

コロナ対策における「換気」の見える化

Visualization of ventilation under Covid-19 ＜CO₂センサを使用した換気モニタリング＞

宝産商(株) 松浦 雅彦

はじめに

2020年初頭に中国・武漢から世界中に広がった新型コロナウイルスは日本にも緊急事態を引き起こし経済や生活に非常に大きい被害を与えている。

有効な医療的対策がない中で、他者との接触を避ける、マスクを着ける、換気を行なうなど、明確な基準のない行動が求められ、さらに感染者数だけを取り上げることで多くの人が不安を抱えている。

そこでコロナ対策で有効とされる「換気」に関しては空気中のCO₂濃度が換気の尺度になることから、誰でも簡単に換気状態を見ることができる「換気モニター」を開発した。

1. 本当に換気できているのか

換気とは、特定の空間の空気環境を維持または改善するために外気を取り入れて内部の空気を排出、入替えをすることである。

空気を入れ替えることで空中に漂うウイルスや飛沫が排出され、感染の可能性が下がることは容易に想像できる。



第1図

一般的に窓を開ける、換気扇を回すなどで換気を行なうが、風が吹き抜けていくような場合を除けば、本当に空気の入替えができていのかは分からない。

特に気密性が高くなったオフィスや住宅では、窓を1ヶ所開けただけでは空気の循環はほとんど行なわれない。

換気に関してはコロナ対策にとどまらず、これまで感覚的に捉えていた換気状態を数値で見ることによって効果の確認をしていくことには意味があると考えます。

また換気を頻繁に行なうことは冷暖房の効果を損なわせ、大きな無駄となるため、本当に効果がある効率的なタイミングでの換気は省エネに大きく貢献する。

2. 換気の見える化

換気状態を客観的な数値で把握するには空気中のCO₂濃度やPM2.5などの微粒子量などを計測する方法があり、各種法規制においてもCO₂濃度や粉塵量などの基準値を規定している。

第1表 CO₂の人体への影響

＜二酸化炭素の濃度と人体への影響＞

二酸化炭素の濃度(ppm)	人体への影響
2000以下	はっきりした影響は認められない
2000 ～ 3000	呼吸深度の増加・呼吸数の増加・眠くなるが増える など
3000 ～ 4000	頭痛・めまい・気持ちが悪くなる・ボーとする など
4000 ～ 6000	頭痛・めまい・気持ちが悪くなる・ボーとする 過呼吸 など
6000 ～ 8000	意識レベルの低下・その後意識喪失へ進む・ふるえ けいれん など

(東京消防庁資料参考)

コロナに関連する保健換気では、人間の密集度とも密接に関わるCO₂濃度が最も分かり易い指標と考えられる。

人間の呼気に含まれるCO₂濃度は約5,000ppmといわれ、密閉空間で大勢の人間が集まると急激にCO₂濃度は上昇し、人体への影響が生じてくる。

一方、外気に含まれるCO₂はやや上昇傾向は見られるが、地球上では407ppm前後とされている（2019年現在）。

従って人間が吐き出して上昇したCO₂濃度は、換気を正しく行なうと外気の約400ppmに近づいて下がることになる。

つまりCO₂濃度を監視すれば、正しく換気が行われたことを数値によって確認できることになる。

この数値化するためのセンサとして、既に農業用途で開発していたワイヤレスCO₂ロガーを利用して換気状態を簡単に「見える化」できるツールとしたものが「換気モニター」である。

3. 換気モニターについて

換気モニターはワイヤレスCO₂ロガーTKR04A（以下、本製品）と専用スマートフォンアプリで構成され、計測した

CO₂濃度をスマートフォンに表示し、換気状態の良否を緑、黄、赤の3色で表示するとともに通知音で換気を促す機能を持っている。

iPhoneまたはAndroidスマートフォンに専用アプリをダウンロードすることで、誰でも容易に換気状態を見ることができ、換気のタイミン

グを知ることができる。

iOSは8.1.3以降、Androidは6.0以降に対応している。

ただAndroidスマートフォンの中には正常に動作しないものがある（各種設定にはiPhoneが必要）。

また人の密集度が高いほどCO₂濃度の上昇が早いことから、「密」状態を判断することもできる。

本製品を換気状態が知りたい場所に置いて、スマートフォンの専用アプリを起動すると自動的にCO₂濃度と状態インジケータ（数値背後の丸い表示）が表示され、予め設定された測定間隔で数値が更新される。

空気中のCO₂濃度が1,000ppmを超えるとインジケータは黄色になり注意喚起の通知音が鳴る。

さらに1,500ppmを超えるとインジケータは赤くなり警報音を鳴らし、換気を促す。

これらの閾値は各種法令で規定している「1,000ppm以下とすること」から決定している。

以下に各法令の抜粋を示す。

- 建築物衛生法

3,000 m²（学校は8,000 m²）の建物においては、CO₂含有率は1,000ppm以下とすること。

- 建築基準法

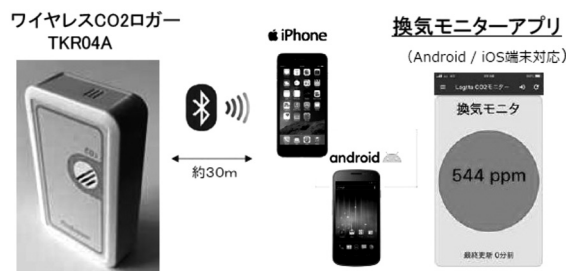
常時外気に開放された開口部が床面積の0.15%以上を除き、無窓居室、集会用途の特殊建築物においてはCO₂含有率を1,000ppm以下とすること。

- 労働安全衛生法（事務所衛生基準規則）

労働者が執務する居室では換気設備を設けCO₂濃度を5,000ppm以下とすること。但し中央空調を設ける場合はCO₂濃度を1,000ppm以下とすること。

所要換気量は下記計算式で求められる。

炭酸ガス（CO₂）濃度を一定基準以下に保つために必要な換気量は一般に次の式で計算している。



第2図 換気モニターの構成

$$y = \frac{k}{p - q} \times 100$$

- y：所要換気量 [m³/時] …1人当り
 k：人間1人の毎時当りのCO₂発生量
 [通常0.02～0.05 m³]
 p：室内CO₂許容値 [%]
 q：新鮮空気中のCO₂濃度 [%]
 (通常0.03～0.04%)

換気モニターの導入では、管理者と利用者の双方の立場に対してメリットがあり下記の効果が得られると期待される。

- ・換気状態の掲示によるお客さまへの安心感提供
- ・施設管理者が換気のタイミングを知ることによる効率的な作業実施
- ・換気の効果確認による適切な換気方法把握
- ・濃度の上昇速度による密集度把握と収容人数の適正化（3密回避）

4. 換気モニターの使用例

実際の運用例としては、観光ホテルのフロントやラウンジでタブレット端末に換気の状態を常時表示し、お客様の安心感を醸成している。



第3図 親湯温泉(長野)運用例

歯科医院やクリニックの待合室に換気状態を表示したり、個人のスマートフォンで見られているところもある。

またテレワークによりオフィスを使わずに貸

会議室を使用することも増えており、「密」状態の確認に利用されている。

換気モニターで感染そのものを防ぐことはできないが、具体的な対策と効果を「見える化」することで、安心感を与え、管理にも役立つものと期待している。

今後はクラスターの発生を恐れ、苦しんでいるカラオケ店やライブハウスをはじめ、劇場、映画館、飲食店などで集客のツールとして利用していただければと願っている。



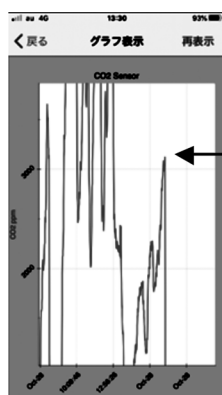
第4図

換気モニターは、本製品を購入し、App StoreやGoogle Playからスマートフォンアプリをダウンロードするだけなので、パソコンやインターネットなどを用意する必要が無く、とても手軽である。

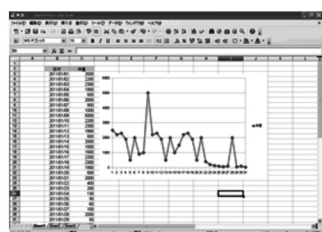
やや高度な使い方として、CO₂濃度の時間変化を内部メモリに記録することができるため、室内状態がどう変化したか分かるとともに、いつ換気したのかを日時分のタイムスタンプ付きでデータとして残すこともできる。

これはコロナ対策としての換気を実施していることの証明にもなり、管理記録としての使用も考えられる。

実際に使う際は、「どこに設置すればいいのか」や「1台でいいのか」で迷うことが多いと思われるが、これは屋内構造や気流の流れ、人



第5図 換気の記録



第6図 表計算ソフト

の分布などにより千差万別なため環境に応じて最適と思われる場所に設置するしかない。

たいていの場合は1部屋に1台が目安となるが、いろいろな場所を計測してみて設置場所や台数を決めることになる。

なおアプリでは同時に最大4台までのデータを表示することができ、表示させるデータを選択することもできる。



第7図 複数台表示例

本製品は単三アルカリ電池で動作するが、原理的に消費電力が大きいので1分間隔で測定す

ると2週間余で電池が消耗するので、連続して使用する換気モニターでは外部から電源供給する必要がある。

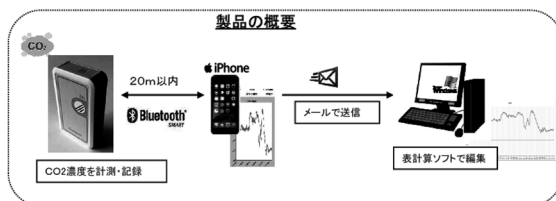
供給はマイクロUSB端子でDC5 Vを接続するので、スマートフォン用のACアダプタなどが流用できる。

換気モニターは主として換気状態を見える化するものであるが、シリーズ製品であるワイヤレス温湿度ロガーTKR02と組み合わせると同時に温度と湿度を表示させることもできるので、環境モニターとしても使えるようになっている。

5. ワイヤレスCO₂ロガーについて

本製品は周辺大気中のCO₂濃度を計測して、一定間隔で内部メモリに記録し、記録したデータはBluetoothを使用してiPhone/iPadで読み出すことができ、パソコンへも転送することができる。

単三電池で動作し、無線化したことで設置場所の制限が少なく、また小型軽量であることから持ち運んで使用もできる。



第8図 CO₂ロガーの機能

本製品はビニルハウス内やキノコ栽培などで生育状態とCO₂濃度の相関関係の記録分析や空調状態の監視などを目的として開発したが、無線通信式であることからIoT（モノのインターネット接続）センサとしての利用が多くなり、数社のIoTシステムで採用されている。

基本的な仕様は下記の通り。

測定方式：NDIR方式

測定範囲：0～10,000ppm（精度保証外で65,536ppm）

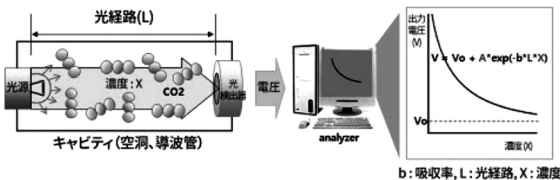
測定精度：±5%±30ppm

測定周期：3秒／10秒／30秒／1分／5分／
10分／30分／60分
最長記録時間：約22.7ヶ月（記録周期60分）
最大通信距離：約20 m（見通し）
動作環境：-10～50℃、0%RH～95%RH
電源：単三型アルカリ電池（AA/LR6）／外部
供給
電池寿命：約12ヶ月（測定周期60分）
外形寸法：69×115×28 mm
重量：約160 g（電池含む）

6. CO₂センサの原理

大気中のCO₂濃度を検出するにはNDIR方式、固体電解質センサ方式、光音響方式などの方式があるが一般的にはNDIR（Non Dispersive Infrared Gas Analyzer：非分散赤外線）が使われることが多い。

CO₂分子は波長4.26ミクロンの赤外線を選択的に吸収する性質を持っているため、高濃度で存在すると、より強く吸収することになり、この性質を利用したのがNDIRである。



第9図 NDIRの原理

本製品では高精度で長寿命のNDIR方式のセンサを採用している。

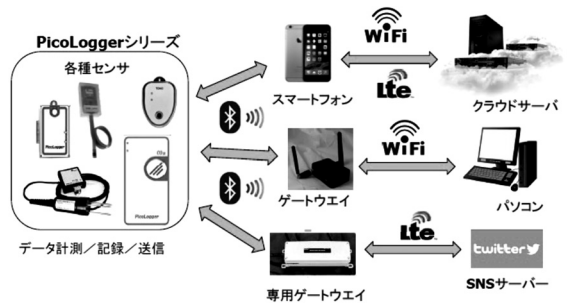
本方式は湿度の影響を受けることと、発光部品を使用することによる経年劣化や周囲環境の影響による測定値のずれが生じるため、1年に1回程度の校正（キャリブレーション）が推奨される。

本製品は手動で校正するだけでなく、自動でズレを修正する自動校正も設定できる。

7. IoTへの対応

換気モニターは単体で利用できる製品ではあ

るが、専用ゲートウェイなどにより容易にIoT化が実現でき、遠隔での集中監視やデータ蓄積に進化させることができる。



第10図 ワイヤレスロガーアプリケーション

遠隔監視システムは専用ゲートウェイやプラットフォームをシステムメーカー数社が製品化しているので、遠隔での換気状態把握や換気扇などの制御などのシステムを構築しやすい。

簡易的なIoTシステムとして、SNS（Twitter）サーバーにデータを蓄積する「SNS遠隔監視システム」を（株）一ノ瀬（大阪）が開発している。

計測した数値が警報値を超えたらメールを送信したり、Twitterソフトで現在値や履歴の読出しができる。

このシステムはサーバの管理費用や専用ソフトが必要ないため、ランニングコストが非常に低く抑えられる。



第11図 SNS監視システム

また三菱電機（株）（東京）のIoTプラットフォームにも対応しており、容易に遠隔監視シス

ムが構築できる。

IoTセンサーデバイス9種類が新たにプラットフォームに連携

西菱電機株式会社(本社事務所:大阪府大阪市、代表取締役社長:西岡 伸明、以下「西菱電機」)は、2018年12月5日より、西菱電機が提供するIoTプラットフォームで、9種類のセンサーデバイス(開発・製造元:宝産商株式会社)が新たに使えるようになることをお知らせいたします。これにより、お客様の環境や要望に合ったセンサーデバイスが選びやすくなりました。IoTプラットフォームで使えるセンサーデバイスは今後も順次増やしていきます。



第12図 西菱電機 IoTプラットフォーム「SBP」

おわりに

これまで体感でしか気にしていなかった「換気」がコロナ禍によってクローズアップされ、定量的に把握することに意味が出てきた。

換気モニターは、コロナ対策における「換気」の重要性和効果を「見える化」することができる製品で、感染リスクで苦しんでいる方々に少しでも役に立てれば幸いである。

開発に当たり多大なご協力と支援を頂いたユニ電子(株)(東京)、ステップワン(株)(兵庫)に心から感謝する。

筆者紹介

松浦雅彦

宝産商(株) 技術アドバイザー