

# CO<sub>2</sub>センサーで三密を測る

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
デバイス技術研究部門 首席研究員 原 史朗

2020年7月30日

皆さんは、

- **自分の部屋**
- **職場**
- **レストラン**
- **ショップ...**

それが三密かどうか、  
どうやって判断しますか？

→ **客観的には判断できませんね。**

たとえば、

- 古民家 と 高気密最新住宅
- 屋台 と 高層ビル最上階レストラン
- ジム と 映画館
- テント泊 と 老舗ホテル

これらはいつも2m離れていれば良いのでしょうか。  
換気はそれぞれどうすれば良いのでしょうか。

→ 迎える方も、お客様も、「数値的目安」がありません。

※ 三密を避けるガイドラインはありますが、このような場所でも一律になっています。  
つまり現状の三密ガイドラインは皆さんのために緊急的に作られた物です。

そうです。  
皆さんお感じになっていることは、

- 換気が大事。
- 換気しやすい空間が大事。

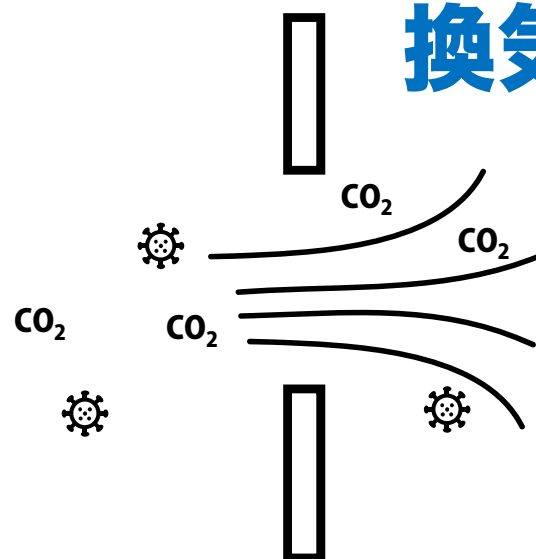
ということ。  
つまり、換気されていれば空気が綺麗で、  
ウイルスもそれだけ空間から排出されているということです。

しかし、換気測定だけではだめですね。  
人の息からウイルスを出すということが問題。

こき  
呼気(発生)



換気(排出)



CO<sub>2</sub>濃度を測れば、  
発生量と換気量の差(=三密の程度)がわかる

**【提案】**

呼気量におおよそ比例する二酸化炭素量(CO<sub>2</sub>濃度)を、それぞれのお部屋で測り、三密の目安とし、CO<sub>2</sub>濃度が高ければ、換気するようにすればよいのです。

**メリット1：お店で換気する目安がわかる。**

**メリット2：お店で換気具合、つまり**空気の良さをリアルタイム**でお客様にお知らせ。**

**メリット3：お客様は、CO<sub>2</sub>量がわかって、これ  
までよりも安心して、お店で過ごせる。**

---

それでは、どうやって、CO<sub>2</sub>測定を世の中へ普及させるのでしょうか？

## A. CO<sub>2</sub>チェック指針

**Step A1:** 企業・大学・公的機関に対して、研究班を募り、CO<sub>2</sub>濃度が人の出入りと話す量と換気具合に相関があるのか、1月程度で検証。

**Step A2:** 試験的にお店を選んで、1月程度フィールドテスト。

**Step A3:** Step2の結果を踏まえて、「CO<sub>2</sub>チェック指針」を策定して、広く実施。



**A.CO<sub>2</sub>チェック指針と平行して、次を進めます。**

## **B. お部屋でのCO<sub>2</sub>センサ使い方ガイド**

**Step B1:** 商品であるCO<sub>2</sub>センサを、極力多くの品種について、絶対精度、相対精度、経時変化、使いやすさについて検証。

**Step B2:** B1を踏まえ、多くの人が安心してCO<sub>2</sub>センサを使えるように、「お部屋でのCO<sub>2</sub>センサ使い方ガイド」を策定。公表。

**A.CO<sub>2</sub>チェック指針、B.お部屋でのCO<sub>2</sub>センサ  
使い方ガイドと平行して、次のリサーチを進めます。**

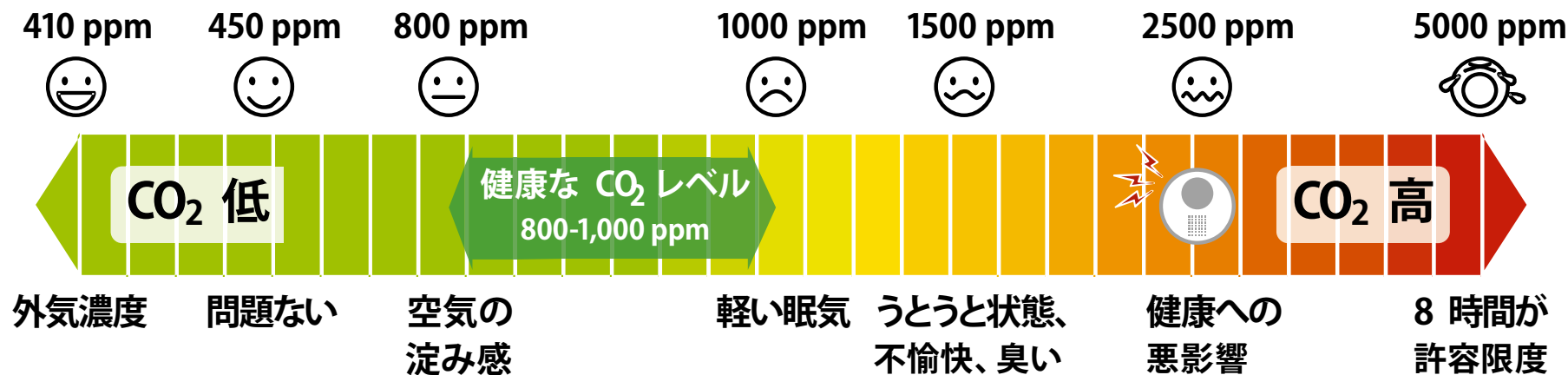
## **C. CO<sub>2</sub>センサの研究開発**

- C1: CO<sub>2</sub>センサの低コスト化、量産化技術開発**
- C2: 新原理などに基づく新しいCO<sub>2</sub>測定センサの研究開発と、センサ試作、実用化**
- C3: 呼気CO<sub>2</sub>, 呼気微粒子(ウイルス以外を含む), 換気, 気流解析などの複雑因子の相関関係の理解を深める研究**

※ C1は半年～1年程度の短期テーマ、C2、C3は中長期テーマ

# 従来の換気、CO<sub>2</sub>基準と三密対策CO<sub>2</sub>基準

- **家庭**：建築基準法で、2時間に1度空気を入れ換える（名目換気回数0.5回/h)にすること。
- **ビル**：建築基準法、建築物衛生法、労働安全衛生法に基づく事務所衛生基準規則で、CO<sub>2</sub>濃度を1,000ppmに抑えること。
- **学校**：学校環境衛生基準(学校保健安全法)で、CO<sub>2</sub>発生を1,500ppmに抑えること。



これらの基準は人体への影響を総合的に考慮した空気質基準であって、三密の観点からはこれらの基準でもコロナ感染があることを鑑みると、「CO<sub>2</sub>濃度 x 滞在時間」で管理すべきと思われる。

- **近年、室内空気質を測る指標として、CO<sub>2</sub>に加えてTVOC(揮発性有機化合物の総量)を併用する方法が採られてきた※<sup>1</sup>。**

※<sup>1</sup> 水越厚史, 他, 「省エネルギーとシックビル対策を配慮した室内CO<sub>2</sub>及びTVOC濃度を指標とする空調制御の検討」  
Indoor Environment, 18(1) 3 (2015).

- **TVOCは、建材、備品、什器、日用品などから発生し、空気を汚すからである。**
- **しかし、こと、コロナに係る三密対策としては、人からの呼気にコロナウィルスが含まれており、建材等から発生するTVOCは無関係であることから、CO<sub>2</sub>単独での濃度を三密指標とする方がより適切であると考えられる※<sup>2</sup>。**

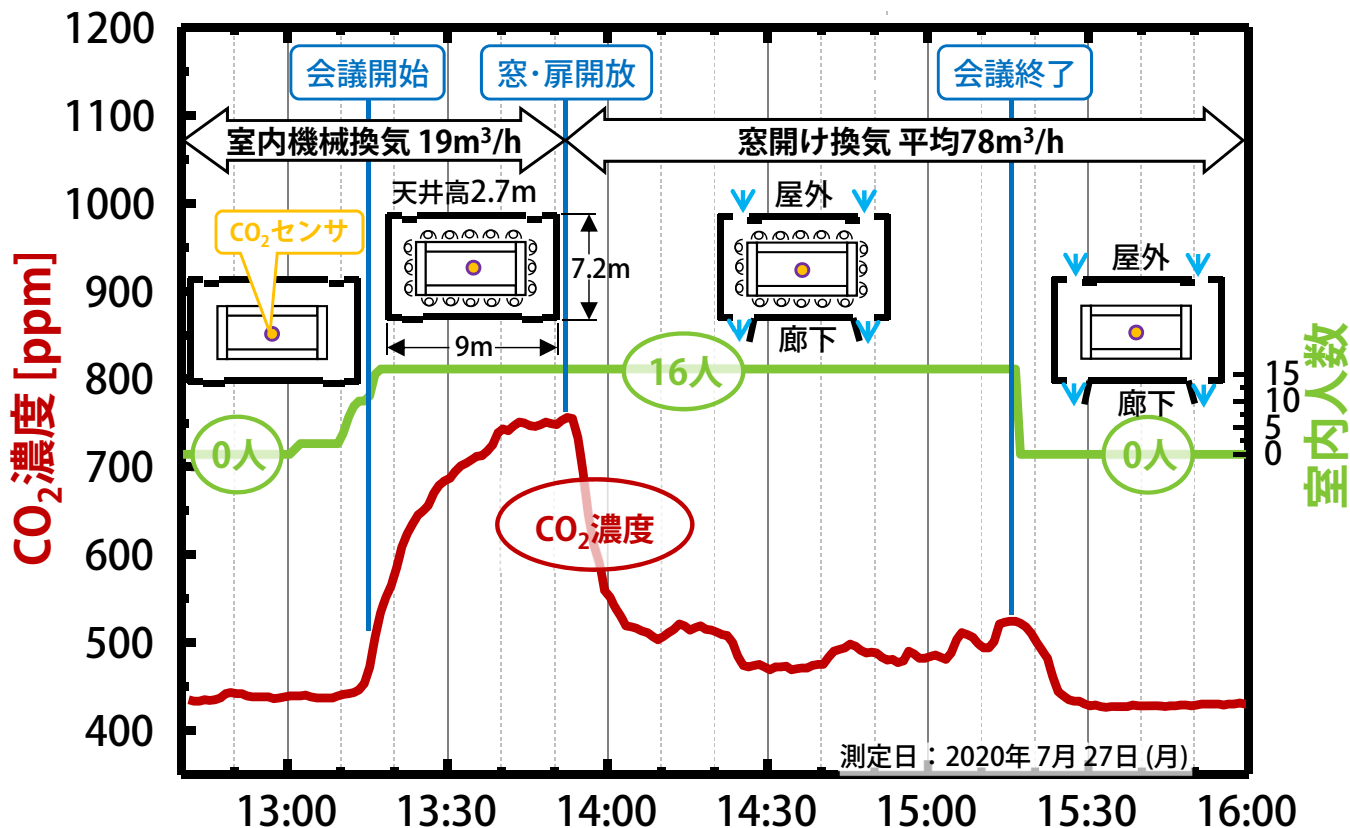
※<sup>2</sup> 当然であるが、薪ストーブや石油ストーブはCO<sub>2</sub>を発生させる。しかし、一般的なエアコンを使った部屋では、CO<sub>2</sub>の発生源はほぼ人間と見なして良い。

## 実験からわかったこと

- 人が増えるとCO<sub>2</sub>も増える。
- 換気すると、あっという間にCO<sub>2</sub>濃度も下がる。
- 700ppmくらいまでは、「比較的空気は良い」と感じられる。1,000ppmを越えると、「この部屋は空気が悪いな」と感じ始める。<sup>※1</sup>
- 外気のCO<sub>2</sub>濃度は、およそ415ppm。
- 窓と廊下を少し開けて換気を続けると、16人いても500ppmくらいで安定。

※1: 人によって空気の悪さの感じやすさはかなり違います。1,000ppmはここに示していない別の測定事例です。

- 測定場所：産業技術総合研究所のつくば事業所の会議室
- 測定CO<sub>2</sub>センサ：株式会社ティアンドデイ製 RTR-576
- 本会議室は、給気19m<sup>3</sup>/min(換気回数 約10回/h)と相当に換気が良い部類ですので、普通の部屋(換気回数0.5回/h)ではもっと空気が悪く、CO<sub>2</sub>濃度はかなり上がりやすいと思って下さい。



**これから：色々な部屋でCO<sub>2</sub>量、換気、人数との関連性をもう少し調べるとよい。**

- 以下の表にあるように、重労働をすると、着座事務作業をしている時の7倍以上のCO<sub>2</sub>を発生させる。
- わかりやすく言えば、ライブハウス（中労働～重労働として）などでは、一人当たりのCO<sub>2</sub>発生量は、オフィスの5倍以上にもなる。この点からすると、劇場とライブハウスでは、三密の目安は全く異なるということ。

表1 JIS A1406による人間が呼出するCO<sub>2</sub>量 (成年男子)

作業中のエネルギー代謝率 RMR	CO <sub>2</sub> 呼出量 [m <sup>3</sup> /h]
0 (安生息時)	0.011
0～1.0 (着座事務作業)	0.0129～0.0230
1.0～2.0 (徐歩行)	0.0230～0.0330
2.0～4.0 (軽作業)	0.0330～0.0538
4.0～7.0 (中労働)	0.0538～0.0840
7.0以上 (重労働)	0.0840以上

備考：女史は表の値の90%，児童は表の値の50%程度にとる

※ 上記データは次の論文より引用：田島 昌樹，他，「換気測定のための材質社の二酸化炭素呼出量の推定」，日本建築学会環境系論文集，81，巻 728号，885 (2016)。

※ 他に、"Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality" ANSI/ASHRAE Standard 61.1-2016も参考になります。