

講義室利用時の二酸化炭素濃度と空気環境改善対策

落合のり子・山下 一也・阪本 功・濱村美和子
福澤陽一郎・橋本 由里・松岡 文子*・恩田 晴夫

概 要

大学における健全な室内環境の確保を目的として、講義室利用時の空気中の二酸化炭素濃度を測定し、対策を検討した。在室人数が80人の講義中に、空調換気扇を作動させた状態で測定した結果、45分後に二酸化炭素濃度は1,100ppmとなり基準値（1,000ppm）を超え、換気不十分であった。対策として、非空調時の講義中は、必ず換気扇を作動させ、空気を取り入れ口として、少しでも窓やドアを開けておく。冷暖房時には換気扇を空調換気方式に切替え、休憩時間や昼休みには、積極的に窓とドアを開け自然換気を行う。恒久的には、機械換気的能力を高める対策や講義室内の空気を対流させるなど、総合的な空気環境設計が必要である。

キーワード：空気質、換気、二酸化炭素濃度測定、学校環境衛生

I. 緒 言

近年、学校における学習環境は、安心・安全、快適性、そして環境負荷軽減（省エネルギー対策）が強く求められている。防犯対策やバリアフリー環境の推進に加えて、健康を維持していくのに必要な空気環境をリーズナブルに整えるために、学校建築における設計や設備の活用の工夫が必要となる。

現代の建築物は、建物の気密化にともなって自然換気量が減少している。このことは冷暖房時に発生するエネルギーを抑え、環境負荷を軽減することに寄与している反面、出入り口や窓を閉じたままの自然換気に頼っていては、必要な換気量が得られないという問題が発生する（村松，2006）。特に大学は、休み時間毎に換気を行う小中学校とは異なり、定期的な自然換気をする習慣がない。

本学のように必修科目が多い大学においては、問題はさらに重大である。同じ教室で長時間、大人数の学生が講義を受講しているにもかかわらず、十分な換気がなされていない。定期

的に窓を開ける習慣がないこともあり、現在の機械換気（換気扇）の能力で、人の吐き出す二酸化炭素を換気できているのかどうか疑問があった。さらにインフルエンザなど、咳やくしゃみなどの飛沫感染が問題となる感染症の流行時には、教室外へのウイルスの排出が十分でなく、感染の拡大を招くことも予想される。学校における感染拡大は脅威である。授業中に感染を起こすような環境では、マスクや手指消毒の効果も限定的なものとならざるを得ない。

大気中の二酸化炭素濃度は約400ppmであり、燃料中の炭素成分が完全燃焼することで発生する。人間の肺から体外へ吐き出される呼気に含まれる二酸化炭素濃度は約40,000ppmで、大気の100倍の濃度である（大島，2005）。

本学の場合、建築基準法施行令に定められた建築物環境衛生管理の基準によれば、二酸化炭素濃度は1,000ppm以下でなければならない。非空調時で換気装置を使用しない場合は、90分間の講義で二酸化炭素濃度が5,000ppmに達したとの報告もある（角舎，2004）。冷暖房を行っている場合は、部屋は閉め切られていることが多い。その際、機械換気の稼働状況や在室人数にもよるが、二酸化炭素濃度が3,000ppm～4,000ppmになることもあると言われている。

*元島根県立大学短期大学部出雲キャンパス

落合のり子・山下 一也・阪本 功・濱村美和子
 福澤陽一郎・橋本 由里・松岡 文子・恩田 晴夫

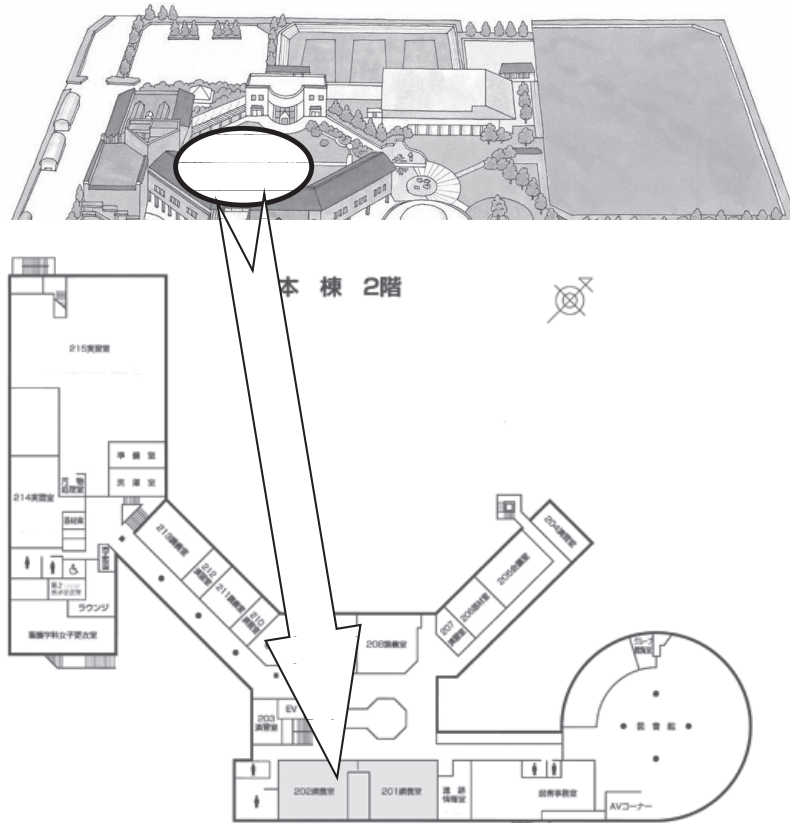


図1 配置図（上）および平面図（下）

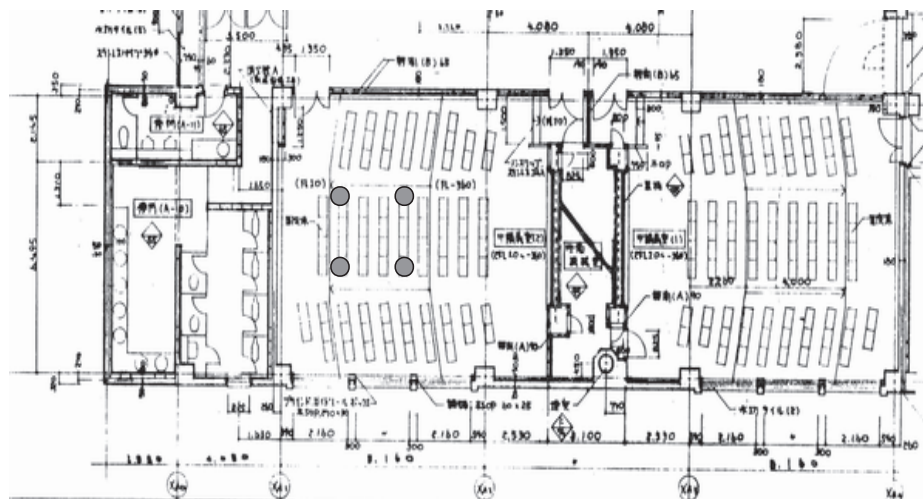


図2 平面詳細図と測定位置

● 測定位置

る。濃度が10,000ppmを超えると不快感を生じ、60,000ppmに達すると呼吸困難になる。室内空気の汚染度は、主にこの二酸化炭素濃度が指標として用いられてきた（大島，2005）。

本学では、これまで「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」（通称：ビル衛生管

理法）に基づいて定期的に空気環境測定を実施してきたが、無人または少人数の講義室での測定であったため、問題が露呈しなかった。このたび、講義の行われている状況下で、講義室内の空気中の二酸化炭素濃度を測定し、対策を検討することとした。

表1 講義室の二酸化炭素濃度測定結果の概要

測定条件	A	B	C
測定年月日	H21.11.6	H21.12.14	H21.12.21
測定時刻/CO ₂ 濃度ppm	9:15/500	11:30/500	9:15/ 400
	0	0	80
	13:15/490	13:00/600	10:00/1100
在室人数(人)	0	20	80
	15:15/550	14:30/800	10:30/1200
	0	50	80
気 温 (℃)	14～22	7～12	4～6
湿 度 (%)	60	64	65
天 気	晴	曇	雨
廊下側 ドアの開閉	開	開	閉

Ⅱ. 方 法

本研究の二酸化炭素濃度の測定は、ビル衛生管理法に基づく定期的な空気環境測定（2ヵ月に1回）に追加して、作業環境測定士（委託業者）が実施した。講義室の二酸化炭素濃度の平均的な状態を把握するため、室内に6m以下の等間隔の測定点を4箇所定め、学生が呼吸する高さ（床上0.9～1.2m）で測定を行い、その平均値を測定結果とした。講義室内の学生数、換気扇や暖房機運転の有無、ドアの開閉などについて条件を変え、時間経過を追って測定した。測定機器はガス・温湿度測定器（カノマックスMODEL 2211）を使用した。

講義室の配置図、平面図、測定位置を図1～2に示す。測定の対象とした教室は、島根県立大学短期大学部出雲キャンパス2階の中講義室（202講義室）である。横6.5m×縦10.7m×天井高3.0m～3.4mの階段教室で、座席数は88席である。同講義室は、南側が全面ガラス窓（開放した時の開口面積1.1m×0.63m×3カ所）、北側の出入り口は片開きドア（ドアにはスリット、ガラリなどの通風機能なし）である。教室を出た廊下の対面には教室があり、直接の外気は入らない。

冷温水発生機にて作られた冷水または温水を学内に循環させ、ファンコイルユニットを通して、冷風または温風を講義室内に吹き出す方式の冷暖房設備を完備している。換気設備は、普通換気と空調（熱交換）換気の切替が可能であ

る（換気性能600m³/h×3台）。年2回の定期的な空調点検により、機器内部のフィルター点検、動作確認と風量確認により機器性能は保たれている。

Ⅲ. 結 果

測定した結果を表1に示した。A:平成21年11月6日は学生がいない状態で3回測定したが、いずれも二酸化炭素濃度は500ppm前後であった。B:平成21年12月14日は、学生数を変えて3回測定した。講義室内の人数が増加する程、同濃度は500ppm、600ppm、800ppmと増加していた。暖房時に空調換気運転をし、廊下ドアを開けた状態であった。C:平成21年12月21日には80人が入った状態で測定したが、授業開始時には同濃度は400ppmと低いものの、時間が1時間近く経過すると、2回の測定とも1,000ppmを超えていた。暖房時に空調換気運転をし、廊下ドアを閉めた状態であった。

Ⅳ. 考 察

平成21年4月1日から「学校保健安全法」が実施され、文部科学大臣が「学校環境衛生基準」を定め、学校の学習環境確保に必要な定期検査や維持管理を求めるようになった。この基準では、二酸化炭素濃度は1,500ppm以下に管理しなければならない。さらに、本学のような延べ面積8,000m²以上の学校は、特定建築物（建築物衛生法対象）となり、二酸化炭素濃度を

表2 建築物環境衛生管理基準および学校環境衛生基準

〔建築基準法施行令〕129条2の6)		(学校保健安全法 文部科学省告示60号)
項 目	建築物環境衛生管理の基準値	学校環境衛生の基準値
浮遊粉じん量	空気1m ³ につき0.15mg以下	空気1m ³ につき0.10mg以下
CO含有率	10ppm以下	
CO ₂ 含有率	1,000ppm以下	1,500ppm以下
温 度	17℃以上、28℃以下	冬季:10℃以上、夏季:30℃以下
	居室における温度を外気の温度より低く	
	する場合は、その差を著しくしないこと	
相対湿度	40～70%	30～80%
気 流	0.5m/s以下	0.5m/s以下

表3 換気回数の基準

建物種別	換気をする部屋	換気回数	備 考
		(回/h)	
学 校	教 室	6	
	集 会 室	8	
劇 場・公会堂	客 席	5～10	
事 務 所	事 務 室	6～10	
病 院	病 室	6～10	
商 店	店 舗	6～10	全新鮮空気
レストラン	店 舗	6～10	全排気
住 宅	居 間	1～3	
	寝 室	1～2	
	便 所	5	
ホ テ ル	ダンスホール	7～20	
	宴会場・グリル	6～12	
	調 理 場	20～60	

空調技術用語研究会編（1989）：図解 空調技術用語辞典，P40，日刊工業新聞社，東京。

1,000ppm以下に管理しなければならない（表2）。

そのほか文部科学省の施策により、「教室の健全な室内環境の確保方策」のひとつとしてと
して、教室の空調・換気設備を整えることが挙げられている。

授業中の教室の空気環境が適切であるかどうかは、二酸化炭素濃度を測定することにより、
在室人数に対する換気量が十分であるかどうか
が判断できる（村松，2006）。建築種別によっ
て1時間あたりの換気回数の基準が定められて
いる（表3）。

講義室の気積（室内容積）は約210m³（横6.5
m×縦10.7m×天井高3.0m～3.4m）である。換
気回数8回/時間（h）とすると、1,680m³の換
気量が必要である。講義室の空調換気扇の能力
は600m³/h×3の1,800m³/hであり、計算上は機

械換気のパフォーマンスに問題はない。しかし在室人数が
80人の講義中、講義室の窓と入り口のドアを閉
めた状態で、換気扇を作動させて計測した結果、
45分後には二酸化炭素濃度は1,100ppmとなっ
た。基準値の1,000ppmを超え、換気不十分な
状態となることが分かった。

Houriの研究でも、半ば密室状態になった大
人数の教室で、二酸化炭素濃度の測定をした結
果、1,000ppmを超える状態であることが指摘
されている（Houri，2009）。

V. 対 策

当面の対策として考えられるのは、以下の事
項である。

- ①講義中は必ず換気扇を作動させる。
- ②換気を促進するために、少し窓やドアを開け

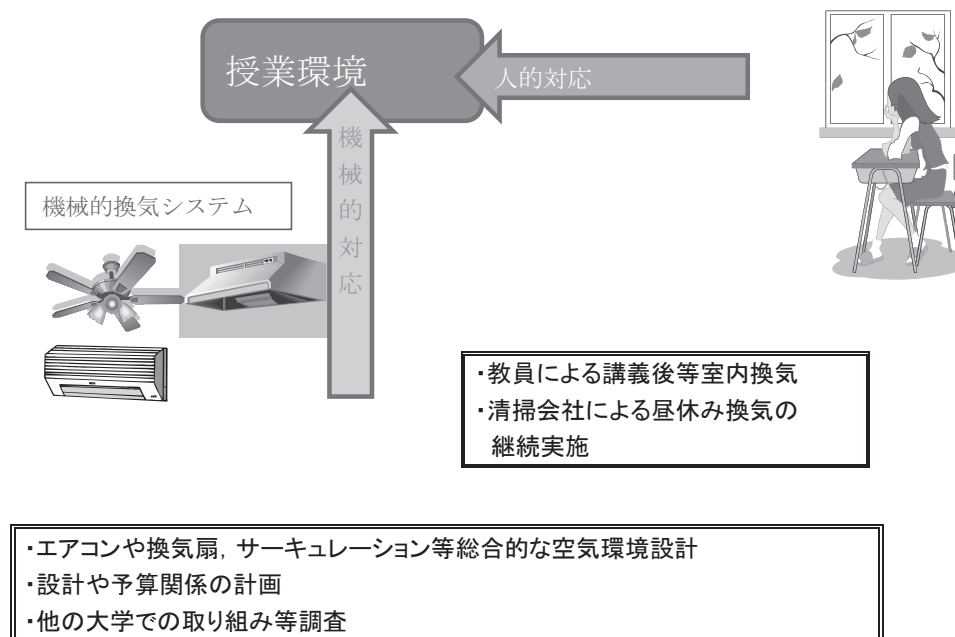


図3 空気環境改善のための方策図

ておく。

- ③冷暖房時には、換気扇を空調換気方式に切替える。
- ④休憩時間や昼休みには、積極的に窓とドアを開け自然換気を行う。

このうち①は冷暖房を稼動させていない場合に有効である。熱交換素子を通さないため、抵抗の少ない換気を行うことができる。春と秋の比較的気候の良い時期の換気方式であり、②を併用してもかまわない。窓やドアを開けておくと、換気量は格段に増える。

③の空調換気方式の換気は、冷暖房機を使用中に外気との温度差による熱損失を防ぐために、熱交換素子を通して換気を行うものである。冷暖房の効果を維持しながら、エネルギーの無駄遣いを防ぐ換気方法である。④とも関連付けられるが、必要なときに必要なだけ窓やドアを開けて、室内の二酸化炭素濃度をコントロールすることが大切である。

講義室を利用する教員や学生が、こうしたことを心がけると、室内の空気環境の向上が図れる。特に2コマ続き（1コマ90分）の講義の場合には休憩時間の自然換気をすすめ、温度と空気の質に気を遣っていくべきであろう。非常勤講師や外部講師の特別講義などの時間は、換気

についての的確な指示が必要である。

VI. ま と め

換気量が不足すると室内の二酸化炭素濃度は上昇し、基準値である1,000ppmを大きく超えることもある。二酸化炭素濃度の上昇は、人体由来を含む他の汚染物質の濃度上昇ともなうと言われており、空気環境全般の質の低下を招く。たとえば、多くの研究論文により室内の粒子（粉じんなど）の濃度上昇が報告されている。

本学でも基準値を超える測定結果であったことを受けて、空気環境改善のための方策を検討中である（図3）。機械換気的能力を高める対策の検討と予算計画の策定を行う。たとえば、現在使用しているのは1台あたり換気量600m³/hの空調換気機器であるが、換気性能の高い機器に交換すれば換気量を増やすことができる。

またエアサーキュレーターを設置し、講義室内の空気を対流させれば換気効率が上がるのではないかと考えられる。講義室内の空気の流れを人工的に作ることにより、均質な空気の状態を作り出し、低い位置に留まっているであろう二酸化炭素を上昇させることにより、天井の換気口から排出する。

さらに、床置き式の空気清浄器を設置することにより、空気中のそのほかの汚染物質の除去を行う。空気清浄器も室内に空気の流れを作り出す効果があり、有効な換気を促すと考えられる。

今後は、学内講義室等の空気環境測定を定期的に、時間変動毎に実施することで、引き続き環境監視を行っていく。その際、上記機器を作動させての測定も行い、どの程度の改善があったかを調査することとしたい。

謝 辞

本研究の実施に際し、多大なるご協力をいただいた、板倉仁志氏（前島根県立大学短期大学部出雲キャンパス事務室長）に深謝いたします。

文 献

- Houri Daisuke, Kanazawa Yousuke, Morioka Ikuharu, Matsumoto Kenji (2009) : Indoor Air Quality of Tottori University Lecture Rooms and Measures for Decreasing Carbon Dioxide Concentrations, Yonago Acta Medica, 52 (2), 77-84.
- 角舎輝典, 佐藤一也 (2004) : 308 教室利用時の二酸化炭素の室内分布に関する実験的研究, 日本建築学会東海支部研究報告集, 42, 373-376.
- 村松學 (2006) : 学校教室環境の空気質問題, におい・かおり環境学会誌, 37 (4), 242-250.
- 大島正光監修, 三上功生 (2005) : 人間工学の百科事典, 467-468, 丸善, 東京.

Indoor Carbon Dioxide of Shimane University Lecture Room and Control of Air Quality

Noriko OCHIAI, Kazuya YAMASHITA, Isao SAKAMOTO, Miwako HAMAMURA,
Yoichiro FUKUZAWA, Yuri HASHIMOTO, Ayako MATSUOKA* and Haruo ONDA

Key Words and Phrases : air quality, ventilation, measurement of carbon dioxide,
school environmental sanitation

*Ex-The University of Shimane Junior College, Izumo Campus