

## 公立小学校の教室における自然換気及びエアコン使用下での CO<sup>2</sup>濃度測定による換気状況の評価

中 村 亜 紀  
(教育学科養護・福祉教育学専攻)

久 保 百 合 香  
(教育学科養護・福祉教育学専攻)

芝 池 雛  
(教育学科養護・福祉教育学専攻)

抄録 公立小学校の教室を対象として、自然換気が行われる時期と、エアコン使用が行われる時期に、通常の授業が実施される中で教室内 CO<sup>2</sup>濃度を連続的に測定し、換気状況の評価及び児童の学習環境についての検討を行った。「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～」に従った換気方法実施下で室内 CO<sup>2</sup>濃度 1,000ppm 以下が維持できていた。しかし、自然換気では気象条件に影響され、窓開放状態であっても CO<sup>2</sup>濃度は上昇し、高濃度化する可能性があった。エアコン使用下では換気と適正室温保持を適切に行うことは困難であり、教室には室温のみならず CO<sup>2</sup>濃度連続モニタリングシステムを導入し、感染症予防及び児童の学習環境整備の補助とすることが望ましいと考えられた。

キーワード：空気感染予防，室内換気，CO<sup>2</sup>濃度，学校環境衛生，学校保健

### 1. はじめに

空気中二酸化炭素(以後CO<sup>2</sup>)濃度が高くなると私たちの健康に影響を及ぼす。これまでの研究では、Allenら(2016)が、CO<sup>2</sup>濃度が 1,000ppm の環境では意思決定能力の顕著な低下がみられたと指摘しており<sup>1</sup>、Satishら(2012)が、CO<sup>2</sup>ガスを用いたチャンバ試験において 600ppmと比較して1,000ppmと2,500ppmでの意思決定能力が顕著に低下する<sup>2</sup>と報告している。また、Tsaiら(2012)<sup>3</sup>、Norbärkら(2011)<sup>4</sup>、Erdmannら(2002)<sup>5</sup>の研究では、CO<sup>2</sup>濃度が 1,000ppmを超えると、在室者から頭痛、目と上部呼吸器系などの症状がみられたことを明らかにしている。

学校の教室では、CO<sup>2</sup>濃度は換気の基準として示されており、学校環境衛生基準においてCO<sup>2</sup>濃度は 1,500ppm以下であることが望ましいとされている。この基準はCO<sup>2</sup>の人体に対する直接的な健康影響から定めたものではなく、換気ができていなければ、教室内に在室する児童生徒の呼吸等によってCO<sup>2</sup>量が増加するとともに、同時に他の汚染物質も増加することが考えられることから、CO<sup>2</sup>濃度が指標として設定されている<sup>6</sup>。

建築物における衛生的環境の確保に関する法律(昭和45年法律第20号)の特定建築物に

ついて、建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令(昭和45年政令第304号)で居室における二酸化炭素の含有率が「1,000ppm以下」とされている。「特定建築物」とは、興行場、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校(研修所を含む)又は旅館の用途に供される建築物で、その用途部分の「延べ面積」が3,000㎡以上であるものをいう。ただし、専ら学校教育法第1条に規定する学校又は幼保連携型認定こども園の用途に供される建築物の場合は、「延べ面積」が8,000㎡以上であるものが「特定建築物」に該当する。学校であれば相当な大規模校でなければ該当しないが、特定建築物以外の建築物でも多数の者が使用等するものの維持管理について、同基準に従うことが努力義務とされている<sup>7</sup>。

新型コロナウイルス感染症流行により、感染予防のための換気の重要性が強調された。厚生労働省は先行研究を検討し、夏場における換気と熱中症の発生、冬場の換気による低室温と呼吸器疾患・循環器疾患の罹患率上昇は新型コロナ感染症予防対策とのトレードオフの関係にあることを明らかにした。そして、換気の悪い密閉空間を改善するための換気と、室温を適切に

維持することを両立するための方策として、「冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について 参考資料」(令和2年11月27日)をまとめている。その中で商業施設等を対象とし、必要換気量(一人あたり毎時30m<sup>3</sup>)を確保しつつ、居室の温度及び相対湿度を18℃以上かつ40%以上に維持するための機械換気設備の使用をすること、機械換気設備の無い、あるいは不十分な場合には窓開けを行うことを推奨している。また、換気が必要換気量を満たしているかを確認する方法として、室内CO<sup>2</sup>濃度を測定し、その値が1,000ppmを超えないことを監視することが有効であるとしている<sup>8</sup>。

一方、文部科学省も状況の変化に対応しつつ、「新型コロナウイルス感染症に対応した持続的な学校運営のためのガイドライン」(令和2年6月5日事務次官通知。令和4年4月1日改訂)<sup>9</sup>の中で、学校における基本的な感染症対策として、「手洗いや咳エチケット、換気といった基本的な感染症対策に加え、感染拡大リスクが高い『3つの密(密閉・密集・密接)』を徹底的に避ける、身体的距離を確保するといった感染症対策を徹底することが必要である」と述べている。また、それを受けて文部科学省初等中等教育局健康教育・食育課は、「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』～(2022.4.1 Ver.8)」を作成した<sup>10</sup>。児童生徒等の教育を受ける権利を保障していくため、学校における感染及びその拡大のリスクを可能な限り低減した上で、学校運営を継続していくための衛生管理に関する具体的な事項についてまとめている。

その中で一般教室の換気については、可能な限り常時、困難な場合はこまめに(30分に1回以上、数分間程度窓を全開する)、2方向の窓を同時に開ける、窓を開ける幅は10cmから20cm程度を目安とし、上の小窓や廊下側の欄間を全開にする、廊下の窓も開ける、ことを推奨している。エアコンを使用する場合、換気機能のないエアコンは室内の空気は外気との入れ替えが行われないため、エアコンを使用時にも

換気は必要であることを述べている。学校に換気扇等の換気設備がある場合には、常時運転すること、換気設備の換気能力(汚れ等により本来の換気能力が低下することがある)を確認すること、換気設備を使用しつつ窓開け等による自然換気併用が必要な場合が多いことを指摘している。冬季に関しては、呼吸器感染が増加する時期であることから、室温低下による健康被害が生じないように児童生徒の服装に配慮を行いつつ、常時換気に努めること(難しい場合には、少なくとも休み時間ごとに窓を全開にする)。また、室温が下がりすぎないように、空き教室等の人のいない部屋の窓を開け、廊下を經由して、少し暖まった状態の新鮮な空気を人のいる部屋に取り入れること(二段階換気)を提案するなど詳細に対応方法を記載している。

しかし、直近の1年間をみても第6波(R4.1.1～R4.3.31)、第7波(R4.7.1～R4.9.30)、現在進行中の第8波の感染流行の波があり、公立学校では学年または学級の臨時休業が4.7～13.8%、学校全体の臨時休業が0.1～2.1%の割合で発生しており、児童生徒における感染の流行は回避できていない。

本研究では公立小学校の教室を対象として、自然換気が行われる時期と、エアコン使用が行われる時期に、通常の授業が実施される中での教室CO<sup>2</sup>濃度を測定し、換気状況の評価及び児童の学習環境についての検討を行った。

## 2. 研究方法

調査は、春、開窓による自然換気行う時期と、夏、エアコン使用により開窓程度が狭められる時期に行った。①開窓による自然換気を行う時期の調査(以後、春調査)は2022年5月2日(月)、②エアコン使用時期の調査(以後、夏調査)は2022年9月3日(火)に行った。

両調査は京都市内公立小学校1年3組の教室を対象として行った。当校は南北に3棟の校舎を配した学校であり、1年3組の教室は、校庭に面した南側校舎2階に位置している。

教室の体積は  
201.0m<sup>3</sup>(W(幅)8.7m×D(幅)7.0m×H(高

公立小学校の教室における自然換気及びエアコン使用下でのCO<sup>2</sup>濃度測定による換気状況の評価

さ)3.3m)であった。窓側には開閉可能なW1.6m×H1.4mの窓が4枚はめ込まれており、廊下側には腰位置に開閉可能なW2.0m×H1.2mの窓が2枚はめ込まれ、その上にW2.0m×H0.7mの開閉可能な窓が4枚はめ込まれていた。教室前後にW1.0m×H2.1m出入口のドアがあった。教室には廊下側窓上中央より若干後方位置に天井吊り型エアコンが設置され、窓側及び廊下側窓上中央に扇風機が設置されている(図1)。エアコンの機種、性能について学校は把握しておらず、エアコンの換気機能の有無については不明である。また、教室に設置の空気清浄機についても同様である。

調査時間は朝の会から4時間目終了後までとした。授業時間は1時間目8:50-9:35、2時間目9:50-10:25、3時間目10:45-11:30、4時間目11:35-12:20であり、各時間の間には5分の休憩時間があり、2時間目と3時間目の間には20分間(10:25-10:45)の中間休みがある。それぞれ通常の時間割に沿った授業を実施している中で測定を行った。また、換気の方法については通常担任によって行われている方法で測定を行った。

教室での児童の活動状況、休み時間や移動教室に関連した教室在室人数の変化との関連をみるために、教室出入口ドア外廊下の高さ30cm、及び教室後方にドライブレコーダーを設置し、個人が特定されないように記録した。

CO<sup>2</sup>濃度の測定には、データロガーCO<sup>2</sup>/温湿度計 CO<sup>2</sup>-9904SD(サトテック社)を使用した。測定器を教室後方の中央位置に、吸気口の高さを児童生徒の呼吸位置を考慮した100cmに設置し、2秒ごとに記録した(図2)。

教室CO<sup>2</sup>濃度と外部風の流入との関係について検討を行うため、気象庁ホームページ「各種データ・資料」<sup>11</sup>から京都市の10分毎風速データを利用した。気象庁の風速データは京都市中京区で測定されたものであり、本調査の測定位置とは異なるため、参考値として用いている。

教室の平均及び最高、最低CO<sup>2</sup>濃度、教室在室人数によるCO<sup>2</sup>濃度変化、教室活動内容によるCO<sup>2</sup>濃度変化及び休憩時間を挟んだ連続授業の影響によるCO<sup>2</sup>濃度の変化について分析を行った。

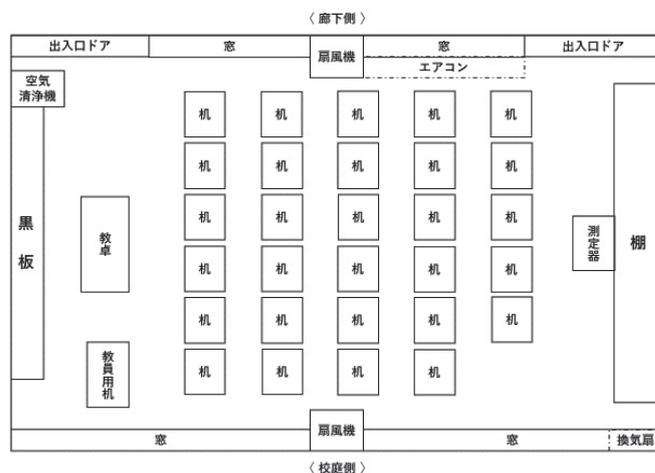
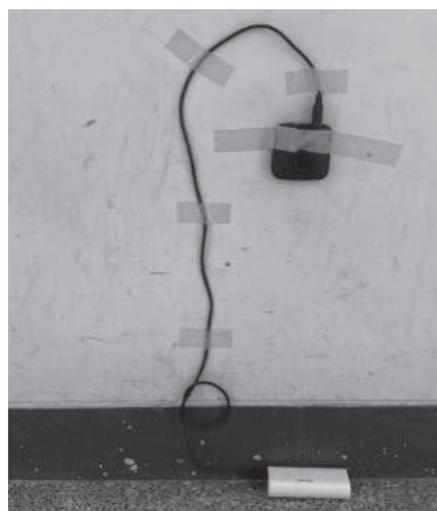


図1 教室内様子(1年3組)



データロガーCO<sup>2</sup>/温湿度計 CO<sup>2</sup>-9904SD(サトテック社)      ドライブレコーダー

図2 測定機器

### 3. 結果

#### 1. 春調査

調査日天気は晴れ。気象庁による京都市内風速による調査時間内平均風速 2.3m/sであった。窓側窓は全て開いており、各窓 80cm、70cm、50cm、40cm開放されていた。廊下側の各窓は 90cm、80cm開放されていた。出入口ドアはどちらも全開放されていた。教室内では空気清浄機が常時使用されていた。測定時間中にはドアを一時閉めることがあったが、窓の開放を狭小することはなかった。

教室内在室人数は、児童 27 名、教員 1 名、計 28 名であった。

各時間のCO<sup>2</sup>濃度平均(av)及び最高値(max)、最低値(min)はそれぞれ、1時間目(9:10-9:45) av 510.4ppm、max 562 ppm、min 488 ppm、2時間目(9:50-10:25) av 505.7ppm、max 527ppm、min 467 ppm、3時間目(10:45-11:20) av 444.8ppm、max 464ppm、min 436 ppm、4時間目(11:35-11:50) av 627.1ppm、max 698ppm、min 527 ppm、中間休み時間(10:25-10:45)はav 480.5ppm、max 513ppm、min 446 ppmであった(表1)。3時間目はCO<sup>2</sup>濃度が低値であり、これは校庭で体育の授業が行われたため測定教室内に児童は不在であったためである。測定中

の最大CO<sup>2</sup>濃度は 692ppmであり、4時間目の授業中であった(図3a)。

1年生は入学後間もない時期であったため、1授業時間は 35 分となっており、休み時間の取り方も担任の裁量で変化していた。CO<sup>2</sup>濃度の増加はダンス、音読、合唱などの活動をした時と、窓やドアを閉鎖した時にみられた。CO<sup>2</sup>濃度の減少は外部風が流入した時と、ドアを開放した時にみられた。

平均室温は 17.9℃、授業開始以降は 17℃以上、最高値は 4時間目の 20.6℃の範囲内で推移した(図4)。

#### 2. 夏調査

調査日天気は晴れ。台風接近中であり小学校周囲でも風の強さが感じられ、気象庁による京都市内風速による調査時間内平均風速は5.5m/sであった。春調査と同教室での調査である。窓側窓が各々3~5cm開いており、廊下側腰窓は閉まっており、腰窓上の窓は前方の2枚は3cm程度の開放があり、後方の2枚は各々50cm開放されていた。前後のドアは全開放となっていた。

扇風機2台とも首振り稼働しており、エアコンは設定温度23℃、風向はスイング稼働していた。空気清浄機も稼働していた。

教室内在室人数は、児童25名、教員1名、計26

公立小学校の教室における自然換気及びエアコン使用下でのCO<sup>2</sup>濃度測定による換気状況の評価

名であった。

各時間のCO<sup>2</sup>濃度平均値(av)及び最高値(max)、最低値(min)はそれぞれ、1時間目(8:50-9:35) av 596.2ppm、max 615 ppm、min 584 ppm、2時間目(9:40-10:25) av 582.0ppm、max 593 ppm、min 567ppm、3時間目(10:45-11:30) av 561.6ppm、max 577 ppm、min 541 ppm、4時間目(11:35-12:20) av 576.1ppm、max 593 ppm、min 561 ppm、中間休み時間(10:25-10:45)はav 527.2ppm、max 578 ppm、

min 513 ppmであった(表1)。夏調査では移動教室はなく、全て測定教室で授業は行われた。測定中の最大CO<sup>2</sup>濃度は617ppmであり、1時間目にみられた。4時間とも教室で授業が行われたが、継続使用によるCO<sup>2</sup>の高濃度化はみられなかった。

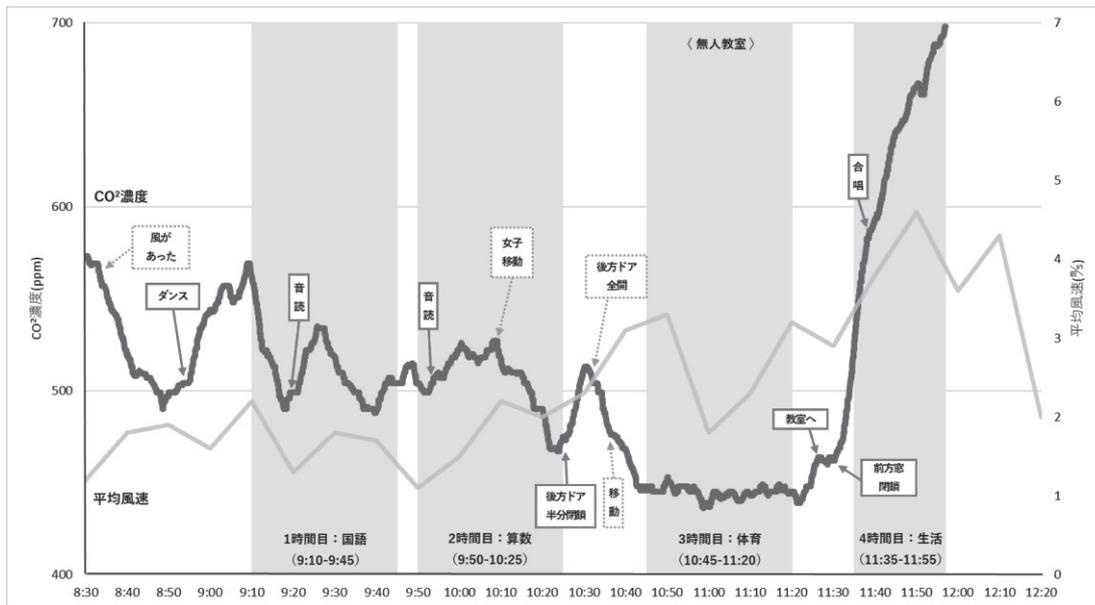
平均室温は29.5℃、最低値28.4℃、最高値は4時間目の30.6℃であり、測定時間全体の31%で30℃を超えていた(図4)。

		1時間目	2時間目	3時間目	4時間目	中間休み
春調査 2022/5/2	av	510.4	505.7	<u>444.8</u>	627.1	480.5
	max	562	527	<u>464</u>	698	513
	min	488	467	<u>436</u>	527	446
夏調査 2022/9/3	av	596.2	582.0	561.6	576.1	527.2
	max	615	593	577	593	578
	min	584	567	541	561	513

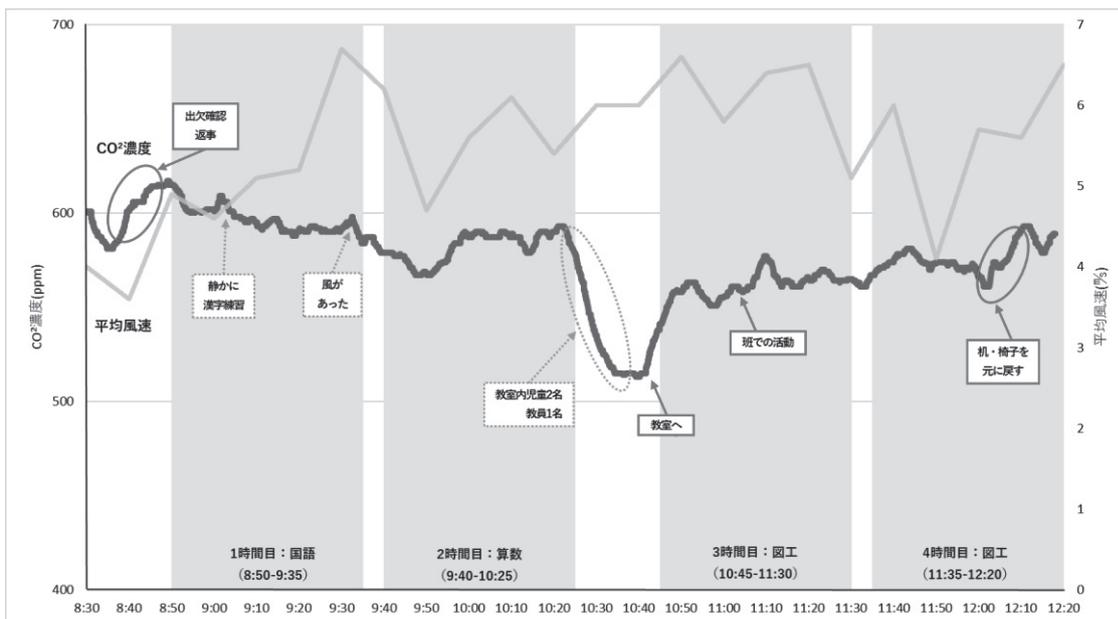
単位：ppm

下線は移動教室の為測定場所に児童は不在である

表1 授業時間ごとのCO<sup>2</sup>濃度



a 春調査 2022/5/2 教室内 CO<sup>2</sup>濃度



b 夏調査 2022/9/2 教室内 CO<sup>2</sup>濃度

図3 教室内 CO<sup>2</sup>濃度の推移

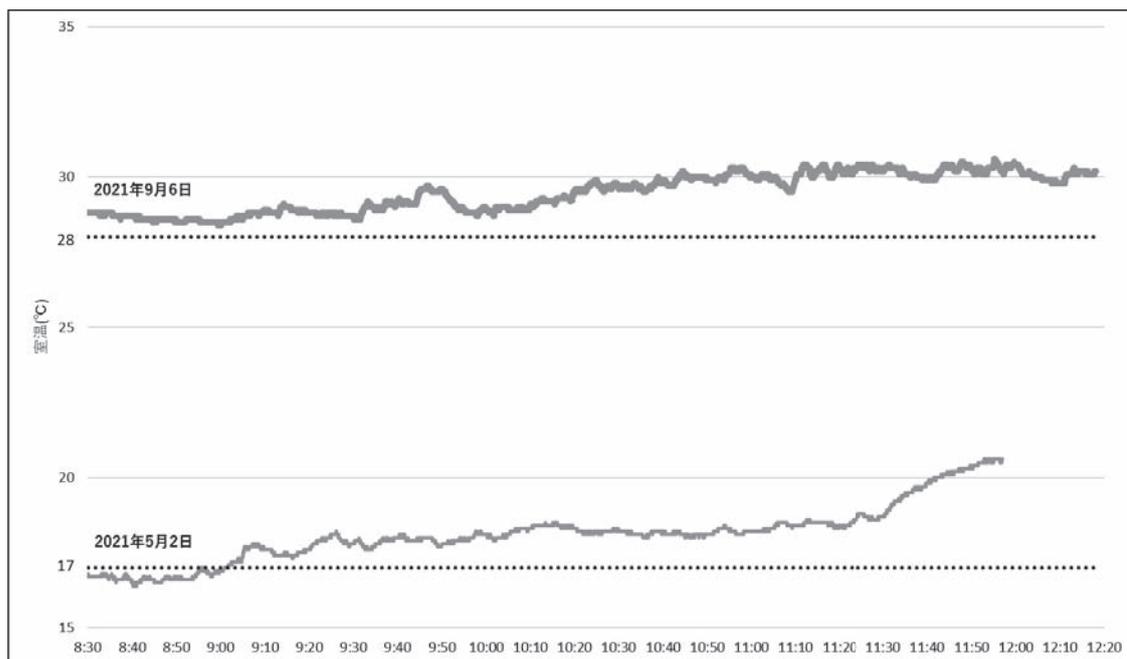


図 4 教室内温度の推移

#### 4. 考察

厚生労働省は「冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について 参考資料」の中で、英国の多分野の専門家から信頼性のある情報を集め科学的エビデンスを政策に反映させるための政府の助言組織である「緊急時科学的助言グループ」(Scientific Advisory Group for Emergencies: SAGE)の環境モデリンググループ (Environmental Modelling Group:EMG)が、空気清浄機や紫外線殺菌を活用する場合を除いて二酸化炭素濃度の測定は多人数が利用する空間における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こと、またほとんどの環境下においてCO<sup>2</sup>濃度の連続モニタリングの信頼性は無いが、同じ集団が定期的集まる空間、オフィス、学校等においては、感染リスクの指標として用いてもよいとしている<sup>12</sup>ことを根拠として、CO<sup>2</sup>濃度測定の意義と方法について承認している。

本調査では、小学校教室には空気清浄機が設置され稼働していたが、空気清浄機は換気の補助を担うものであること、また窓の無い、あるいは高いパーティションで区切られる部屋など換気条件不良の場所で効果が期待される。春

調査ではすべての窓とドアは開放されており、夏調査でも窓側及び廊下側窓の開放、ドアの開放がなされていた。小学校教室での活動内容は多岐に渡り、活動量の多さに変動があるため、空気清浄機の効果は限定的であり、CO<sup>2</sup>濃度測定は換気評価及び感染リスク評価方法として適切であると考えている。

調査を行った教室では、「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」に示されている常時換気及び2方向からの同時換気が実施されており、測定時間中にCO<sup>2</sup>濃度が1,000ppmを超えることはなかった。マニュアルに従った方法で1,000ppmを基準値とした教室内換気は達成できると考えられた。

CO<sup>2</sup>濃度を上昇させる要因は、ダンス、音読、合唱、一時的なドアの閉鎖などがあり、特に合唱時の濃度増加は著しい。体動の増加、発声はCO<sup>2</sup>を発生させ、窓やドアの開きの程度が減少することは換気を滞らせることが確認された。しかし、CO<sup>2</sup>濃度の減少は体動や発声を止めることにより速やかに減少した。そのため教室内では激しい体動を伴うような活動や発声時間は長時間にならないように配慮する必要があると考えられた。

中間休みや体育の授業等で児童が退室した際には約5分間で450ppm程度まで減少した。これは気象庁(2020)<sup>13</sup>により測定された国内3地点の外気のCO<sup>2</sup>濃度が412-415ppm程度であったという結果、林ら(2019)<sup>14</sup>の首都圏及び名古屋の外気CO<sup>2</sup>濃度は、これら3地点と比較して20-30ppm程度高いということから、都市部での外気CO<sup>2</sup>濃度は、435-445ppm程度であると推定されるとの報告から見て、開窓状態の教室では児童退室後CO<sup>2</sup>は外気程度になっていたと考えられ、児童不在時は教室換気の機会として有効に活用できる。

春調査と夏調査では窓の開窓程度に差があり、夏調査ではエアコンの使用により機械からの冷気の送風が行われていた。各調査における児童在室時の授業時間における平均CO<sup>2</sup>濃度は春調査549.1ppm、夏調査579.0ppmとエアコン使用時が平均して高濃度となった。この結果からも開窓程度の狭小化は換気を滞らせることが言える。しかし、自然換気は室外の風速、開口部前後の空気圧の差、室内外空気の温度差により換気量が変化する。つまり、自然換気は建物周囲の気象条件に影響され、窓の開口部を広くするだけでは十分な換気が行われない。春調査では教室内活動でのCO<sup>2</sup>濃度変動が大きく、夏調査では変動が少ない。春調査では教室内で2台の扇風機が稼働しており、室内換気に補助的効果を及ぼしていたと考えられるが、自然換気を促進させる気象条件に欠ける場合には教室内CO<sup>2</sup>は貯留する。一方、エアコン稼働中は冷気の送風により常に室内空気の流れが生じているため、窓の開放程度が狭小化しても安定した一定程度の換気が行われると考えられた。安定的換気を行うためには、室温に関わらず教室換気には機械換気が必要であると言える。

夏調査の教室では、担任はエアコン稼働中でも換気に配慮してドアを全開にして授業を行っていた。室内温度との関係では、教室は28℃を下回ることなく、測定時間中の31%は30℃を超える値を示した。2018年一部改正の学校環境基準では望ましい温度の基準が17℃以上、28℃以下となっており、児童の一般的健康管理から

言えば適切ではないと言える。しかしながら教室を管理する立場でも現場では換気が適切であるかどうかを確認するすべもないため、室温と開窓との適切なバランスを実現するのは困難である。

CO<sup>2</sup>の貯留は児童の学習効率を低下させるものであるとともに、学校は集団感染を発生しやすい場であり、この度のパンデミックは学校環境衛生について再考する契機であると考えられる。今回の調査ではマニュアルに示された換気方法を実施することによりCO<sup>2</sup>濃度が1,000ppmを超えない範囲で管理できていることが確認できた。換気の悪い空間の評価としてのCO<sup>2</sup>濃度1,000ppmは、それを回避することによって新型コロナウイルス感染症等の感染を防ぐものではない。現に適切な窓開け換気を行っている本調査の協力校でも集団感染は発生している。小学校でCO<sup>2</sup>濃度1,000ppmを基準値にすることが適当であるかは更に検討が必要である。

自然換気を行う時期には外気の風速がほとんどない場合など、気象条件により開窓は換気効果が著しく低下するため、児童の教室内での発声、体動量が増加する場合にCO<sup>2</sup>濃度が1,000ppmを超える可能性がある。外気風速が無い場合に教室設置の扇風機の換気効果は十分ではなく、より有効な機械換気を併用する必要がある。

室温管理と換気を両立させることは難しく、換気に重きを置けば適正室温が保てないことが本調査でも確認された。小学校では教室内での活動内容が多岐に渡るためCO<sup>2</sup>発生量に変化が生じているが、教室管理者はその時々での換気と室温の適正さを判断する材料を持っていない。それらに適宜対応するためには教室内での室温測定と連続CO<sup>2</sup>モニタリングを可能とするシステムの配置が望ましいと考える。

本研究の限界として、調査事例が少ないこと、また冬季では気象条件、エアコン設定条件が異なることにより更に検討が必要である。今回は小学校1年生の教室を対象とした調査であるが、体格の異なる高学年、中学校、高等学校での調査も必要である。

## 5. 結論

小学校教室では自然換気及びエアコン使用下においても「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』～（2022.4.1 Ver.8）」に従った換気方法実施下で厚生労働省が感染予防として推奨する室内CO<sub>2</sub>濃度1,000ppm以下が維持できる。しかし、その環境下で新型コロナウイルス感染症の集団発生は防ぐことはできていないため、小学校での感染予防のための妥当な基準値は引き続き検討される必要がある。

エアコン使用下では窓の開放は狭小化し、室内CO<sub>2</sub>濃度平均は上昇するが、教室内での活動、発話の活発化などがあってもCO<sub>2</sub>濃度の変動幅は拡大しない。しかし、自然換気では室内CO<sub>2</sub>濃度は建物周囲の気象条件に影響され、風速及び風向の条件によって窓開放状態であっても活動によるCO<sub>2</sub>濃度の上昇が確認され、換気が適切に行われないことが推察された。機械換気は常に室内空気の流れを生じるため、窓の開放程度が狭小化しても一定以上のCO<sub>2</sub>貯留が起こりにくいと考えられた。

換気に重きを置く教師が管理する教室では、エアコン使用下で窓の開放が過大になり適正室温の保持が困難となる可能性があり、それは児童の学習を阻害する要因となる。学校教室では活動内容が多岐に渡り、CO<sub>2</sub>発生量が変動するため、換気と室温を同時に管理することは難しい。

連続CO<sub>2</sub>濃度モニタリングシステムの導入は、教室管理者が換気と室温管理のバランスを適正化するために有益であり、また、学校内での呼吸器感染予防としてのCO<sub>2</sub>濃度を用いた換気評価指標は未だ暫定的なものであり、詳細なモニタリングから得られる結果は適正な指標の作成に向けて活用できるものとする。

## 謝辞／付記

本調査を行うにあたっては、京都市小学校に多大なご協力をいただくとともに、有益なご意見を頂戴いたしましたことに心よりお礼申し上

げます。

## 文献

- <sup>1</sup> Allen, J.G., et al. (2016) Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environ. Health Perspect*, 124:805-812.
- <sup>2</sup> Satish U, Mendell MJ, Shekher K, Hotchi T, Sullivan D, Streufert S, Fick WJ. (2012) Is CO<sub>2</sub> an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO<sub>2</sub> concentrations on human decision-making performance. *Environ Health Perspect* 120:1671-1677.
- <sup>3</sup> Tsai DH, et al. (2012) Office Workers' Sick Building Syndrome and Indoor Carbon Dioxide Concentrations. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 9:345-351
- <sup>4</sup> Norbäck, D., et al. (2011) Respiratory symptoms, perceived air quality and physiological signs in elementary school pupils in relation to displacement and mixing ventilation system: an intervention study. *Indoor Air*, 21:427-437.
- <sup>5</sup> Erdmann, C.A., et al. (2002) Indoor Carbon Dioxide Concentrations and Sick Building Syndrome Symptoms in the Base Study Revisited: Analyses of the 100 Building Dataset, Berkeley, CA, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- <sup>6</sup> 文部科学省(2017)「学校環境衛生管理マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践」.26-33  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2018/07/31/1292465\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/07/31/1292465_01.pdf)(2023年1月20日閲覧)
- <sup>7</sup> 厚生労働省 建築物環境衛生管理基準について.  
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>(2023年1月20日閲覧)
- <sup>8</sup> 厚生労働省(2020). 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について 参考資料.  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000698866.pdf>(2023年1月20日閲覧)
- <sup>9</sup> 文部科学省(2022) 新型コロナウイルス感染症に対応した持続的な学校運営のためのガイドライン.  
[https://www.mext.go.jp/content/20220401-mxt-kouhou01-000004520\\_02.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20220401-mxt-kouhou01-000004520_02.pdf)(2023年1月20日閲覧)

---

覧).

<sup>10</sup> 文部科学省(2022) 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」～(2022.4.1 Ver.8).  
[https://www.mext.go.jp/content/20220404-mxt\\_kouhou01-000004520\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20220404-mxt_kouhou01-000004520_01.pdf). (2023年1月20日閲覧)

<sup>11</sup> 気象庁 過去の気象データ検索.  
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>. (2023年1月20日閲覧)

<sup>12</sup> SAGE-EMG (2020). Role of Ventilation in Controlling SARS-CoV-2 Transmission.  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/928720/S0789\\_EMG\\_Role\\_of\\_Ventilation\\_in\\_Controlling\\_SARSCoV-2\\_Transmission.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/928720/S0789_EMG_Role_of_Ventilation_in_Controlling_SARSCoV-2_Transmission.pdf). (2023年1月20日閲覧)

<sup>13</sup> 気象庁(2020) 日本付近の二酸化炭素濃度の増加が続いています。令和2年3月24日.  
<http://www.jma.go.jp/jma/press/2003/24c/2020co2.pdf>. (2023年1月20日閲覧).

<sup>14</sup> 林基哉、金勲、開原典子、小林健一、鍵直樹、柳宇、東賢一(2019) 特定建築物における空気環境不適率に関する分析 日本建築学会環境系論文集 84(765): 1011-1018