

CO₂の健康障害について

日本、ドイツ、アメリカ、スウェーデン、フランス、デンマークなど各国の研究者からエビデンスが報告されている。それらをまとめると、CO₂濃度が1,000 ppm を超えると、倦怠感、頭痛、耳鳴り、息苦しさ等の症状が増加することや、疲労度が著しく上昇することや、CO₂濃度1,000 ppm 程度の低濃度域におけるCO₂濃度の上昇と生理学的変化（血中のCO₂分圧、心拍数等）及びシックビルディング症候群SBS（Sick Building Syndrome）関連症状との関係が示されている。ヒトにおける生理学的変化はCO₂によるものと考えられるが、SBS症状についてはCO₂によるものか、他の汚染物質との混合曝露によるものかはさらなる検証（特に長期間曝露の影響）が必要ではあるが、建物内のCO₂の室内濃度を1,000 ppm 以下の低濃度に抑えることで、これらの健康影響を防止できる*1。

小学校の教室のCO₂濃度と生徒の能力や学業の成果、および欠席との関係を調べ、複数の研究の結果を系統的に分析した論文が、建築物の漏気換気および空調技術に関する国際的な情報センターであるAIVC（Air Infiltration and Ventilation Center）により報告されている*2。主に学齢4年生から6年生を対象として、さまざまな方法を用いて行われた研究の結果を合わせて分析すると、認知的な能力などを調べる心理テストの結果は、889ppm から2,000ppm の範囲では、CO₂濃度が低いほど良好であることが示された。また、CO₂濃度が2,000ppm から1,000 ppm に低下すれば、学校の課題をこなすスピードが12%アップし、間違えることは3%減少し、学年末の進級試験に合格する生徒が12%増え、100人あたり6人の成績が向上すると予想された。

1,000 ppm 程度の低濃度のCO₂そのものによる労働生産性（意思決定能力や問題解決能力）への影響も、ハーバード大学などの研究者たちによって2016年に示されている。この研究では、室内のCO₂濃度を945ppm または1,400ppm に設定し、管理職レベルの立場にある人の高次の意思決定の能力を、コンピュータソフトウェアを用いて比較している。その結果、CO₂濃度1,400ppm の部屋の参加者たちは、「複合思考力」、「情報を駆使する能力」、「目の前の状況に注意を払う能力」、「緊急事態下で戦略を練る能力」などが945ppm の部屋の参加にくらべて低下していた*3。

さて、新型コロナのパンデミックを契機に、室内の空気をより安全なものにするために、これまでにないほど多くの世界的取組みが始まっている。既存の建物の改築は莫大な数に上がる費用のかかる取組みになるが、それによって得られるメリットは費用を上回ることが明確になったからだ。これについては、本 Website PointPath-CAP の「CAP の科学と技術」において、技術（換気方法など）と設備（CO₂ モニター、エアコン、空気清浄機など）の観点から論じている。 (<https://pointpath.jp/cap/>)

引用文献

1. 東 賢一, 国内外における室内空気汚染の現状と対策, 生活衛生 54, 116-127 (2011).
2. Pawel Wargocki, José Alí Porras-Salazar and William P. Bahnfleth, 2017. Quantitative relationships between classroom CO₂ concentration and learning in elementary schools: 38th AIVC Conference VENTILATING HEALTHY LOW-ENERGY BUILDINGS, Nottingham, UK, 13–14 September.
3. Joseph G. Allen, Piers MacNaughton, Usha Satish, Suresh Santanam, Jose Vallarino, and John D. Spengler, 2016. Associations of Cognitive Function Scores for CO₂, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers. Environ Health Perspectives 124, 805–12.

室内 CO₂濃度の変化に注意！

CO₂ モニターを使って、いろいろな場所、時間、環境において、CO₂ 濃度を測定した例を紹介します。測定の仕方や精度は、それぞれ異なっていますが、CO₂濃度が増えることを目安の例としてご参照下さい。

CO₂濃度がいかに変動し易く、「気付かないうちの換気不足」になることが多いか、ということが分かるかと思えます。

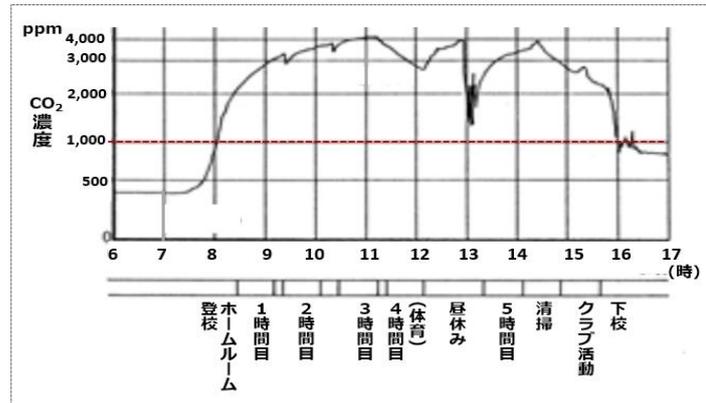
換気不足にならないようにするためには、家庭にも、職場にも、どの交通機関にも、お店にも、施設にも、人の集まる場所全てに、CO₂ モニターの設置が必要であることがわかります。

● 電車内、新幹線内、飛行機内の CO₂濃度変化

CO₂モニター普及協会ホームページ <https://co2.theshop.jp/> より

電車		二酸化炭素濃度 ppm
・普通電車内	2人掛けシートの半分着席	696
・普通電車内	ロングシートの1/5着席	479
・普通電車内	車内20人在室 (1/2在席)	660
・快速電車	車内15人 (1/3在席)	600
・普通電車	車内満員 (他人との隙間はあり)	1,417
・特急電車	車内12人在室 (1/4在席)	797
・特急電車	車内35人在室 (2/3在席)	1,010
新幹線		
・新幹線車内	車内40人在室 (2/5在席)	723
・新幹線車内	(始発)車内5人在室 (1/20在席)	483
飛行機		
・飛行機①内	機内約150人在室 (満席) 搭乗直後	1,548
	離陸直前	2,107
	離陸後シートベルトサイン消灯	1,244
	水平飛行中	957
	水平飛行中	943
	着陸前シートベルトサイン点灯	1,097
	着陸直後	1,440
	着陸5分後	2,738
・飛行機②内	機内約50人在室 (1/3着席)	
	搭乗直後	700
	離陸直後	1,231
	離陸後シートベルトサイン消灯	959
	水平飛行中	740
	水平飛行中	709
	着陸前シートベルトサイン点灯	845
	着陸直後	909
	着陸5分後	1,073

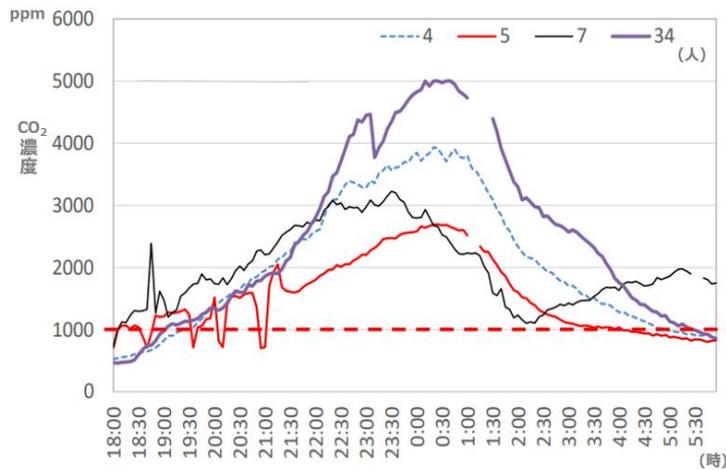
小学校の教室における窓開け換気と CO₂濃度の変化



C 小学校（電気温水暖房）における CO₂ 濃度の測定結果を示す。朝、教室に生徒が入ってくると CO₂ 濃度が上昇し、最高で約 4000ppm に達する。昼休みの時間などに窓を開けると濃度が低下するが、1,000ppm よりは下がらない。

[学校における温熱・空気環境に関する現状の問題点と対策—子供たちが健康で快適に学習できる環境づくりのために—林 基成：日本建築学会環境工学委員会空気環境運営委員会換気・通気小委員会（2015年3月）より]

接待飲食店における CO₂濃度変化



大都市にある接待飲食店の例

大都市にある接待飲食店において、4~34人までの会食接待があった。それぞれの部屋の CO₂ 濃度を測定しその変動を検討した。0時から2時頃までが CO₂ 濃度のピークになり、3,000~5,000ppm まで上昇していた。

[金勲ら,接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策(その1): 建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況、日本建築学会環境系論文集 第 88 巻 第 806 号, 300-306,2023年4月]より]

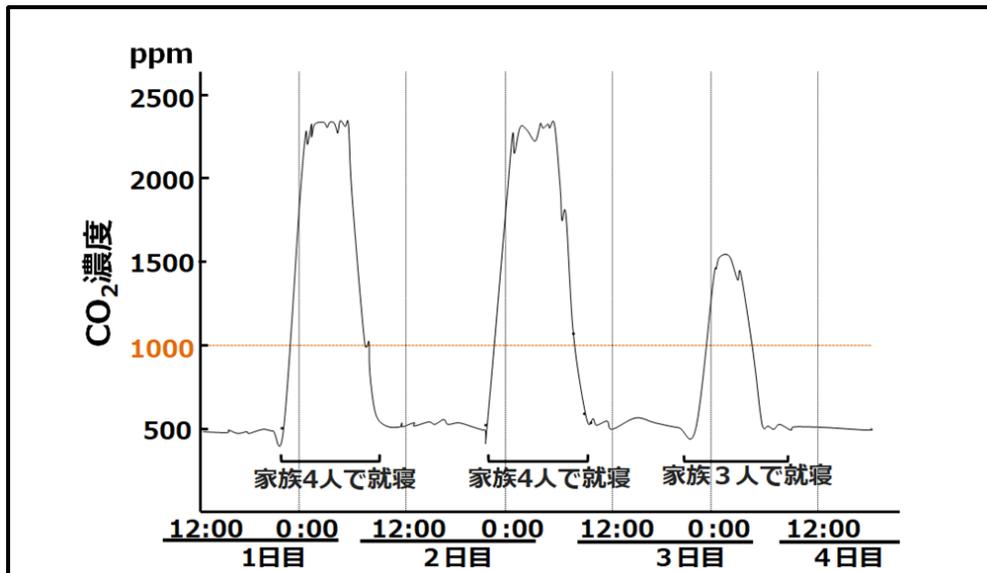
家庭内寝室の CO₂濃度変化

室内の CO₂濃度の変化は、想像以上に大きい。

例えば、24時間換気されている住宅でも、複数の人が眠っている間に CO₂が 1,000 ppm を超すことは頻繁にあるので、要注意だ。

家族（両親と子供2人）と一緒に睡眠する例は、図 2-7 に示した通りである。家族4人が10時頃就寝し、最初約 500ppm であった CO₂値は、午前0時に約 1,800ppm、1時に約 2,300ppm に急増してしまう。

もし、誰かがコロナに感染していたら、家族内感染になる可能性が高い。



寝室の CO₂濃度の変化—夫婦と子供2人の家族Aの例

家族Aは、2階建て24時間換気（24時間、1定時間毎に部屋の全空気が外気と入れ替わる換気システム）の家に在室。50m³の広さの寝室に、通常家族4人が寝ている。寝室に CO₂モニターを置き、4日連続で CO₂濃度を測定。

・1~2日目は家族4人が10時頃就寝。最初約 500ppm であった CO₂値は、午前0時に約 1800ppm、1時に約 2300ppm に急増、6時頃まで 2300ppm 前後。夫婦が起床するとともに急激に低下。全員起床で退室後 500ppm に下がった。

・夫が不在の3日目は、ピーク値 1500ppm。その他は1~2日目と同じパターンで変動。

[杉山義弘, マルシチの家ホームページ, 健康住宅のうそほんと : 図表 11 「就寝中の二酸化炭素 (CO₂) 濃度変化」より]

