

3. 測定評価方法の検証

研究分担者	開原 典子	国立保健医療科学院	主任研究官
研究分担者	中野 淳太	東海大学工学部建築学科	准教授
研究分担者	東 賢一	近畿大学医学部	准教授
研究分担者	李 時桓	信州大学工学部建築学科	助教

研究要旨

測定評価法の検証（実建物試行）では、気化式の加湿設備や空調の個別方式が急増している今般の状況に対応するための一つの方法として、ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法等、快適感や温冷感等の指標を用いる可能性を示すとともに、事務所ビルを例として、建築物の大規模化と用途の複合化により、建築物の衛生管理が複数のテナントによって行われ、中央一括管理ができないこと、個別空調方式の使用が拡大してきたことの影響を踏まえることが必要であることを示した。

建築物利用者の職場環境と健康状態の実態調査については、建築物環境衛生管理基準の空気環境の測定項目である、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒドに加えて、揮発性有機化合物、微生物等の室内空気環境に関連する因子について、特定建築物における空気環境を中心に環境衛生管理基準規定項目等に係る実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物における適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的知見を集積することを目的として、2017年度から 2019 年度にかけて、室内の空気環境項目の測定と従業員に対するアンケート調査を冬期および夏期に実施した。調査の結果、特定建築物においては、冬期は合計 19 件の 183 名、夏期は合計 17 件の 185 名からアンケート調査と測定結果を得た。室内環境項目とビル関連症状との関係について解析を行った結果、夏期では、温度が高いほど一般症状と上気道症状が有意に増加した。冬期および夏期ともに、総じて粉じんや化学物質の濃度は管理基準や室内濃度指針値を下回っており、特定建築物の一部の物質でみられたビル関連症状との統計学的に有意な関係は、毒性学的にはほぼ意義はないと考えられた。但し、目や上気道の症状に対して関係がみられた粉じんとアルデヒド類に関しては、本研究者らによる既往の研究と類似した結果となっており、今後さらに研究が必要であると考えられた。また、冬期では細菌濃度やエンドトキシン濃度が高いほどビル関連症状の増加がみられ、平均濃度で日本建築学会の細菌の維持管理規準を下回っていたが、細菌の種類と毒性に基づいた規準ではないことから、その種類を含めた詳細な検討が今後必要であると考えられた。

A. 研究目的

測定評価法の検証（実建物試行）では、既往の測定法、及び、新たな測定評価法の有効性を明らかにする。具体的には、新たな測定法による測定評価を行い、新たな測定評価法の特長（精度、代表性、時間、費用、不適率への影響等）を明らかにす

るために、主要空間の代表点の温湿度、放射、二酸化炭素の連続測定、以上の測定項目の空間分布、に加えて総合温熱指標（PMV、SET*等）、一酸化炭素、粉塵、PM2.5、化学物質、細菌・真菌、エンドトキシンの季節ごとの測定を行い、利用者の健康影響に関するアンケート調査を行う。一連の調査

を通じて、建築物環境衛生管理基準の空気環境の測定項目である、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、揮発性有機化合物、微生物等の室内空気環境に関連する因子の特定建築物の適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的知見を集積することを目的としている。

B. 研究方法

B1. 測定評価法の検証と夏期および冬期の室内温湿度の課題

B1.1. 測定評価法の検証

既往の測定法、及び、新たな測定評価法の有効性を明らかにするため、実空間の測定結果と流体計算実建物データを用いて、その実用性（精度、代表性、時間、費用、不適率への影響等）の検証を行った。

B1.2. 夏期および冬期の室内温湿度の課題

実建物の温度、相対湿度、二酸化炭素の含有量について2週間程度の連続測定を行い夏期および冬期の課題を抽出した。具体的には、建物の室内の温度、相対湿度、CO₂（T&D社、CO₂ Recorder Tr-76Uiを使用）について、5分間隔で2週間の測定を夏期と冬期に行った（本報告では温度及び湿度について報告する）。測定機器は、設置に関する注意事項をあらかじめ教示した上で、机や棚の上に任意で設置し、建物につき1台とした。結果の分析には、得られた測定データを空調設備が稼働していると思われる日の9時～17時までを5日分用いた。建物の概要については、建築物の管理者または事務所の責任者に対して、主たる用途、延べ床面積、階数、竣工年、所在地、使用形態、周辺環境、設備等を質問紙調査により回答を得た。

B2.1. 研究デザイン

自記式調査票を研究対象の会社等に配付し、郵送等にて回収した。建築物の管理者または事務所の責任者に対しては「建築物の維持管理状況の調査」（管理者用調査）、事務所の従業員に対しては

「職場環境と健康の調査」（従業員用調査）を実施した。管理者用調査では、事務所及び事務所が入居する建築物の維持管理状況などを問うた。従業員用調査では、職場環境と健康状態などを問うた。事務所1件あたり管理者用調査票1部、従業員調査票は在室時間の長い従業員に対して15部配付した。また、あわせて建築物環境衛生管理の空気環境項目（温湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん）、揮発性有機化合物や粒子状物質の気中濃度、真菌や細菌の気中濃度、気中やダスト中のエンドトキシンを測定した。本研究は、人体から採取された試料を用いない観察研究である。

B2.2. 調査対象と調査手順

対象は、特定建築物に勤務する建築物の管理者と従業員である。比較のため、建築物衛生法が適用されない中規模建築物も対象に含めた。公益社団法人全国ビルメンテナンス協会に協力を要請し、研究対象となる建築物事務所500社の紹介を得た。

本研究においては、調査依頼数500社のアンケート調査をフェーズ1とし、その後測定機器を送付して2週間程度連続測定（温度、湿度、二酸化炭素）を実施する室内測定調査1をフェーズ2とし、フェーズ1の回答者の中から30～50件程度（フェーズ2へ協力可能と回答があった事務所）選定して調査を実施する。また、事務所内への立ち入りを行って詳細な室内環境測定（化学物質、微生物、粉じん等）を実施する室内測定調査2をフェーズ3とし、フェーズ1の回答者の中から10～15件程度（フェーズ3へ協力可能と回答があった事務所）選定して調査を実施する。フェーズ2とフェーズ3の事務所を選定する際には、従業員の健康状態や衛生状態が良好から不良まで幅のある建築物を選定し、フェーズ1の調査で建築物室内環境に強く関連する症状と職業性ストレスの関係が高かった建築物を除外した。

従業員用調査は、事務所に在室する時間が比較的長い日勤の管理職や事務職等の従業員に対して実施し、ビルの清掃や環境測定に従事する従業員

は原則として調査対象に含まない。

調査においては、冬期の調査として、平成 30 年 1 月 5 日に管理者用調査票を 500 社（従業員調査票各社 15 部含む）に配布した。また、中規模建築物の調査数を補うために、別途、東京と大阪の 6 つの事務所にも管理者用調査票と従業員調査票（トータル 183 部）を配布した。また、夏期の調査として、平成 30 年 7 月 20 日に同じ 500 社と 6 つの事務所に対して管理者用調査票と従業員調査票を配布した。

なお、フェーズ 3 の調査として、個別に依頼を行った 6 つの事務所で平成 30 年 1 月から 3 月にフェーズ 3 冬期調査を実施した。そして、平成 30 年冬期の調査結果から、フェーズ 2 及びフェーズ 3 の夏期調査として、フェーズ 2（44 件）およびフェーズ 3（12 件）を平成 30 年 8 月から 9 月に実施した。また、フェーズ 2 及びフェーズ 3 の冬期調査として、フェーズ 2（42 件）およびフェーズ 3（9 件）を平成 30 年 12 月から平成 31 年 3 月に実施した。

続いて、平成 30 年夏期の調査結果から、フェーズ 2 及びフェーズ 3 の夏期調査として、フェーズ 2（25 件）およびフェーズ 3（10 件）を令和元年 8 月から 9 月に実施した。また、フェーズ 2 及びフェーズ 3 の冬期調査として、フェーズ 2（24 件）およびフェーズ 3（11 件）を令和元年 12 月から令和 2 年 3 月に実施した。以降、これらのフェーズ 2 及びフェーズ 3 の調査結果を冬期と夏期にそれぞれ統合して解析を行った。

B2.3. 自記式調査票

管理者用及び従業員調査票は、平成 23～28 年度の研究で使用した調査票^{1),2)}をもとに作成した。従業員調査票は、米国環境保護庁³⁾、米国国立労働安全衛生研究所⁴⁾、欧州共同研究⁵⁾によるシックビルディング症候群の質問票を参照し、低湿度での VDU(visual display unit)作業、超微小粒子、微生物汚染などの近年懸念される諸問題や職業性ストレス⁶⁾を考慮した調査票となっている。従業員調

査票は、個人属性、職場環境、健康状態（23 症状、15 既往疾患歴）、職場の空気環境の状態、職業性ストレスの状態などの質問で構成されている。

B2.4. 測定項目

空気質としては、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん、PM_{2.5}、PM₁₀、粒径別粉じん濃度（0.3 μm 以上、0.5 μm 以上、0.7 μm 以上、1.0 μm 以上、2.0 μm 以上、5.0 μm 以上）、揮発性有機化合物（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、p-ジクロロベンゼン、テトラデカン、フタル酸ジブチル (DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP)、総揮発性有機化合物 (TVOC)、真菌濃度、細菌濃度、エンドトキシン濃度を計測した。計測用の試料は、各事務所の 1 フロアーの一点及び外気について、30 分間の採取を行った。

（倫理面での配慮）

本調査は、国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認（承認番号 N I P H - I B R A # 1 2 1 8 0）および近畿大学医学部倫理委員会の承認（承認番号 2 9 - 2 3 8）を得て実施している。

C. 研究結果及び考察

C1. 測定評価法の検証と夏期および冬期の室内温湿度の課題

C1.1. 測定評価法の検証

実測対象室について数値解析モデルを作成し、輻射解析、日射解析を行うとともに、すべての座席に発熱量 50 W/h の発熱人体モデルを設置し、温度、PMV について解析を行った結果、①精度と②代表性および③不適率への影響等については、既往の測定法より現状をより適切に捉えるが、④時間と⑤費用については、既往の測定法より負担が大きいことが示された。

C1.2. 夏期および冬期の室内温湿度の課題

(1) 室内温湿度の概況

図-1 に、空調稼働していると思われる日の9時から17時までの5日間の温湿度の平均値を建物ごとに、既報¹⁾の測定結果と合わせて示す。図中の凡例は、四角印が夏期、丸印が冬期を示し、それぞれ塗りつぶしのないものが既報¹⁾のデータを示している。絶対湿度は、測定値をもとに Goff-Gratch の式より算出している。図より、本報告の対象物件の9時から17時までの5日間の平均値は、温度について夏期および冬期ともに概ね基準に近い状況で良好に管理されているものの、相対湿度について冬期に基準を下回るという傾向を示している。

(2) 夏期の室内温湿度

図-2～4 (図中 a)) に、夏期における9時から17時の室内の温度・湿度(相対湿度と絶対湿度)の結果を建物ごとに示す。図中のボックス部は下から1/4分位点、3/4分位点を示し、最上及び最下の線は最大最小値、○印は平均値を示している。各建物の室内温度の平均値は、約24℃～約29℃であった。建物13は特定建築物ではないものの、ほとんどの測定値が28℃以上となっており、省エネルギーの観点から、高めの温度で運用している可能性がある。また、これらの建物について、建築物衛生法の空気環境基準²⁾を用い、9時から17時までの5日間の総測定数に対する適合しない測定値の割合(以降、この報において不適合率という)を算出したところ、建物13以外の建物は、ほぼすべての時間において、建築物衛生法の空気環境基準²⁾に近い状況で管理されている(表-2)。一方、各建物の相対湿度の平均値は、約50%～約60%であった。温度と同様に相対湿度の基準を用いて、9時から17時までの5日間の総測定数に対する不適合率を算出したところ、特定建築物以外の建物も含まれているにもかかわらず、建物4と14以外は、ほぼすべての時間において建築物衛生法の空気環境基準²⁾に近い状況で管理されている(表-2)。このように、夏期については、温湿度ともに建築物衛生法の基準の範囲に近い状況で管理されていること

がわかる。

(3) 冬期の室内温湿度

図-2～4 (図中 b)) に、冬期における9時から17時の室内の温度・湿度(相対湿度と絶対湿度)について、夏期と同様に結果を建物ごとに示す。各建物の室内温度の平均値は、約20℃～約26℃であった。夏期と同様に9時から17時までの5日間の総測定数に対する温度の不適合率を算出したところ、建物6と11以外の建物は、ほぼすべての時間において、建築物衛生法の空気環境基準²⁾に近い状況で管理されている(表-2)。一方、各建物の相対湿度の平均値は、約25%～約53%であった。こちらも夏期と同様に9時から17時までの5日間の総測定数に対する相対湿度の不適合率を算出したところ、8割以上の不適の時間のある建物が9件(建物1、3、4、6、11、14、15、18、20(建物1と建物2は同一、建物23は参考のため))であった(表-2)。また、同様に、5割以上の不適の時間のある建物まで含めると12件となり、調査物件の半数以上となる。これらの建物では、執務時間の半分以上を相対湿度40%以下の環境で過ごしていることになる。既報¹⁾においても冬期の相対湿度の管理に課題があることがわかっているものの、本調査対象においても同様に冬期の湿度管理に課題があることが示された。このように、冬期については、温度は比較的建築物衛生法の空気環境基準²⁾に近い状況で管理されているものの、湿度の管理にはいくつかの課題がみられる。

(3) 夏期および冬期の室内温湿度の課題

調査を行った約60件の事務所ビルの夏期と冬期の測定結果より、温度は、多くの建物が建築物衛生法の基準に近い状況にあり、個別の空調方式を用いている2,000～3,000㎡の中規模ビルや2,000㎡未満の小規模ビルであっても、調整可能であると考えられている。一方で、冬期の相対湿度の結果は、気化式の加湿設備や空調の個別方式が増えている今般の事務所ビルの低湿度環境の傾向を示しているといっていよう。今後、個別

空調の運用管理手法の情報整備を進める必要があると思われる。

〈参考文献〉

- 1) 開原 典子, 金 勲, 林 基哉, 小林 健一, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷川 兼一, 中野 淳太, 李 時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その2 室内温湿度の実態. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会; 2019年10月; 札幌. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 2) 厚生労働省“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)”, 2015.3.20

C2. 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査(全国規模の冬期夏期断面調査)

本研究では、特定建築物に関する室内環境と健康状態との関係を解析することが目的のため、特定建築物における調査結果を以下に示す。小規模建築物、中規模建築物の調査結果や特定建築物との比較結果については、同時期に並行して実施している「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究」の報告書を参照されたい。

2017年度から2019年度にかけて室内の空気環境項目の測定と従業員に対するアンケート調査を冬期および夏期に実施した結果、特定建築物については、冬期では合計19件で183名、夏期では合計17件で185名からアンケート調査と測定結果を得た。

ビル関連症状の有症率では、最も有症率が高かったのは、冬期では目の症状、夏期では一般症状であった。最も有症率が低かったのは、冬期と夏期ともに下気道症状であった。全体的に、夏期よりも冬期の方が有症率は高かった。

ビル関連症状における室内環境要因との関係に関する多変量解析の結果を表1-3及び表1-4にまとめた。冬期の特定建築物では、温熱環境に関し

てビル関連症状との間に有意な関係はみられなかった。夏期を含む通年で縦断調査ではないため、温度や相対湿度の高低の差が小さかったことから、相対湿度は平均値で建築物環境衛生管理基準の40%を下回っていたにも関わらず、有意な関係がみられなかったと考えられる。また、アルデヒド類や総揮発性有機化合物の濃度が低いほど目や上気道等の粘膜に関わるビル関連症状の増加がみられ、細菌濃度やエンドトキシン濃度が高いほど目や上気道症状の増加がみられた。

総じて化学物質と微生物に関して、化学物質の濃度は全体的に厚生労働省の室内濃度指針値を下回っており、ビル関連症状に関する統計学的に有意な関係は、毒性学的にはほぼ意義はないと考えられた。細菌に関しても日本建築学会の維持管理規準 AIJES-A0002-2005 (500 cfu/m³) を下回っており、化学物質と同様のことが考えられる。但し、細菌の種類と毒性に応じた規準ではないことから、細菌の種類を含めた詳細な検討が今後必要であると考えられた。

夏期の特定建築物では、温熱環境に関してビル関連症状と間に有意な関係がみられており、温度が高いほど一般症状と上気道症状が増加した。また、粉じん濃度やPM_{2.5}の濃度が高い、小さい粒径の粉じん個数が多いほど上気道症状の増加、アルデヒド類の濃度が高いほど上気道症状の増加がみられた。

総じて化学物質の濃度は全体的に室内濃度指針値を十分下回っており、ビル関連症状との統計学的に有意な関係は、毒性学的にはほぼ意義はないと考えられた。但し、特定建築物では、粉じん濃度、PM_{2.5}濃度、小さい粒径の粉じん個数、アルデヒド類濃度の増加が上気道症状のリスクに関係していたが、建築物の規模別の調査結果(「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究」2019年度報告書)や、粉じん濃度、PM_{2.5}濃度、小さい粒径の粉じん個数とアセトアルデヒドとの間にやや高い相関関係がみられた(ホルム

アルデヒドとの間には有意な相関はない) こと、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドにはやや高い相関関係がみられたこと、温度と小さい粒径の粉じんやアルデヒド類との間には有意な相関関係がみられなかったことなどの結果が得られた。従って、これらのことを総合すると、上気道症状との関係は、アルデヒド類の複合的な影響の可能性が考えられた。このことは、当研究者らによる既往の研究でも報告している⁷⁾。但し、小規模建築物では粉じん個数の増加と目の症状の有意な関係がみられており、建築物の規模が小さいほど粉じん個数が有意に増加していたこととも一致していた(「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究」2019年度報告書)。従って、粘膜系のビル関連症状に対して、アルデヒド類の濃度が関係しているのか、粉じん濃度が関係しているのかについては、今後さらに検証が必要であると考えられる。

D. 総括

気化式の加湿設備や空調の個別方式が急増している今般の状況に対応するための一つの方法として、ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法等、快適感や温冷感等の指標を用いる可能性を示すとともに、事務所ビルを例として、建築物の大規模化と用途の複合化により、建築物の衛生管理が複数のテナントによって行われ、中央一括管理ができないこと、個別空調方式の使用が拡大してきたことの影響を踏まえることが必要であることを示した。

建築物利用者の職場環境と健康状態の実態調査について、2017年度から2019年度にかけて、室内の空気環境項目の測定と従業員に対するアンケート調査を冬期および夏期に実施した。特定建築物において、冬期では合計19件で183名、夏期では合計17件で185名からアンケート調査と測定結果を得た。

室内環境項目とビル関連症状との関係について解析を行った結果、夏期では、温度が高いほど一般症状と上気道症状が有意に増加した。冬期およ

び夏期ともに、総じて粉じんや化学物質の濃度は管理基準や室内濃度指針値を下回っており、特定建築物の一部の物質でみられたビル関連症状との統計学的に有意な関係は、毒性学的にはほぼ意義はないと考えられた。但し、目や上気道の症状に対して関係がみられた粉じんとアルデヒド類に関しては、本研究者らによる既往の研究と類似した結果となっており、今後さらに研究が必要であると考えられた。また、冬期では細菌濃度やエンドトキシン濃度が高いほどビル関連症状の増加がみられ、平均濃度で日本建築学会の細菌の維持管理基準を下回っていたが、細菌の種類と毒性に基づいた基準ではないことから、その種類を含めた詳細な検討が今後必要であると考えられた。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 東 賢一. 健康リスクの立場からみた環境過敏症の予防について. 室内環境; 22(2), 203-208, 2019.
- 2) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), 15-20, 2019.
- 3) 東 賢一. 建築物環境衛生管理基準の設定根拠と近年の科学的知見. 空気清浄; 57(5), 4-13, 2020.
- 4) 東 賢一. 室内化学物質汚染の現状と対策. クリーンテクノロジー; 30(2), 41-45, 2020.

2. 総説

- 1) HAYASHI Motoya, KOBAYASHI Kenichi, KIM Hoon, KAIHARA Noriko. The state of the indoor air environment in buildings and related tasks in Japan (Review). Journal of the National Institute of Public Health, No.69, 2020.2; pp.63-72.
- 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 特定建築物における空気環境不適率の実態. 空気清浄 2020; 第57巻第5号: 14-23.

- 3) 開原典子. 特定建築物における温湿度環境の実態. 空気清浄 2020 ; 第 57 巻第 5 号 : 33-7.

3. 学会発表

- 1) 金勲, 林基哉, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 建築物衛生法の特定建築物における空気環境の不適率 その 1 空気衛生環境基準の不適率の現状, 第 28 回日本臨床環境医学会学術集会抄録集; 2019.6.22-23; 東京. PA-1.
- 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 建築物衛生法の特定建築物における空気環境の不適率 その 2 室内二酸化炭素濃度の不適率の要因分析, 第 28 回日本臨床環境医学会学術集会抄録集; 2019.6.22-23; 東京. PA-2.
- 3) 林基哉, 小林健一, 金勲, 開原典子, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 中野淳太, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その 1 特定建築物における空気環境不適率の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20 ; 札幌. pp.45-8.
- 4) 開原典子, 林基哉, 小林健一, 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 中野淳太, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その 2 室内温湿度の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. p.49-52.
- 5) 金勲, 林基哉, 開原典子, 小林健一, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 中野淳太, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その 3 冷暖房期における二酸化炭素濃度の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20 ; 札幌. p.53-6.
- 6) 柳宇, 鍵直樹, 金勲, 林基哉, 開原典子, 東賢一, 長谷川兼一, 中野淳太, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その 4 中小規模ビルと特定建築物間の室内空気環境の比較, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20 ; 札幌. pp.57-60.
- 7) 中野淳太, 小林健一, 金勲, 林基哉, 開原典子, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その 5 建築物衛生法と国際温熱環境基準による室内温熱環境評価の比較, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20 ; 札幌. pp.61-4.
- 8) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 島崎大, 東賢一, 長谷川兼一, 樺田尚樹. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 1 夏期室内環境の連続測定. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25 ; 高知. 抄録集 P-2102-6.
- 9) 開原典子, 金勲, 東賢一, 長谷川兼一, 島崎大, 樺田尚樹, 林基哉, 小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 2 室内温湿度の実態と課題. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25 ; 高知. 抄録集 P-2102-7.
- 10) 金勲, 林基哉, 開原典子, 東賢一, 長谷川兼一, 島崎大, 樺田尚樹, 小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 3 冷暖房期の CO₂ 濃度の実態調査. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25 ; 高知. 抄録集 P-2102-8.
- 11) 東賢一, 金勲, 長谷川兼一, 島崎大, 開原典子, 樺田尚樹, 林基哉, 小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 4 ビル関連症状と建築物規模. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25 ; 高知. 抄録集 P-2102-9.
- 12) 長谷川兼一, 東賢一, 金勲, 島崎大, 開原典子, 樺田尚樹, 林基哉, 小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 5 室内環境と建築物規模. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25 ; 高知. 抄録集 P-2102-

- 10.
- 13) 開原 典子, 林 基哉. 低湿度環境下における高齢者の生理量と心理反応の基礎的検討. 第 43 回 人間・生活環境系シンポジウム ; 2019.11-30-12.1 ; 釧路. 抄録集. P.203-6.
- 14) 金 勲, 林 基哉, 柳 宇, 菊田 弘輝, 本間 義規, 高齢者施設における室内環境の実態と課題 その 3 寒冷地域の施設における室内エン ドトキシン濃度, 令和 1 年室内環境学会学術大会講演要旨集 ; 2019.12.5-7 ; 沖縄. C-12, pp.384-5.
- 15) 中野 淳太, 林 基哉, 小林 健一, 金 勲, 開原 典子, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷 川 兼一, 李 時桓, 建築物衛生法と ISO 基準による国内事務所建築の室内 温熱環境評価の比較, 令和 1 年室内環境学会学術大会講演要旨集 ; 2019.12.5-7 ; 沖縄. C-17, pp.394-5.
- 16) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. The effects of the total floor area of a building on building-related symptoms in air-conditioned office buildings: a cross-sectional study. ISES-ISIAQ 2019 Joint Meeting, Kaunas, Lithuania, August 18-22, 2019.
- 17) 東 賢一, 鍵 直樹, 柳 宇, 金 勲, 長谷川兼一, 島崎 大, 開原典子, 櫻田尚樹, 林 基哉, 小林 健一, 大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と建築物の規模に関する断面調査. 第 92 回日本産業衛生学会, 名古屋, 2019 年 5 月 22 日-25 日.
- 18) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: characteristics of winter

and summer. The 16th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, November 1-5, 2020. (in acceptance)

- 19) 東 賢一, 鍵 直樹, 柳 宇, 金 勲, 開原典子, 林 基哉, 大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と室内空気汚染物質との関係に関する縦断調査. 第 93 回日本産業衛生学会, 旭川, 2020 年 5 月 13 日-16 日. (in acceptance)

F. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究, 平成 25 年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2014 年 3 月.
- 2) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成 28 年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2017 年 3 月.
- 3) US Environmental Protection Agency: A standardized EPA protocol for characterizing indoor air quality in large office buildings. Washington, D.C., US Environmental Protection Agency, 2003.
- 4) National Institute for Occupational Safety and Health: Indoor Air Quality and Work Environment Symptoms Survey, NIOSH Indoor Environmental Quality Survey. Washington, DC: NIOSH, 1991.

- 5) Andersson K: Epidemiological approach to indoor air problems. *Indoor Air* 4 (suppl): 32–39, 1998.
- 6) 厚生労働省: 職業性ストレス簡易調査票, 2005.
- 7) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Sci Total Environ* 616-617:1649–1655, 2018.

C1.1. 測定評価法の検証

〈詳細データ〉

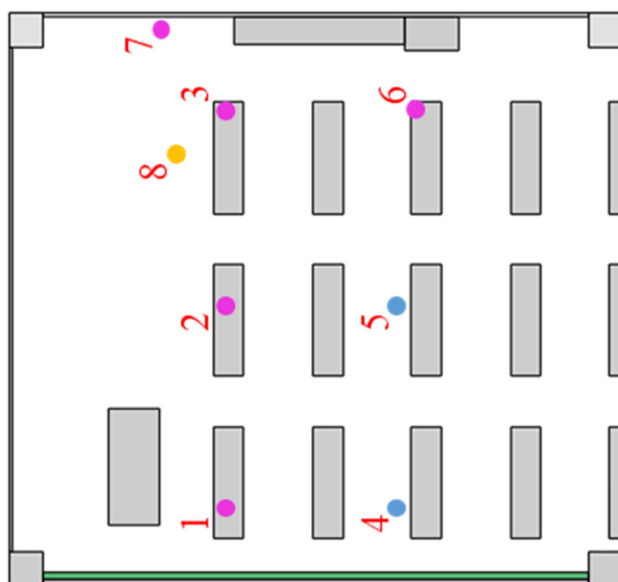
I 実測と CFD 解析の比較

1.1 実測による居室の温熱環境の実測

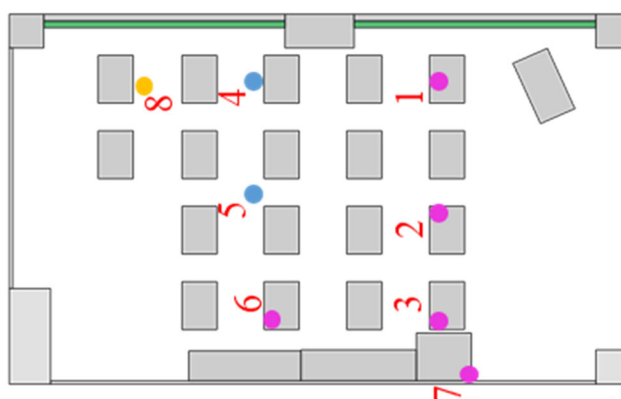
(1) 実測条件

実測対象 2 室における温熱環境について多点計測による実測を行った。図 1 に実測の計測点を示す。連続的な計測を行い、定常状態（12 月 27 日 15:40）の検討を行う。

- 吹出口
- 卓上（ $h = 710 \text{ mm}$ ）
- 高さ別（ $h = 100 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 1,100 \text{ mm} \cdot 1,700 \text{ mm}$ ）



(a) 4-1 講義室

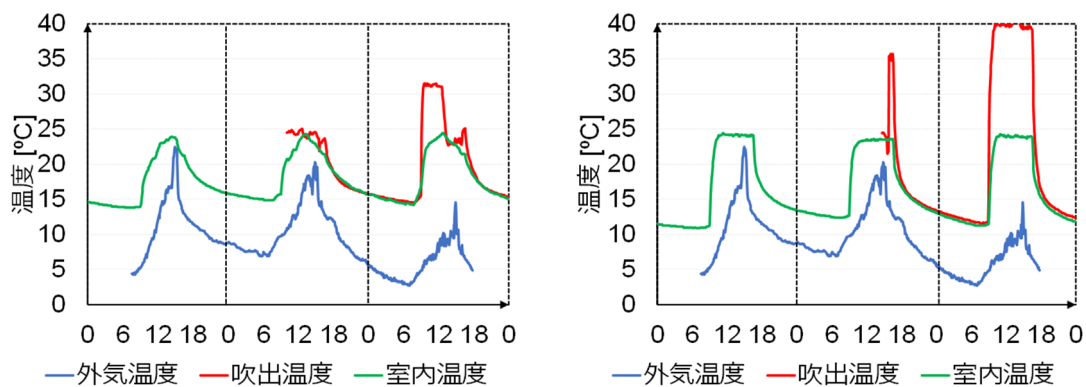


(b) 4-5 講義室

図 1 実測計測点

(2) 実測結果

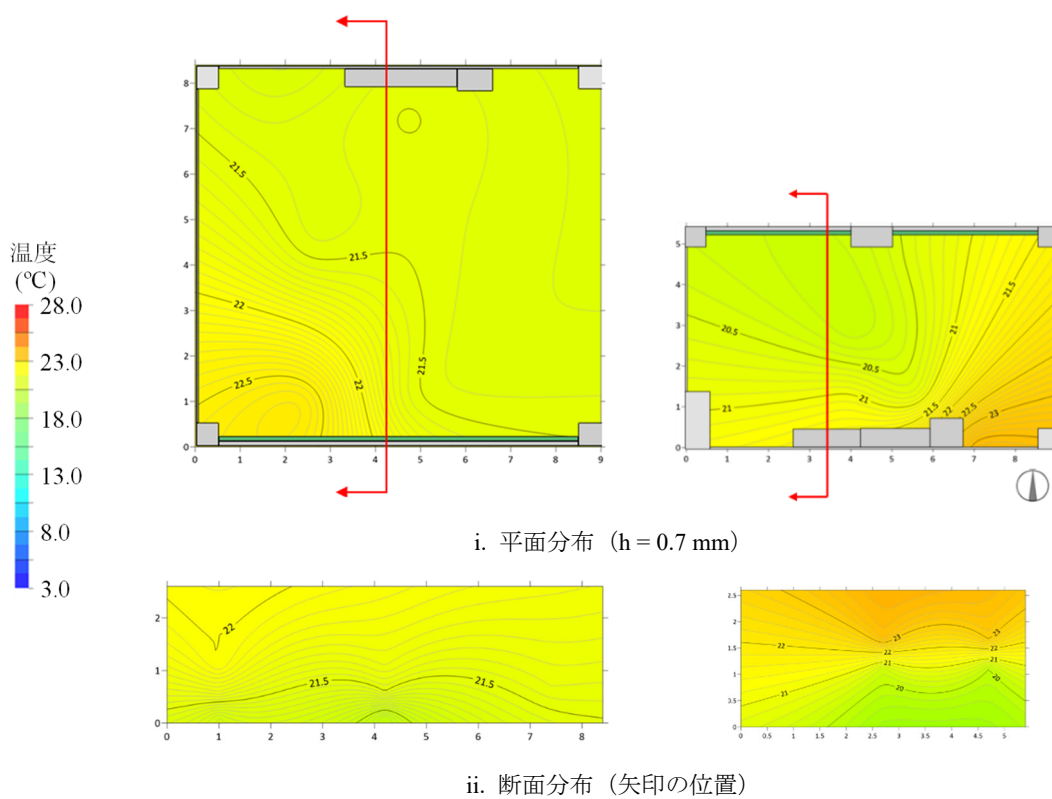
図2に各温度分布の経時変化，図3に検討日時の各室の温度分布コンターを示す。



(a) 4-1 講義室

(b) 4-5 講義室

図2 各温度分布の経時変化



i. 平面分布 (h = 0.7 mm)

ii. 断面分布 (矢印の位置)

(a) 4-1 講義室

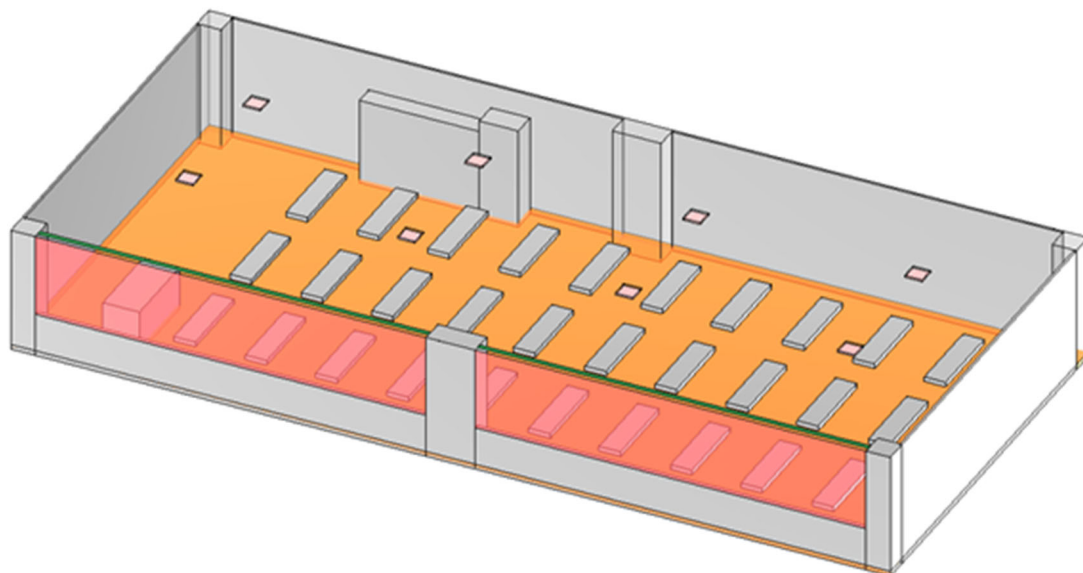
(b) 4-5 講義室

図3 検討日時の各室の温度分布コンター

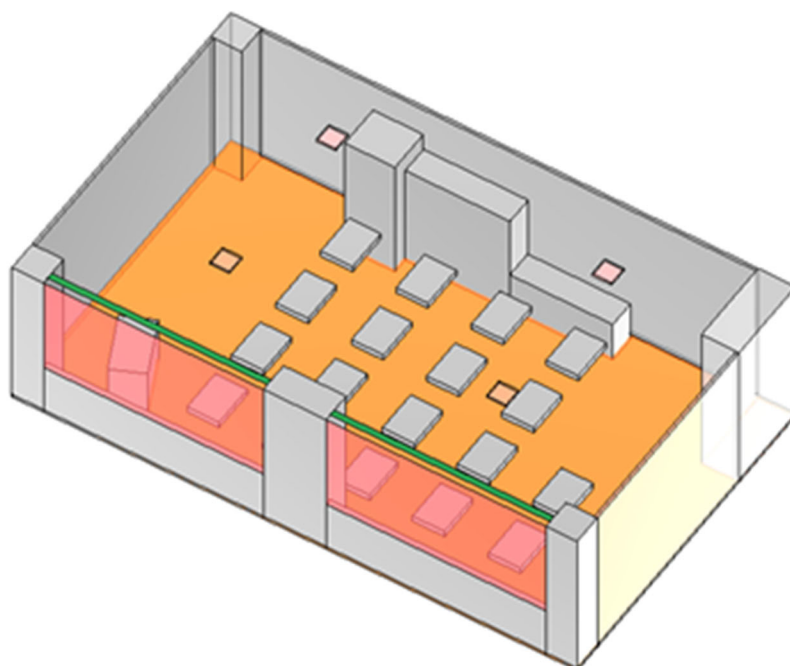
1.2 数値流体力学（CFD）による室内温度分布の解析

(1) 解析条件

実測対象 2 室について数値解析モデルを作成し、輻射解析、日射解析を行う。図 4 に対象室の解析モデルを示す。



(a) 4-1 講義室



(b) 4-5 講義室

図 4 解析モデル

(2) 解析結果

図 5 に CFD 解析による検討日時の各室の温度分布コンター、図 6 に CFD 解析による検討日時の各室の表面日射量を示す。

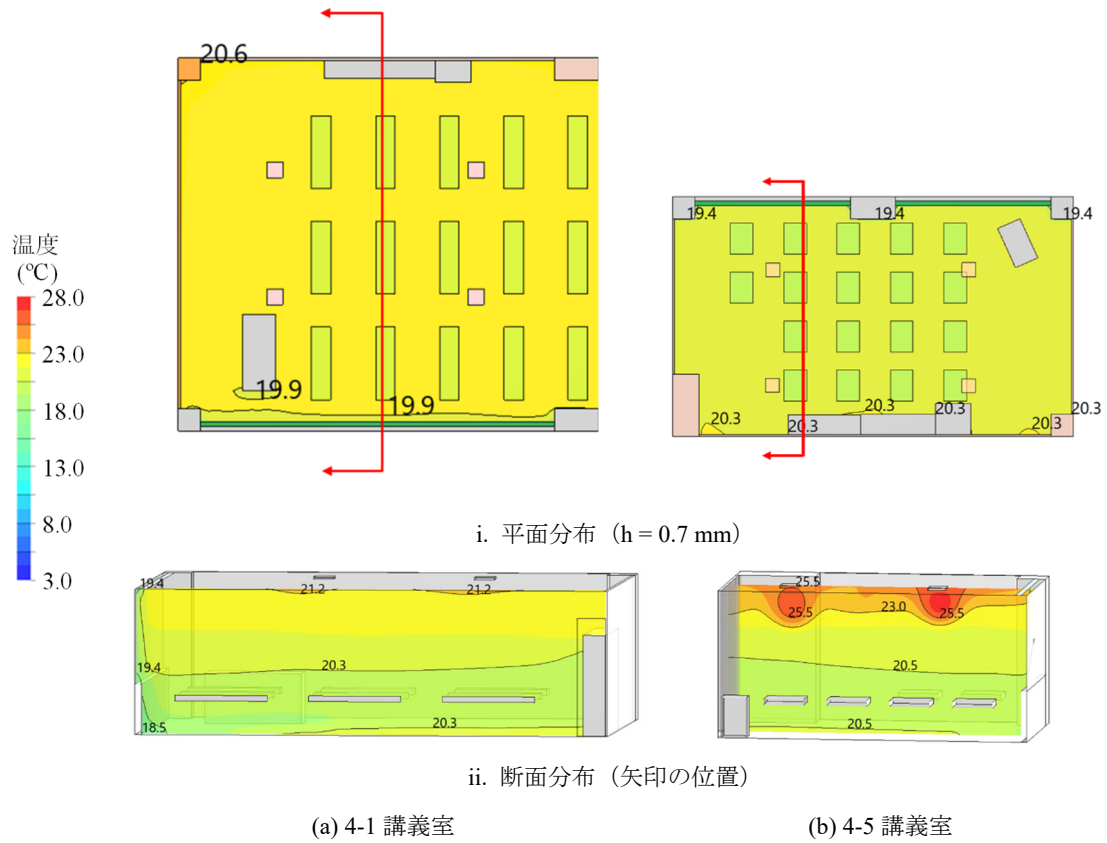


図 5 CFD 解析による検討日時の各室の温度分布コンター

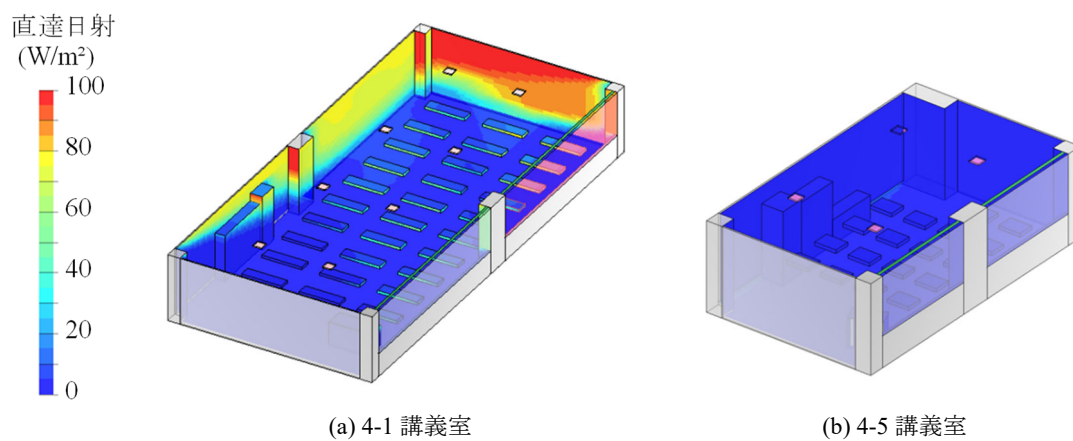


図 6 CFD 解析による検討日時の各室の表面日射量

1.3 人体発熱を考慮した室内温度分布の解析

すべての座席に発熱量 50 W/h の発熱人体モデルを設置し、温度、PMV について追加解析を行った。図 7 に CFD 解析による検討日時の各室の温度分布コンター、図 8 に CFD 解析による検討日時の各室の PMV 分布コンターを示す。

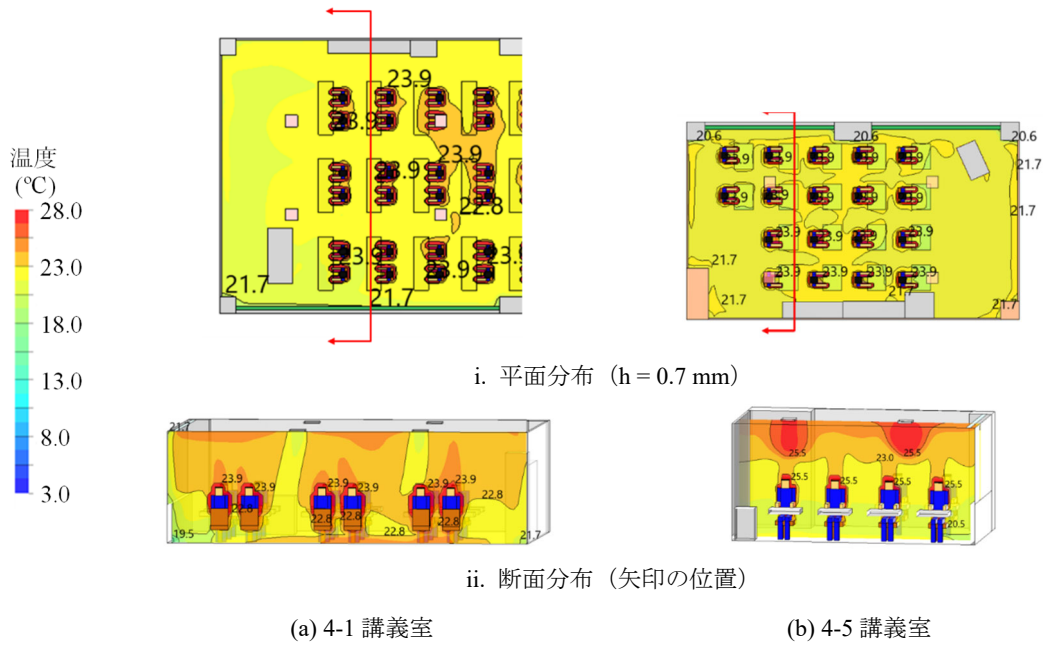


図 7 CFD 解析による検討日時の各室の温度分布コンター

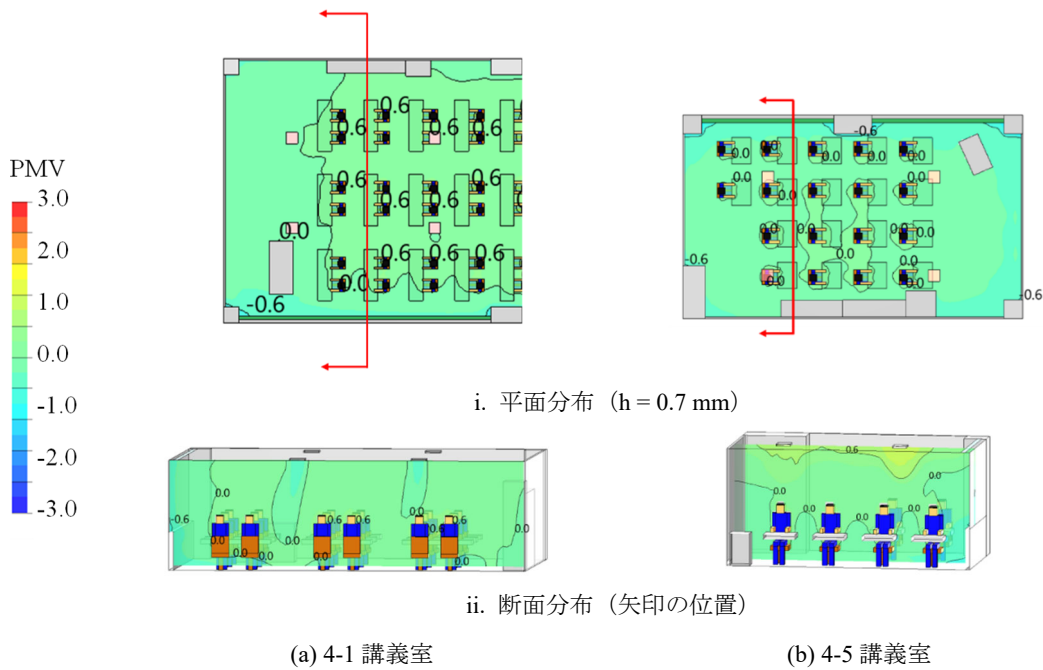


図 8 CFD 解析による検討日時の各室の PMV 分布コンター

II 吹出口・吸込口の位置関係の影響についてパターン解析

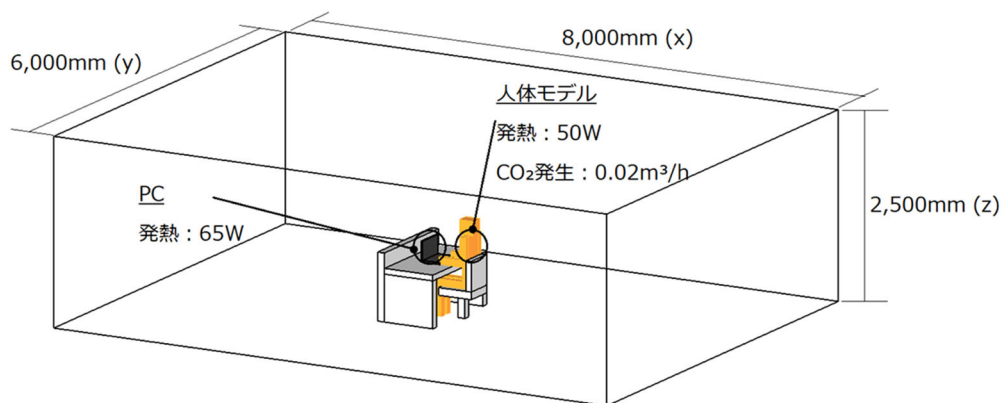
2.1 パターン解析による吸込み口の空気環境の把握

(1) 解析条件

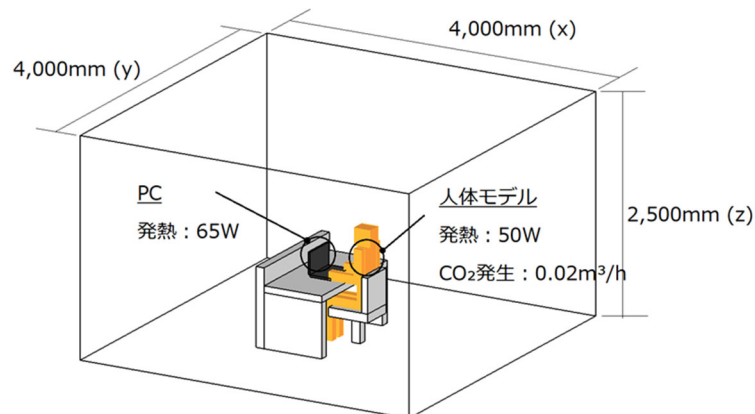
大小2種類の居室について、4通りの空調パターンでの解析を行う。吸込口の空気と同じ状態のものが、居室内にどれだけ含まれているかをCFDによって検討する。表1に解析モデル条件、図9に解析モデルの概要を示す。

表1 解析モデル条件

	居室 (小)	居室 (大)
解析領域	4.0 (x) x 4.0 (y) x 2.5 (z) m	8.0 (x) x 6.0 (y) x 2.5 (z) m
人体条件	発熱 : 50 W, CO ₂ 発生 : 0.02 m ³ /h	
PC 条件	発熱 : 65 W	



(a) 居室 (大)



(b) 居室 (小)

図9 解析モデルの概要

(2) 解析ケース

表 2 に解析条件，図 10 に空調パターンを示す。居室（小）についての解析モデルを A, B, C, D とし，居室（大）についての解析モデルを A', B', C', D' とする。

表 2 解析条件

項目	内容
解析メッシュ数	100,000 個
時間項	定常計算 ($t = \infty$)
吹出口	0.4 (x) x 0.2 (y) m, 風量 : 2 m ³ /min 温度 : 20 °C, 相対湿度 : 60 %RH, CO ₂ 濃度 : 400 ppm
吸入口	0.4 (x) x 0.2 (y) m, 風量 : 2 m ³ /min
PMV 計算条件	代謝量 : 1.0 met, 着衣量 : 0.5 clo, 相対湿度 : 50 %RH
検討項目	温度, 相対湿度, PMV

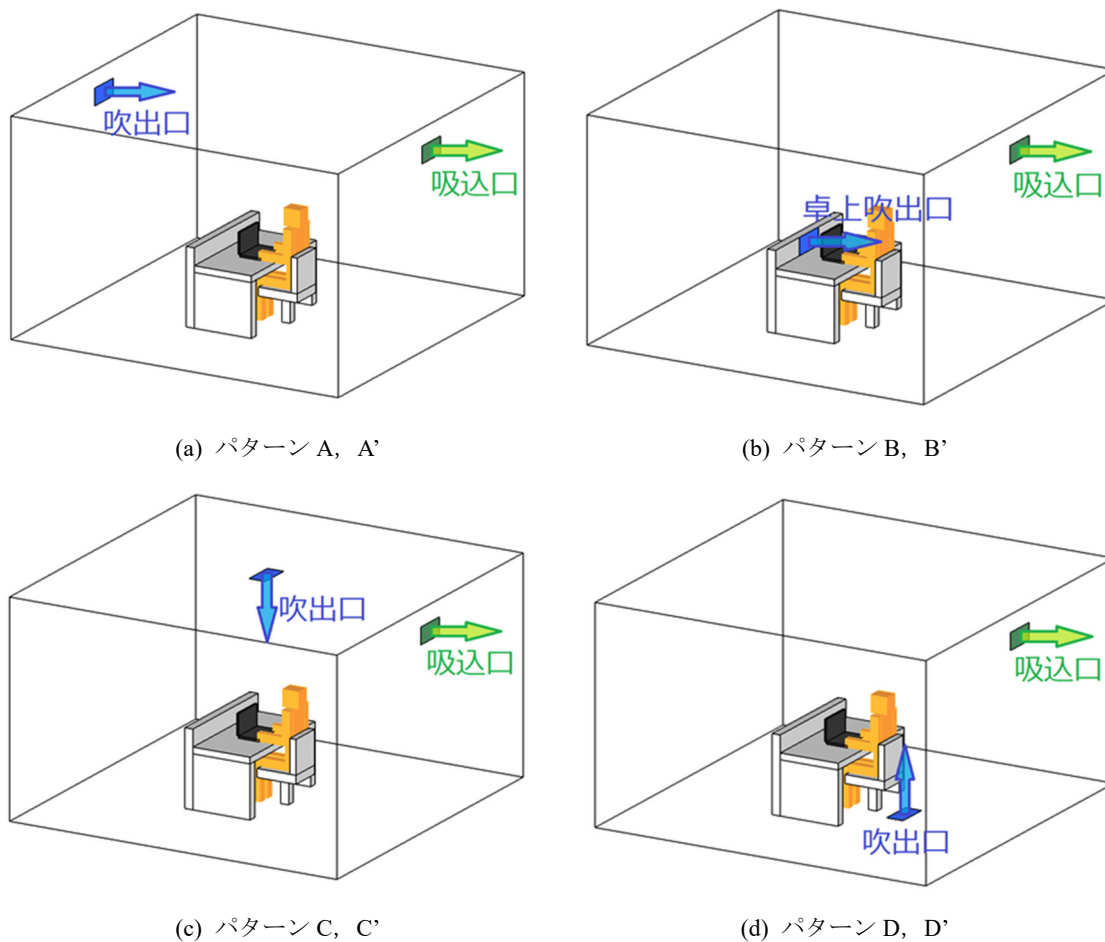


図 10 空調パターン

(3) 解析結果

表 3 に解析パターン A, B, C, D, A', B', C', D' について、それぞれの吸込口における空気の状態を示す。吸込口付近では風速が大きくなり、PMV の値に大幅なズレが生じてしまうため、今回の検討では風速が 0 m/s の場合を仮定し、温度の値から PMV の値を算出するものとする。

表 3 各解析パターンの吸込口における空気の状態

	A	B	C	D	A'	B'	C'	D'
温度 [°C]	22.60	22.65	22.26	22.82	22.60	22.76	22.33	22.76
相対湿度 [%RH]	53.43	52.96	54.42	52.66	55.68	54.73	54.36	54.75
PMV [-]	-0.98	-0.97	-1.10	-0.91	-0.98	-0.93	-1.08	-0.93
CO ₂ [ppm]	559.34	562.24	554.80	541.28	544.28	543.93	543.17	542.66

また、この空気環境が室内に存在する割合について温度、相対湿度、PMV、CO₂ の観点から比較を行った。各解析パターンについて、吸込口における空気の状態の近似値 (温度±1 °C, 相対湿度±1 %RH, PMV±0.3, CO₂±50 ppm) と室内の空気の状態を比較し、その割合を図 11 に示す。

解析結果により、吸込口における空気の状態とほぼ同等の状態の空気が居室内に多く存在していることが確認できる。例外として次の事項があげられる。

1. 空調パターン D 及び空調パターン D' の検討項目すべての割合が小さい。
2. CO₂ の割合が居室の大小で大きく異なる。

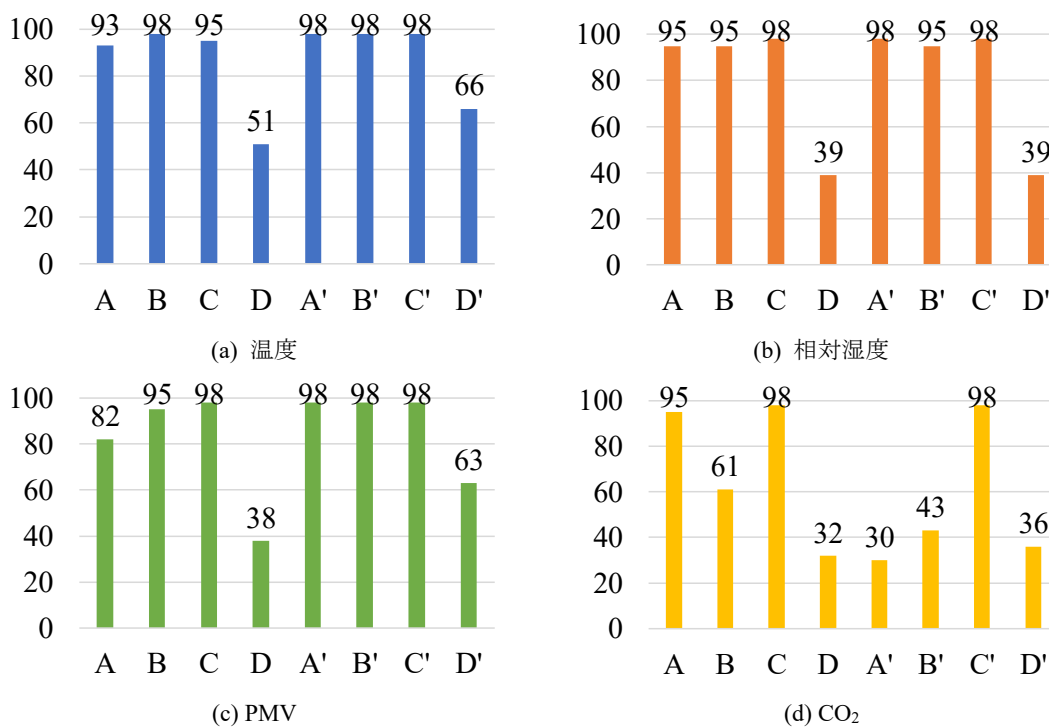


図 11 吸込口における空気の状態の近似値の割合

(4) 考察

例外の事項について要因の考察を行う。

(1) 空調パターン D および空調パターン D'の検討項目すべての割合が小さい。

空調パターン D および空調パターン D'は、発生源が吹出口と吸込口との間に存在しないため、ショートサーキットが上手く起こらず、タスク空間とアンビエント空間にあまり違いが生じないからだと考えられる。図 12 に断面温度コンターを示す。

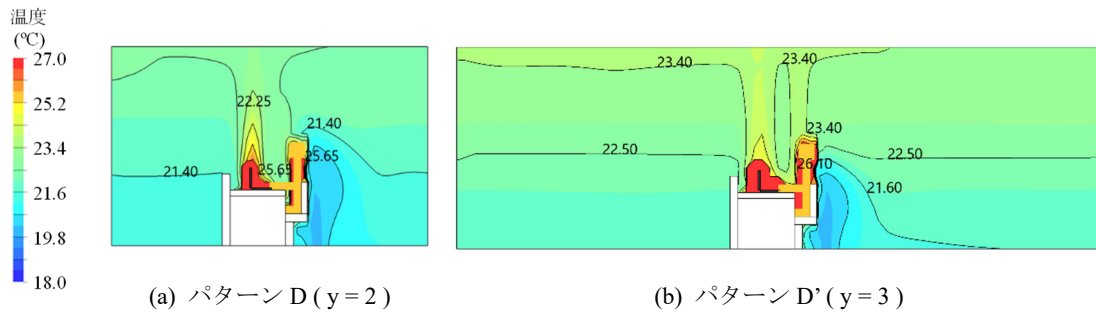


図 12 断面温度コンター

(2) CO₂の割合が居室の大小で大きく異なる。

居室（大）の解析領域に対して、CO₂の発生源である人体の領域が小さすぎるため、極端なショートサーキットが起こってしまったと考えられる。ただし、パターン C'においては、このショートサーキットが起こらず、居室の大小による変化が小さくなっていると考えられる。図 13 に断面 CO₂ コンターを示す。

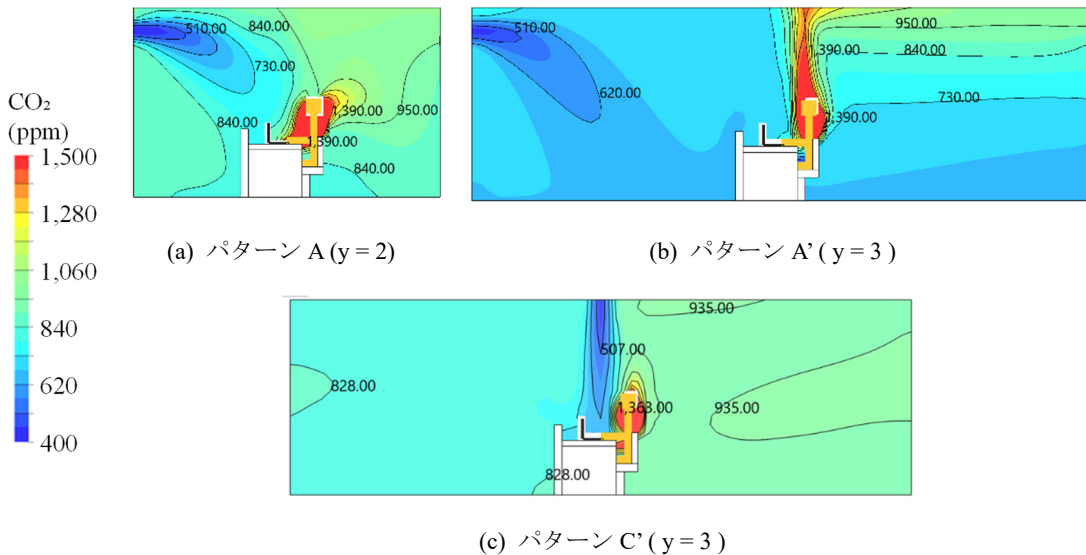


図 13 断面 CO₂ コンター

2.2 追加解析

(1) 解析条件

各空調パターンにおいて、窓面からの熱伝導による影響、吹出条件の変化による影響、室内の汚染物質発生条件の変化による影響について、温度、相対湿度、CO₂の値の変化から検討する。表4に追加解析の条件、図14に追加解析1の窓概要を示す。

表4 追加解析の条件

追加解析1	寸法	4.0m×1.0m
	外気条件	30℃
	熱通過率	6 W/(m ² ・℃)
追加解析2	CO ₂ 発生量	0.07m ³ /h
追加解析3	温度	23℃
	相対湿度	70%

追加解析1・・・窓面の熱伝導による影響
 追加解析2・・・室内の汚染物質発生条件
 の変化による影響
 追加解析3・・・吹出条件の変化による影響

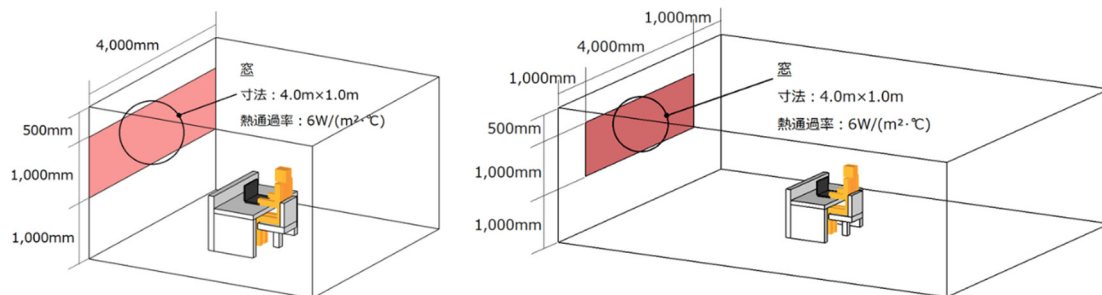


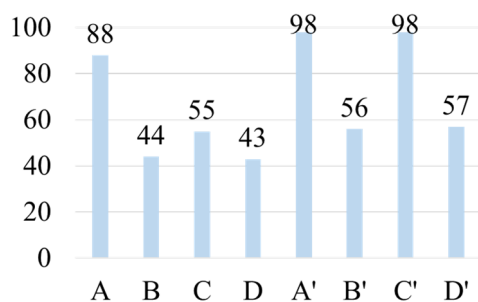
図14 窓概要（追加解析1）

(2) 解析結果

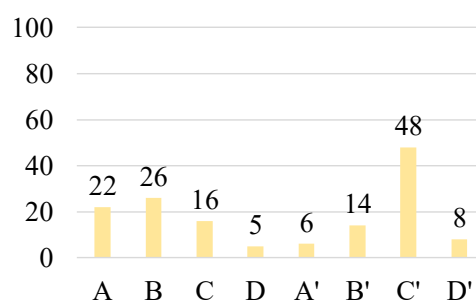
各解析パターンについて、吸込口における空気の状態の近似値（温度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ， $\text{CO}_2 \pm 50\text{ppm}$ ，湿度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，相対湿度 $\pm 1\%$ ）と室内の空気の状態を比較し、その割合を算出する。表5に解析パターンA, B, C, D, A', B', C', D'についての吸込口における空気の状態、図15に吸込口における空気の状態の近似値の割合を示す。

表5 各解析パターンの吸込口における空気の状態

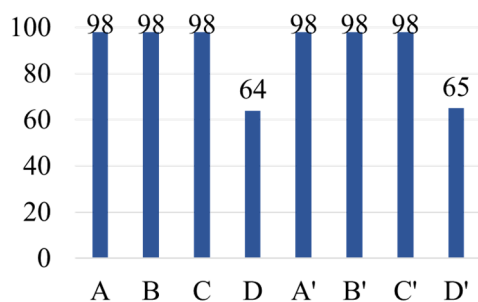
(a) 追加解析 1								
	A	B	C	D	A'	B'	C'	D'
温度 [$^\circ\text{C}$]	24.85	24.44	24.80	25.44	25.15	25.63	25.04	25.45
(b) 追加解析 2								
	A	B	C	D	A'	B'	C'	D'
CO_2 [ppm]	972.0	984.0	952.0	976.0	910.0	916.0	913.0	913.0
(c) 追加解析 3								
	A	B	C	D	A'	B'	C'	D'
温度 [$^\circ\text{C}$]	24.90	25.04	24.57	25.04	25.34	25.49	25.00	25.55
相対湿度 [%RH]	62.46	62.01	63.71	61.98	62.20	61.30	62.12	61.35



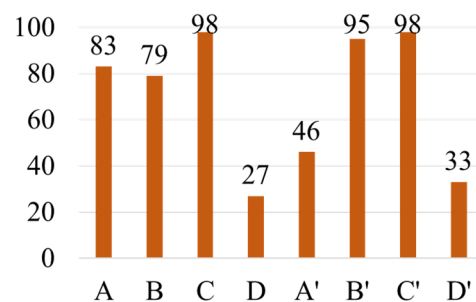
(a) 温度 (追加解析 1)



(b) CO_2 (追加解析 2)



(c) 温度 (追加解析 3)



(d) 相対湿度 (追加解析 3)

図15 吸込口における空気の状態の近似値の割合

(3) 追加解析結果との比較

追加解析 1 と追加解析 3 の温度の割合、初期解析と追加解析 3 の CO₂ の割合を比較する。表 6 に追加解析の温度状況、図 16 に吸込口の空気の近似値についての比較、表 7 に追加解析の CO₂ 状況、図 17 に吸込口の空気の近似値についての比較を示す。

表 6 追加解析の温度状況

	平均温度	吹出温度	温度差
追加解析 1	25.09 °C	20.00 °C	5.09 °C
追加解析 3	25.12 °C	23.00 °C	2.12 °C

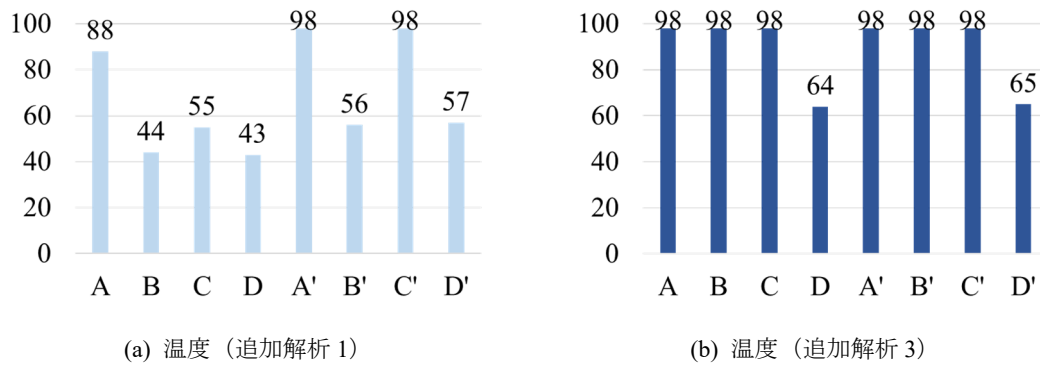


図 16 吸込口の空気の近似値についての比較

表 7 追加解析の CO₂ 状況

	平均 CO ₂ 濃度	吹出 CO ₂ 濃度	濃度差
初期解析	548.99 ppm	400.00 ppm	148.99 ppm
追加解析 2	940.88 ppm	400.00 ppm	540.88 ppm

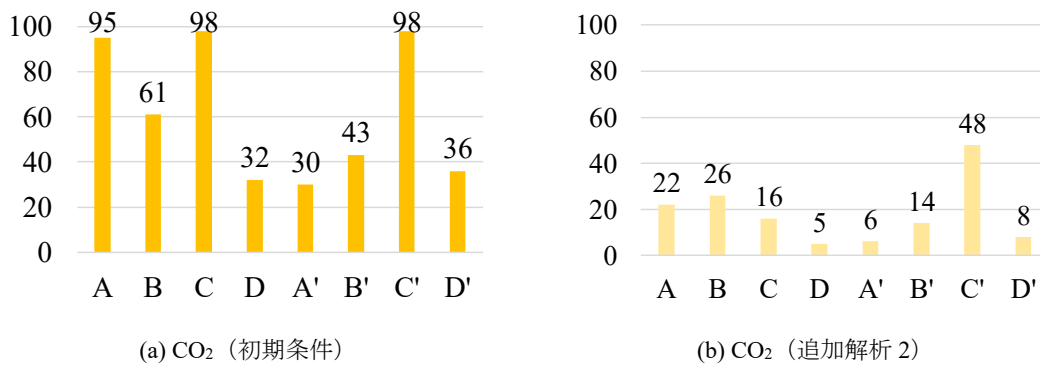


図 17 吸込口の空気の近似値についての比較

吹出空気の温度と吸込空気の温度の差分値が大きいほど、居室内の温度分布が乱れ、吸込口の空気と同等の空気が居室内を占める割合は少なくなると考えられる。また、CO₂ 濃度に関しても温度と同様の結果が見られる。

C1.2. 夏期および冬期の室内温湿度の課題

〈詳細データ〉

表-1 建物概要 (1)

建物No.	所在地 (都道府県)	省エネ 区分	竣工年月 (西暦年)	延床面積	地上階	地階	使用形態	空調方式
1 (N1)	山形県	4	1990年代	2,000㎡未満	3	2	自社使用	中央方式
2 (N2)	秋田県	3	無回答	2,000㎡未満	2	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
3 (Y5)	埼玉県	5	1980年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
4 (Y10)	埼玉県	5	1990年代	2,000㎡未満	7	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
5 (Y8)	埼玉県	5	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
6 (N5)	東京都	6	1960年代	2,000㎡未満	2	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
7 (N16)	東京都	6	1960年代	2,000㎡未満	5	1	自社使用	中央・個別併用方式
8 (N14)	東京都	6	1960年代	2,000㎡未満	5	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
9 (N17)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	1	2	自社使用	個別方式
10 (N4)	東京都	6	1980年代	2,000㎡未満	4	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
11 (N12)	東京都	6	1980年代	2,000㎡未満	9	1	自社使用	個別方式
12 (N15)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	3	3	テナントビル (貸しビル)	個別方式
13 (N9)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
14 (N10)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	5	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
15 (N3)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
16 (N6)	東京都	6	無回答	2,000㎡未満	8	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
17 (N7)	東京都	6	無回答	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
18 (N8)	東京都	6	無回答	2,000㎡未満	5	1	自社使用	個別方式
19 (Y1)	神奈川県	6	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
20 (Y4)	神奈川県	6	1990年代	2,000㎡未満	10	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
21 (Y3)	神奈川県	6	1990年代	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
22 (N11)	東京都	6	1980年代	2,000～3,000㎡未満	8	2	テナントビル (貸しビル)	中央・個別併用方式
23 (Y18-7)	東京都	6	1980年代	50,000㎡以上	40	4	テナントビル (貸しビル)	中央方式
24 (Y18-6)	東京都	6	1990年代	10,000～50,000㎡未満	11	1	テナントビル (貸しビル)	中央方式
25 (Y18-8)	東京都	6	2000年代	5,000～10,000㎡未満	4	3	その他	中央方式
26 (Y13)	福井県	5	1990年代	2,000㎡未満	4	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
27 (Y11)	山梨県	5	1980年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
28 (Y14)	岐阜県	4	1980年代	2,000㎡未満	2	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
29 (Y12)	愛知県	6	1990年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	自社使用	中央方式
30 (Y16)	大阪府	無回答	1970年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
31 (Y17)	鳥取県	6	無回答	2,000㎡未満	1	1	自社使用	個別方式
32 (Y18)	徳島県	無回答	2000年代	2,000～3,000㎡未満	3	1	自社使用	中央・個別併用方式
33 (Y20)	福岡県	6	2000年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
34 (Y31)	佐賀県	6	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	中央・個別併用方式
35 (Y38)	佐賀県	6	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
36 (Y24)	長崎県	6	1990年代	2,000㎡未満	2	3	自社使用	個別方式
37 (Y27)	熊本県	無回答	2000年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
38 (Y45)	沖縄県	8	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
39 (Y21)	福岡県	6	1990年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
40 (Y26)	熊本県	6	1990年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	テナントビル (貸しビル)	中央・個別併用方式
41 (Y28)	大分県	6	2000年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	自社使用	個別方式
42 (Y49)	沖縄県	8	1980年代	2,000～3,000㎡未満	4	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式

用途について、建物21は「店舗 (百貨店含む)」、建物20は「集合住宅」、建物25は「興行所」、建物32はその他、それ以外の建物は「事務所」である。建物23～25は特定建築物である。

表-1 建物概要 (2)

建物 No.	所在地 (都道府県)	省エネ区分	竣工年月 (西暦年)	延床面積	地上階	地階	使用形態	空調方式
1	北海道	2	2010年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	中央・個別併用方式
2	北海道	2	2010年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	中央・個別併用方式
3	北海道	2	1990年代	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
4	福島県	5	1970年代	5,000～10,000㎡未満	7	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
5	埼玉県	6	1960年代	2,000㎡未満	4	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
6	埼玉県	6	2000年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
7	埼玉県	6	1990年代	2,000～3,000㎡未満	7	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
8	東京都	6	1970年代	2,000～3,000㎡未満	9	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
9	東京都	6	1980年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
10	東京都	6	無回答	2,000～3,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
11	東京都	6	無回答	3,000～5,000㎡未満	7	2	テナントビル (貸しビル)	中央・個別併用方式
12	神奈川県	6	2000年代	2,000㎡未満	11	1	自社使用	個別方式
13	神奈川県	6	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
14	富山県	5	2010年代	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
15	岐阜県	6	1970年代	5,000～10,000㎡未満	9	1	テナントビル (貸しビル)	中央方式
16	愛知県	6	1980年代	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
17	兵庫県	6	1990年代	10,000～50,000㎡未満	10	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
18	鳥取県	6	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
19	福岡県	6	1990年代	2,000㎡未満	1	1	自社使用	個別方式
20	福岡県	7	無回答	2,000～3,000㎡未満	3	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
21	福岡県	7	無回答	5,000～10,000㎡未満	8	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
22	熊本県	7	1990年代	5,000～10,000㎡未満	5	2	その他	中央・個別併用方式
23	鹿児島県	7	1990年代	5,000～10,000㎡未満	12	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
24	沖縄県	8	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式

用途について、建物22はその他、建物23は「旅館・ホテル」、それ以外の建物は「事務所」である。建物4, 11, 15, 17, 21～23は特定建築物である。なお、建物5, 7, 13は既報¹⁾において報告しているため、分析対象から除く。

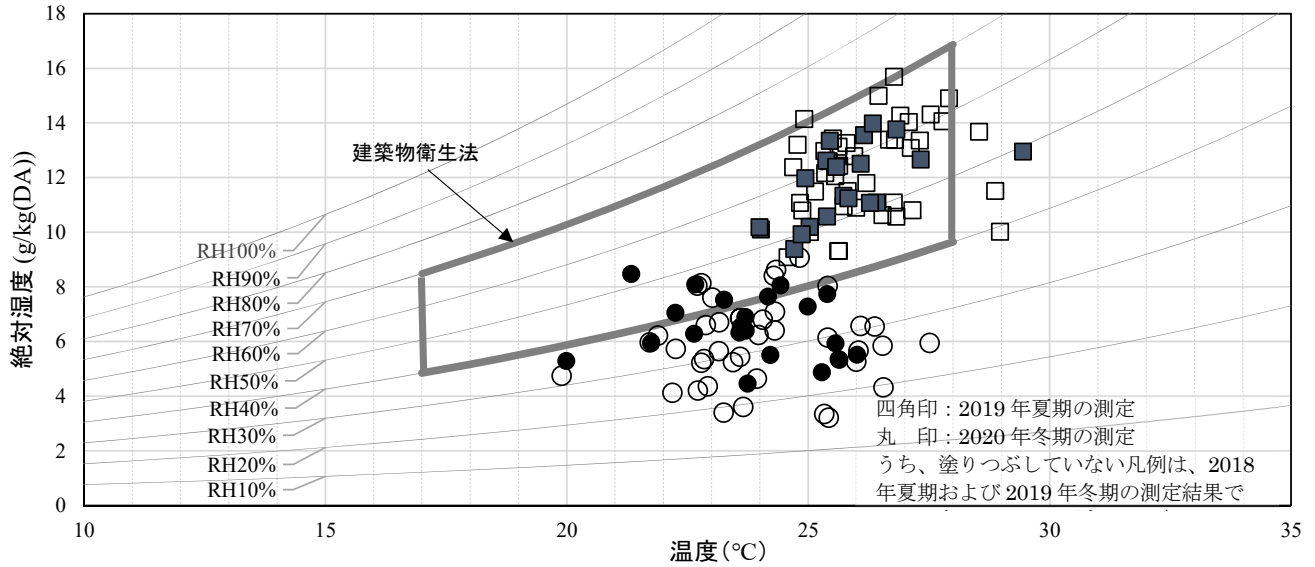


図-1 室内温湿度の概況 (9時から17時まで,5日間の平均値)

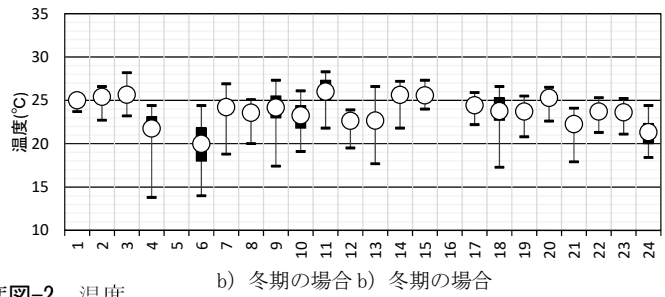
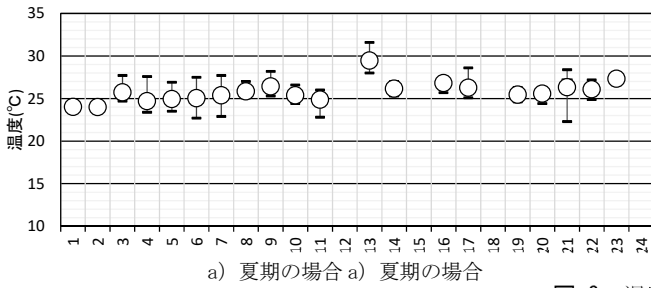


図-2 温度

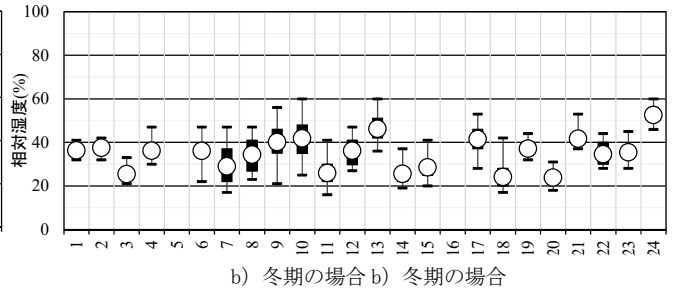
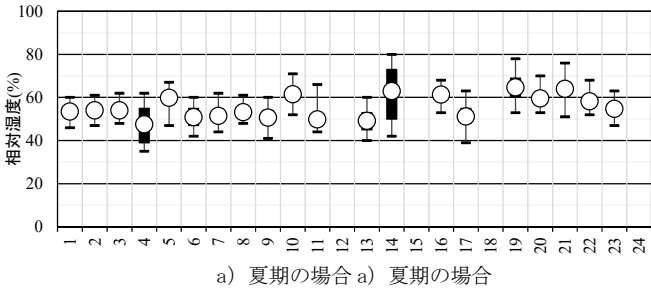


図-3 相対湿度

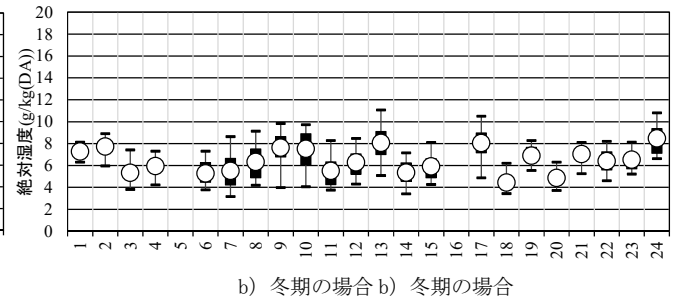
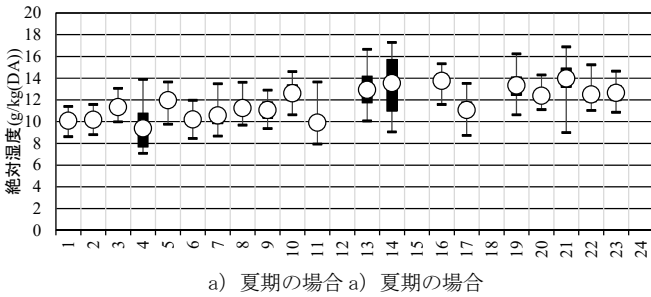


図-4 絶対湿度

表-2 総測定数に対する建築物衛生法の空気環境基準²⁾に適合しない測定値の割合（建物 2、5、7、13、22、23 は分析対象外，“－”は欠測）

建物 No.	温度				相対湿度			
	夏期		冬期		夏期		冬期	
	17℃未満	28℃を超える	17℃未満	28℃を超える	40%未満	70%を超える	40%未満	70%を超える
1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	94.8%	0.0%
2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	82.9%	0.0%
3	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
4	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	28.5%	0.0%	84.0%	0.0%
5	0.0%	0.0%	－	－	0.0%	0.0%	－	－
6	0.0%	0.0%	12.7%	0.0%	0.0%	0.0%	80.0%	0.0%
7	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	78.3%	0.0%
8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	71.9%	0.0%
9	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	45.6%	0.0%
10	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	36.9%	0.0%
11	0.0%	0.0%	0.0%	4.6%	0.0%	0.0%	97.1%	0.0%
12	－	－	0.0%	0.0%	－	－	67.9%	0.0%
13	0.0%	99.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.6%	0.0%
14	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.6%	100.0%	0.0%
15	－	－	0.0%	0.0%	－	－	98.3%	0.0%
16	0.0%	0.0%	－	－	0.0%	0.0%	－	－
17	0.0%	4.6%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	46.5%	0.0%
18	－	－	0.0%	0.0%	－	－	98.5%	0.0%
19	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.6%	67.9%	0.0%
20	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
21	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	30.8%	0.0%
22	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	74.2%	0.0%
23	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	84.4%	0.0%
24	－	－	0.0%	0.0%	－	－	0.0%	0.0%

<詳細データ>

C2. 全国規模のアンケート調査結果

表 1-1 基本属性

	冬期	夏期
	n/N (%) or mean±SD	n/N (%) or mean±SD
性別		
男性	119 (65.4)	106 (57.3)
女性	63 (34.6)	79 (42.7)
年齢層		
20代以下	16 (8.8)	13 (7.0)
30代	51 (28.2)	46 (24.9)
40代	53 (29.3)	58 (31.4)
50代	41 (22.7)	44 (23.8)
60代以上	20 (11.0)	24 (13.0)
職業		
管理職	31 (17.4)	43 (23.4)
専門職	7 (3.9)	6 (3.3)
技術職	34 (19.1)	17 (9.2)
営業職	17 (9.6)	16 (8.7)
企画・事務職	86 (48.3)	99 (53.8)
秘書・書記	1 (0.6)	2 (1.1)
その他	2 (1.1)	1 (0.5)
喫煙		
なし	89 (48.9)	102 (55.1)
過去にあり	50 (27.5)	46 (24.9)
時々	3 (1.6)	6 (3.2)
毎日	40 (22.0)	31 (16.8)
コンタクトレンズ使用	43/182 (23.6)	48/185 (25.9)
職業性ストレス		
仕事負担量	2.82±1.12	2.69±1.03
仕事負担質+	2.84±0.92	2.77±0.95
身体負担度	2.73±0.79	2.69±0.79
対人ストレス	3.06±0.92	2.93±0.74
仕事コントロール	3.45±0.91	3.48±0.95
技能活用度	2.74±0.77	2.79±0.76
仕事適性度++	2.86±1.02	2.92±0.97
働きがい	2.84±1.06	2.81±0.97

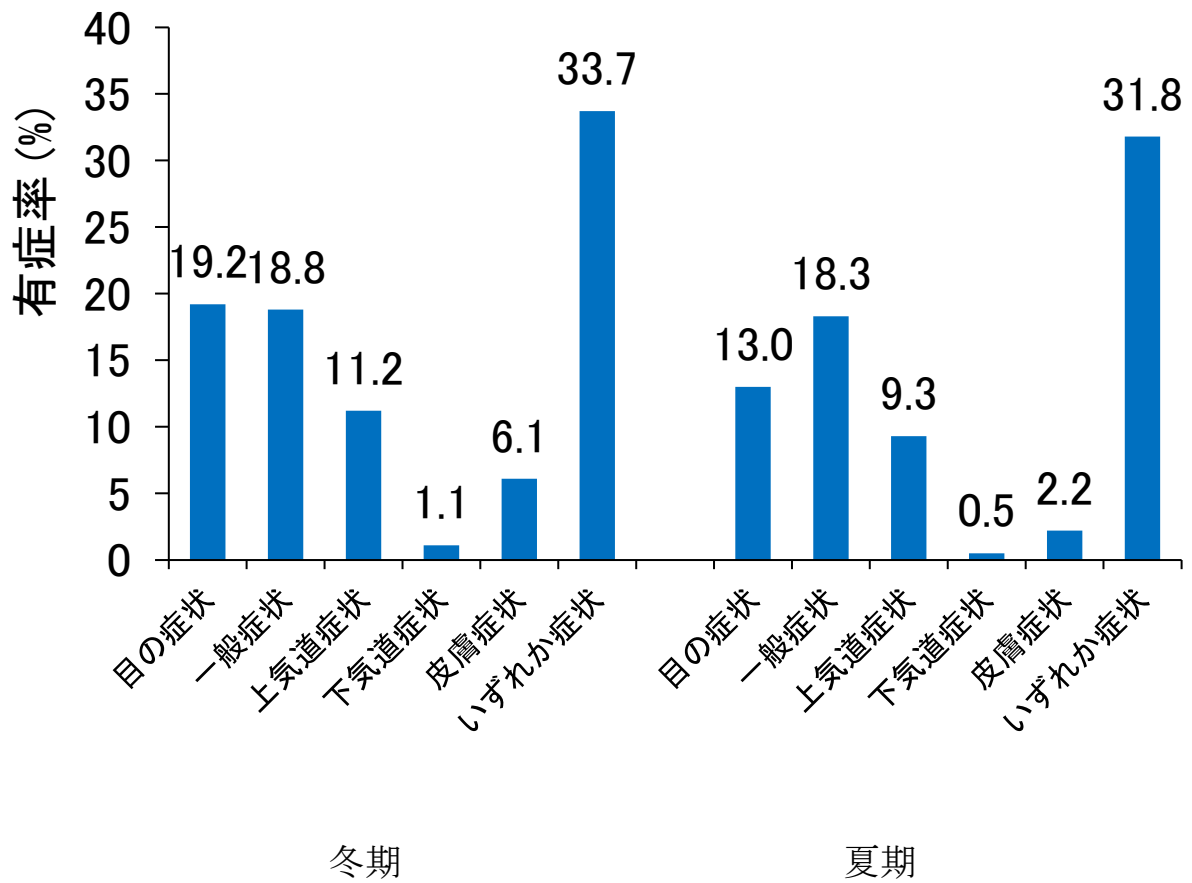


図 1-1 有症率

表 1-2 室内環境の測定結果

(平均値±標準偏差)

	単位	冬期	夏期
<連続測定項目>			
温度（期間平均値）	℃	24.2±1.1	25.7±0.8
温度（日最大平均値）	℃	25.2±1.1	26.5±0.8
温度（日最小平均値）	℃	22.3±2.2	24.7±1.1
温度（期間最大値）	℃	26.3±1.1	27.3±1.2
温度（期間最小値）	℃	20.7±2.4	23.8±1.5
相対湿度（期間平均値）	%	34.6±7.6	54.4±6.2
相対湿度（日最大平均値）	%	38.4±7.9	60.7±7.1
相対湿度（日最小平均値）	%	31.2±7.1	49.7±5.4
相対湿度（期間最大値）	%	45.8±7.0	67.1±8.0
相対湿度（期間最小値）	%	25.5±8.6	43.7±5.8
CO ₂ （期間平均値）	ppm	752.6±163.9	775.4±120.5
CO ₂ （日最大平均値）	ppm	899.6±254.0	923.8±218.3
CO ₂ （期間最大値）	ppm	1088.1±451.5	1091.7±271.1
<定点測定項目>			
一酸化炭素	ppm	0.23±0.30	-
粉じん	mg/m ³	0.0098±0.0052	0.0092±0.0064
粉じん粒径 0.3 μm～	個	84869±83668	113896±100417
粉じん粒径 0.5 μm～	個	13149±15387	10240±11060
粉じん粒径 0.7 μm～	個	3309±4226	1090±1160
粉じん粒径 1.0 μm～	個	1075±1262	266±187
粉じん粒径 2.0 μm～	個	380±222	192±73
粉じん粒径 5.0 μm～	個	72.5±25.9	45.2±19.0
PM _{2.5}	mg/m ³	0.0083±0.0090	0.0099±0.0084
ホルムアルデヒド	μg/m ³	9.6±2.7	19.7±7.9
アセトアルデヒド	μg/m ³	9.1±2.0	15.4±10.7
ベンゼン	μg/m ³	-	-
トルエン	μg/m ³	10.2±6.3	8.1±3.5
エチルベンゼン	μg/m ³	2.2±2.4	3.0±2.4
キシレン	μg/m ³	2.4±4.1	2.6±4.1
スチレン	μg/m ³	-	0.4±0.7
p-ジクロロベンゼン	μg/m ³	0.7±0.9	0.9±1.5
テトラデカン	μg/m ³	0.4±0.5	1.7±1.2
TVOC	μg/m ³	94.9±36.4	131.2±50.6
真菌濃度	cfu/m ³	28.6±20.1	33.1±35.6
細菌濃度	cfu/m ³	51.4±34.4	120.6±45.9
エンドトキシン	-	0.46±0.43	0.60±0.62

表 1-3 冬期のリスク要因に関する多変量解析結果

	L 単位	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	皮膚症状 1
<連続測定項目>					
温度 (期間平均値)	1℃	0.75 (0.44-1.26)	0.81 (0.46-1.41)	0.63 (0.35-1.12)	0.69 (0.29-1.63)
温度 (日最大平均値)	1℃	0.77 (0.45-1.32)	0.90 (0.51-1.59)	0.76 (0.42-1.39)	0.96 (0.40-2.29)
温度 (日最小平均値)	1℃	0.90 (0.62-1.29)	0.84 (0.58-1.21)	0.70 (0.49-1.01)+	0.59 (0.29-1.19)
温度 (期間最大値)	1℃	0.75 (0.46-1.21)	0.98 (0.59-1.64)	0.84 (0.49-1.42)	1.24 (0.56-2.74)
温度 (期間最小値)	1℃	1.15 (0.87-1.53)	1.00 (0.73-1.36)	0.87 (0.63-1.19)	0.52 (0.25-1.06)+
相対湿度 (期間平均値)	10%	0.88 (0.49-1.60)	1.12 (0.57-2.20)	0.74 (0.35-1.57)	0.43 (0.13-1.43)
相対湿度 (日最大平均値)	10%	0.86 (0.49-1.50)	1.05 (0.56-1.97)	0.81 (0.41-1.61)	0.52 (0.18-1.49)
相対湿度 (日最小平均値)	10%	0.91 (0.48-1.72)	1.11 (0.54-2.25)	0.73 (0.33-1.63)	0.27 (0.06-1.17)+
相対湿度 (期間最大値)	10%	0.72 (0.42-1.24)	1.19 (0.63-2.25)	0.89 (0.47-1.71)	0.66 (0.24-1.81)
相対湿度 (期間最小値)	10%	1.01 (0.60-1.70)	0.97 (0.54-1.74)	0.77 (0.39-1.49)	0.32 (0.09-1.13)+
CO2 (期間平均値)	100ppm	0.77 (0.48-1.24)	0.87 (0.53-1.42)	1.23 (0.79-1.92)	1.07 (0.44-2.60)
CO2 (日最大平均値)	100ppm	0.80 (0.55-1.16)	0.88 (0.60-1.28)	1.25 (0.92-1.69)	1.31 (0.65-2.64)
CO2 (期間最大値)	100ppm	0.77 (0.56-1.06)	0.83 (0.59-1.15)	1.20 (0.97-1.48)+	1.32 (0.74-2.37)
<定点測定項目>					
一酸化炭素	0.01 ppm	0.79 (0.51-1.20)	0.95 (0.86-1.04)	0.31 (0.04-2.53)	-
粉じん	0.01 mg/m ³	0.47 (0.08-2.72)	0.13 (0.01-2.60)	4.00 (0.35-45.5)	-
粉じん粒径 0.3 μm～	10 万個	0.79 (0.33-1.89)	0.99 (0.36-2.71)	2.03 (0.64-6.39)	0.39 (0.03-5.16)
粉じん粒径 0.5 μm～	1000 個	0.95 (0.89-1.01)+	0.98 (0.92-1.04)	1.01 (0.94-1.08)	0.88 (0.70-1.11)
粉じん粒径 0.7 μm～	1000 個	0.78 (0.59-1.02)+	0.92 (0.74-1.14)	0.98 (0.75-1.27)	0.46 (0.14-1.54)
粉じん粒径 1.0 μm～	100 個	0.91 (0.83-1.00)+	0.97 (0.90-1.04)	1.00 (0.92-1.09)	0.78 (0.54-1.13)
粉じん粒径 2.0 μm～	100 個	0.71 (0.47-1.07)	0.78 (0.48-1.26)	1.48 (0.87-2.53)	0.76 (0.35-1.64)
粉じん粒径 5.0 μm～	10 個	0.88 (0.67-1.15)	0.90 (0.64-1.26)	1.00 (0.70-1.44)	1.30 (0.68-2.48)
PM _{2.5}	0.1 mg/m ³	-	-	-	-
ホルムアルデヒド	1 μg/m ³	0.70 (0.53-0.92)**	0.78 (0.56-1.08)	0.87 (0.64-1.19)	1.14 (0.62-2.10)
アセトアルデヒド	1 μg/m ³	0.61 (0.43-0.88)**	0.81 (0.52-1.25)	0.88 (0.60-1.28)	1.04 (0.54-1.99)
ベンゼン	1 μg/m ³	-	-	-	-

トルエン	10 µg/m ³	0.82 (0.31-2.19)	0.97 (0.31-3.01)	0.46 (0.08-2.68)	1.47 (0.12-18.5)
エチルベンゼン	1 µg/m ³	1.10 (0.88-1.38)	1.05 (0.81-1.36)	0.89 (0.65-1.23)	1.27 (0.70-2.31)
キシレン	1 µg/m ³	1.13 (1.00-1.28)+	1.05 (0.91-1.21)	0.97 (0.83-1.14)	1.21 (0.87-1.67)
スチレン	0.1 µg/m ³	-	-	-	-
p-ジクロロベンゼン	1 µg/m ³	0.52 (0.20-1.36)	0.75 (0.26-2.17)	0.19 (0.02-1.59)	0.37 (0.04-3.40)
テトラデカン	1 µg/m ³	-	-	-	-
TVOC	10 µg/m ³	<u>0.76 (0.61-0.95)*</u>	0.93 (0.72-1.19)	<u>0.57 (0.37-0.87)**</u>	1.15 (0.71-1.85)
真菌濃度	10 cfu/m ³	1.07 (0.70-1.63)	1.06 (0.60-1.89)	0.57 (0.30-1.08)+	-
細菌濃度	10 cfu/m ³	<u>1.28 (1.01-1.64)*</u>	1.07 (0.76-1.52)	<u>2.42 (1.21-4.86)*</u>	0.80 (0.43-1.52)
エンドトキシン	0.1	<u>1.21 (1.05-1.39)**</u>	1.09 (0.93-1.27)	1.01 (0.85-1.20)	1.15 (0.86-1.53)

※ + p<0.10, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001、L 単位 (Logistic 増加単位)、調整オッズ比 (95%CI)、調整因子：性別、年齢層、喫煙、コンタクトレンズ、対人ストレス

表 1-4 夏期のリスク要因に関する多変量解析結果

	L 単位	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	皮膚症状 1
<連続測定項目>					
温度（期間平均値）	1℃	0.86 (0.48-1.56)	<u>1.75 (1.01-3.03)*</u>	<u>2.19 (1.10-4.38)*</u>	0.96 (0.18-5.25)
温度（日最大平均値）	1℃	0.91 (0.51-1.65)	1.18 (1.00-3.17)+	<u>2.72 (1.29-5.75)**</u>	1.04 (0.19-5.74)
温度（日最小平均値）	1℃	0.77 (0.47-1.27)	1.44 (0.93-2.22)	1.69 (0.98-2.90)+	1.24 (0.30-5.05)
温度（期間最大値）	1℃	0.84 (0.50-1.39)	1.40 (0.88-2.24)	<u>2.62 (1.45-4.73)**</u>	1.67 (0.48-5.74)
温度（期間最小値）	1℃	0.87 (0.62-1.22)	1.14 (0.83-1.55)	1.48 (0.97-2.24)+	1.48 (0.42-5.21)
相対湿度（期間平均値）	10%	1.14 (0.55-2.33)	1.39 (0.70-2.76)	0.69 (0.31-1.57)	0.33 (0.04-2.63)
相対湿度（日最大平均値）	10%	1.11 (0.58-2.13)	1.41 (0.76-2.64)	0.72 (0.35-1.50)	0.29 (0.04-2.26)
相対湿度（日最小平均値）	10%	1.34 (0.57-3.15)	1.19 (0.54-2.66)	0.68 (0.26-1.74)	0.53 (0.07-3.81)
相対湿度（期間最大値）	10%	1.07 (0.61-1.87)	1.27 (0.73-2.21)	0.72 (0.37-1.40)	0.19 (0.02-2.11)
相対湿度（期間最小値）	10%	1.26 (0.58-2.77)	0.75 (0.35-1.59)	0.60 (0.24-1.50)	0.79 (0.13-4.71)
CO2（期間平均値）	100ppm	1.08 (0.70-1.66)	0.95 (0.61-1.49)	1.35 (0.82-2.22)	1.07 (0.41-2.79)
CO2（日最大平均値）	100ppm	0.92 (0.72-1.18)	0.98 (0.76-1.26)	1.10 (0.84-1.44)	1.04 (0.58-1.87)
CO2（期間最大値）	100ppm	0.89 (0.72-1.11)	1.01 (0.82-1.25)	1.07 (0.85-1.35)	1.02 (0.64-1.64)
<定点測定項目>					
一酸化炭素	0.1 ppm	-	-	-	-
粉じん	1 μg/m ³	1.10 (0.98-1.23)	0.97 (0.85-1.12)	<u>1.27 (1.02-1.59)*</u>	-
粉じん粒径 0.3 μm～	1 万個	1.06 (0.99-1.14)+	0.99 (0.91-1.08)	1.13 (0.99-1.28)+	-
粉じん粒径 0.5 μm～	1000 個	1.05 (0.98-1.12)	0.98 (0.90-1.06)	<u>1.15 (1.01-1.30)*</u>	-
粉じん粒径 0.7 μm～	100 個	1.03 (0.97-1.10)	0.96 (0.89-1.05)	<u>1.13 (1.00-1.26)*</u>	-
粉じん粒径 1.0 μm～	100 個	0.95 (0.62-1.45)	0.71 (0.45-1.33)	1.57 (0.81-3.02)	-
粉じん粒径 2.0 μm～	100 個	1.09 (0.38-3.17)	0.25 (0.05-1.25)+	2.05 (0.52-8.17)	-
粉じん粒径 5.0 μm～	10 個	1.19 (0.82-1.72)	0.69 (0.39-1.24)	1.13 (0.61-2.10)	-
PM _{2.5}	1 μg/m ³	1.08 (0.99-1.18)	0.98 (0.89-1.09)	<u>1.19 (1.01-1.41)*</u>	-
ホルムアルデヒド	1 μg/m ³	1.00 (0.91-1.10)	0.96 (0.85-1.08)	1.12 (0.98-1.27)+	-
アセトアルデヒド	1 μg/m ³	1.02 (0.95-1.08)	0.96 (0.88-1.05)	<u>1.10 (1.00-1.22)*</u>	-

ベンゼン	1 µg/m ³	-	-	-	-
トルエン	1 µg/m ³	1.01 (0.81-1.25)	0.97 (0.74-1.28)	1.15 (0.81-1.63)	-
エチルベンゼン	1 µg/m ³	0.90 (0.65-1.24)	1.16 (0.79-1.70)	0.84 (0.51-1.39)	-
キシレン	1 µg/m ³	0.99 (0.82-1.21)	0.95 (0.75-1.20)	1.04 (0.81-1.33)	-
スチレン	1 µg/m ³	1.22 (0.33-4.51)	-	-	-
p-ジクロロベンゼン	1 µg/m ³	1.01 (0.63-1.62)	1.36 (0.77-2.41)	1.38 (0.64-2.97)	-
テトラデカン	1 µg/m ³	1.35 (0.62-2.93)	0.53 (0.16-1.80)	1.08 (0.20-5.78)	-
TVOC	100 µg/m ³	1.07 (0.24-4.78)	0.84 (0.13-5.43)	0.31 (0.02-3.89)	-
真菌濃度	10 cfu/m ³	0.79 (0.61-1.04)+	1.03 (0.80-1.33)	0.72 (0.43-1.23)	-
細菌濃度	10 cfu/m ³	1.08 (0.93-1.25)	0.89 (0.70-1.15)	1.24 (0.93-1.67)	-
エンドトキシン	1	0.53 (0.16-1.72)	1.51 (0.36-6.35)	1.11 (0.19-6.62)	-

※ +p<0.10, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001、L単位 (Logistic 増加単位)、調整オッズ比 (95%CI)、調整因子：性別、年齢層、喫煙、コンタクトレンズ、対人ストレス