



2021年5月6日

報道関係者各位

慶應義塾大学
有志研究チーム MARCO

感染症対策としてのCO₂濃度の利用方法を提言

— 1,000 ppm を目安として柔軟な対応を —

慶應義塾大学理工学部と福島県立医科大学医学部、産業技術総合研究所安全科学研究部門および花王株式会社安全性科学研究所の研究者からなる共同研究グループは、感染症対策としてのCO₂濃度に関する基準値の設定背景を整理するとともに、その利用方法の提言を公表しました。これは、慶應義塾大学の奥田知明教授が参加する有志研究チームMARCOの成果です。提言のポイントは以下の3点です。

1. CO₂濃度1,000 ppm を超えないように管理することは感染症対策における換気を目安として有用
2. ただしこの値は感染症対策として設定されたものではないため、数字に厳密にこだわる必要はない
3. CO₂濃度センサーの選び方には注意が必要

なお、新型コロナウイルス感染症の主要な感染経路は、飛沫感染と接触感染およびエアロゾル感染とされていますが、CO₂濃度を利用した換気対策により対応可能な経路はエアロゾル感染のみであり、飛沫感染や接触感染対策のためには、お互いが距離を取る、手指消毒、マスク着用、顔を触らない、などの基本的な対策を取ることが必須です。

1. 経緯

世界中で流行が続いている新型コロナウイルスによる感染症 (COVID-19) の主要な感染経路は、接触感染と飛沫感染と考えられていますが、これに加えて、いわゆるエアロゾル感染 (空気感染・飛沫核感染とも呼ばれます) も無視できない感染経路であると言われていています (図1)。このエアロゾル感染の確率を低減させるには、ウイルスが付着した粒子が空間中に長時間滞留しないようにする、すなわち「換気状態を良くする」ことが有効ですが、換気状態は人間の目や五感で正しく判断できるものではないため、対象空間の換気状態をどのように知るのか、という問題がありました。

空間の換気状態を知る手段として、人間の呼気中に約4% 含まれる二酸化炭素 (CO₂) に着目する方法があります。これは、外気の取り入れが不十分であり、かつ人間が存在する空間ではCO₂濃度が上昇することを利用して、空間の換気状態を把握しようとする考え方です。例えば建築物における衛生的環境の確保に関する法律 (ビル管理法) によるCO₂濃度の基準値は1,000 ppmです。しかしながら、換気状態を把握する際のCO₂濃度の解釈については、その根拠が一般には広く知られていないように思われます。そこで提言では、ビル管理法およびその他の室内CO₂濃度の基準値設定の経緯について概説し、次いで感染症対策という観点からのCO₂濃度の解釈について解説しました。

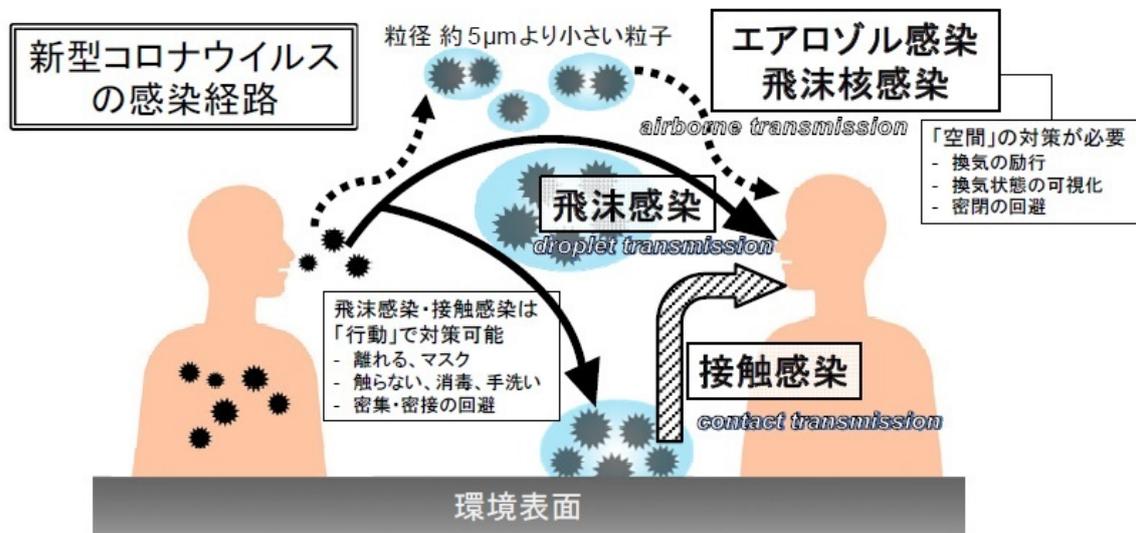


図1 新型コロナウイルスの感染経路（出典：当該論文）

2. 内容の要約

日本では、明治時代から対象空間の換気状態を知るためにCO₂濃度の計測が行われており、1902年には既に学校教室内のCO₂濃度が1,000 ppmを超えると有害である可能性が示されていました。1966年に行われたビルディングの環境衛生基準に関する研究では、一般事務ビルの室内空気汚染に関するCO₂濃度の基準について、目標値として1,000 ppm、推奨値として1,500 ppm、許容限度として5,000 ppmが提示されました。この際、目標値は「設計時に目標とすべき基準」、推奨値は「現在の施設を改造する場合は目標値を満足するように設計すべきであるが、現在その施設を維持する上では普通承認されるべき中間的基準」、そして許容限度は「安全確保、健康維持という観点から基本的に要求される最低限度の線で、主として法規により規制することが必要である値」と位置付けられました。その後1970年に制定・施行されたビル管理法によるCO₂の環境衛生管理基準は1,000 ppmと定められました。これは諸外国の同様の基準と同等ですが、例えばドイツでは1,000 ppm未満（無害とみなされる）、1,000～2,000 ppm（有害性が上昇する）、2,000 ppm超（許容できない）となっており、基準値の設定にはある程度の幅があります。また日本における別の基準として、学校保健法の学校環境衛生基準による1,500 ppmや、労働衛生上のCO₂濃度の基準（労働安全衛生法の事務所衛生基準規則）による5,000 ppm（空気調和設備により調整可能な場合は1,000 ppm）があります。これらの日本における室内CO₂濃度の基準値は、「CO₂そのものの人体への影響」という観点と「換気の指標」という両方の面を総合的に勘案して定められたと考えられます。ただし、感染症対策としての換気の指標として使うという明確な意図があって1,000 ppmという基準値が設定されたわけではない、ということは重要です。

CO₂濃度を換気の指標として用いて、感染症の対策とする考え方自体は以前より報告があります。厚生労働省は、一人当たりの換気量（外気取り入れ量）毎時 30 m³ は「換気の悪い密閉空間」を改善するための必要換気量として一定の合理性を有する、という考え方を支持しており、またこの換気量はCO₂

濃度にして1,000 ppmに相当する、としています。しかしながら、この結論に至るまでの過程を追うと、対象空間のCO₂濃度を1,000 ppmに保つことにより感染症を予防する明確なエビデンスに基づいているわけではなく、どちらかと言うと、現行のビル管理法によるCO₂の環境衛生管理基準1,000 ppmが守られていれば少なくとも「換気の悪い密閉空間」とは言えないだろう、というものです。

感染症対策、特にCOVID-19対策としてのCO₂濃度の利用を考える上で重要なことは、対象としたい空間のCO₂濃度と比較して、実際にCOVID-19のクラスター感染が発生した空間のCO₂濃度がどの程度であったのか、ということであると思われます。その後者の実測値を得ることは極めて困難であるため、本稿ではその推定の一例として、89名のうち10名が実際にSARS-CoV-2に感染した条件より、当該空間のCO₂濃度のシミュレーションを行いました。その結果、空間内のCO₂濃度は9,000 ppmを超え、1人当たりの換気量は4 m³/h を下回っていたと推定されました。この条件なら必ずエアロゾル感染が起こると言うことも、これ以下なら安全と言うこともできませんが、1つの目安として、このように極端に換気状態が悪い空間を作らないようにする努力は必要であると考えられます。

感染症対策のため、対象とする空間におけるCO₂濃度が 1,000 ppm を超えないように管理することは妥当と言えますが、この値は感染リスクを念頭に置いて定められた数値でないため、杓子定規に1,000 ppm 以上・以下ととらえるのではなく、それぞれの状況に応じた柔軟な解釈が必要です。なお、CO₂濃度センサーは現在様々な型の製品が市販されていますが、このうち非分散型赤外分光法(NDIR)や光音響方式の原理によるものは一定の信頼性が期待できる一方で、半導体式や電気化学式センサーの一部には測定値の精度や妥当性が疑わしい製品も存在するため、購入・利用時には注意が必要です。

3. 論文

タイトル: ウイルス感染症対策としての CO₂ 濃度の利用にむけた値の解釈について

著者名: 奥田知明^{1*}, 村上道夫², 内藤航³, 篠原直秀³, 藤井健吉⁴

1. 慶應義塾大学理工学部応用化学科, * 責任著者
2. 福島県立医科大学医学部健康リスクコミュニケーション学講座
3. 産業技術総合研究所安全科学研究部門
4. 花王株式会社安全性科学研究所

掲載誌: リスク学研究 (Online ISSN : 2435-8436)

オンライン掲載日: 2021年4月30日

論文の種別: 情報 (リスクに関する研究や評価などに関する情報を紹介するもので、担当編集委員による査読が行われたうえで掲載されています。)

URL: <https://doi.org/10.11447/jjra.SRA-0364> (オープンアクセス)

4. 有志研究チーム MARCO について

MARCO (MAss gathering Risk COntrol and COmmunication) は、大規模集会におけるリスク制御とコミュニケーションを目的に組織された有志研究チームです。医学、工学、環境学、数学、統計学、バイオインフォマティクス、ハイパフォーマンスコンピューティングなど多様な専門分野の研究者が集まり、課題を解決するための科学と社

会実装を展開しています。国公立大学、私立大学、国立研究開発法人、民間企業、病院など 10 を超える機関から 20 名以上が自発的に参加し、社会に向けた多くの提言を行っています。

MARCO website: <https://staff.aist.go.jp/t.yasutaka/MARCO/index.html>

※ご取材の際には、下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部、環境記者会、厚生労働記者会、国土交通記者会等に送信させていただいております。

・研究内容・ご取材についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 応用化学科 教授 奥田 知明(おくだ ともあき)

TEL: 045-566-1578 E-mail: okuda@aplc.keio.ac.jp

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室(澤野)

TEL : 03-5427-1541 FAX : 03-5441-7640

Email : m-pr@adst.keio.ac.jp <https://www.keio.ac.jp/>