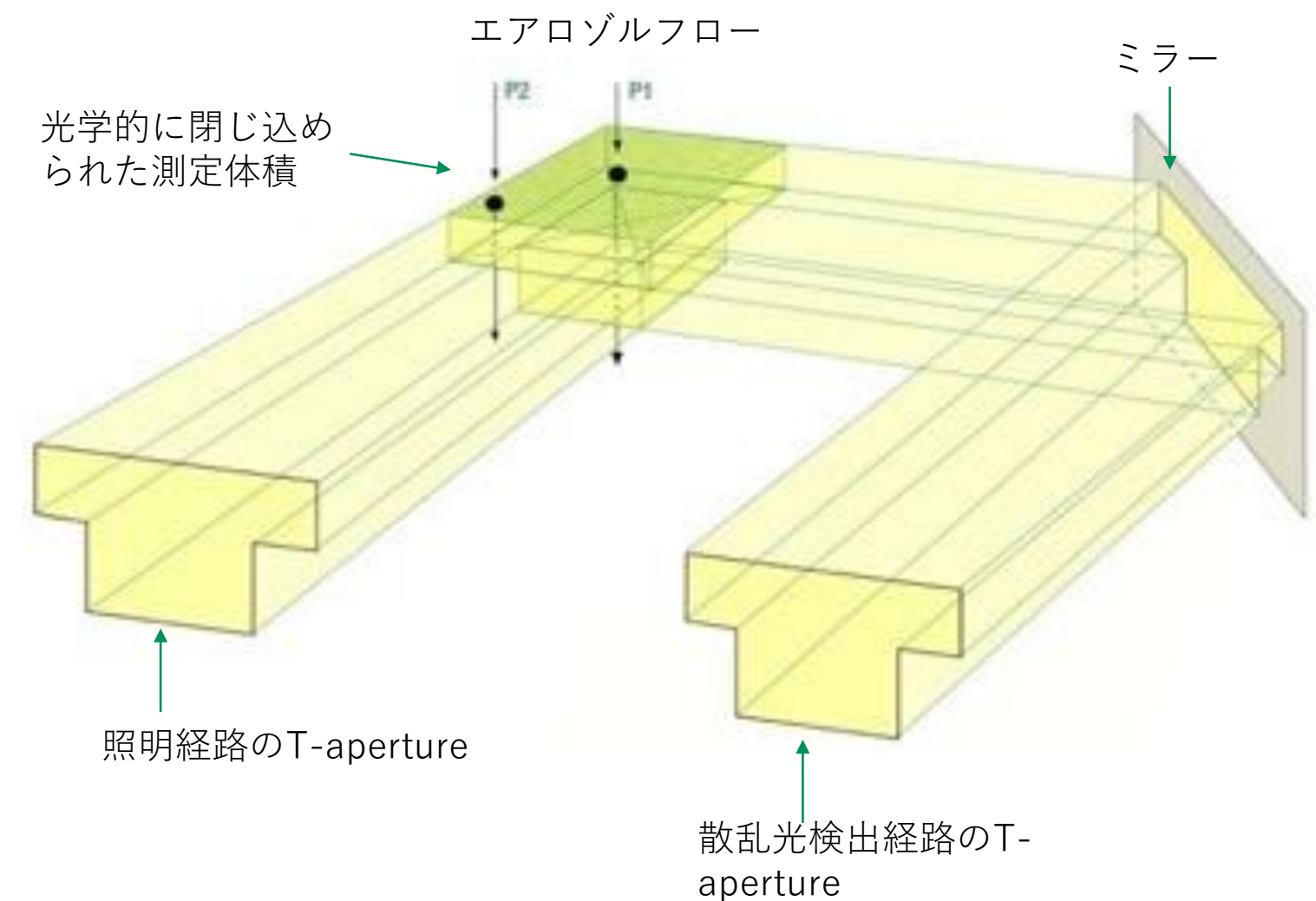
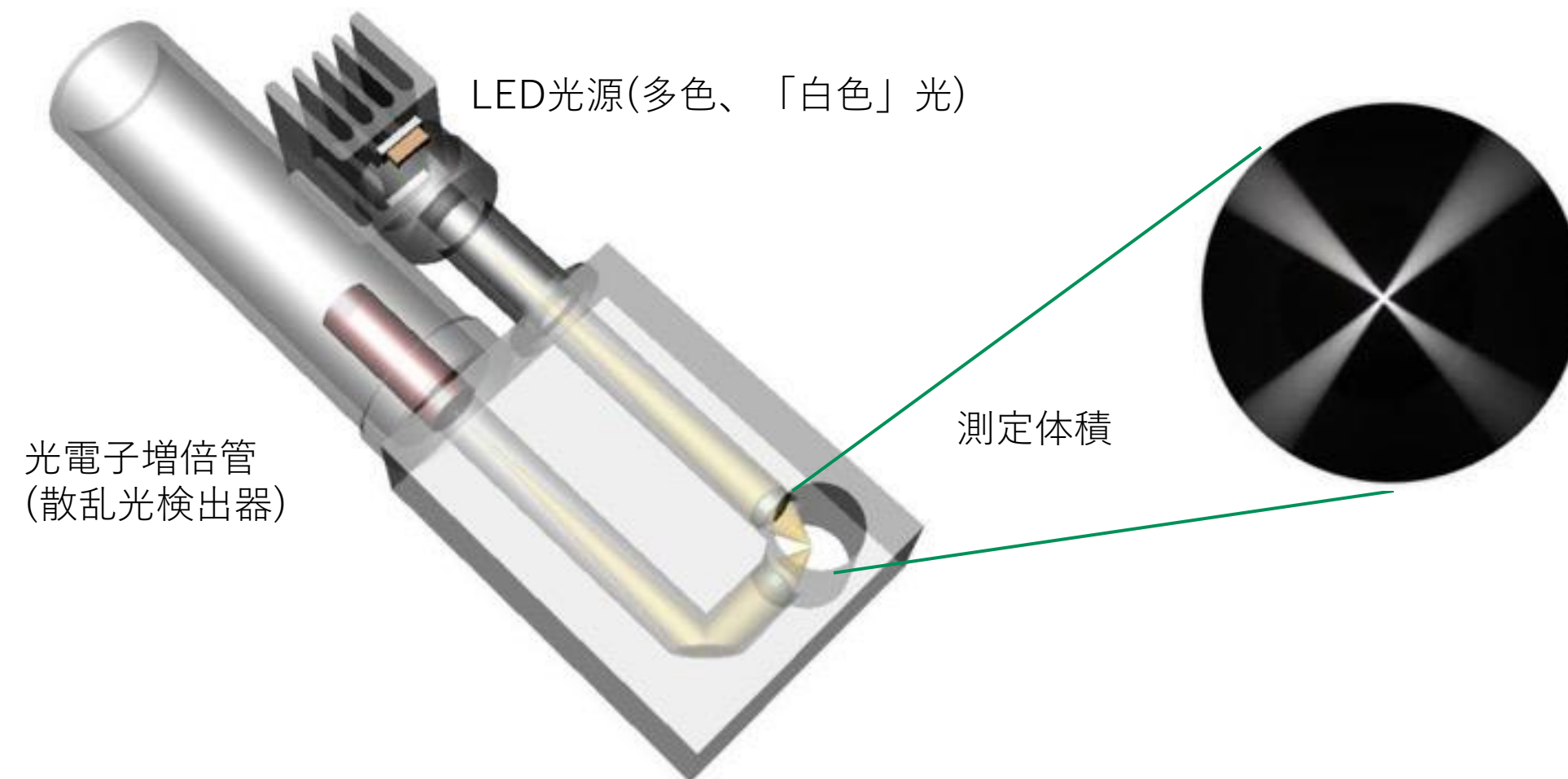
- エアロゾル粒子サイズの計測と計数が可能な高分解能エアロゾルスペクトロメータ  
(個数濃度、PM<sub>1</sub>/2.5/4/10、TSPの同時計測、粒径分布)
- 温度、湿度、圧力センサ
- CO<sub>2</sub>センサ (最大5000 ppm 許容値 +/-30 ppm)
- VOC センサ  
(許容値 +/-15% (実測値))



# AQ Guard - インタフェース画面とビルトインWebサーバー



# AQ Guard – More than an aerosol spectrometer



- 単一粒子計数エアロゾルスpektロメータ  
同時に複数のPM値計測、粒子個数濃度、粒径分布をデータ化
- 90° 散乱光センサ
- 多色LED
- 特許取得済みのT-aperture 技術



# CO<sub>2</sub>測定だけでは不十分？

---

CO<sub>2</sub>測定のみでは、以下の場合に誤解を招く可能性がある：

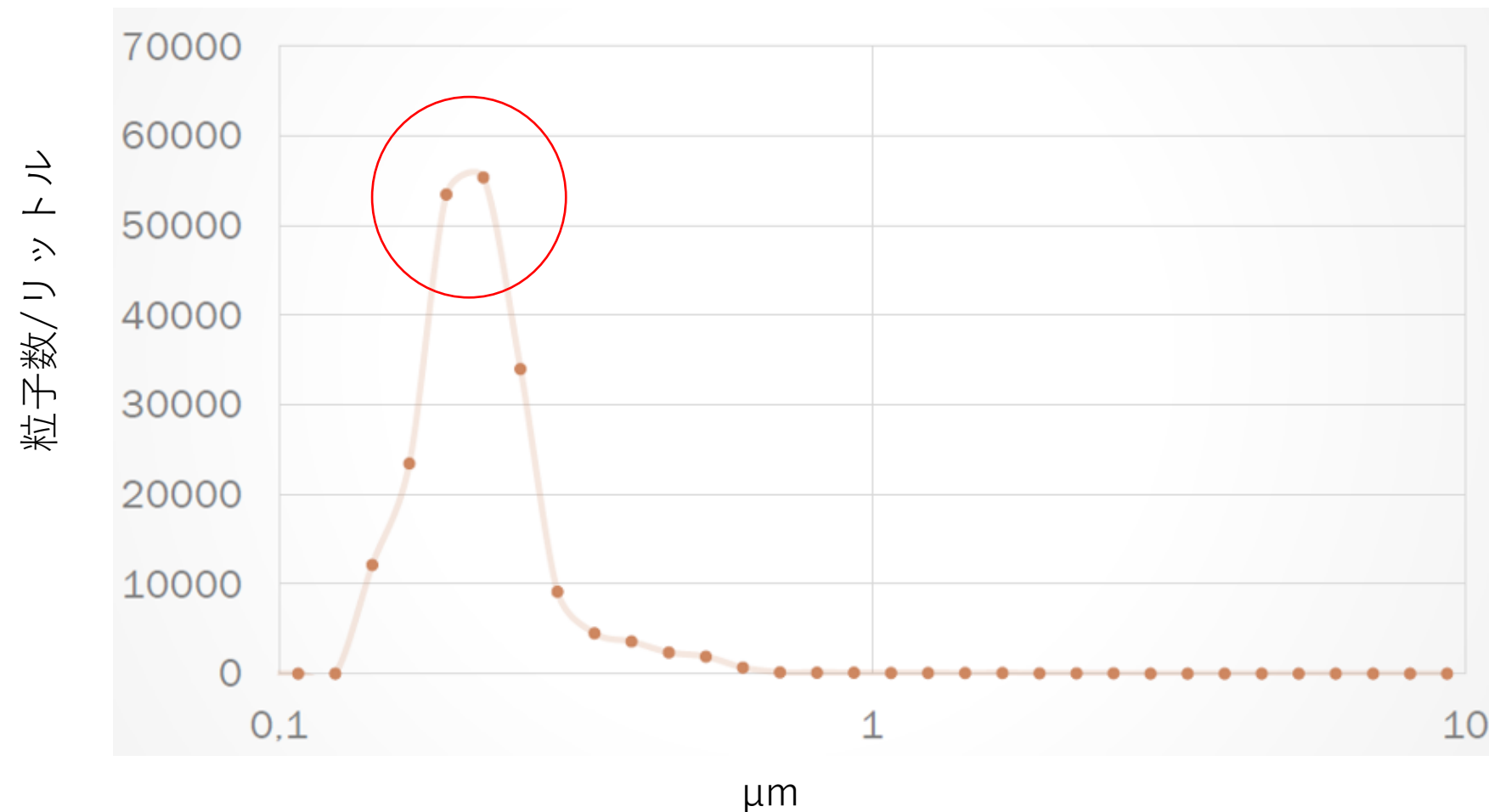
- 室内空気はHEPAフィルタによりろ過されるが、交換されていない：  
->CO<sub>2</sub>濃度は高いが、粒子がろ過されるため最終的にはリスクがない。  
不要な交換率が高くなり、エネルギー効率と快適性が低下する可能性がある
- 室内空気はろ過されてないが、交換率が高い  
-> CO<sub>2</sub>濃度が低いと、交換率が低下し、感染リスクが高まる可能性がある

まとめ：

- CO<sub>2</sub>の測定と上昇は、部屋にいる人の存在を示す。
- 感染リスクが高い場合は、積極的な結論は得られない。
- 粒子濃度の変動をモニタリングすることによって補完できる

# なぜ粒径分布は重要？

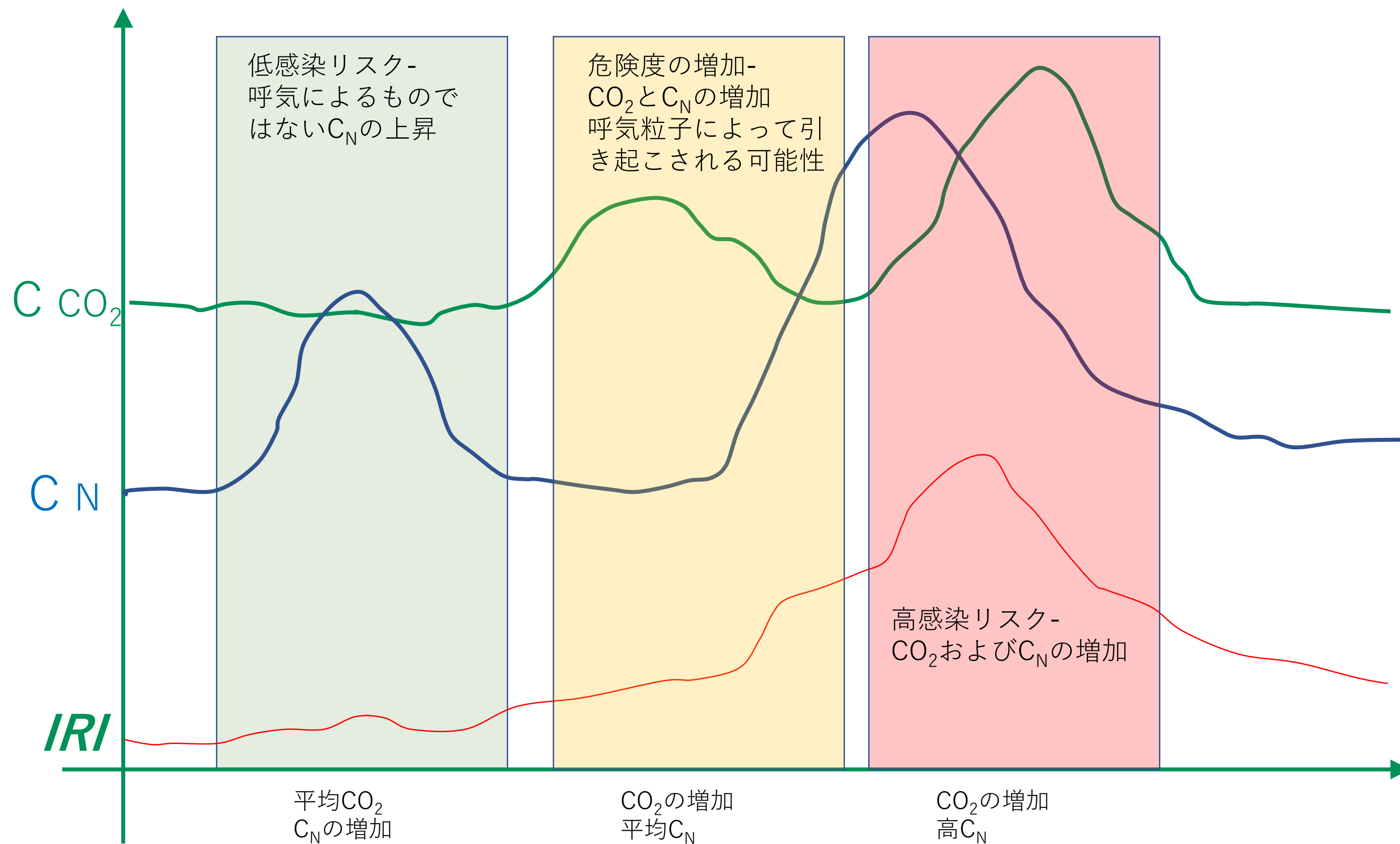
COVID-19-患者の呼気粒径分布



粒子数濃度は、感染リスクを評価するのに重要  
(このサイズ領域の質量は違いが分かり難らく、判別しにくい)

- 感染性粒子の平均直径は $0.3 \sim 0.5 \mu m$
- このサイズ領域の個数濃度も関連する
- 高感度な粒子数濃度が必須
- 「シンプルな」PMセンサーでは、その領域の粒子を特定することが難しい(質量感度が低いため)
- 粒子数濃度は重要な役割を果たします

# AQ Guard – 感染リスク指数 Infection Risk Index (IRI)



CO<sub>2</sub>濃度と粒子数で感染リスク指数(IRI)を算出

国際的な学術誌に基づく計算式を使用

主要パラメータ

- CO<sub>2</sub>
- C<sub>N</sub>
- 人数 (30名と仮定)

指数の変化は異なる色で表示

|       |         |      |
|-------|---------|------|
| 低リスク  | 0-0.4   | 緑    |
| リスク上昇 | 0.5-0.9 | オレンジ |
| 高リスク  | 1以上     | 赤    |



## AQ Guard – 感染リスク指数 Infection Risk Index (IRI) 続き

Rudnick, S.N. and Milton, D.K (2003)は、呼気エアロゾル濃度の代用としてCO<sub>2</sub>を用いたWells-Riley-Equationから基本再生産数を計算する式を導出しました。  
AQ Guardの感染リスク指数はこの式に粒子の沈降と濃度変化を加え、以下のように計算しております。

$$R_{CO_2} = (n - 1) * \left[ 1 - \exp \left( - \frac{a * f * q * t}{n} \right) \right]$$

ここで、

n = 室内の人数、a = エアロゾル粒子の沈降、t = 滞在時間(h)、f = 空気の平均再呼吸率、q = 室内の感染者による感染力価、

さらに、

$$f = \frac{C - C_0}{C_a}$$

Cは室内のCO<sub>2</sub>濃度、C<sub>0</sub>はフレッシュエアのCO<sub>2</sub>濃度、C<sub>a</sub>は呼気中のCO<sub>2</sub>濃度です

$$a = \frac{C_{Aer}}{C_{ABL}}$$

C<sub>Aer</sub>を一定時間のエアロゾル数濃度、C<sub>ABL</sub>をエアロゾル濃度のベースライン、aは最大1

また、下記パラメータは以下のように仮定しています。

滞在時間：

1時間

室内の感染者による感染力価：

100 感染量/h (infectious doses per hour)

排出呼気のCO<sub>2</sub>濃度：

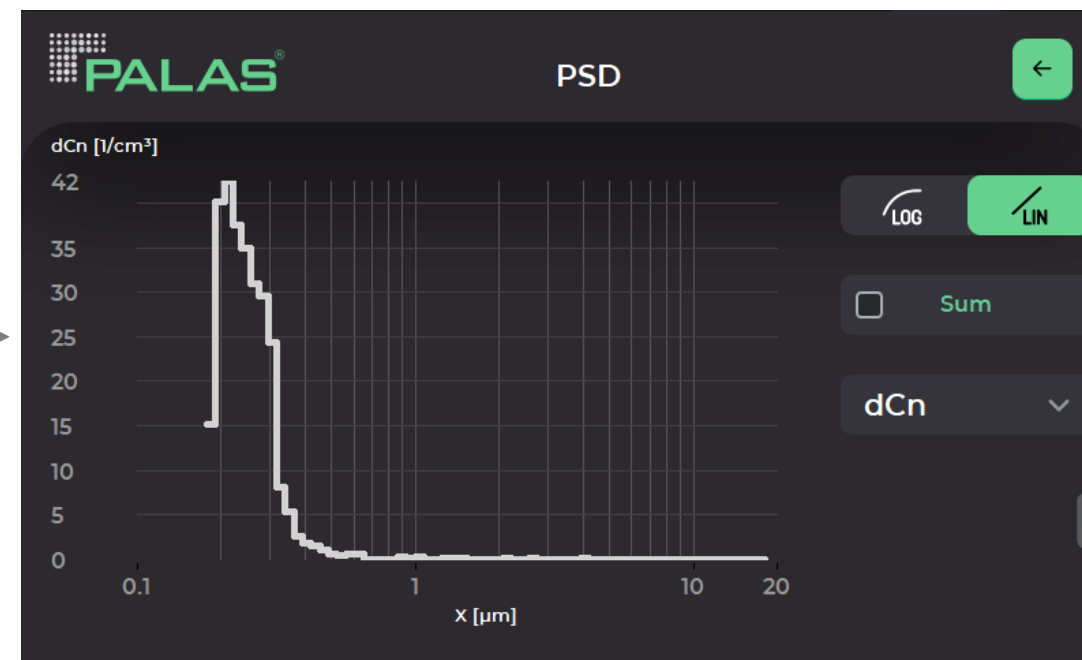
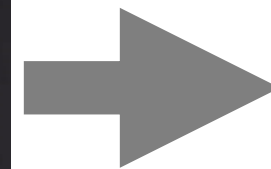
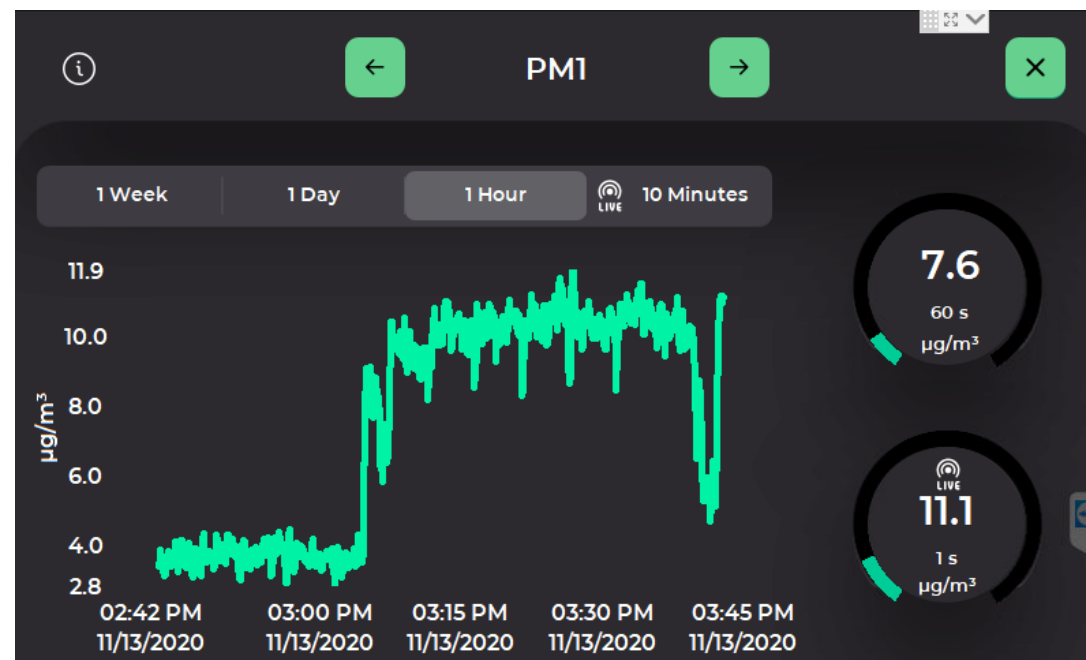
38,000 ppm

Rudnick, S.N. and Milton, D.K (2003). "Risk of indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration". *Indoor Air*, 13(3), 237-245.

<https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2003.00189.x>

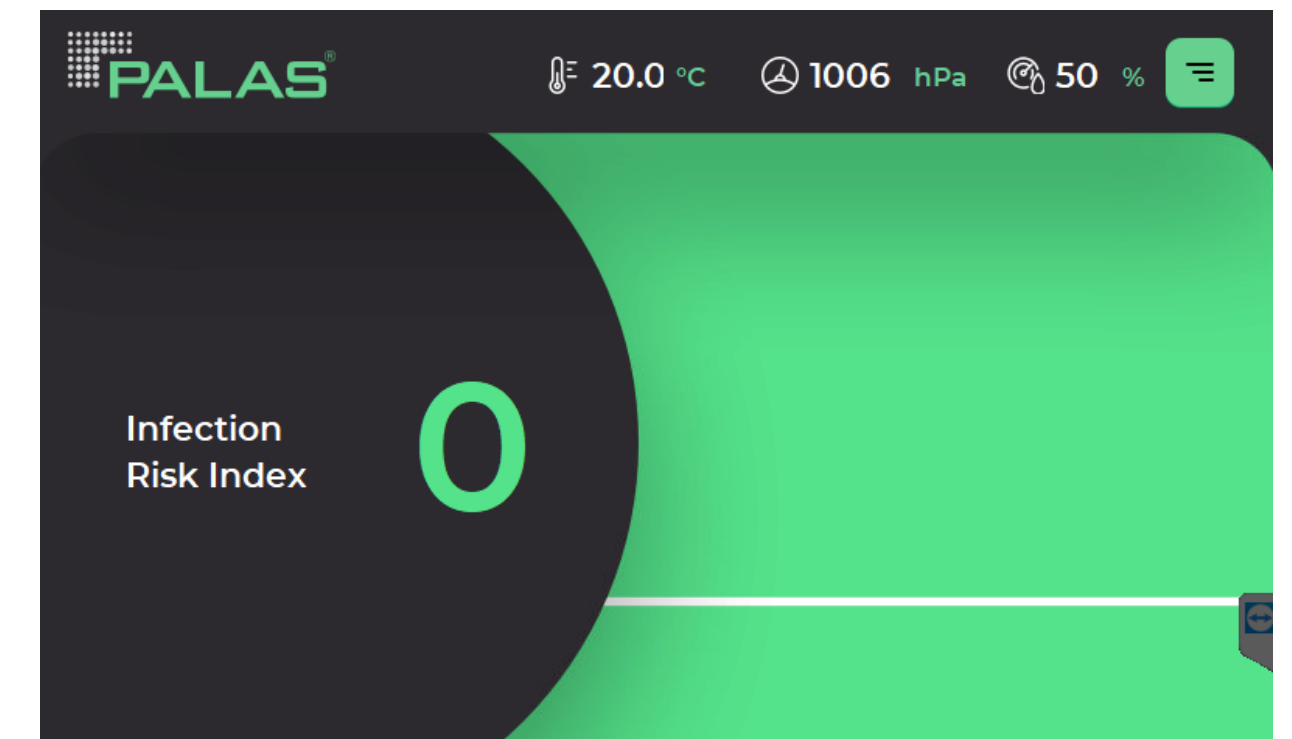
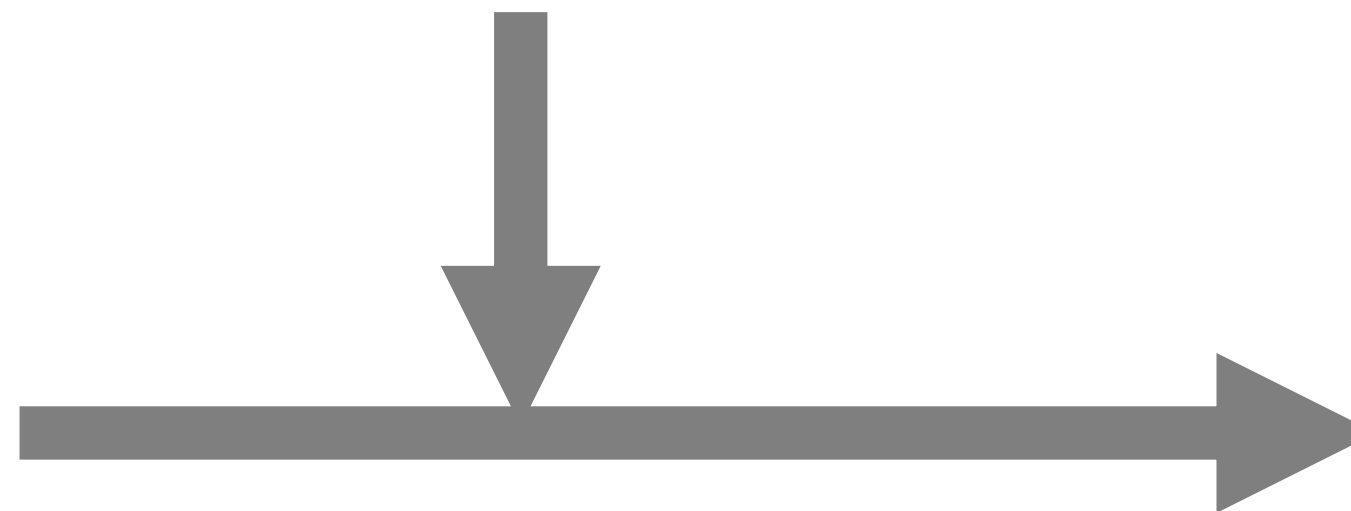
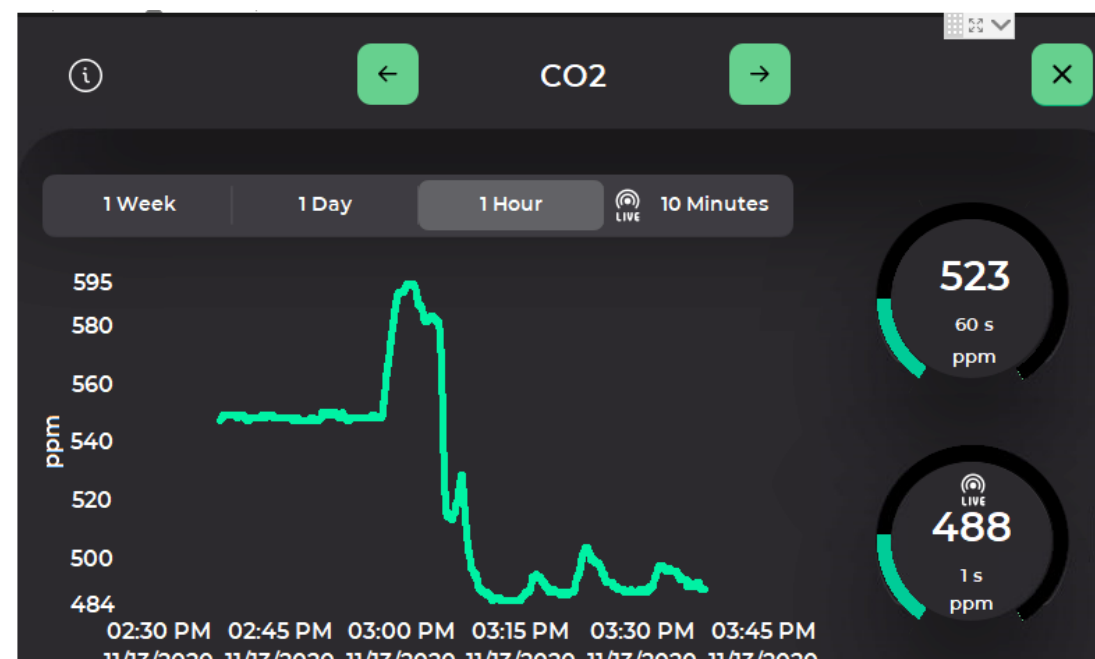
# AQ Guard – 感染リスク指数 Infection Risk Index (IRI) : 例

$0.3\ \mu\text{m}$ 未満の粒子で増えた $PM_{10}$ の値



感染リスクなし

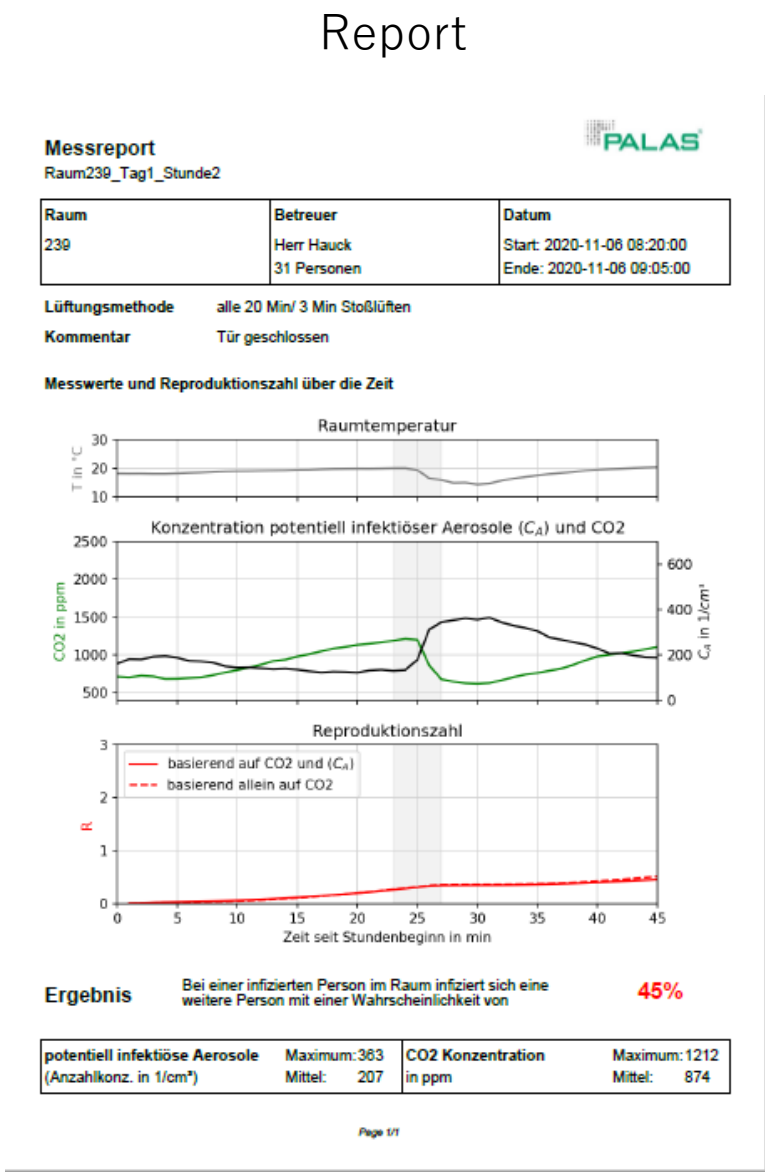
+ 低濃度 $CO_2$



# 測定例① 教室での検証－感染リスクの判別

バックグラウンド:  
感染のリスクを効果的かつ効率的に（エネルギー消費）削減するために、HEPA空気清浄機と組み合わせでさまざまなシナリオで空気交換率を高めるために取られた対策の分析

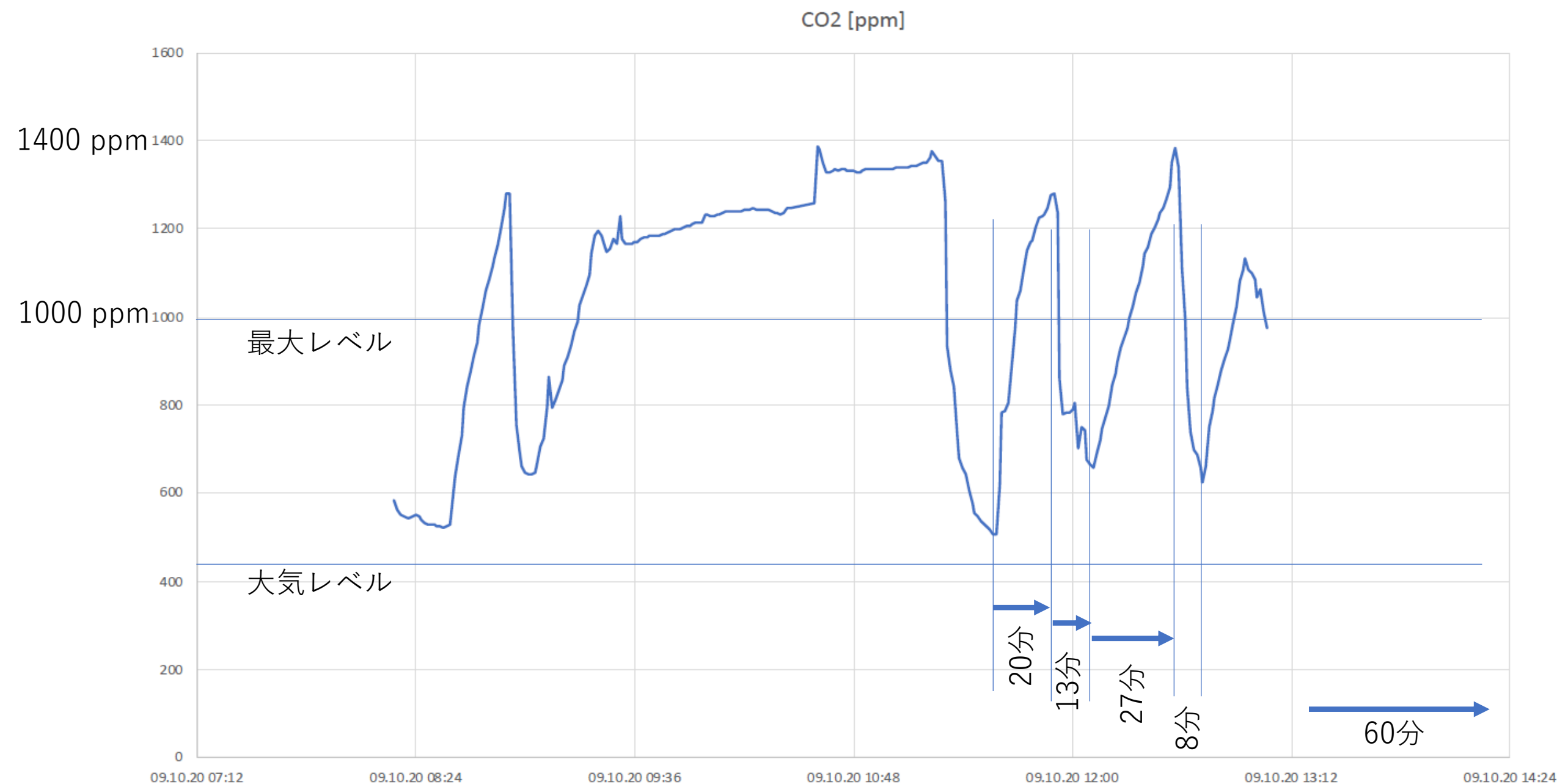
| 状況 / 時間                | 窓 | ドア | メモ           |
|------------------------|---|----|--------------|
| 常時開いた状態                | ✓ | ✓  |              |
|                        | ✓ |    |              |
|                        |   | ✓  |              |
| 間隔を空けて<br>(20分毎に3分ほど.) | ✓ | ✓  | 換気後にドアは開いた状態 |
|                        | ✓ |    |              |
|                        |   | ✓  |              |
| 常時閉じた状態                | ✓ | ✓  |              |



- 測定データに基づいて繁殖生産数（R）を決定
- 国際的な学術誌に基づく科学的計算を使用.
- 主要パラメータ
  - CO<sub>2</sub>
  - C<sub>N</sub>
  - 人数

# 測定例① 教室での検証－感染リスクの判別(続き)

教室内の換気時にCO<sub>2</sub>レベルの変化をモニタリング



- 28名の教室
- 30～35分毎に窓や扉を開け換気
- CO<sub>2</sub>レベルは、8～13分以内に650 ppmまで減少
- 20～27分で1300 ppmまで増加

700 ppmまでの減少できたが、短時間で最大レベルに急増。このような条件は unnecessaryな換気、不快感および、空調費用の増加へとつながる。また、湿度の低下と感染率の上昇へとつながる場合もある。



## 測定例② 議事堂



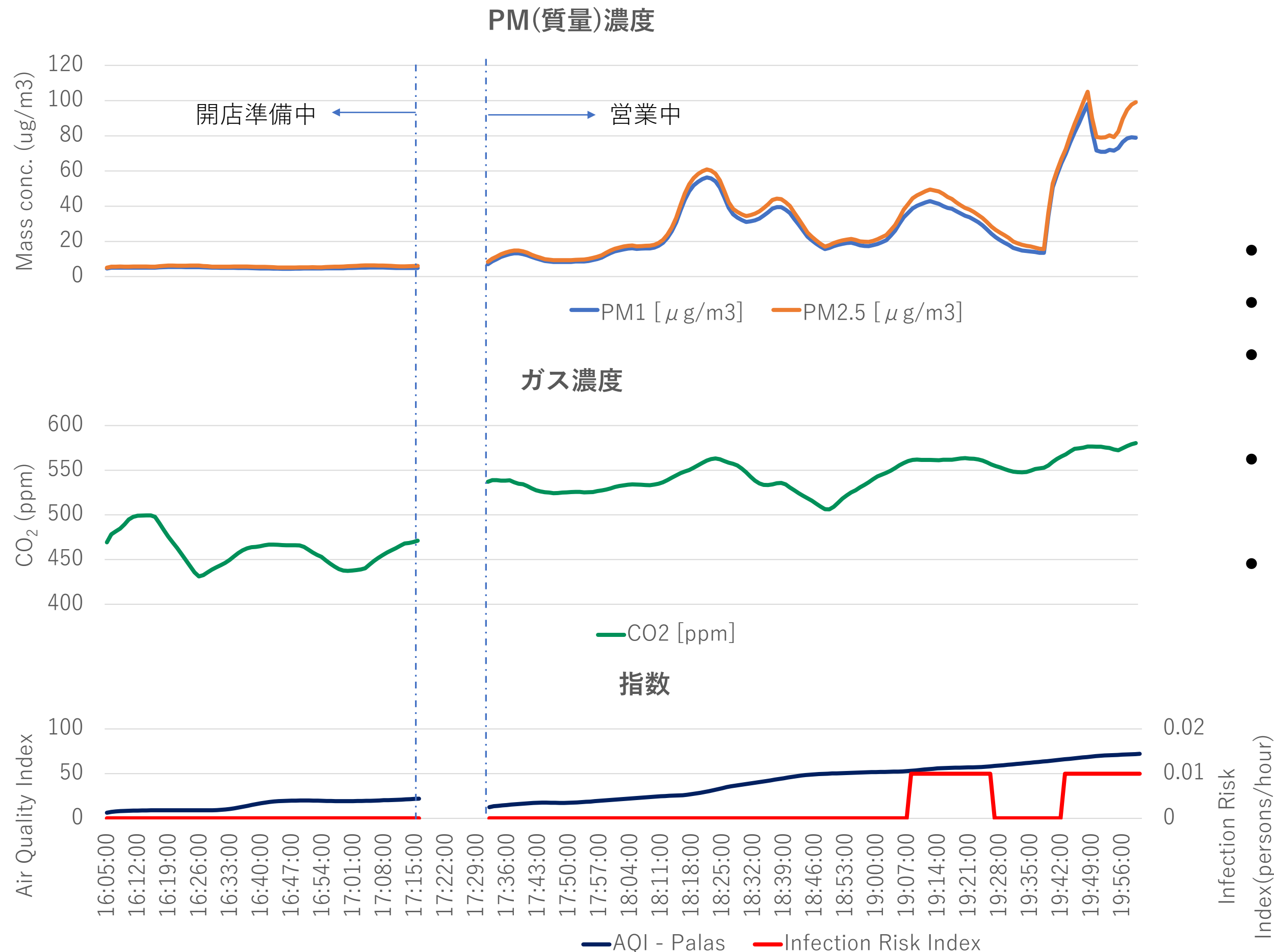
- ドイツのタウンホール
- 130名の参加者- 避けられない高密度
- 透明板を設置
- AQ Guardで感染リスクをモニタリング
- 空調のある密閉された部屋



ソーシャルディスタンスを取る事が不可能な場合には、粒子数濃度とCO<sub>2</sub>のモニタリングにより、空気交換率が十分で感染のリスクを低減できるかどうか、把握することが出来る。



## 測定例③ 鉄板焼き屋（国内）

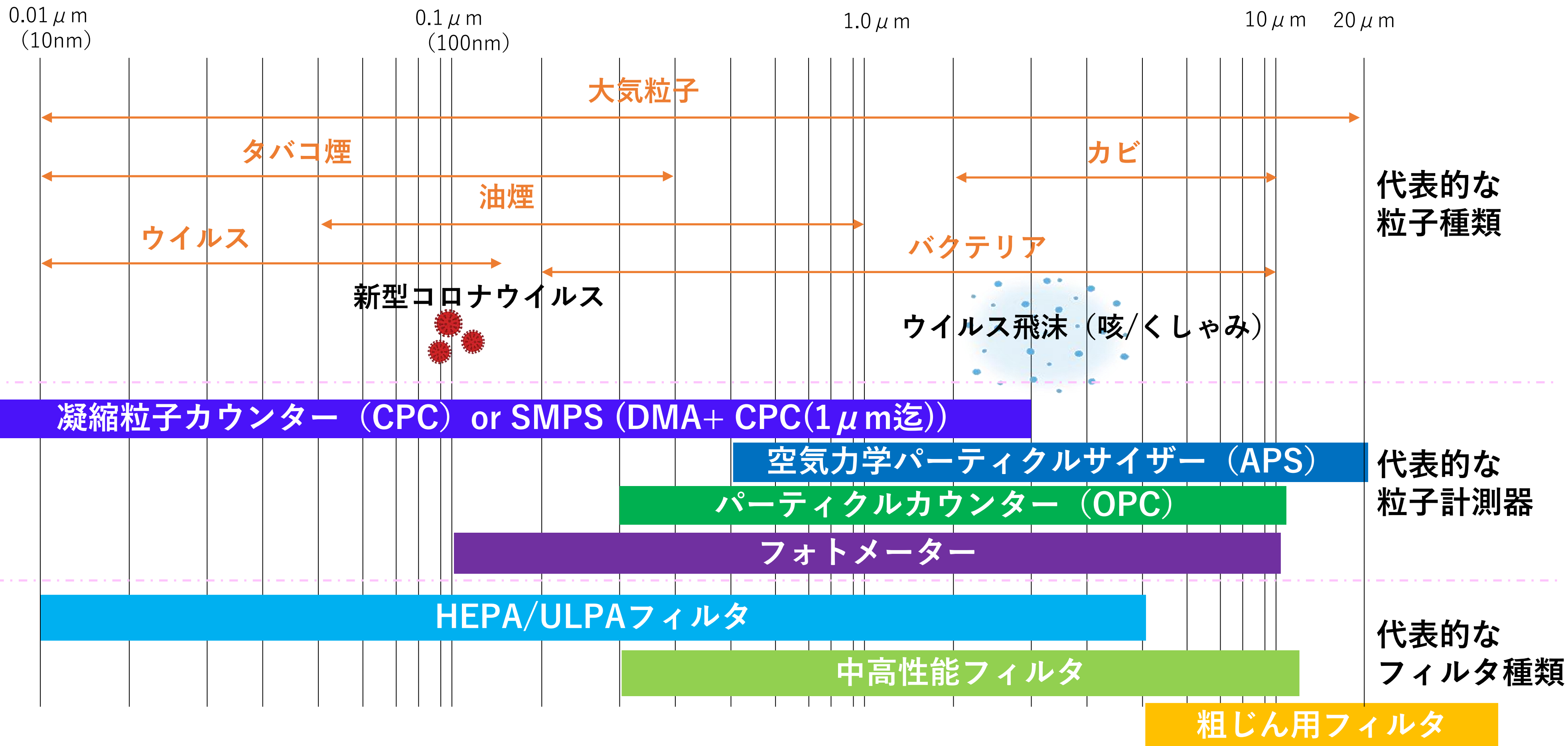


- 鉄板の上には大型換気設備
- CO<sub>2</sub>濃度は600 ppm以下
- 粒子の質量濃度(PM)は肉のフランベ時や客の喫煙時に上昇
- 感染リスク指数は最大で0.01 persons/hourと低い
- この環境下ではエアロゾル感染するリスクは極めて低いと考える

# AQ Guard仕様

| モデル           | AQ Guard                                                                                               |  | AQ Guard Ambient                                                                                                                                           |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 粒子計測原理        | 粒子の90° 散乱光の検出（シングルカウント）、シグナル波形分析による粒径評価<br>個数基準の粒径分布から変換アルゴリズムを用いて質量濃度（PM値）を算出                         |  |                                                                                                                                                            |
| 測定範囲<br>（粒子）* | 粒径: 0.175 ~ 20 μm<br>粒径チャンネル: 128 ch                                                                   |  | PM <sub>1</sub> / <sub>2.5</sub> / <sub>4</sub> / <sub>10</sub> 、TSP: 0 ~ 20,000 μg/m <sup>3</sup><br>総個数濃度（C <sub>N</sub> ）: 0 ~ 20,000 p/cm <sup>3</sup> |
| 測定範囲<br>（ガス）* | 温度: -20 ~ +60 °C<br>湿度: 0 ~ 100 %RH<br>圧力: 700 ~ 1,100 hPa                                             |  | CO <sub>2</sub> 濃度: 0 ~ 5,000 ppm<br>VOC濃度: 0 ~ 60,000 ppb                                                                                                 |
| 精度            | 15分平均値をFidas® 200と比較した場合の相関<br>(PM <sub>2.5</sub> ) R <sup>2</sup> > 0.98 (PM10) R <sup>2</sup> > 0.93 |  |                                                                                                                                                            |
| 吸引流量          | 1.0 L/min                                                                                              |  |                                                                                                                                                            |
| 応答時間          | 1 s ~ ユーザ設定可能（PN→PM変換）                                                                                 |  |                                                                                                                                                            |
| インターフェイス      | USB、イーサネット、Wi-Fi（オプション: 4G）                                                                            |  |                                                                                                                                                            |
| 内蔵メモリ         | 10 GB                                                                                                  |  |                                                                                                                                                            |
| 使用温度          | -20 ~ +50 °C                                                                                           |  |                                                                                                                                                            |
| 電源            | 12 V ± 10 % DC                                                                                         |  |                                                                                                                                                            |
| 消費電力          | < 15 W                                                                                                 |  | 15 ~ 50 W                                                                                                                                                  |
| 寸法（H・W・D）     | 175 ・ 280 ・ 140 mm                                                                                     |  | 240 ・ 320 ・ 190 mm                                                                                                                                         |
| 重量            | 2.4 kg                                                                                                 |  | 3.9 kg                                                                                                                                                     |
| 付属品・機能        | 5インチタッチスクリーン                                                                                           |  | 本体保護カバー<br>加熱管インレット                                                                                                                                        |

# 【ご参考】 粒子種類、粒子計測器種類、フィルタ種類の例



お問い合わせ



営業部 TEL: 03-5367-0891 FAX:03-5367-0892

Mail : info@tokyo-dylec.co.jp

HP : <https://www.t-dylec.net/>