

室内空気の二酸化炭素濃度

著者：関勝寿 公開日：2022 年 6 月 21 日 ソース：<https://sekika.github.io/2022/06/21/room-co2/>

オフィスビルのように強制的に換気している環境ではなく、自宅内の狭い部屋で窓を閉めてエアコンをつけている場合には、室内にいる人間の呼吸によって CO₂ 濃度がかなりの速度で上昇する。建築物環境衛生環境基準では二酸化炭素濃度の基準を 1000ppm 以下と定められているが、換気をしなければ比較的短い時間でこの値を上回る。そのため、適宜換気することが推奨される。このページでは、CO₂ 濃度上昇速度を計算・検証し、換気方法について考察する。

1.CO₂ 濃度上昇速度

呼吸で大気中の二酸化炭素が増加する？に「男女の平均呼吸率（平均的な生活行動をした場合に一日に呼吸する空気の量）は約 19m³/day と推定されています。CO₂ 1m³ の重さは約 1.8kg で、CO₂ 濃度の平均値は 3% ですから、人が一日に吐き出す CO₂ 量は約 1kg となります。」と書かれている。この推定値によって 1 時間に吐き出す CO₂ 量を計算すると、

$19 \text{ [m}^3/\text{day}] \times 1.8 \text{ [kg/m}^3] \times 0.03 \times 1000 \text{ [g/kg]} / 44 \text{ [g/mol]} / 24 \text{ [hr/day]} = 0.97 \text{ [mol/hr]}$

となる。部屋の体積を V m³ として、1 人の人間がその中で 0.97 [mol/hr] の CO₂ を発生し、それが外部には排出されていないとすると、1 時間あたりの CO₂ 濃度上昇量は、室温 25 °C、標準気圧における気体のモル体積は 8.3145 J / K mol $\times$ 298.15 K / 101325 Pa = 0.0245 m³ / mol であることから

$0.97 \text{ [mol/hr]} / V \text{ [m}^3] \times 0.0245 \text{ [m}^3 / \text{mol}] = 0.024 / V \text{ [/hr]}$

となる。すなわち、V=24 m³ のとき、1 時間あたり 0.1% = 1000 ppm の CO₂ 濃度上昇をもたらすこととなる。

たとえば、2.6m $\times$ 3.5m の 6 畳の部屋で天井高が 2.6m あれば V=24 m³ となり、換気がまったくなければ 1 人の人間が 1 時間いるだけで 1000ppm の CO₂ 濃度上昇となる。この 6 畳間で 1 人当たり 1000 ppm/hr を基準に、部屋の中にいる人数をかけて、部屋の体積が 6 畳間の何倍あるかということで割ることで、CO₂ 測定装置がない場合でもおおまかな値を推測する目安となるであろう。

部屋の中で CO₂ 濃度上昇を測定すると、部屋を締め切っているても多少の空気の交換はあることから、計算値よりは CO₂ 濃度上昇速度は若干小さかった。おおまかな上限値の見積もりとしては、この計算結果は有効であることが確認できた。

2. 定期的な換気

エアコンをつけて部屋を締め切っている場合には、一般的に推奨されているように、定期的に換気することで室内空気の CO₂ 濃度を一定に保つことが推奨されている。室内の CO₂ 濃度を 1000ppm 以下に保つために、次のようなサイクルを考える。

1. CO₂ 濃度が 1000ppm に達するまで部屋を閉めきる。
2. CO₂ 濃度が 600ppm に下がるまで換気する。1 に戻る。

上記の計算による 6 畳間で 1 時間に 1000ppm 上昇する部屋を考えると、1 において CO₂ 濃度が 600ppm から 1000ppm まで上昇する時間は 24 分であるが、実際には完全な密閉空間でなければそれよりも時間が長くなるので 30 分～1 時間程度となる。1000ppm から 600ppm まで下がるのに要する時間は、換気速度による。空気の出入り口 2 箇所を確保して大きく解放し、大きな風の流れを作ることができれば、5～10 分で十分に換気で

きる。換気の目安として 30 分～1 時間に一度 5～10 分換気する、ということが言われるのは、おおよそこのような計算であろう。

3. 常時換気方式

24 時間換気システムを作動させることにより、CO₂ 濃度上昇速度を抑えることができる。ただし、その換気速度は 2 時間で部屋の空気が入れ替わる程度の換気量となっていて、定期的な窓開け換気も併用することが推奨されている。24 時間換気システム作動の有無に関わらず、常時窓をわずかに開けて換気することで CO₂ 濃度の上昇を抑えることができる。エアコンを使いながら常時窓を開けて換気するときには、エアコンの効率を考えると、窓の開放は必要最小限としたい。どの程度解放すれば良いのであろうか。

部屋の体積 V、呼吸による CO₂ の発生速度 d、換気による空気の交換速度 e、外気の CO₂ 濃度 a が一定であるとして、室内のある箇所における CO₂ 濃度の変化を測定すると、空気の流れが一定であれば、やがて平衡状態に達する。実際には、それぞれのパラメータは変化し、空気の流れも一定ではないため、完全な平衡状態とはならず、ある範囲内で上下することとなるので、その平均的な値を平衡状態の値とする。初期状態を CO₂ 濃度が低い状態から始めたときと CO₂ 濃度が高い状態から始めた時の両方を確認することで、より確実に平衡状態であるかどうかを確認することができる。

実際にこの方式を試してみたところ、空気の出入り口が離れた場所で 2 箇所確保されていれば、たとえば窓をわずかに開けるだけでも、十分に低い CO₂ 濃度を保つことが可能である。この方式でたとえば 800ppm 程度の濃度に保つようにすれば、頻繁に窓の開け閉めをすることなく、また過剰にエアコンに負荷をかけずに、快適な室内の空気を保つことが可能となる。市販の CO@MINITYPESUBMg@濃度測定器で確認しながら、快適な常時換気方式を見つけると良いであろう。ただし、まだ冬は未検証である。冬は室内外の気温差（すなわち空気の密度差）が大きく窓を解放した場合の換気速度が夏よりも大きくなるため、常時換気方式はあまり有効に働かない（部屋を冷やしすぎてしまう）可能性がある。

なお、室内で運動をする場合には CO₂ 発生量が多くなるため、運動後に、あるいは運動中に定期的にしっかりと換気して CO₂ 濃度を下げると良い。

4. 参考サイト

- ・建築物環境衛生管理基準について
- ・室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響（東賢一，室内環境 21(2) pp.113-120, 2018)
- ・CO2 センサーで自宅の二酸化炭素濃度を測ってみた（齋藤透，IIJ）
- ・CO2 濃度で換気の目安がわかる！上手な換気方法を解説します（みんなエアー）
- ・上手な換気の方法～住宅編～（DAIKIN）