

## CAPの科学と技術：実践の工程

人が集まる全ての室内空間が、良好な換気によって常に新鮮な空気に満たされていれば、どこの地域でも新型コロナは終息する。そのような環境では、いつ、どこにいても、新型コロナやインフルエンザ、風邪、肺炎などと共に、広く結核、麻しんなどの呼吸器感染症に感染の心配がない生活が可能になる。

屋外の新鮮な空気が屋内空気にどの程度置き換わっているかを示す指標としてCO<sub>2</sub>濃度を測定して換気を管理するという動きは、実は現在世界的な取組みになろうとしている\*2。もともとは、屋内の空気の汚れと健康影響にたいする対策として各国で実施してきたが、新型コロナのパンデミックを機に、感染防止策としても、ベルギー、英国、米国、日本など多くの国の取組みが始まっている。

CAPの実践活動\*1は、屋内に新鮮な空気を入れ、屋外に汚染物質を出す**換気**と、換気不足がリアルタイムで分かる**CO<sub>2</sub>モニター**（CO<sub>2</sub>濃度測定器、CO<sub>2</sub>センサー）、およびそれらの**作動システム**を**建築物**に構築していくというプロセスからなる。

CAPのプロセスを遂行していく上で必要な機器、装置、作動システムは、高度な科学・技術に支えられていて、そのほとんどが開発されている。既に多くの建物の現場に備えられて運用されているので、**現存のシステムにCO<sub>2</sub>濃度の監視と換気制御システムを加えればCAPは極めて現実的なものになる**（図1）。

したがって、まず個人単位から始まり、地域の状況に応じて段階的に現状を改善しながら、CAPに到達・達成するプロセスをとることが出来る。多くの換気と建物に関しては、まず改善・改築する課題が待ち受けている。既存の建物を改築しなければならないケースも多く、費用のかかる事業になる。しかし、それによって得られるメリットは費用を大きく上回るのだ。

例えば、新型コロナパンデミックと季節性インフルエンザの流行に対してUKは1年あたり平均**23億ポンド**（27億米ドル、3,240億円）をかけたが、建物の換気の改善によって**60年間の間に174億ポンド**（204億米ドル、2兆4,500億円）の節約になるという試算がある\*2。

この試算はパンデミックの終息を含まないので、CAPで終息させれば、経済的にはるかに大きいメリットがあるとともに、社会、文化、さらに人々の健康や安全に寄与するメリットは計り知れないほど大きいものになるであろう。

さて、このプロセスは、個人単位からグループ単位、建築単位から地域単位、自治体単位から国全体への規模の広がりとなり、各単位の広がりに応じた対応が必要である。しかし、その作動システムは、規模の大小に関わらず、基本的に共通するものである。

それぞれの規模単位で、管理責任者を決めて、システムの運用は誰もがそれぞれの役割を持って遂行するプロジェクトを形成する。そして同じ地域にあるプロジェクトを束ねる自治体規模の中プロジェクト、中プロジェクトを束ねる都道府県単位のプロジェクト、それらを束ねる国の大プロジェクトを展開する。

これらを迅速に進めるためには、設備・機器への投資と資金支援といった経済的な基盤と、換気、建物、CO<sub>2</sub> モニタリングなどに関連した法整備も必要になる。機器やシステムの標準化も必要である。

しかし、基本的な単位は共通して同じなので、どこからでも、どの規模からでも、実施・展開できる。目標に達成するのが早い順に、感染しない安全で健康な生活に恵まれる。

どこの国・地域でも良い、今すぐに始めよう CAP。



図 1. CAP (Clean Air Practice) : 新鮮な室内空気の実践\*1

CAP (Clean Air Practice)は、地域全体の屋内にいつも屋外の空気を入れていつもどこでも新鮮な空気の下で生活を実践する活動である。

屋内 CO<sub>2</sub> 濃度 1,000 ppm 以下を維持する換気によって、エアロゾルと CO<sub>2</sub> で汚れた屋内の空気は屋外の新鮮な空気に置き換わる。CAP が地域全体に行き渡るとコロナは終息し、その先に感染のない健康な生活が実現する。

この壮大なプロジェクトは、感染の持続的終結という誰にも夢を与える道を開くものである。IT や AI を利用したシステムを構築すれば、個人の負担は最小限に減らすことも出来る。目標を皆で共有し、夢を持って自主的に、協力しながら遂行すれば、この夢は必ず実現する。

## CO<sub>2</sub>モニターは生活に必須のアイテム

人は一日の平均 85%を屋内で過ごす。したがって、屋内の快適な温度および湿度と並んで、健康的な屋内空気は非常に重要である。

温度と湿度は体で感じる事ができるし、発汗や悪寒などの反応もする。その上、温度計、湿度計で定量的に測定して、正確に対処することができる。だから人は、温度、湿度を快適にする道具や装置を開発し、それらをあらゆる屋内に常設するようになった。そのおかげで、暑くて湿気の多い夏でも、寒くて乾燥した冬でも、一日の大半を過ごす室内で快適に過ごせるようになった。

屋内空気の質を良くするために、人は換気を励行し機器や装置を開発して建築物に設置するようになった。

ところが、人は空気の良し悪しを感知できない。だから、空気が汚れていても気付かないままで過ごす。これが積み重なると健康を害し、病気にもなる。

人が無意識にする呼吸によって生じるエアロゾルで汚れた空気も気づかずに吸ってしまう。そしてエアロゾルにウイルスが含まれていれば感染し、パンデミックという悲惨な状況すら生み出してしまう。

どれも、人の生命活動をする間に、気が付かないうちに換気不足になった結果である。

換気不足になったかどうかは CO<sub>2</sub>モニターで知ることが出来る。

室内環境で唯一つ残された課題は空気質であり、「あらゆる屋内に換気不足を無くすこと」である。この人類宿命の課題を解決すれば、パンデミックも解決し、終結する。

この人の行動に付随する人類宿命の課題は、CO<sub>2</sub>モニターを屋内のあらゆると

ころに常設して、換気によって常に新鮮な空気を屋内に行渡らせることによって解決される。

## CO<sub>2</sub>モニターは優れもの

CO<sub>2</sub>モニターは、あらゆる屋内に換気不足を無くすために必須なアイテムである。建物の屋内がどのように建設、換気、運用、占有されているかは、非常に多様である。同じ通りにある同じ家屋でも、部屋にある物とその設定は多様であり、その上、在室者の占有割合と行動の違いや、ストーブなどの燃焼生成物も多様である。これは部屋の空気質の改善に関する難しい課題とされている。

この膨大なバリエーションに対応できるのが、CO<sub>2</sub>モニターである。従来のようにCO<sub>2</sub>モニターを固定して設置するだけでは、このバリエーションには対応できない。CO<sub>2</sub>モニターのもう一つの大事な性能として、部屋の複数の場所でCO<sub>2</sub>濃度を測定・評価した後に、換気不足になり易いエリアにモニターを設置することによって、部屋全体の換気不足を解消するモニタリングが出来ることだ。

さらに画期的なことは、MKモデルによって、CO<sub>2</sub>基準値 1,000 ppm を設ければ、基本的に感染確率は 1%以下に保たれ、バリエーションに対応した換気を運用・管理できることが確認されたことだ（MKモデルについては、出版予定の本「ノーモア・パンデミックー感染症のない世界へ」で公開予定である）。

## CO<sub>2</sub>モニターを使ってみよう

まず、誰もがCO<sub>2</sub>モニターになじむことである。そして、いつもCO<sub>2</sub>モニターと共に空気質を気にかけて感じられるようになると、感染しない快適な生活も見えてくるだろう。

温度計や体温計で温度を測ると同じように、身近な場所、興味ある場所でCO<sub>2</sub>の濃度を測ってみよう。そうすると、自分の呼吸で吐き、同じ部屋にいる人が呼吸で吐くCO<sub>2</sub>が身近に感じられるだろう。そして、このCO<sub>2</sub>とともにエアロゾルも部屋の皆と共有していることを意識してみよう。

CO<sub>2</sub>モニターは、エアロゾルの汚染度をCO<sub>2</sub>濃度として可視化するので、感染しない方法の実践と、新型コロナを終息させる展開には欠かせない。

人が2人以上集まる部屋や室内空間では、何時でもCO<sub>2</sub>濃度が分かれば、感染リスクを下げることに繋がることを認識しよう。

## CO<sub>2</sub>濃度の基準値は1,000 ppm

換気不足か、換気が十分かの境目の基準値は、CO<sub>2</sub>濃度1,000 ppmである。基準値が1,000 ppmであること、この基準値が国や地域によって異なることについて説明しよう。

日本においては、厚生労働省の新型コロナウイルス感染症対策専門家会議の見解（2020年3月）として、新形コロナの集団発生のリスクを下げるために「3密」①換気の悪い密閉空間 ②多数が集まる密集場所間 ③間近で会話や発声をする密接場面を避けることが推奨された。密閉空間の換気は、人体から発生するCO<sub>2</sub>に基づき計算し、室内のCO<sub>2</sub>を1,000 ppmに維持することは、1人あたりの換気量として毎時約30立方メートルを確保することに相当するので、CO<sub>2</sub>濃度の測定は、部屋の不十分な換気を明らかにするための効果的な方法であるとしている。1人あたり換気量を毎時30立方メートル確保することは、ビル管理法（建築物における衛生的環境の確保に関する法律）における空気環境の調整基準に適合していれば、必要換気量（一人あたり毎時30m<sup>3</sup>）を満たすことになり、「換気が悪い空間」には当てはまらないと考えられるというのが根拠となっている。

一方、学校は学校保健安全法でCO<sub>2</sub>濃度は1,500ppm以下が望ましいとされている。これは学校における空気質の改善のために設けられた基準値であり、感染予防対策に関しては厚生労働省が推奨する1,000 ppmが基準値とされている。

3密対策は、日本独自のユニークな対策であり、デルタ株の第五波の収束に実際に効果をあげている\*<sup>3</sup>。

欧州空調協会連合会（REHVA：Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations）\*<sup>13</sup>は、室内に人々のグループによって1時間以上占有されるスペース（教室、会議室、レストランなど）を対象にして、CO<sub>2</sub>濃度1,000 ppmを基準に設定している。ただしコロナ流行中は、占有率が低下している状況でも十分な換気のための迅速な行動の引き金になるよう800ppmを警告ラインに設定することを推奨している。REHVAが基準値1,000 ppmを提唱していることに変わりはない。

欧州の多くの国々では、室内の CO<sub>2</sub> 濃度 1,000 ppm を基準値にしているが、独自の方針をとっている国もある。

例えば、ベルギーでは、2025 年までに CO<sub>2</sub> モニター設置が義務付けられる法案が成立し、全てのバー、飲食店、ケータリングセンター、ディスコ、ダンスホール、スポーツセンター、映画館を含むすべての文化およびイベントセクターの CO<sub>2</sub> モニター設置が義務化された\*4。CO<sub>2</sub> 濃度の基準値はレベル A が 900ppm 未満（一人当たり換気量 40m<sup>3</sup>/h）、レベル B が 1,200ppm 未満（一人当たり換気量 25m<sup>3</sup>/h）で、どちらかのレベルが各施設に義務付けられる。

米国疾病予防管理センター（CDC）、英国の緊急事態のための化学諮問グループ（Environmental Modelling Group and Scientific Pandemic Insights Group on Behaviours [EMG/SPI-B 2021]）では CO<sub>2</sub> 1,000 ppm の基準値を推奨している\*9。

米国では\*5、2022 年 3 月にクリーンエア・イン・ビルディングスチャレンジ（Clean Air in buildings Challenge）を制定して、ビルのオーナーやオペレーターに室内空気質の向上のための換気の改善を呼びかけている。同年 10 月、カリフォルニア州は全学校校舎の室内に新鮮な空気を供給するよう求める法律を制定した。また同年 12 月、ホワイトハウスは連邦政府の全建物約 1,500 件に新鮮な空気の供給要件を求める声明を出した。

米国暖房冷凍空調学会（ASHRAE）\*6は、空気感染リスクのコントロール基準値を決めるにはまだ解決課題が残されているとして、感染リスクを考慮した換気標準（=CO<sub>2</sub>濃度基準）を 2023 年 7 月までに作成するとの声明を出している（2022 年 12 月）。

CO<sub>2</sub> 濃度の基準値が、国や地域によって異なることに特に問題はない。しかし、CAP をグローバルに進めるためには、グローバルスタンダードがあることが望ましい。人の移動と交流がグローバルになった現代社会ではなおさらである。

CO<sub>2</sub> 濃度と感染リスクの関係を明らかにした MK モデルによる、CO<sub>2</sub> 濃度の基準値 1,000 ppm はゴールドスタンダードに最も叶うものといえよう。

## CO<sub>2</sub> モニターの設定

空気感染のリスクを真に低減するために、①正確な CO<sub>2</sub> モニターを選定し、②

これを適切な場所に設置し、③CO<sub>2</sub>濃度をリアルタイムで可視化し記録して、換気不足がないように換気対策を施し管理するというステップを踏むことが求められる。以下順を追って説明しよう。

### 1. 正確な CO<sub>2</sub> モニターの選定

さまざまな製品が市販されている。機器の選定には、各国それぞれのガイドラインがあるが、日本では経済産業省のガイドライン\*7などが参考になる。機種の様子は、NDIR (Non Dispersive InfraRed : 非分散型赤外線吸収)方式や光音響方式 (Photoacoustic) などの光方式 (CO<sub>2</sub> 分子が吸収する特定の波長光を利用した検知の方法) を用いたもので、補正用の機能が測定機に付帯されたものが推奨されている。

### 2. 設置場所の設定\*3

CO<sub>2</sub>モニターは、小型・ハンディで、簡便に CO<sub>2</sub>濃度を測定できる。屋内のどこにでも備えることができ、いつでも CO<sub>2</sub>濃度をリアルタイムで確認することができる。

CO<sub>2</sub>モニターは、リアルタイムの確認とともに、次のような重要な評価に利用することができる。

十分な換気が確保されるよう設計された建築でも、人や物が障害になると換気の効率が落ちてしまう。人や物の位置を考えて、適切に空気が循環するよう配置する必要があるが、そのような評価に CO<sub>2</sub>モニターをうまく活用する。

例を挙げてみる：コロナ禍の感染対策として設置されるパーティション、エアカーテン、アクリル仕切り板などは、CO<sub>2</sub>やエアロゾルを貯留するスペースを作って換気の効果をもたせようとするが、その結果、そのスペースの感染リスクが高くなってしまふ。パーティションや仕切り板などは、飛沫を遮断し飛沫感染を防止する効果はあるが、エアロゾルによる空気感染には全く効果がないどころか、空気の貯留箇所を作って感染リスクを高めてしまふ。

CO<sub>2</sub>モニターを活用すれば、空気が貯留しそうな箇所を予めチェックし、換気の障害になりそうな物の取り付け、位置、方向などの設置や改善を実施することができる。

以上、CO<sub>2</sub>モニターの設置場所は、ドアや窓の側は避ければ、部屋の中央部付近でも端でも良く、高さも都合の良い位置を選ぶことができる。設置の個数は

原則一部屋に1つで良いが、特に広い部屋では予め部屋の数か所で CO<sub>2</sub> 濃度を測り、大きく異なることがあったら、換気不足にならないようにその部屋で最も空気貯留が起りやすいエリアを選んで、そこに置くようにすれば良いだろう\*8。

### 3. CO<sub>2</sub>モニターによる可視化と記録\*8

CO<sub>2</sub> モニターは誰にでも見えるようにして、日常的に換気不足をなくすことを習慣化することが重要である。

そのために管理者やスタッフが予め段階的に準備しておくことが推奨される。

- 1) まず、管理者が一週間程度記録を付けてその部屋の傾向や特徴を把握する。人や物による換気効率の障害をモニターでチェックして物の配置を改善する。そして、CO<sub>2</sub> 濃度が高くなる場所に設置するのが良い。場合によっては複数台のモニターで記録をとることも推奨される。グラフ描画機能を持つ CO<sub>2</sub> モニターもあり、自動的に記録をする器種や、それ用のデバイスもあるので、それらも活用できる。
- 2) スタッフが定期的にチェックし、CO<sub>2</sub> 濃度 1,000 ppm を基準にその都度換気する。CO<sub>2</sub> 濃度が一定値を超えるとブザーがなるものや、メールで通知する機能を持ったものを備えると便利である。CO<sub>2</sub> 濃度が一定値を超えると自動的に部屋の換気が起動するデバイスも開発されている。
- 3) 在室者、来訪者に CO<sub>2</sub> モニターを見せる。CO<sub>2</sub> 濃度がいつも 1,000 ppm 以下になっていることを見せて、換気対策、感染対策をアピールするとともに、誰もが感染対策に参加し、実践できるようにすると良い。実際、CO<sub>2</sub> モニターをビジュアル表示することで、単にガイダンスを示すよりも換気改善に効果があるということも示されている\*10。

### 4. CO<sub>2</sub> モニタリングのシステム化

CO<sub>2</sub> モニターの機種として、スマホ連動型のものもある。どこにいても換気状態がチェックできる。東京都千代田区は、2022年の冬に、オミクロン第7波に続き第8波への緊急対応として、スマホ連動型の CO<sub>2</sub> モニターを一般家庭向きに200台を無料で貸し出した。同年7月から9月に第7波が急拡大し、東京都のモニタリング会議では、「猛暑日が続く、冷房で部屋も閉め切っていることが感染拡大の一因である」という提言や、当時の感染ルートの約7割(68.9%)が家庭内感染であることなどがデータで示されたことが背景にある。

CO<sub>2</sub> モニターを IoT で結んでスマホで連動し、モニタリングできるシステムも



開発されている。感染リスクと空気質の評価や維持管理、経営や地域活動に利用できるシステムである。こういうシステムが普及し確立すれば、職場でも、買い物に出かけても、出張や旅行にでかけるときも、スマホで CO<sub>2</sub> 濃度をモニターができるので、どこへ行ってもモニターを使った感染しない生活の実践が可能になる。

## 換気

換気の仕組みは、室内の汚れた空気と新鮮な外気を入れ替えることである。その方法には、**自然換気**と**機械換気**がある。

コロナを終息、終結するためには、換気は屋内の CO<sub>2</sub> 濃度 1,000 ppm が維持されて、換気不足がないようにすることが鍵となることを銘記しよう。

### 自然換気

機械動力を使わず、空気の温度差や風圧、空気の流れなど自然の力で換気する方法である。

CO<sub>2</sub> が 1,000 ppm を超えないように、窓や戸を開いて調節する。

主に、窓などの建物の開口部を使う。

機械的換気システムのない建物では、開閉可能な窓を積極的に使用する。

窓を開ける自然換気は、窓の位置や風向きなどの条件に左右されるものの一般的には換気量はかなり大きい。

二方向の窓や扉を開けて、空気の流れが出来るようにして換気するのが効果的な方法である。

窓が一つしかない場合は、扇風機やサーキュレーター、換気扇を併用するなどの工夫をすれば換気の効果は上がる。

事前に他の人が部屋を占有していた場合は、念のため CO<sub>2</sub> 濃度を確認し 1,000 ppm を超えていたら、窓を開けて空気を入れ替えよう。

### 機械換気

換気扇・送風機など機械の力で換気する方法である。

日本では住宅の高断熱・高气密化やシックハウス対策の流れを受け、2003年に改正建築基準法において24時間機械換気が義務化された。例えば住宅の場合、換気回数0.5回/h以上の機械換気設備（24時間換気システム）の設備が必要である。

機械換気には、給気(入口)、排気(出口)を、それぞれ機械を使うか使わないかの組み合わせで、3種類ある。住宅では主に第1種と第3種が採用されている。

第1種機械換気 給気と排気の両方とも、機械で行う。

第2種機械換気 給気は機械で、排気は自然排気で行う。強制給気により、室内の気圧が外よりも高くなって、自然と排気が促される。

第3種機械換気 給気は自然給気、排気は機械で行う。強制排気により、室内の気圧が外より低くなって、自然と給気が促される。

高断熱・高气密の省エネ住宅で、より快適さを得るためには、第1種機械換気の熱交換換気システムの使用が効果的である<sup>\*13</sup>。冷暖房時、一般的な換気扇は、冬には冷たい外気を、夏には熱い外気をそのまま室内に取り入れるので、せっかく温めた(冷やした)室内の熱が奪われてしまい、室内は寒く(暑く)になってしまう。熱交換換気機器は室温に近づけて外気を取り入れるので、冷暖房機の負荷を減らして省エネになり、室内の温度ムラも抑えられるので快適さを損なわない。

換気とともに、温度、湿度、および空気の質を制御するシステム **HVAC** (heating, ventilation, and air condition) は、快適さ(温度および湿度)、エネルギー効率、および空気の質を調節する。

コロナを終結するために、広域にわたり換気による屋内空気環境を作ることが求められるが、そこでは機械換気が主役になる。すべての屋内CO<sub>2</sub>濃度1,000 ppm以下という空気質の達成を成功させるとともに、換気によって左右されない温度および湿度の確保による快適さ、さらにエネルギー効率が課題になる。

この課題解決には、**HVAC**が最適なシステムになる。

#### **HVAC /BAS/BEMS/自動制御**

HVACの中央制御装置は、ほとんどの場合で操作末端からプログラムすることが可能である。すなわち目的の用途に合わせて直接プログラムを編集し、

HVAC はデジタル制御が可能である。動作をスケジュールしたり、目標温度をセットしたり、制御、論理、タイマー、トレンドログ、およびアラームを、プログラム中に組み込むことができる（直接デジタル制御（Direct digital control））。

HVAC システムは、ビルディングオートメーションシステム BAS（Building Automation System）と繋がる。建物には、空調、照明、監視カメラなど、さまざまな設備機器が導入され、それらの機器を運転や停止したり、部屋の温湿度を自動制御したり、監視しているのが BAS である。さらに BAS で管理しているデータを利用して、エネルギーの消費量を把握、管理、分析するシステム BEMS（Building Energy Management System）を連動して、地球温暖化防止、省エネルギー、節電など、エネルギーに関わる多様な目的を達成する。

建物の管理者は、システムを監視し、現場または遠隔地からシステム警報に対応することができる。システムの稼働率をスケジュールしたり、BAS から設定を変更したりできる。BAS 自体が HVAC システム中の機器を直接制御していることも可能になる。HVAC は BAS の仕様に応じて、様々なインターフェースをとることができる。

HVAC /BAS/BEMS/自動制御システムは、インターネットや Web 技術の進展に応じて中央監視装置には Web サーバー機能が供えられ、クラウド技術も活用してネットワーク上の任意のクライアント PC から、最適監視操作を行えるシステム形態が一般化している。

現在では、建物内の各種空間を自動的に快適な状態に保ちつつ、熱源機・空調機器を必要最小限のエネルギーで運転する省エネルギーの実現が可能になった。

したがって、HVAC /BAS/BEMS/自動制御システムに CO<sub>2</sub>濃度の監視システムを新たに加えれば、CO<sub>2</sub>濃度 1,000 ppm 基準の HVAC 自動制御が部屋やエリアさらにパーソナル単位で監視・制御することが可能である\*9。

HVAC システムは高価なため、多くの個人は自宅に持っていないが、各部屋を自動的に快適な状態に保ちつつ、熱源機・空調機器を必要最小限のエネルギーで運転する省エネルギーによって、長期的にはメリットがコストを上回るようになる。新築住宅においても、大量に存在する既築住宅に関しても、断熱気密改修と高性能な換気による室内環境の改善が求められる\*14。

日本の環境省では、「大規模感染リスクを低減するための高機能換気設備等の導入支援事業」を2023年3月20日付で公募を開始した\*10。環境省の「建築物等の脱炭素化・レジリエンス強化のための高機能換気設備導入・ZEB化支援事業」の一環として予算額7,500万円を内数にする公募である。飲食店などの不特定多数の人が利用する施設等対象に、密閉空間とならないよう、換気能力が高く、同時に建築物の省CO<sub>2</sub>化促進にも資する高効率熱交換型換気設備等の導入を支援するものだ。対象とする施設は、総合スーパー、小売店、飲食店、ホテル、酒場、食堂、レストラン、フィットネスクラブ、理容室、興行場、病院、老人ホーム、保育園、幼稚園、学校など多業種にわたる。

熱交換型換気は、給気・排気ともにファン（第1種機械換気）により行うことにより、確実な換気と、熱交換により温度変化の抑制が可能であり、快適な空気環境を作る。

CAPでも、これからの換気システムとして高断熱・高気密での熱交換型換気は推奨されるものである。CO<sub>2</sub>モニターのシステムを加えることが必要であるが、このような行政の施策は、CAPの目指す生活環境の流れを作り、実現を確かなものにする。

## 換気についての考え方

室内環境で唯一つ残された課題は、良好な空気質を確保することであり、そのために「CO<sub>2</sub>モニターを屋内のあらゆるところに常設して、換気によって常に新鮮な空気を屋内に行渡らせる」ことで解決すると述べた。

極めて技術的な解決法だが、この地球環境を作ったのが人の技術の歴史であり、その結果の後戻りが不可能である状態から蘇生をするための解決法なのだ。

換気の問題は、環境破壊、地球温暖化、ゼロカーボン、そしてその解決のためのSDGs（持続可能開発目標）と同列に共通する解決課題である。

そして、新型コロナのパンデミックによって、この解決課題に感染症が重く押し掛かった\*15。

だが、CO<sub>2</sub>モニターとHVACシステムによって、新型コロナのパンデミックは現実的に解決できることが分かった。

一方で、空気質と換気の問題に対する人々の認識は浅い。

見えず感じずの空気質が広く認識されないのは人の宿命である。

国や地域、そこに住む人々によっても認識の違いはあるが、窓開けによる自然換気があれば、それが一番良く、十分であるという考え方が一般的で根強く残っているし、実際にそうしている人々は多い。

だが、窓開けによる自然換気だけで、どんな時にも良好な空気が確保できるというのは不可能に近いところまで、現代の室内環境は追い込まれているのだ。

それが実感出来る例としては、世界中に影響を及ぼしている猛暑日の発生がある。気候変動により起こる気象災害である。猛暑日は最高気温が 35°C 以上を記録した日で、人だけでなく多くの生物の生命を脅かす気温である。猛暑日は 1994 年以降増加傾向にあり、2018 年には日本の年間猛暑日は 7 日以上、7 月には最高気温が 41°C を記録している\*10。アフリカ北部のモロッコでは 43.3°C、カリフォルニア州ロサンゼルス近郊で 48.9°C を記録している\*10。2019 年はドイツ 42.6°C、ベルギー 41.8°C、オランダ 40.7°C と各国の国内最高気温が更新される事態となった。2004 年の推計でフランスは 14,802 人の死者を出し、イタリアで 3,134 人、ポルトガルで 2,106 人、イギリス・ウェールズで 2,045 人と、どの国も多くの死者が出ている。

このような環境下では、機械換気のシステムにより屋内快適環境を保たない限り体は持たないし、屋内空気環境の悪化も避けられないものになる。

これから先は、自然換気に頼らず、気密性の高い屋内で機械換気により、屋内に快適な生活環境と良質の空気環境を誰もが確保する時代に入る\*14。

そうしない限り、パンデミックは繰り返され、多くの人々が健康を害し、快適な環境を失い、人類は生存の危機に直面するしか術はないのだ。

## 機械換気システムの構築プロセス

HVAC システムを備えて屋内の CO<sub>2</sub> 濃度 1,000 ppm を確保し感染のない国づくりの実現が急がれるが、この課題を着実に達成していくために、現存の建物、換気設備の運用の改善と、建物・装置の改善を遂行することが必要である。改築、新築、既に実施に入っているプロジェクトの施工も、国づくりの実現に沿った建物と装置とシステムにすることが求められていく。

## 建築設備運用の改善<sup>\*13</sup>

建築設備運用に関する **REHVA COVID-19 のガイドンス<sup>\*13</sup>**、機械換気システムを備えた建物についてエピデミック（過感染：特定の地域・集団内の感染からより広い地域に拡大すること。国境を越えた世界的な大流行パンデミックの前段階。）期間の運用について 15 項目の推奨<sup>\*13</sup>をしている。

また、建物の管理者は、特にフィルターの清掃と交換に関して、製造元の現取扱説明書に従って、暖房、換気、および空調システムを維持する必要があるが、コロナに関連して、何かメンテナンスサイクルに追加することの利点や必要性はないこと、定期（休止）期間の前後に HVAC システムの稼働時間の延長を検討する必要があることが推奨されている。

さらに、集会および重要インフラストラクチャの設定を担当する主催者と管理者は、技術・メンテナンスチームの支援を受けて、空気の再循環利用をできるだけ避けるためのオプションを検討する必要がある、製造元から提供された情報に基づいて、HVAC システムで再循環を使用する手順を確認するか、利用できない場合は、製造元にアドバイスを求めることを検討する必要があると述べている。

## 建物の換気システムの改善<sup>\*12</sup>

建物の換気システムを改善することによって、居住する人々みんなが共有する空気中のエアロゾルを減らすことは、一人ひとりが繰り返して換気行動をとる必要のない、魅力的で広く効果のある建物構造を基にしたプロセスになる。

個人は CO<sub>2</sub> モニターチェックを通じて、必要ならば窓やドアを開け、ファンや通気口をオンにし、ポータブル空気清浄器も利用することによって、感染を防止できる。

建物全体でエアロゾルの濃度を低下させるシステムは、少ない個々の労力でより多くの人々の空気感染防止が可能になる。

現存の多くの建物は、比較的低価格で HVAC を改善することによって、新型コロナウイルスの空気感染を防ぐ対応が建物構造的にできる<sup>\*13</sup>。

欧州環境保護庁 EEA (the European Environment Agency) も、換気によって建物内に新鮮な空気を保持する活動の一環として、建物の所有者と運営者にガイドンスを発行している。

同様に、米国疾病予防管理センター（CDC）の5つのガイダンスは、建物の換気を改善するための実証済みの防止策を強調している。

CDCはまた、窓の開放、HEPA フィルターの更新、HEPA 空気清浄機の利用などの改善によって室内の空気質にどのような影響を及ぼすか評価するための、対話型ツールを家庭や学校に提供している。

CAP 遂行には、いずれのガイダンスにも、CO<sub>2</sub>換気のシステムを加えることが必須要件になる。

## 建物の新築・更新

最もコストがかかるのは、公共の建物の新設または更新など、新型コロナを含む呼吸器感染症に対応した大規模な建物構造の改善である。

しかし、これらの構造改善は、多くの人々の室内空気の質を、同時に、最も公平に改善し、省エネコストも生み出すことができる。

## HVAC の改善<sup>\*12</sup>

HVAC の改善に資金を投入する学校は、すべての生徒と職員の、健康と安全と感染しない環境を確保することができる。

HVAC を改善する企業は、従業員の環境をより安全で感染の心配のないものにし、エネルギー効率と将来のコスト削減に結びつけることができる。

HVAC の改善は、すべての労働者と顧客、医療従事者、一般市民生活の環境をより快適・安全で感染の心配のないものにすることができる。

優れた 12ACH（12 回換気/h：12 Air Changes per Hour）換気率の病院では、過酷な状況でも、安心してエアロゾル空気感染はほとんど排除されるだろう。

そのような改善が機能しているかどうかを評価し、正常に運転する際に欠かせないのが CO<sub>2</sub> モニターである。

CO<sub>2</sub> モニターに自動的に連動し、基準値 1,000 ppm を基に換気量を自動コントロールするシステムを装備し、建物責任者が管理、運営・保全に責任を持つ。

CO<sub>2</sub> モニターは、誰にでも見えるところに設置すると効果的である。

SNS と連動した CO<sub>2</sub> 可視化システムを構築して換気システムを管理責任者と利用者が共有することも必要になるだろう。

## 注釈と引用文献

1. 新鮮な室内空気のための実践：CAP (Clean Air Practice), ぽいんとぱすランドホーム ページ PointPath Land web site, CAP, <https://pointpath.jp/cap/>
2. 新鮮な室内空気のための闘い；The fight for clean indoor air. Nature Features vol 615, 07 March 2023.  
*屋内の空気を新鮮で安全にすること、空気質を CO2 モニターでリアルタイムに評価することは、世界的に重要な取組みとなっている。*
3. 加瀬廣、感染しない生活（その4）「日本でコロナ（第5波）は何故収束したか？感染の終息へ向けた対策。」 [science\\_evidence4\\_1 \(22\).pdf](#)、ぽいんとぱすランドホーム ページ、PointPath Land web site, <https://pointpath.jp/guide/>
4. ベルギーは「公共の場の換気プラン - CO2 メーターは必須」で合意；Belgium agrees on 'ventilation plan' for public places-CO2 meters essential. Brussels Times, 4 April 2022.  
*ベルギーのバーやジムその他の屋内施設は、間もなく法律により、屋外の新鮮な空気が屋内空気にとどの程度置き換わっているかを示す指標として CO2 濃度のリアルタイム測定値を表示することおよび大気質の目標を達成することが義務付けられる。これは、屋内の空気をより安全にするために前例のないほど多くの世界的な取り組みの1つだ。大きな課題が待ち受けている。既存の建物の改築は、莫大な数で費用のかかる事業である。しかし、それによって得られるメリットは費用を上回るだろう*
5. 新鮮な空気のための闘い The fight for clean indoor air. Nature 206,206-208 (2023) 09 March 2023
6. ASHRAE（米国暖房冷凍空調学会）の室内炭酸ガスに関する書類；ASHRAE Position Document on Indoor Carbon Dioxide, Approved Feb 2,2022, Expires Feb. 2, 2025.
7. 二酸化炭素濃度測定器等に関するガイドライン：経済産業省 産業用ガス検知警報器工業会 2021年11月1日
8. 実践！換気対策ガイドブック：制作；地域参加による換気の可視化～向上プロジェクト、石垣陽、横川慎二 監修；二木芳人；<https://dimensions-japan.org/share/kanki2.pdf>
9. Application of CO2 monitoring as an approach to managing ventilation to mitigate SARS-CoV-2 transmission. EMG-SPI-B  
[ [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/928720/S0789\\_EMG\\_Role\\_of\\_Ventilation\\_in\\_Controlling\\_SARS-CoV-2\\_Transmission.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/928720/S0789_EMG_Role_of_Ventilation_in_Controlling_SARS-CoV-2_Transmission.pdf) ]  
*SAGE-EMG (緊急事態のための科学的諮問グループ: 緊急時に中央政府に助言する英*



国政府機関) が提示した文書である:

「CO<sub>2</sub> モニターは SARS-CoV-2 感染を減少させるための換気の管理に役に立つ」

「CO<sub>2</sub> の濃度基準」などについて述べている

10. 環境省「気候変動適応法の施行について」2018；世界気象機関 2019 年報告；世界保健機関 (WHO) 2004 年推計
11. 共有室内空気中の SARS-CoV-2 の低減; Reducing SARS-CoV-2 in Shared Indoor Air, JAMA 328, 141-142 (2022). Doi:10.1001/jama.2022.9970,
12. 空気感染する呼吸器感染症への感染を減らすために提案されたクリーンエアの供給率 (NADR)、Proposed Non-infectious Air Delivery Rates (NADR) for Reducing Exposure to Airborne Respiratory Infectious Diseases The Lancet COVID-19 Commission Task Force on Safe Work, Safe School, and Safe Travel, ,
13. COVID-19 感染防止のための換気・空調ガイダンス：REHVA COVID-19 ガイダンスドキュメント version 4.1 (2021 年 4 月 15 日更新版)；REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Association) COVID-19 guidance document, version 4.1, April 15, 2021  
*COVID-19 感染防止のために HVAC (暖房換気空調) とビルサービスシステムをどのように運用したらよいかの具体的なガイダンスである。Version 4.1 の Appendix で、空気感染リスクと換気と CO<sub>2</sub> 濃度の関係、学校を対象にしたガイダンスが追加されている。*
14. 金勲ら、気候変動による建築と室内環境への影響、保健医療科学 69, 434-443 (2020)；Kim, H., et.al. Climate change, architecture and indoor environment, J. Natl. Inst. Public Health, 69, 434-443 (2020)  
*地球環境保全と省エネルギーを始め、スマートシティや建築物の高性能化、新しい空調技術、CO<sub>2</sub> 濃度上昇と換気、省エネルギーに伴う建物運用の効率化と室内環境の悪化など、気候変動が建築物、室内環境、居住者に与える影響について概説している。建築分野における地球環境保全と省エネ対策は単に高効率と節減だけを目指すのではなく、居住者の快適性かつ衛生・健康的な環境を確保することが根幹となる。そのために建築・設備技術の開発と高効率化、運用方法の改善、利用者リテラシーの醸成など様々な試みが行われている。*
15. Shulla, K. et.al., Effects of COVID-19 on the Sustainable Development Goals (SDGs), Discover Sustainability 17 March 2021, <https://doi.org/10.1007/s43621-021-00026-x>;  
*新型コロナが SDGs に与えた影響を詳細に解析している。SDGs の 2030 年の以下 17 目標に向かう世界の約束をパンデミックは危うくしている。*  
*①貧困をなくそう ②飢餓をゼロに ③すべての人に健康と福祉を ④質の高い教育をみんなに ⑤ジェンダー平等を実現しよう ⑥安全な水とトイレを世界中に ⑦エネルギーをみんなに。そしてクリーンに ⑧働きがいも経済成長も ⑨産業と技術革*

新の基盤を作ろう ⑩人や国の不平等をなくそう ⑪住み続けられるまちづくりを  
⑫つくる責任、つかう責任 ⑬気候変動に具体的な対策を ⑭海の豊かさを守ろう  
⑯平和と公正をすべての人に ⑰パートナーシップで目標を達成しよう

16.