

コロナ禍における冬期の教室空気環境に関する実態調査

西尾幸一郎^{*1}・木谷 秀勝^{*2}・星野 裕之^{*3}・重枝 孝明^{*4}・坂本真友香^{*5}・河原 咲子^{*6}

Survey on the Indoor Air Quality in Classroom in Winter under the Influence of COVID-19 Pandemic

NISHIO Koichiro^{*1}, KIYA Hidekatsu^{*2}, HOSHINO Hiroshi^{*3},
SHIGEEEDA Hideaki^{*4}, SAKAMOTO Mayuka^{*5}, KAWAHARA Sakiko^{*6}

(Received December 15, 2021)

キーワード：新型コロナウイルス感染症、小学校、空気環境評価、二酸化炭素濃度

はじめに

本研究は、2020年度における山口大学教育学部と附属学校園との連携プロジェクトの成果についてまとめたものである。新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から、教室で適切な換気を行うことがより一層求められるようになった。換気にあたっては、換気扇等の換気設備を常時運転したとしても、教室の使用人数に必要な換気能力には足りないことから、窓開け等による自然換気と併用することが必要となる。文部科学省（2021）では常時換気の方法として、廊下側と窓側を幅10cmから20cm程度を目安に対角に開けることを推奨している。また、冬期においては、こまめに換気をおこないつつも、室温を適切な範囲内（17℃以上）に保ち、室温低下による健康被害が生じないように留意しなければならない。そこで、地域の気候や天候、教室の配置、使用人数等に応じた適切な換気方法を検討することが求められている。

山口市は、省エネルギー基準地域区分の6地域に該当し、年間を通して比較的過ごしやすい気候ではあるが、附属小中学校のある山口盆地に関しては、気温較差が大きく、冬は極端に寒くなることで知られている。そこで、本プロジェクトでは、附属小学校において教室空気環境の実態調査を行い、常時換気により十分な換気ができているか、適切な室温に保てているかを検証すること、そして、換気や室温管理が十分にできていない場合には、適切な換気・室温管理の方法を提案することを目的としている。

1. 調査の概要

附属山口小学校の5年生教室（34人クラス）において、授業時間帯における二酸化炭素濃度と温湿度の測定を行った。当該教室の容積は180m³、利用者は教員1名、小学生（高学年）34名である。換気条件は、文部科学省の衛生管理マニュアル（2021）や理研計算科学研究センター（2020）のシミュレーション結果などを参考に、以下のような換気条件を設定した。

- ①Width10×4（流入面積0.65m²）：廊下側の前後扉10cmずつ、窓側の前後窓を10cmずつ常時開放
- ②Width05×4（流入面積0.36m²）：廊下側の前後扉5cmずつ、窓側の前後窓を5cmずつ常時開放

測定にはサトテック製データロガー環境測定器CO₂モニターHJ-CO2-LOGを使用した。データロガーは、教室の机上の高さに設置し、二酸化炭素濃度と空気温度、相対湿度を1分間隔で記録した。なお、データロガーは、日射や冷暖房設備の気流、放射の影響を受けにくく、かつ教員や児童の支障にならない位置に設置した。外気温の分析には、最寄りのアメダスポイントの毎正時間データを用いた。調査期間は、2021年1月中旬から下旬であった。また、授業時間中の換気量の算定に当たっては、学校環境衛生基準（2018）の計算式を用いた。

*1 山口大学教育学部小学校総合選修 *2 山口大学教育学部附属教育実践総合センター *3 山口大学教育学部家政教育選修
*4 山口大学教育学部附属山口小学校 *5 山口大学教育学部附属光小学校 *6 山口大学教育学部附属山口中学校

2. 測定結果

2-1 空気環境

学校環境衛生基準では、教室等における換気の基準として二酸化炭素濃度の測定が行われている。これは、二酸化炭素が人体に直接影響するわけではないが、室内の二酸化炭素の量とともに他の汚染物質やウイルスの増加も考えることからである。

図1、図2に各条件下における二酸化炭素濃度の経時変化を示す。Width10×4では、学校衛生基準で定められている1,500ppmを常時下回っていたが、Width05×4では授業時間帯において1,500ppmを上回る場面がみられた。なお、Width10×4の3時間目から6時間目、Width05×4の2時間目以降ではその他の授業時間と比べて二酸化炭素濃度が顕著に低くなっている。これは、対象クラスでは、体育や音楽、理科などの授業は運動場や別の教室等で行われていること、教室での授業においても調べ学習等の場面で児童が教室外に出ることが度々あることなどが要因であると考えられる。

マスクを伴わない飲食を前提とした飲食店等の場合には、1,000ppm以下が望ましいとされており（文部科学省, 2021）、昼食時には特に換気を強化する必要性が指摘されているが、Width10×4では1,000ppmを上回る時間帯がみられた。一方で、Width05×4では流入面積が小さいにも関わらず常時下回っている。これは、昼食時には児童による給食の搬入・搬出などにより、出入り口が頻繁に開放されることが要因であると考えられる。昼食時に1,000ppm以下に保つためには、窓を開ける幅は20cm程度を目安とするか、数分程度は窓を全開する必要があることがわかった。

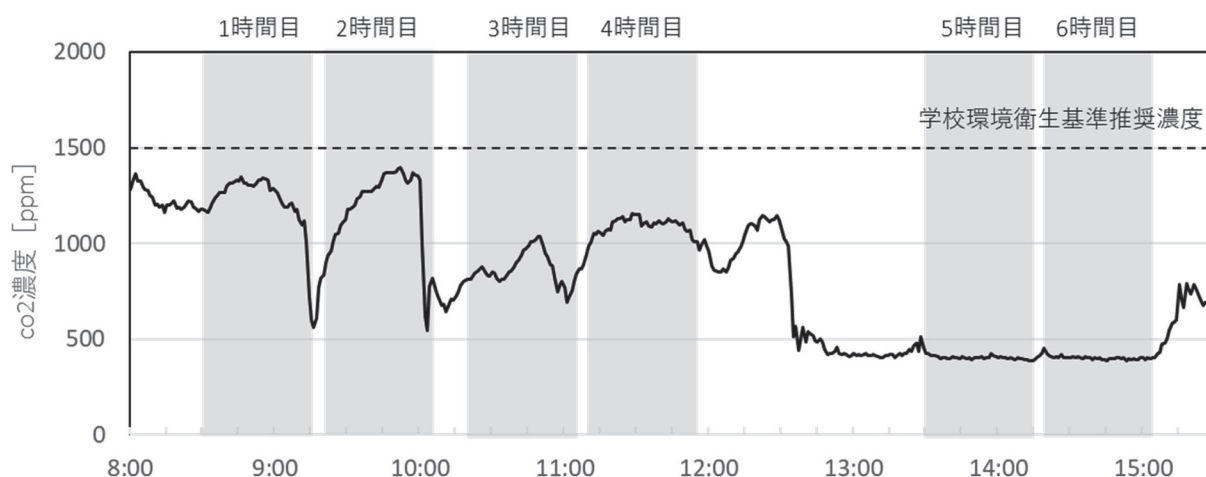


図1 Width10×4 二酸化炭素の経時変化

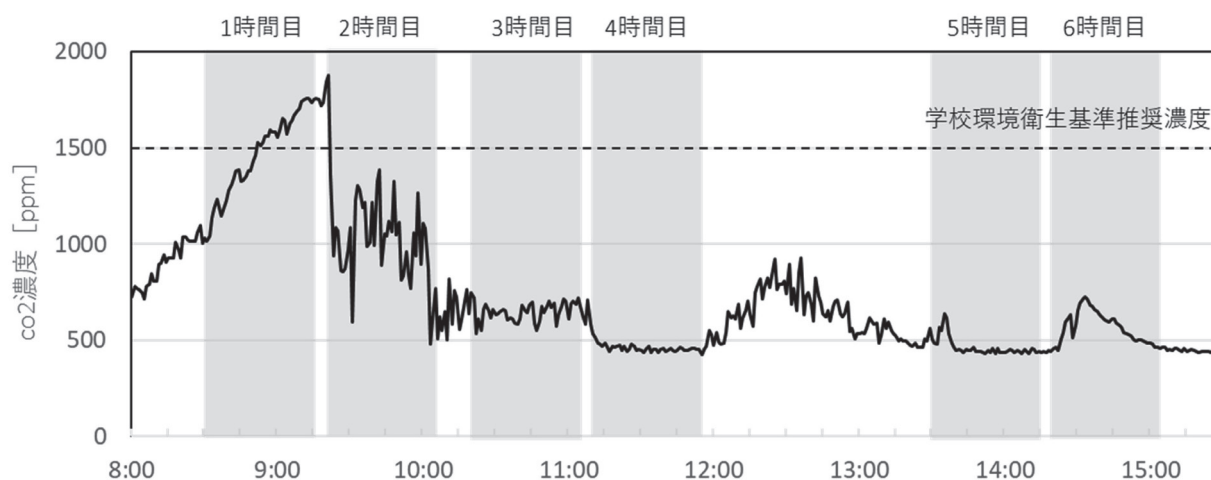


図2 Width05×4 二酸化炭素の経時変化

2-2 温熱環境

学校環境衛生基準では、学校の温度に関して、児童生徒等に生理的、心理的に負担をかけない最も学習に望ましい条件として「17℃以上、28℃以下であることが望ましい」とされている。

図3、図4に各条件下における空気温度の経時変化を示す。なお、調査当日の8:00~16:00までの外気温は、Width10×4が7.4℃~11.4℃、Width05×4が2.8℃~15.3℃であった。いずれの条件下においても児童が教室で滞在している時間帯では教室の空気温度が概ね17℃以上に保たれている。これは、対象クラスの担任が児童の登校する時には教室が快適な温度になるようにエアコンを作動させていたことが要因であると考えられる。

なお、エアコンの設定温度は各条件ともに22.0℃であるにも関わらず、Width10×4では授業時間帯の温度が平均17.3℃、最低12.1℃、最高19.7℃となり、設定温度まで上昇することはなかった。調査当日の例年と比べると外気温が少し高かったため、教室を推奨温度以上に保つことができたが、寒さの厳しい日には温度管理により一層の注意が必要であると考えられる。

一方で、Width05×4では授業時間帯の温度が平均18.6℃、最低15.1℃、最高22.0℃となった。Width10×4の調査日と比較すると、午前中の外気温は4度程度低かったにも関わらず、エアコンの設定温度に近い温度まで上昇している。寒さの厳しい日にも、窓等の常時開放による換気を行いつつ、快適な室温を維持するためには、「廊下側の前後扉5cmずつ、窓側の前後窓を5cmずつ常時開放」あるいは「2か所の窓を10cmずつ常時開放」程度に流入面積を抑える必要があると考えられる。

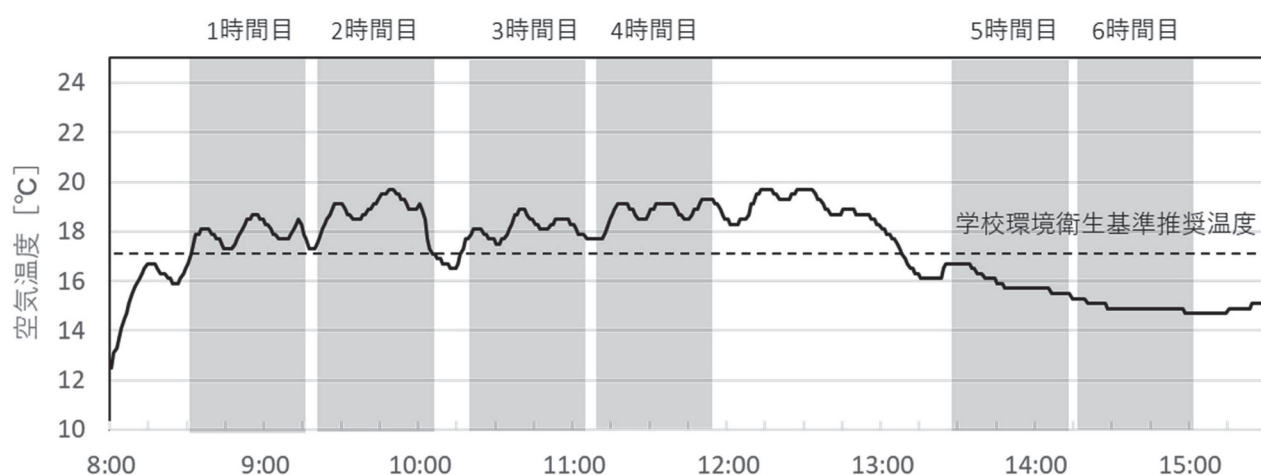


図3 Width10×4 空気温度の経時変化

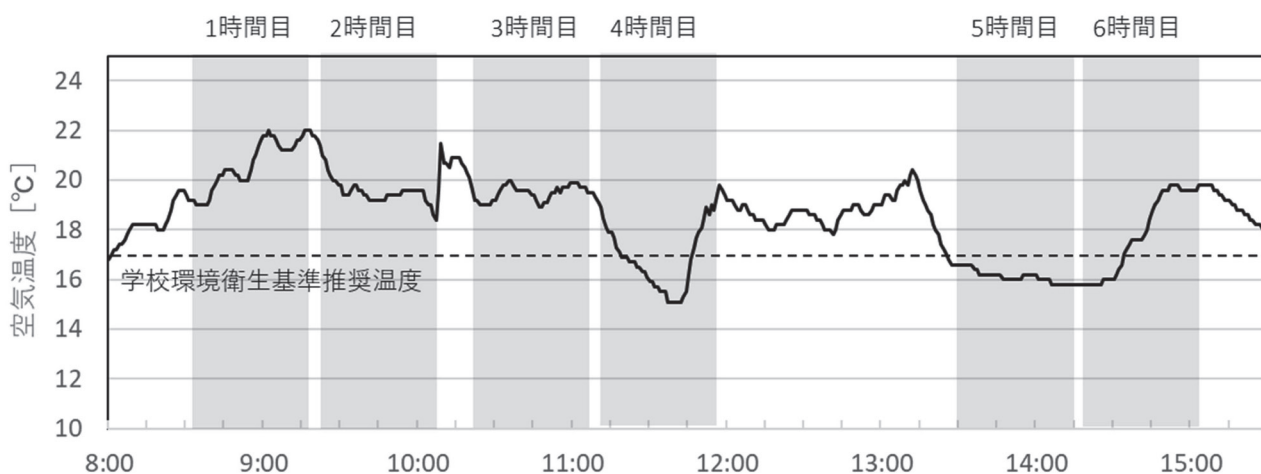


図4 Width05×4 空気温度の経時変化

2-3 空気環境と温熱環境との関係

授業時間中に児童と教員が教室のみで滞在した場面における二酸化炭素濃度と空気温度との関係を図5、図6に示す。

Width10×4では、二酸化炭素濃度が837ppm～1,330ppmで推移しており、学校環境衛生基準の基準である1,500ppm以下の水準が維持できている。授業時間中の換気量は1,148m³/時であり、換気回数は5.92回であった。室温については、平均18.8℃、最高温度19.7℃、最低温度17.1℃となった。授業開始時の17.1℃から30分程度で2.8℃上昇しているが、エアコンの設定温度22.0℃まで室温を上昇させることはできていない。須山ら(2020)による夏期の教室環境における実態調査の結果とは異なり、推奨温度の範囲内で室温が保たれている。この要因としては、休み時間に児童が教室から出たら扉をすぐに閉めることで、教室内の温度を下げすぎないように心掛けていることなどが考えられる。ただし、常時開放された扉・窓付近で学習していた児童にヒアリングをしたところ、すきま風等で寒いと感じるとのことであった。座席位置によって、生理的・心理的に過度な負担がかかっている児童がいる可能性があると考えられる。

Width05×4では、二酸化炭素濃度が1,033ppm～1,758ppmで推移しており、授業開始から20分ほどで学校環境衛生基準の基準である1,500ppmを超えている。授業時間中の換気量は783m³/時であり、換気回数は4.03回であった。なお、測定日では、授業開始時の二酸化炭素濃度が1,033ppmと高く、休み時間中に十分な換気が確保できていない。もし、休み時間中に十分な換気を行い外気と同水準(500ppm程度)まで二酸化炭素濃度を低下させることができていたならば、この換気条件であったとしても1,500ppm以下を維持できていたと考えられる。室温については、平均20.5℃、最高温度22.0℃、最低温度19.0℃であった。授業開始時から15分程度で、エアコンの設定温度22.0℃まで室温が上昇している。

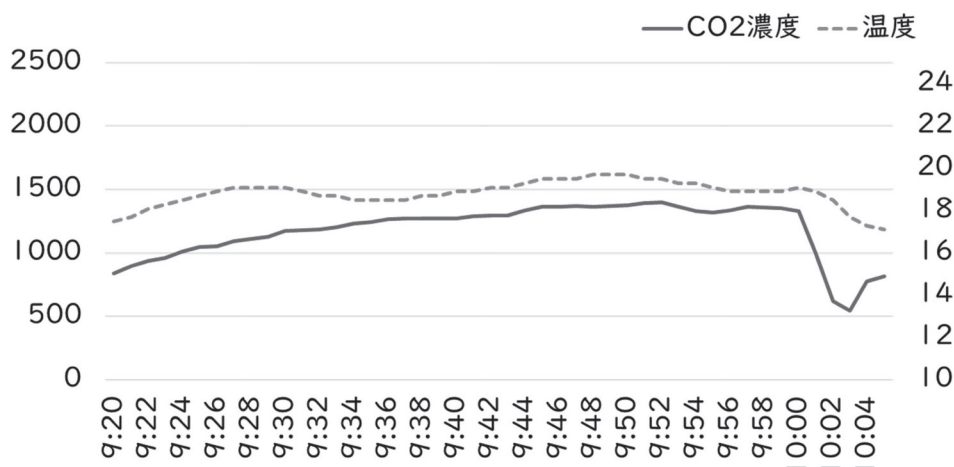


図5 換気条件CASE Y10における二酸化炭素濃度と室温の変動

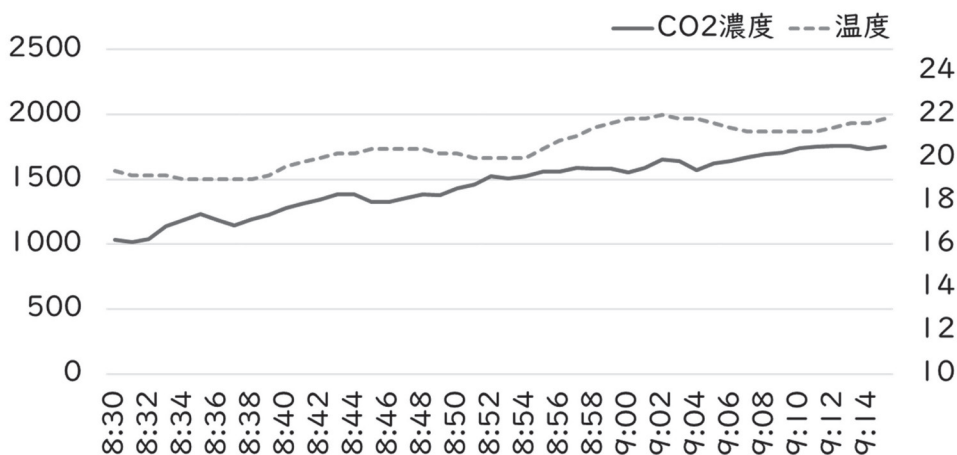


図6 換気条件CASE Y05における二酸化炭素濃度と室温の変動

おわりに

附属山口小学校において、冬期に二酸化炭素濃度、温湿度に関する実測を行った。対象校は山口県内でも寒さの厳しい地域であると言われる山口盆地に位置するが、換気のために教室内の4か所の窓・扉を5cmずつ常時開放しても、学校環境衛生基準の推奨温度（17℃以上）を維持することができることが分かった。ただし、この場合、室内の二酸化炭素の量は授業時間中に少しずつ上昇するため、二酸化炭素濃度を1,500ppmに保つためには、休み時間中に数分間、窓を全開にするなどして十分な換気を行い、外気と同水準（500ppm程度）まで二酸化炭素濃度を低下させておく必要があると考えられる。また、教室への外気の流入量は、当日の風の強さや、向き、室内外の温度差などの環境条件に大いに左右されたため、窓側の開口部付近の座席に位置する児童に対しては、必要に応じて、座席変更や衣服等での調整、電気ストーブの設置などの措置を行う必要があると考える。

なお、対象校では2021年度から各教室に二酸化炭素濃度測定器が設置されることとなった。現在は、授業時間中に窓等を常時開放するとともに、1,500ppmを超えた場合には授業担当者が開口幅をさらに広げて、濃度を下げるといった対策が取られている。本調査の結果により、それらの対策が、教室内の適切な換気・室温管理の方法として有効であることの裏付けが取れたと考える。

参考文献

- 1) 文部科学省 (2018) : 学校環境衛生管理マニュアルー「学校環境衛生基準」の理論と実践ー, https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/hoken/1292482.htm (参照2021-12-12)
- 2) 文部科学省 (2021) : 学校における新型コロナウイルス感染症に関する衛生管理マニュアル～「学校の新しい生活様式」～, https://www.mext.go.jp/a_menu/coronavirus/mext_00029.html (参照2021-12-12)
- 3) 坪倉誠 (2020) : 室内環境におけるウイルス飛沫感染の予測とその効果, 理化学研究所計算科学研究センター, <https://www.r-ccs.riken.jp/fugaku/history/corona/projects/tsubokura/> (参照2021-12-12)
- 4) 須山颯太・石川春乃・鶴山英樹・鍋島佑基 (2021) : CO₂濃度を規準とした教室環境を考慮した換気の検討, 空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集, 123-126.
- 5) 岩下剛 (2020) : コロナ禍における学校授業再開後の教室空気環境に関する試験研究, 人間 - 生活環境系シンポジウム報告集, 44, 89-92.
- 6) 湯澤秀樹・奥宮正哉・時田繁・田中英紀・小澤浩 (2020) : 新型コロナウイルス等感染症に対する空調換気の現状と今後の課題, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 301-304.