

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

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 26 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 大澤 元毅
平成 27 (2015) 年 3 月

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

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 26 年度 総括研究報告書

研究代表者 大澤 元毅

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

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 26 年度 分担研究報告書

平成二十六年 厚生労働科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業

建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究

研究代表者 大澤元毅

目次

・ 総括研究報告書 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究 大澤元毅	・ ・ ・ 1
・ 分担研究報告書	
1 . 建築物における空気環境の衛生管理の現状 柳 宇	・ ・ ・ 5
2 . 健康危機に対応した環境衛生管理項目の検討 東 賢一	・ ・ ・ 19
3 . 空気調和設備に関する法整備のあり方に関する検討 鍵 直樹	・ ・ ・ 45

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

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 26 年度 総括研究報告書

研究代表者 大澤 元毅

厚生労働科学研究費補助金
健康安全・危機管理対策総合研究事業

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 26 年度 分担研究報告書

平成二十六年 厚生労働科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業

建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究

研究代表者 大澤元毅

平成26年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
総括研究報告書

建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究

研究代表者 大澤 元毅 国立保健医療科学院 主任研究官

研究要旨

建物の大規模化、用途の複合化、建築設備の変化などに対応するため、建築物における衛生的環境の確保に関する法律（以下、建築物衛生法）による監視技術にも多様化、高度化が不可欠である。一方近年、同法の特定建築物における建築物環境衛生管理基準を満足しない割合（以下、不適率）の改善が進まない状況が続く、維持管理手法、環境監視方法・体制などの環境衛生管理のあり方が問われている。

本研究は、建築物における環境衛生管理に着目して、この現状の把握及び問題点の抽出、原因の究明、対策の検討等を体系的に実施し、公衆衛生の立場を踏まえた、今後の建築物環境衛生管理に関する行政監視のあり方について提案を行おうとするものである。

本年度は、特定建築物における衛生管理基準への適合状況（不適率）について、統計情報センターから公表されている全国のデータをもとに検討を行うと共に、東京都及び大阪市の協力により得られた空気環境に関する立ち入り検査結果の解析を行った。また、建築物における環境衛生管理基準項目の他に、新たな管理項目の測定方法についても検討を行った。さらに、先の厚労省科研費調査において環境衛生監視員に対して実施した個別空調及び加湿器に関するアンケート調査の結果をもとに、空調設備の管理手法、建築物衛生法及び他法律の解釈の仕方などについて地域ごとの再検討を加え、問題を抽出した。

本研究では、環境衛生監視員及び建築物利用者に対して建築物等に関するアンケート調査を実施する。個人の情報が得られないようにするとともに、解析は匿名化されたデータを用いて統計的処理を行う。なお、その他の調査については、建築物を対象としており、個人を対象とした調査や実験を含まない。また、研究で知り得た情報等については漏洩防止に十分注意して取り扱うとともに、研究以外の目的では使用しない。

研究分担者

東 賢一	近畿大学医学部
鍵 直樹	東京工業大学
金 勲	国立保健医療科学院
柳 宇	工学院大学建築学部

研究協力者

奥村 龍一	東京都健康安全研究センター
河野 彰宏	大阪市役所
斎藤 敬子	（公社）日本建築衛生管理教育センター
鎌倉 良太	（公社）日本建築衛生管理教育センター
杉山 順一	（公社）日本建築衛生管理教育センター
築城 健司	（公社）日本建築衛生管理教育センター
下平 智子	（公社）全国ビルメンテナン協会

A.研究目的

近年、建物の大規模化、用途の複合化、建築設備の変化などにより、建築物衛生法による監視技術にも多様化、高度化が求められる。しかしながら、特定建築物における建築物環境衛生管理基準を満足しない割合「不適率」の改善が進まないなど、維持管理手法、環境監視方法などの環境衛生管理のあり方が問われている。

本研究は、建築物における環境衛生管理に着目して、この現状の把握及び問題点の抽出、原因の究明、対策の検討等について体系的に整理し、公衆衛生の立場を踏まえた、今後の建築物環境衛生管理に関する監視のあり方について提案を行おうとするものである。

B. 研究方法

以下のサブテーマに分けて進めた。

B.1 建築物における空気環境の衛生管理の現状

建築物衛生法では対象となる特定建築物においてその環境衛生管理基準値が定められており、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素、気流、浮遊粉塵の6項目について2カ月以内ごとに1回測定することが定められている。近年、温度、相対湿度、二酸化炭素の濃度の不適率が上昇する傾向にあることを本研究の関連研究で既に報告している。本研究では、これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の最新動向の解析と共に、東京都の立ち入り測定のデータを用いた室内空気環境の詳細な解析を行った。

独立行政法人統計情報センターで公表されている、日本全国47都道府県および62政令市等の特定建築物立ち入り検査結果を用いた。建築物の維持管理項目ごとに調査件数及び不適件数の集計を行っているが、本研究では平成8年度から平成25年度までの間における不適率の推移をまとめた。また、不適率の高い二酸化炭素、温度、相対湿度について都道府県別にその不適率分布を求め、平成20年度と平成25年度の比較を行った。

また、東京都では建築物衛生法第11条第1項及び第13条第2項に基づき、特定区内の延べ床面積10,000m²を超える特定建築物に対してはビル衛生検査班が、多摩地区内の特定建築物については各保健所環境衛生係が立ち入り検査を実施している。ここでは、東京都の平成25年度立ち入り測定を行った実測値を用いて解析を行った。

B.2 健康危機に対応した環境衛生管理項目の検討

建築物衛生法による現状の空気環境管理項目に加え、室内PM_{2.5}、病原性微生物、温熱感など、環境衛生項目にはないものの、室内環境を評価するには今後重要になってくることが考えられる。

本課題では、建築物における空気環境に関す

る実施調査により現状の把握を行うと共に、環境衛生管理基準の他に上記の環境項目等を、建築物の居住者に対し健康に関するアンケート調査を行うことで、室内環境と健康との関係について明らかにするものである。

ここでは冬期における特定建築物において、浮遊微生物、室内・気温湿度、粒子径別浮遊粒子個数濃度、PM_{2.5}、PM₁₀の濃度、一酸化炭素濃度(CO)、二酸化炭素濃度(CO₂)などについて測定を行った。

また室内環境におけるその他の測定項目については、PM_{2.5}、エンドトキシン、PMVについては今後の可能性について測定手法など基礎的な検討を行った。

B.3 空気調和設備に関する法整備のあり方に関する検討

建築物衛生法における温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の不適合率は過去10年間あまりにわたって上昇し続けている。特に相対湿度不適合率は、おおよそ25%から50%近くにまで上昇しており、その不適合率は他の管理基準と比べても著しく高い。その背景として、加湿器の容量・性能不足や運用・維持管理の不備による問題とともに、建築時における加湿器の設置に関する問題があると考えられる。建築物衛生法では、空調設備を空気調和設備と機械換気設備として規定されている。しかしながらその中で、空気調和設備は温度・湿度の調整ができるものとされているため、パッケージエアコンなどは、温度調整及び除湿ができたとしても、加湿ができないため機械換気設備を有する建築物に分類されると解釈することもできる。また、機械換気設備についても空気を浄化するとあるが、対象とする汚染物質がガス状物質、浮遊粉じんによっても、設備が異なってくる。このような実態と法律解釈との乖離が、加湿器整備、環境衛生監視・指導の妨げとなっている可能性が考えられる。

平成26年度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においては、相対湿度不適合率の改善のための空気調和設備のあり方と保健所の指導のあり方を検討するために、

全国の保健所の建築物衛生担当者に対して加湿装置及び機械換気設備の解釈に関するアンケート調査を行った。

本研究では、このアンケート調査の自由記載をもとに、空気調和設備に係る法律、建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則に記載されている事項の比較を行い、法整備のあり方について検討を行う。

C. 研究結果

本研究に関して、研究項目ごとにまとめる。

C.1 建築物における空気環境の衛生管理の現状

全国の建築物の維持管理項目ごとに調査件数及び不適件数の集計した結果、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率においては、3回の顕著な上昇が見られた。1回目は平成11年度（相対湿度）、2回目は平成15年度（温度、相対湿度、二酸化炭素濃度）、3回目は平成23年度（温度、相対湿度、二酸化炭素濃度）であった。それぞれは省エネ法の改定と建築物衛生法改定の翌年、東日本大震災の年と重なることが明らかとなった。また、平成20年と25年のデータから、地域別に二酸化炭素、温度、相対湿度の不適率の悪化、改善などの特徴の抽出を行った。また、東京都の特定建築物のデータから、相対湿度の不適率が21%という結果になり、大規模なビルにおいても冬期の低湿度問題が存在することが浮き彫りとなった。更に、現状では、夏期の減湿と冬期の加湿が不十分であることが明らかになった。

C.2 健康危機に対応した環境衛生管理項目の検討

5ビルにおける実測結果から、冬期の低湿が確認された。そのうちの中央方式の1ビル（T-01）は40%を上回ったが、他の個別方式の4ビルの75%タイル値（O-02）、中央値（O-01、O-04）、25%タイル値（O-03）は40%を下回っており、個別方式における低湿の問題はより深刻であることが明らかになった。

新たな測定項目に関しては、PM_{2.5}について室内で使用可能な測定器の特性の把握を行い、従来の粉じん計と同様に計数値を決定することに

より測定が可能であること、PM_{2.5}のI/O比が1を下回っていても、粒径によっては上回っている場合もあり、除じんの効果が低く、室内発生が認められることとなることから、粒径別の室内粒子の現状について、把握することも重要と考えられる。

エンドトキシンについては、室内及び空調機器の微生物汚染度合いを示す指標としての有効性を検証するために、現場測定及び既存の培養法との比較研究を通じ、その活用可能性を示唆した。

一方、温熱快適性については、建築物衛生法が測定対象としてきた温度・相対湿度・気流の3要素のみでは適切な環境評価が難しく、新技術の導入・建物性能の変化とそれによる室内温熱環境の変化・在室者の認識変化など社会的要求を十分に反映することが難しくなっている。そのため、室内温熱環境をより適切に評価するための指標として、温度・相対湿度・気流に加え、放射温度・代謝量・着衣量までを考慮した総合温熱指標であるPMVおよびSET*の測定と評価について検討し、その特性の整理を行った。

C.3 空気調和設備に関する法整備のあり方に関する検討

本調査では、保健所環境衛生監視員を対象とした建築物衛生法に係る設備の設置指導に関するアンケート調査の自由記載をもとに、空気調和設備に係る法律、建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則に記載されている事項に関する認識などの比較を行い、法整備のあり方について検討を行った。

自由記載の中には、湿度の意識を高めること、結露や加湿のポイントなどを周知することが必要であることの見解があり、用途毎の基準値の設定、構造的に加湿器の設置を義務化すること、設計段階の標準条件の見直しなど様々な意見があった。設置及び運用に関する適切なマニュアルなどの対応が効果的であると考えられる。また、建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則の違いを検討した結果、建築基準法においては、個別空調方式の記載が

ないことと共に、湿度を調整するための加湿器の記載、浄化のためのエアフィルタの設置など曖昧な部分がある。また、事務所衛生基準規則においては、空気の基準として供給空気を対象としており、建築基準法及び建築物衛生法に規定している室空気とは異なる記述となっていた。これらを統一して整理すること、可能ならば設備の設置まで踏み込めれば、基準値の不適合率の改善に効果があるものと考えられる。

（倫理面での配慮）

本研究では、環境衛生監視員及び建築物利用者に対して建築物等に関するアンケート調査を実施する。個人の情報が得られないようにするとともに、解析は匿名化されたデータを用いて統計的処理を行う。なお、その他の調査については、建築物を対象としており、個人を対象とした調査や実験を含まない。また、研究で知り得た情報等については漏洩防止に十分注意して取り扱うとともに、研究以外の目的では使用しない。

平成26年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

1. 建築物における空気環境の衛生管理の現状

分担研究者 柳 宇 工学院大学 教授

研究要旨

建築物衛生法では特定用途部分の面積が3,000m²以上の建物を特定建築物とし、その環境衛生管理基準値が定められており、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素、気流、浮遊粉塵の6項目について2カ月以内ごとに1回測定することになっている。近年、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の不適率が上昇する傾向にあることを本研究の関連研究で報告している。

本年度は、これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表されている全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の動向の把握を行うとともに、東京都の立ち入り測定のデータを用いて室内環境の実態の把握を行っている。

全国立ち入り調査の平成8年度から平成25年度までの間に集計された全国不適率の推移を検討した結果について記述している。更に、東日本大震災前の平成20年度と震災後の平成25年度の都道府県別の不適率の比較により二酸化炭素・温度・相対湿度の不適率が依然として上昇傾向にあることを明らかにしている。

また、東京都の平成25年度の立ち入り測定結果を解析している。前述した全国の不適率より低く、二酸化炭素濃度、温度、湿度の不適率はそれぞれ14%（全国：34%）、2.2%（全国：29%）、21%（全国：56%）であった。東京都の調査対象の殆どは10,000m²以上の大規模なビルであり、比較的性能のよい空調・換気設備が備えられていることが推察される。しかし、相対湿度、二酸化炭素の不適率は比較的高いことを示している。絶対湿度を検討することにより、夏期の減湿と冬期の加湿が不十分であることを明らかにしている。

研究協力者

大澤元毅	国立保健医療科学院
東 賢一	近畿大学
柳 宇	工学院大学
金 勲	国立保健医療科学院
奥村龍一	東京都健康安全研究センター
河野彰宏	大阪市役所
齋藤敬子	(公社)日本建築衛生管理教育センター
鎌倉良太	(公社)日本建築衛生管理教育センター
杉山順一	(公社)日本建築衛生管理教育センター
築城健司	(公社)日本建築衛生管理教育センター
下平智子	(公社)全国ビルメンテナンス協会

1. 室内空気環境の衛生管理の現状に関する研究
建築物衛生法では対象となる特定建築物においてその環境衛生管理基準値が定められており、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素、気流、浮遊粉塵の6項目について2カ月以内ごとに1回測定することになっている。近年、温度、相対湿度、二酸化炭素の濃度の不適率が上昇する傾向にあることを本研究の関連研究で既に報告している。

本研究では、これまでの研究結果を踏まえて下記のテーマについて検討を行った。

厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の最新動向の解析

東京都の立ち入り測定のデータを用いた室内空気環境の詳細解析

1-1 全国特定建築物立ち入り調査

A. 調査方法

本研究では独立行政法人統計情報センターで公表されている、日本全国 47 都道府県および 62 政令市の特定建築物立ち入り検査結果を用いた。このデータは衛生関係諸法規の施行に伴う各都道府県、保健所設置市、特別区における建築物衛生の実態を把握することを目的とし、厚生労働省が毎年集計を行っているものである。建築物維持管理項目は表 1-1-1 で示すように、帳簿(1項目)、空気環境の調整(16項目)、給水の管理(9項目)、雑用水の管理(9項目)、排水設備(1項目)、清掃(1項目)、防除(1項目)、に分かれている。用途は興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、旅館、その他と分かれている。本研究では、空気環境について報告する。

集計は建築物の維持管理項目ごとに調査件数及び不適件数を行っており、本研究では平成 8 年度から平成 25 年度までの間に集計されている不適率の推移をまとめた。また、不適率の高い二酸化炭素、温度、相対湿度について都道府県別にその不適率分布を求め、平成 20 年度と平成 25 年度の比較を行った。

B. 結果

B.1 空気環境測定実施状況

図 1-1-1 に空気環境 6 項目の測定実施の不適率を示す。平成 8 年度の不適率は 2~6% であり、法改正の平成 14 年度の翌年に上昇する傾向が見られたが、その後減少し、平成 25 年度では、学校を除けば 1~2% 程度であった。なお、学校の不適率は旅館と同様に乱高下の様子を呈している。

図 1-1-2 にホルムアルデヒド量の測定実施の不適率を示す。興行場の不適率は、平成 19 年度一旦急上昇しているが、全体的に横ばいである。その他については、総じて低下する傾向にあり、平成 25 年度では、諸用途の不適率は数%であった。

B.2 空気環境項目別の不適率の経年変化

図 1-1-3 に空気環境 6 項目の不適率の経年変化を示す。二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率においては、3 回の顕著な上昇が見られた。1 回目は平成 11 年度(相対湿度)、2 回目は平成 15

年度(温度、相対湿度、二酸化炭素濃度)、3 回目は平成 23 年度(温度、相対湿度、二酸化炭素濃度)であった。それぞれは省エネ法の改定と建築物衛生法改定の翌年、東日本大震災の年と重なる。

図 1-1-4 に浮遊粉塵濃度の不適率を示す。不適率の平均は 3% 程度と低い傾向にある。また、用途別の不適率の差もほとんど見られない。

図 1-1-5 に一酸化炭素の含有率の不適率を示す。不適率の平均は 1% 未満と低い傾向にあり、とくに大きな変化が見られない。不適率の用途別の差もほとんど見られない。

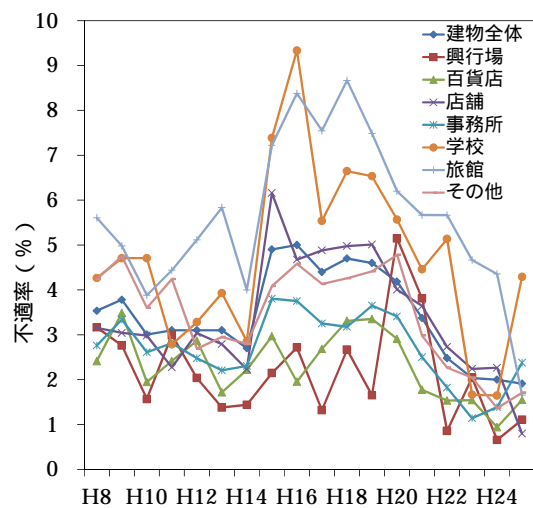


図 1-1-1 空気環境 6 項目測定の実施の不適率

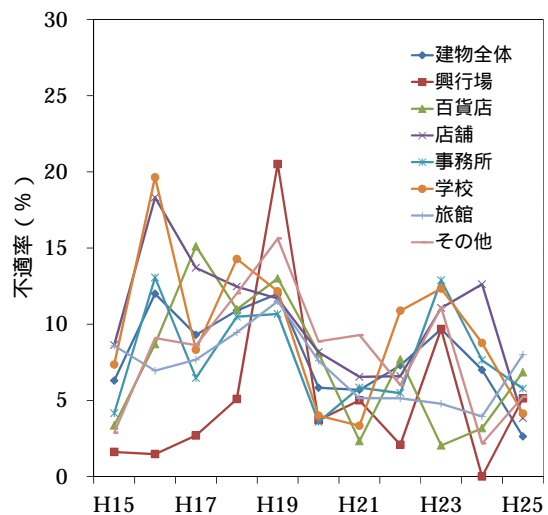


図 1-1-2 ホルムアルデヒド測定の実施の不適率

表 1-1-1 建築物立入検査等調査結果の項目内容

項目	項目内容〔基準〕
帳簿	帳簿書類の備付け〔帳簿書類があること〕
空気環境の調整	空気環境の測定実施（ホルムアルデヒド量を除く）〔2月以内ごと〕
	ホルムアルデヒド量の測定実施〔使用開始日以降、最初の6月～9月の間に1回〕
	浮遊粉塵の量〔0.15mg/m ³ 以下〕
	一酸化炭素の含有量〔10ppm以下〕
	二酸化炭素の含有量〔1,000ppm以下〕
	温度〔17以上28以下〕
	相対湿度〔40%以上70%以下〕
	気流〔0.5m/s以下〕
	ホルムアルデヒド量〔0.1mg/m ³ 以下〕
	冷却塔への供給水に必要な措置〔水道水質基準を満たすこと〕
	加湿装置への供給水に必要な措置〔水道水質基準を満たすこと〕
	冷却塔、冷却水の汚れ点検〔1月以内ごと〕
	冷却塔、冷却水の水管清掃〔1年以内ごと〕
	加湿装置の汚れ点検〔1月以内〕
	加湿装置の清掃〔1年以内ごと〕
排水受けの汚れ、閉塞の状況点検〔1月以内ごと〕	
給水・給湯の管理	遊離残留塩素の含有率の検査実施
	遊離残留塩素の含有率〔平常時0.1ppm以上、緊急時0.2ppm以上〕
	中央式給湯設備における給湯水の遊離残留塩素含有率の検査実施〔7日以内ごと〕
	中央式給湯設備における給湯水遊離残留塩素含有率〔平常時0.1ppm以上、緊急時0.2ppm以上〕
	水質検査実施（遊離残留塩素）〔水道水質基準を満たすこと〕
	水質基準（遊離残留塩素）〔水道水質基準を満たすこと〕
	中央式給湯設備における給湯水質検査実施（遊離残留塩素を除く）〔水道水質基準を満たすこと〕
	中央式給湯設備における給湯水質基準（遊離残留塩素を除く）〔水道水質基準を満たすこと〕
貯水槽・貯湯槽の清掃〔1年以内ごと〕	
雑用水の管理	遊離残留塩素の含有量の検査実施〔7日以内ごと〕
	遊離残留塩素の含有量〔0.1ppm以上〕
	雑用水の水槽点検〔1年以内ごと〕
	水質検査実施
	pH値〔5.8以上8.6以下〕
	臭気〔異常でないこと〕
	外観〔ほとんど無色透明であること〕
	大腸菌群〔検出されないこと〕
濁度〔2度以下であること（水洗便所の用に供する場合以外）〕	
排水設備	排水設備の清掃の実施
清掃	大掃除の実施〔日常清掃の他、6月以内ごと〕
防除	ねずみ等の防除の実施〔6月以内ごと（特に発生しやすい場所には2月以内ごと）〕

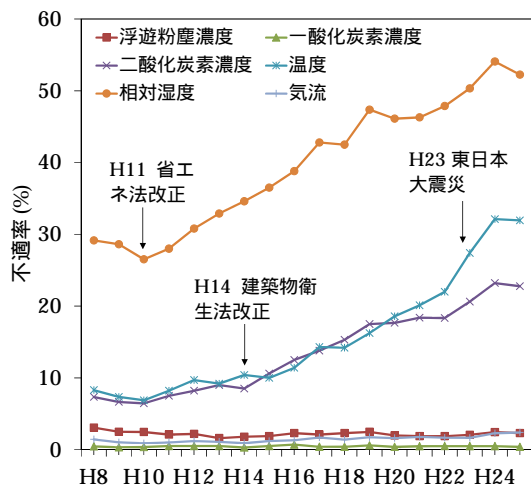


図 1-1-3 空気環境 6 項目の不適合率の経年変化

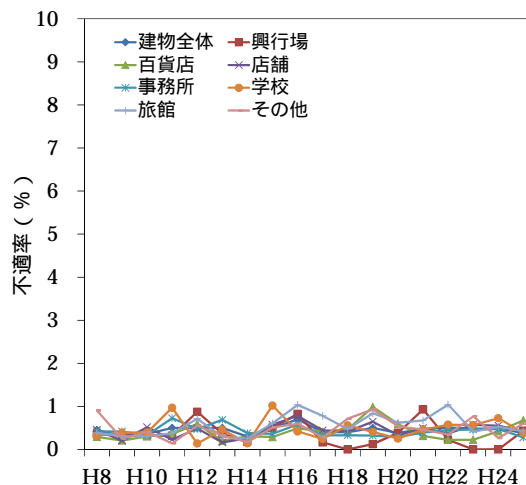


図 1-1-5 用途別一酸化炭素濃度の不適合率

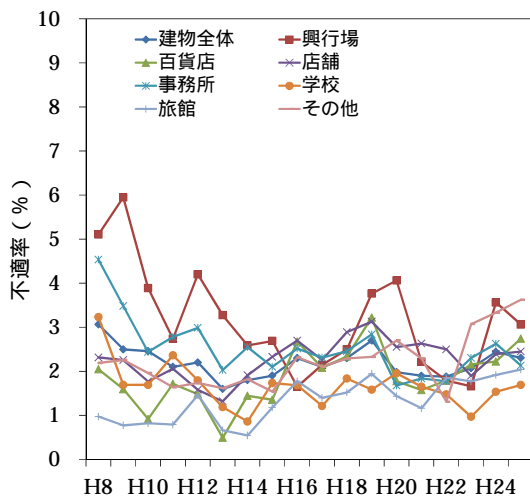


図 1-1-4 用途別浮遊粉塵の不適合率

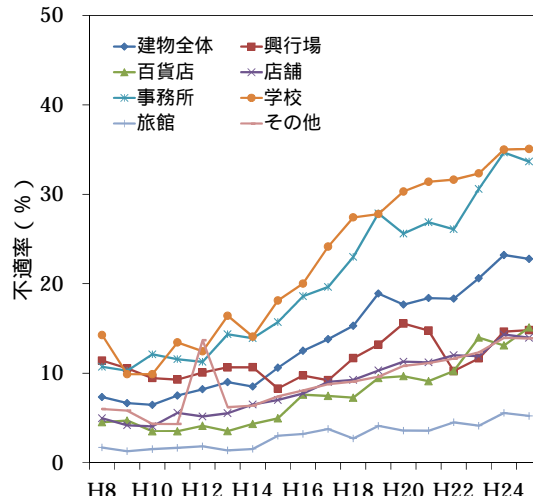


図 1-1-6 用途別二酸化炭素濃度の不適合率

図 1-1-6 に二酸化炭素濃度の不適合率を示す。旅館を除けば、全てが軒並みに上昇し続けている。中では、とくに学校と事務所の上昇が著しく、平成 8 年度の 10% 程度に比べ、平成 25 年は 3 倍の 30% になった。なお、平成 24 年度と平成 25 年度は同程度であった。

図 1-1-7 に温度の不適合率を示す。用途を問わず、全ては不適合率が上昇し続けている。建物全体においては、平成 8 年度の 10% 前後から平成 25 年度の 20~45% に上昇した。

図 1-1-8 に相対湿度の不適合率を示す。相対湿度は空気環境 6 項目中最も不適合率の高い項目である。また、温度と同様に、用途を問わず、全ては不適合率が上昇し続けている。建物全体の不適合率に

おいては、平成 8 年度の約 20~35% であったが、平成 25 年度は 40~60% までに上昇した。なお、本研究に用いたデータは季節の情報が入っていないため、冬期の低湿度による不適合率が高くなっていると考えられる。

図 1-1-9 に気流の不適合率を示す。不適合率は 1~3% と低い傾向にあった。また、用途別の不適合率の差もほとんど見られない。

図 1-1-10 にホルムアルデヒド濃度の不適合率を示す。不適合率はおおよそ 6% 以下と低い傾向にあった。また、用途別の不適合率の間に大差が見られなかった。

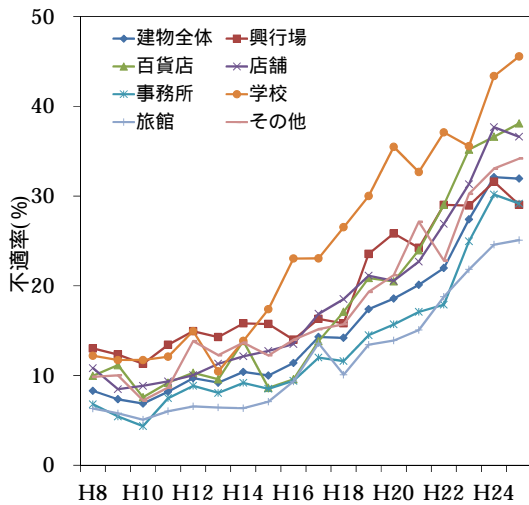


図 1-1-7 用途別温度の不適率

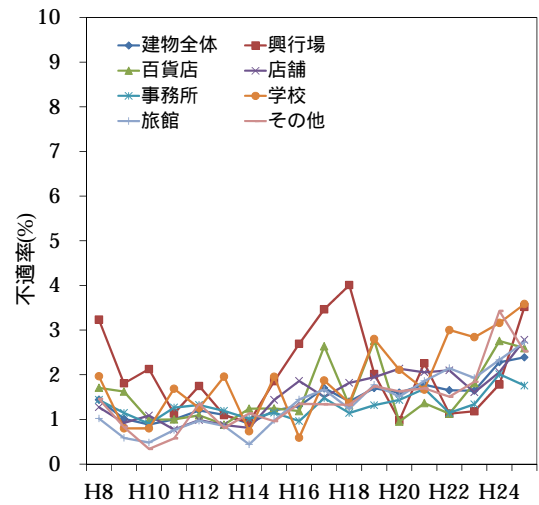


図 1-1-9 用途別気流速の不適率

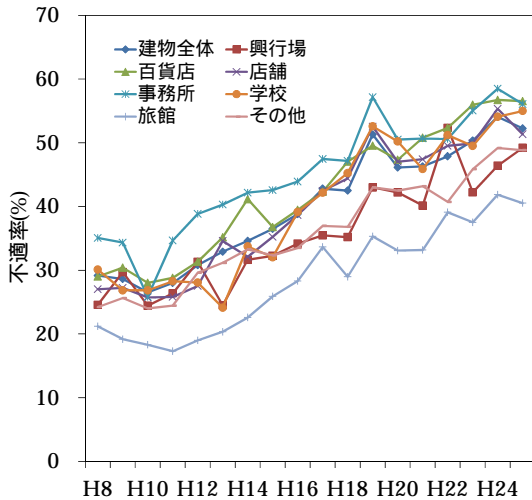


図 1-1-8 用途別相対湿度の不適率

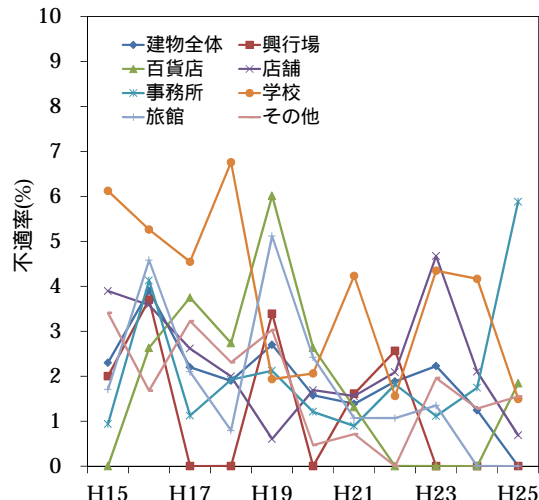


図 1-1-10 用途別ホルムアルデヒドの不適率

B.3 地域別の不適率結果

(1) 二酸化炭素・温度・相対湿度不適率

前述した通り、平成 8 年度から平成 25 年度までの集計データのトレンドより、二酸化炭素、温度、相対湿度の不適率が上昇し続けていることが明らかになった。ここでは、近年この 3 項目の都道府県別の不適率について検討を行った。

図 1-1-11 に平成 20 と平成 25 年度の都道府県別二酸化炭素の不適率を示す。地域別二酸化炭素濃度の不適率は下記の通りである。

平成 20 年度不適率の上位 3 県

1 位：埼玉県，2 位：神奈川県，3 位：宮城県

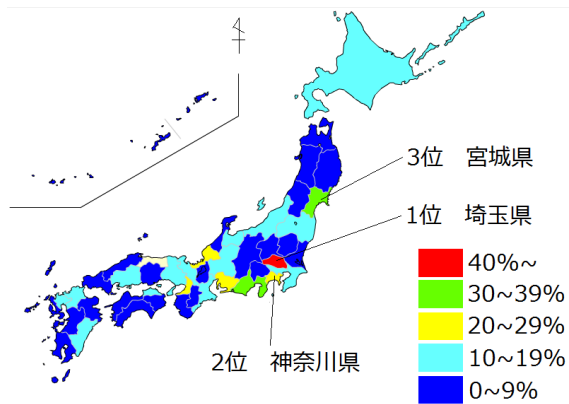
平成 25 年度不適率の上位 3 県

1 位：宮城県，2 位：神奈川県，3 位：愛知県

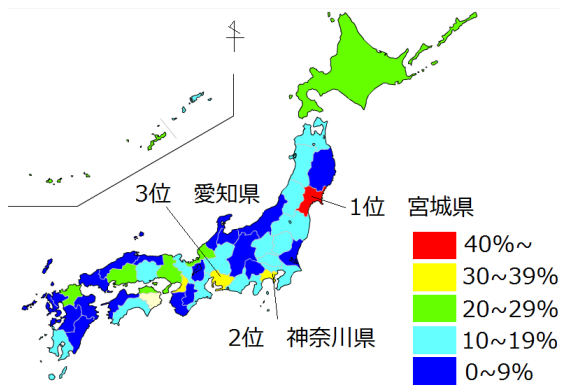
不適率が高くなった地域：北海道地方，東北地方，中部地方，近畿地方，中国地方，四国地方。

不適率が変わらなかった地域：九州地方

不適率が改善された地域：関東地方，中部地方

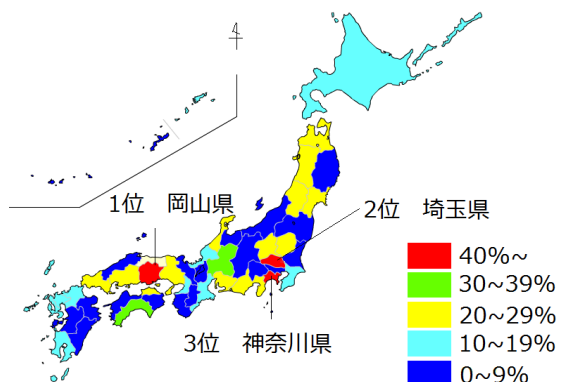


平成 20 年度

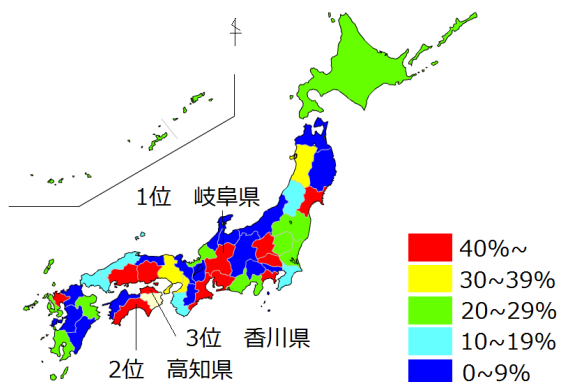


平成 25 年度

図 1-1-11 地域別二酸化炭素濃度の不適率

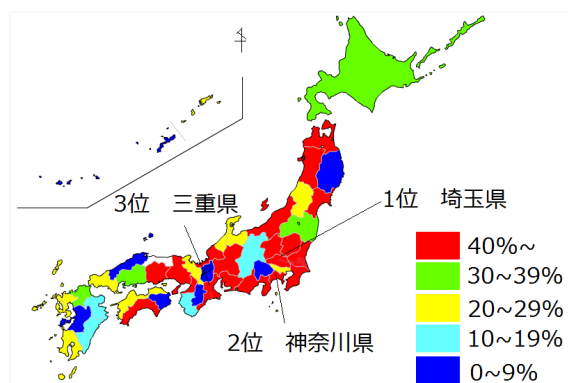


平成 20 年度

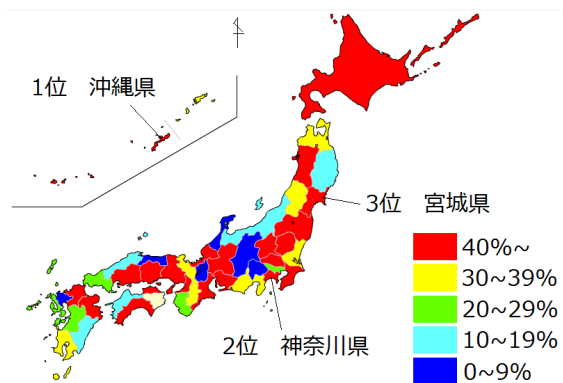


平成 25 年度

図 1-1-12 地域別温度の不適率



平成 20 年度



平成 25 年度

図 1-1-13 地域別相対湿度の不適率

図 1-1-12 に平成 20 と平成 25 年度の地域別温度の不適率を示す。地域別温度の不適率は下記の通りである。

平成 20 年度不適率の上位 3 県

1 位：岡山県，2 位：埼玉県，3 位：神奈川県

平成 25 年度不適率の上位 3 県

1 位：岐阜県，2 位：高知県，3 位：香川県

不適率が高くなった地域：北海道地方，関東地方，中部地方，近畿地方，中国地方，四国地方，九州地方

不適率が改善された地域：東北地方

図 1-1-13 に平成 20 と平成 25 年度の都道府県別相対湿度の不適率を示す。地域別相対湿度の不適率は下記の通りである。

平成 20 年度の不適率の上位 3 県

1 位：埼玉県，2 位：神奈川県，3 位：三重県

平成 25 年度の不適率の上位 3 県

1 位：沖縄県，2 位：神奈川県，3 位：宮城県

不適率が高くなった地域：北海道地方，東北地方，近畿地方，中国地方，四国地方，九州地方

不適率が改善された地域：関東地方，中部地方

1-2. 東京都立ち入り調査データデータ解析

A. 検査対象

東京都では建築物衛生法第 11 条第 1 項及び第 13 条第 2 項に基づき，特定区内の延べ床面積 10,000m² を超える特定建築物に対してはビル衛生検査班が，多摩地区内の特定建築物については各保健所環境衛生係が立ち入り検査を実施している。ここでは，東京都の平成 25 年度立ち入り測定を行った実測値を用いて解析を行った。

B. 調査結果

B.1 測定対象の特性

図 1-2-1 に測定対象ビルの延べ床面積の分布を示す。85%の対象ビルが 10,000m² 以上，累積分布の中央値は約 17,000m² 以上であり，大規模なビルが殆どであった。

図 1-2-2 は調査対象の用途別の割合，図 1-2-3 は調査対象の制御方式別の割合，図 1-2-4 は調査対象の加湿方式別の割合を示す。

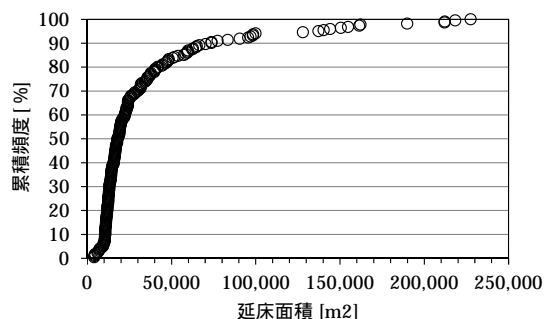


図 1-2-1 測定対象ビルの延べ床面積

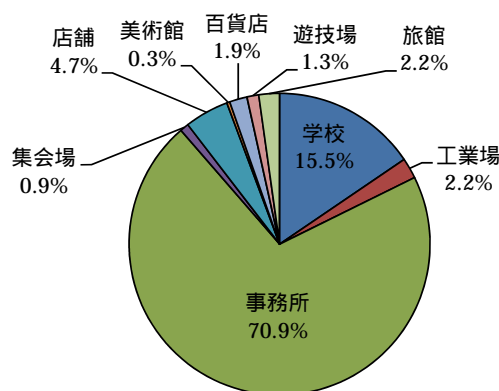


図 1-2-2 用途別の割合

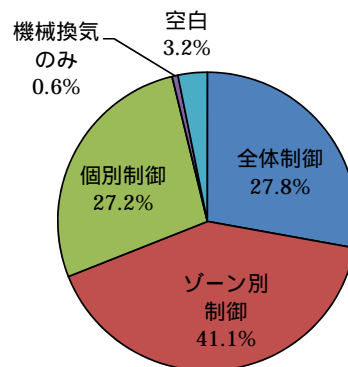


図 1-2-3 制御方式別の割合

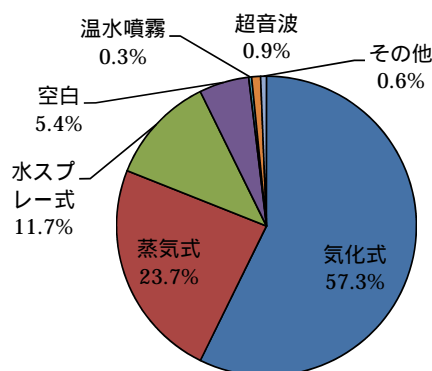


図 1-2-4 加湿方式別の割合

東京都における測定対象は316件あり、用途別は学校が49件、工業場が7件、事務所が224件、集会場が3件、図書が0件、店舗15件、美術館が1件、百貨店が6件、遊技場が4件、旅館が7件であった。

制御方式別は全体制御が88件、ゾーン制御が130件、個別制御が86件、機械換気のみが2件、未回答が10件であった。測定対象ビルにゾーン別制御方式が多く用いられている。

加湿方式別は気化式が181件、蒸気式が75件、水スプレーが37件、空白が17件、温水噴霧が1件、超音波が3件、その他が2件であった。東京都において加湿方式で多く使われているのは気化式であった。

また、全熱交換機の有無については、有りが199件、無しが117件であった（図省略）。

B.2 温度・相対湿度

図1-2-5に温度の累積頻度分布を示す。図中の赤い線は建築物衛生法の管理基準値の17～28の範囲を示している。東京都の温度調査1078件の測定のうち管理基準値を満たさなかったのは24件であった。今回の東京都調査は温度の不適率が2.2%であった。

図1-2-6に相対湿度の累積頻度を示す。相対湿度について赤い線は建築物衛生法の管理基準値の40%～70%の範囲を示している。東京都の相対湿度調査1063件の測定のうち管理基準値を満たさなかったのは228件であった。今回の東京都調査は相対湿度の不適率が21%という結果になり、大規模なビルにおいても冬期の低湿度問題が浮き彫りとなった。

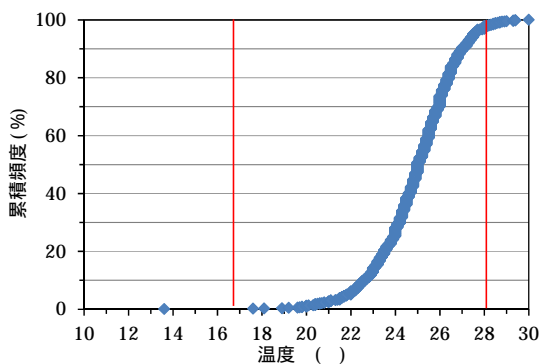


図1-2-5 温度の累積頻度分布

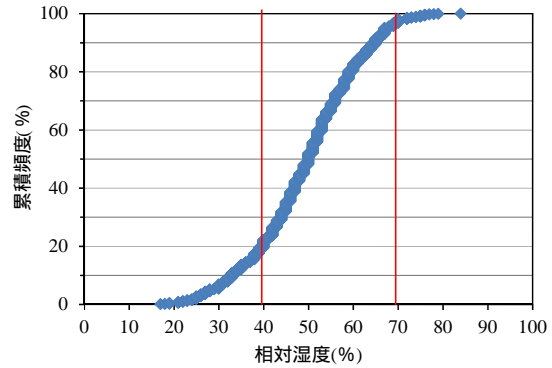


図1-2-6 相対湿度の累積頻度分布

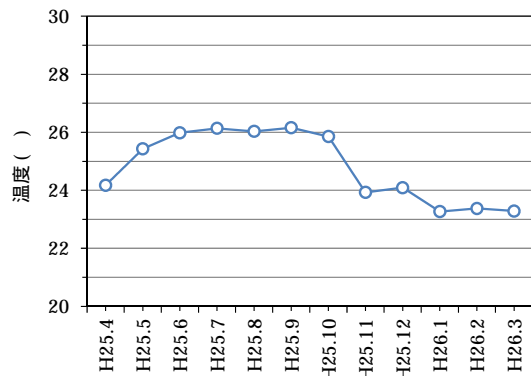


図1-2-7 月別温度の平均値

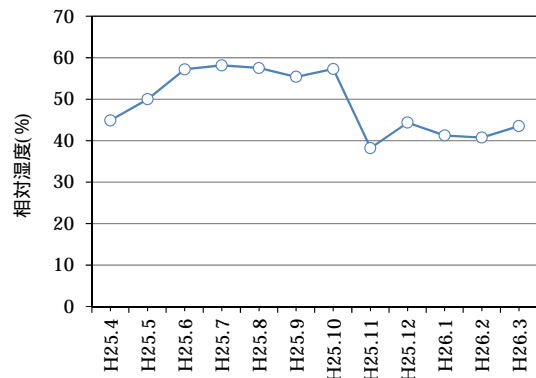


図1-2-8 月別相対湿度の平均値

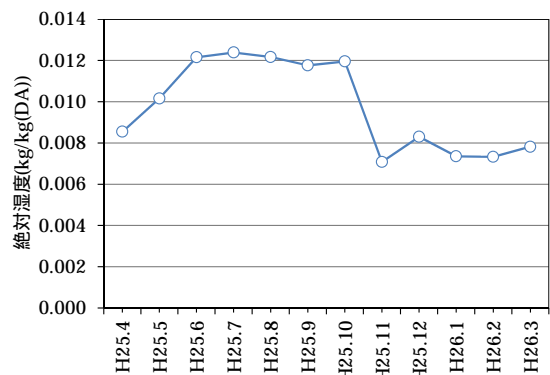
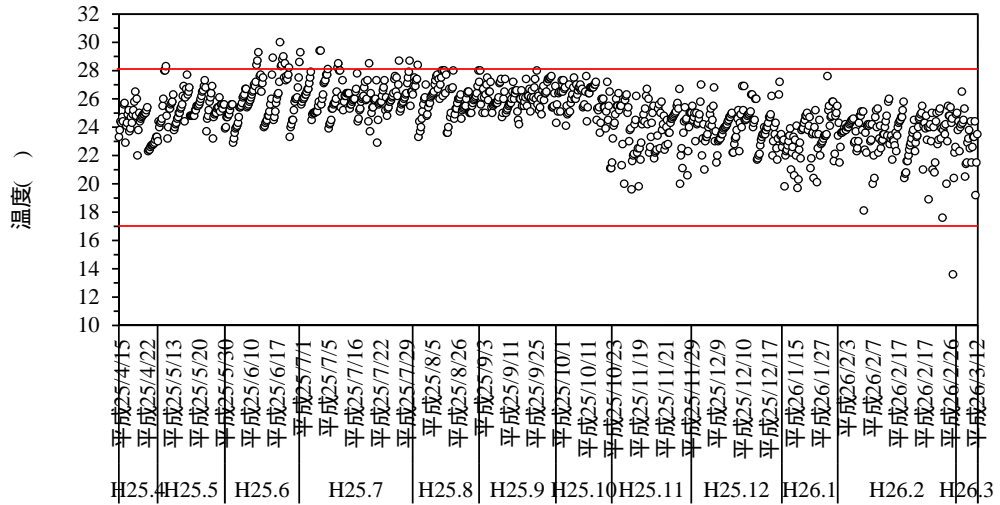
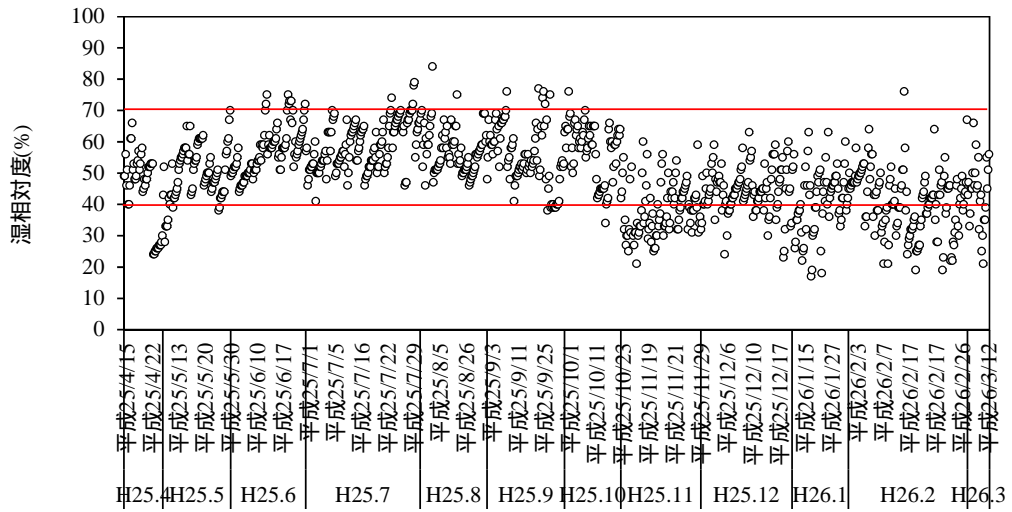


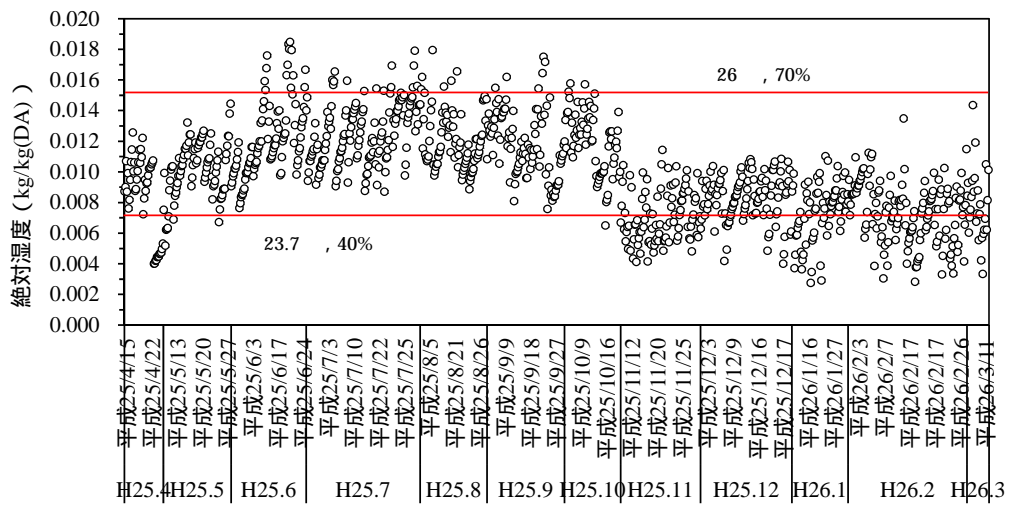
図1-2-9 月別絶対湿度の平均値



(a) 温度



(b) 相对湿度



(c) 絶対湿度

図 1-2-10 温度・相对湿度・絶対湿度の測定値

図 1-2-7～図 1-2-9 に温度、相対湿度、絶対湿度（温度と相対湿度から算出）の月別平均値、図 1-2-10 に温度、相対湿度、絶対湿度の測定値を示す。温度については、6～9月までの間に 28 を超えるケースが若干見られたが、相対湿度については、6～10月に 70%を超え、11～3月に 40%を下回るケースが多くみられた。6～10の平均温度は 26.0、11～5月の平均温度は 23.7 であったため、26 の条件で 70%（夏期）を下回るために、絶対湿度を 0.015kg/kg(DA)以下に減湿、また、24 の条件で 40%を上回るために、絶対湿度を 0.007kg/kg(DA)以上に加湿する必要があるが、現状では、夏期の減湿と冬期の加湿が不十分であることが明らかになった（図 1-2-10(C)）。

B.3 二酸化炭素・一酸化炭素濃度

図 1-2-11 に二酸化炭素濃度の累積頻度分布を示す。二酸化炭素の累積頻度について赤い線は建築物衛生法の管理基準値の 1000ppm を示している。東京都の二酸化炭素調査 1071 件の測定のうち管理基準を満たさなかったのは 145 件であり、不適率が 13.5%であった。

図 1-2-12 は二酸化炭素の月別データを示す。二酸化炭素濃度は管理基準値の 1000ppm を季節に関係しないこと分かった。

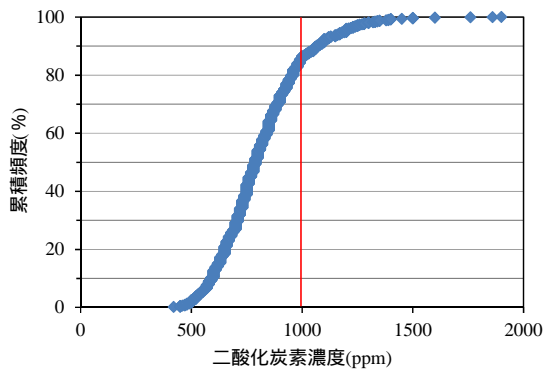


図 1-2-12 二酸化炭素濃度の累積頻度分布

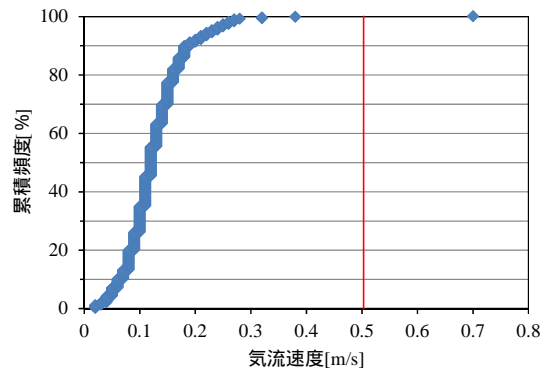


図 1-2-13 気流速度の累積頻度分布

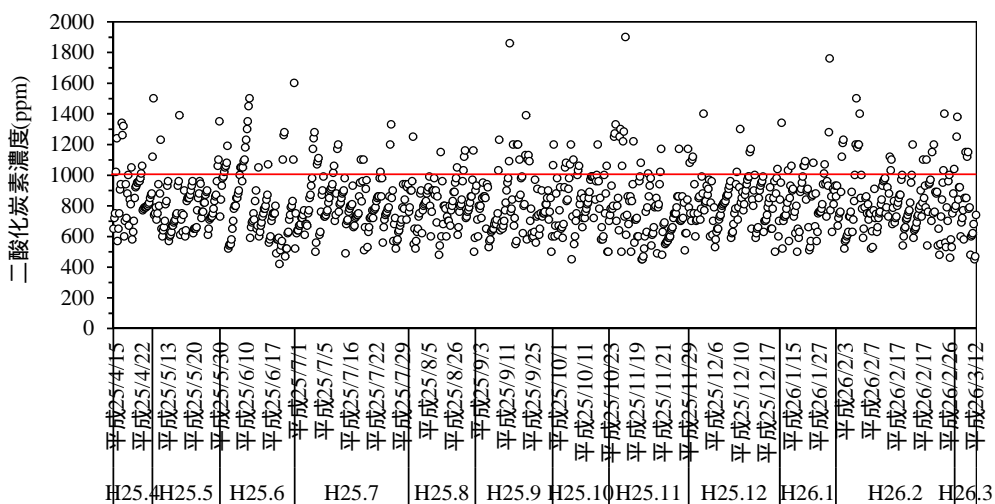


図 1-2-11 二酸化炭素濃度の測定値

B.4 気流速度・浮遊粉塵

図 1-2-13 に気流速度の累積頻度を示す。気流速度の累積頻度について、赤い線は建築物衛生法の管理基準の 0.5m/s を示している。東京都の気流速度調査 458 件の測定のうち管理基準を満たさなかったのは 1 件であり、不適率は 0.2% であった。

一酸化炭素と浮遊粉塵については、いずれも不適率が 0% であった。

1-3 まとめ

本研究では、以下の 2 つのテーマについて検討を行った。

厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の最新動向の解析。

東京都の立ち入り測定のデータを用いた室内空気環境の詳細な解析。

上記の検討により、下記の事柄が明らかになった。

(1) 全国の不適率については、平成 8 年度から平成 25 年までの間に、浮遊粉塵、CO、ホルムアルデヒド(統計開始平成 15 年度から)、気流速度が数%であったのに対して、温度、湿度、二酸化炭素濃度が平成 11 年度から上昇し続けている。その間に顕著な上昇が見られたのは、平成 11 年度、平成 15 年度、平成 23 年度の 3 回であった。平成 11 年度は大規模な省エネ法の改正の翌年、平成 15 年度は建築物衛生法改正の翌年、平成 23 年度は東日本大震災であるため、その法改正や震災直後の節電などによる省エネが深く関わっていることが示唆された。

(2) 全国地域別の不適率についてみると、地域によってその不適率の差は数十%であった。直近の平成 25 年度では、二酸化炭素濃度の不適率の上位 3 位は宮城県(1 位)、神奈川県(2 位)、愛知県(3 位)、温度の不適率の上位 3 位は岐阜県(1 位)、高知県(2 位)、香川県(3 位)、相対湿度不適率の上位 3 位は沖縄県(1 位)、神奈川県(2 位)、宮城県(3 位)であった。今後、これらの地域の建築物衛生管理の現状や環境監視員による監視体制などについて調査する必要があると思われる。

(3) 平成 25 年度の東京都のオフィスビルにお

ける立ち入り測定データを用いた解析の結果、前述した全国の不適率より低く、二酸化炭素濃度、温度、湿度の不適率はそれぞれ 14%(全国:34%)、2.2%(全国:29%)、21%(全国:56%)であった。東京都の調査対象の殆どは 10,000m² 以上の大規模なビルであり、性能の比較的よい空調・換気設備が備えられており、維持管理体制も充実していることが寄与していると推察される。しかしながら、それでも相対湿度の不適率は 21%になっており、空調設備による夏期の減湿、とくに冬期の加湿が不十分であることが測定値からも認められた。大規模なビルでも、冬期の加湿が難しいことが浮き彫りとなり、その対策が必要である。

平成26年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

2. 健康危機に対応した環境衛生管理項目の検討

分担研究者 東 賢一 近畿大学医学部

研究要旨

近年、「温度」、「相対湿度」、「二酸化炭素」について、建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準に適合しない特定建築物の割合（不適率）が、特に事務所において上昇傾向にある。また、室内の微生物汚染や大気中の超微小粒子汚染、VDU（パソコン等のディスプレイ装置）作業に与える低湿度の影響など、室内環境や建物外の大気汚染による健康影響が近年示唆されている。そこで本研究では、これらの背景を踏まえ、建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査と室内環境の測定調査を実施し、建築物における衛生的環境の維持管理の実態や、建築物利用者の健康状態や職場環境等の実態を把握する。

平成25年度冬期に実施したアンケート及び実測調査のデータを解析・整理した。総じて目の症状、非特異症状、上気道症状の有症率が高く、前年度までの厚生労働科学研究の結果と同様であった。空気質では、建築物衛生法の相対湿度の基準、PM_{2.5}の環境基準を満たしていない建物が散見された。また、平成26年度冬期に実施した室内環境測定結果をまとめた。冬期5ビルの実測結果から、冬期の低湿が確認された。そのうちの中央方式の1ビル（T-01）は40%RHを上回ったが、他の個別方式の4ビルは40%RHを下回っており、個別方式における低湿の問題はより深刻であることが示された。

今後、室内環境因子として考慮が必要なPM_{2.5}、エンドトキシン濃度、総合温熱指標（PMV、SET*）について、測定目的及び重要性について説明している。建築物内でのPM_{2.5}の計測については、I/O比が1を下回っていても、粒径によっては上回っている粒径もあり、除じんの効果が高く、室内発生が認められることとなり、粒径別の室内粒子の現状について、把握することも重要と考えられる。微生物は培養法が基本となっているため、結果算出までは時間を要する。次年度からは室内及び空調機器の微生物汚染度合いを示すためのバロメータとしてエンドトキシンを挙げ、現場測定及び既存の培養法との比較研究を通じ、その活用可能性を模索する。人体周辺からの放射が大きく影響する室内温熱環境は、建築物衛生法が測定対象としてきた温度・相対湿度・気流の3要素のみでは適切な環境評価が難しく、新技術の導入・建物性能の変化とそれによる室内温熱環境の変化・在室者の認識変化など社会的要求を十分に反映することが難しくなっている。そのため、温度・相対湿度・気流に加え、放射温度・代謝量・着衣量までを考慮した総合温熱指標であるPMVおよびSET*の測定と評価について検討する。

研究協力者

大澤元毅 国立保健医療科学院
鍵 直樹 東京工業大学情報理工学研究科
柳 宇 工学院大学建築学部
金 勲 国立保健医療科学院
奥村龍一 東京都健康安全研究センター
河野彰宏 大阪市役所生活衛生課

2. 健康危機に対応した環境衛生管理項目の検討

オフィスビルの室内環境は建物性能や設備機器の性能向上、省エネルギーと生産性向上への要求などから昔とは異なる傾向を呈してきている。一方、微生物汚染や大気中の超微小粒子汚染、VDU（パソコン等のディスプレイ装置）作

業に与える低湿度の影響など、室内環境や建物外の大気汚染による健康影響が近年示唆されている。

本研究では建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査と室内環境の測定調査を実施し、建築物における衛生的環境の維持管理の実態や、建築物利用者の健康状態や職場環境等の実態を把握する。また、オフィス環境に起因すると思われる健康障害の実態と職場環境との関連性や、建築物利用者の健康や職場環境に影響する可能性のある維持管理上の課題を明らかにする。

本研究は以下内容から構成される。

建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査

室内環境の測定調査

- ・ 温度，相対湿度，浮遊粉じん濃度
 - ・ 浮遊真菌・細菌濃度，PM_{2.5}，化学物質濃度
- 今後さらに検討が必要な環境因子及びその測定方法

- ・ PM_{2.5}
- ・ エンドトキシン濃度
- ・ 総合温熱指標の考慮：PMV，SET*

2-1 職場環境と健康に関する調査

A. 研究目的

近年、建築物の多様化や省エネルギー対応などより、建築物衛生法の管理基準に適合しない建築物が増加している^{1),2)}。また、微生物や超微小粒子など建築物に関わる汚染要因も変化してきており、監視方法や管理基準を含めた環境衛生管理のあり方を検討する必要があると考えられる³⁾。

このような背景を踏まえ、本研究では、建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査と室内環境の測定調査を実施し、建築物における衛生的環境の維持管理の実態や、建築物利用者の健康状態や職場環境等の実態を把握する。そして、オフィス環境に起因すると思われる健康障害の実態と職場環境との関連性や、建築物利用者の健康や職場環境に影響する可能性のある維持管理上の課題を明らかにする。

平成 25 年度までの厚生労働科学研究費による調査では、2 回（夏冬）の断面調査を実施した。その結果、建物室内関連症状の有症率は、

1990 年代に調査された米国の大規模オフィスビルほどではないが、日本でも少なからず残っており、温湿度環境、薬品や不快臭、ほこりや汚れ、騒音、居室の改装、温湿度や二酸化炭素の建築物環境衛生管理基準に対する不適合との関係等の可能性が示唆された⁴⁾。

現在、建築物衛生法に基づく環境衛生管理基準の測定及び点検は、6 回/年実施することとなっている。事務所労働者の症状に関するリスク要因や、維持管理上の問題を明らかにするためには、平成 25 年度までの調査で行った 2 回の断面調査だけでは十分とは言えない。年間を通じた縦断調査が必要である。そこで、本調査では、調査事務所数を全国数地点の数十件程度に絞ったうえで、2 年間（2 ヶ月ごとに中間評価を実施）の前向き縦断調査を実施する。そして、事務所に勤務する従業員の症状に関するリスク要因と建築室内環境における維持管理上の問題点について、より高い科学的エビデンスを得る。なお、本年度は、平成 25 年度冬期（平成 26 年 2 月に調査実施）における調査結果の整理も行ったので、その結果も報告する。

本研究で得られた成果は、建築物における衛生的環境を確保するうえで、今後の建築物に必要な管理基準や監視方法等のあり方に関する施策の立案に寄与するものである。

B. 研究方法

B.1 平成 25 年度冬期における断面調査

B.1.1 調査対象

前年度までの厚生労働科学研究⁴⁾において、平成 25 年 1 月～3 月（平成 24 年度冬期）と平成 25 年 8 月～9 月（平成 25 年度夏期）に調査を行った建物のうち、引き続き平成 26 年 2 月にも協力していただいた建物を調査した。

SBS 関連症状については、全国規模のアンケート調査で実施した調査項目において、NIOSH の 5 つの主症状（目の症状、非特異症状、上気道症状、下気道症状、皮膚症状）のうち、1 つ以上を有するものをクライテリアとした。そして、調査を実施した建物において得られた回答のうち、そのクライテリアを満たす従業員の割合を有症率と定義した。

B.1.2 調査項目

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(0.3μm以上、0.5μm以上、0.7μm以上、1.0μm以上、2.0μm以上、5.0μm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、細菌濃度を計測した。

計測用の試料は、各事務所の1フロアの一点及び外気について、30分間の採取を行った。また、事務所1件あたりに従業員用調査票を協力可能な限り配付した。従業員用調査票は無記名とし、調査票記入後、無記名の封書に厳封して管理者用調査票とまとめて郵送により回収した。これらの調査票は、前年度までの厚生労働科学研究⁴⁾で使用した調査票と同じものである。

B.2 平成26年度から実施する縦断調査

B.2.1 研究デザイン

自記式調査票を調査対象の企業に配付し、郵送にて回収を行う。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)を実施する。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質問する。従業員用調査では、職場環境と健康状態などを質問する。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する。

調査票によるアンケートは2ヶ月に1回、温

湿度は連続測定、その他の項目は4ヶ月に1回の頻度で実施する。

B.2.2 調査対象

今年度は、東京都と大阪市に所在する事務所用途の特定建築物を調査対象とした。東京都の特定建築物は多数なため、延床面積1万平方メートル以上の特定建築物を調査対象とした。

調査対象の事務所を選定するにあたり、東京都健康安全研究センタービル衛生検査係と大阪市生活衛生課を通じた情報公開請求で得た情報をもとに、実態調査依頼書を建築物管理者に送付した。調査依頼は、大阪市1543施設、東京都1582施設であり、大阪市と東京都に届け出されている全ての施設に調査依頼書を郵送した。調査依頼書の発送は、平成27年1月20日に実施した。

B.2.3 自記式調査票

管理者用及び従業員調査票は、平成23~25年度の研究で使用した調査票⁴⁾を使用する。従業員調査票は、米国環境保護庁⁵⁾、米国国立労働安全衛生研究所⁶⁾、欧州共同研究⁷⁾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⁸⁾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。

(倫理面での配慮)

本研究のアンケート調査は、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NI-NIPH-IBRA#12077、平成26年10月16日承認)を得て実施している。

表 2-1-3 空気質の測定結果

管理 用ID	温度 (℃)	湿度 (%)	一酸化炭 素(ppm)	二酸化炭 素(ppm)	粉じん(μ g/m ³)	PM _{2.5} (μ g/m ³)	PM ₁₀ (μ g/m ³)	ホルムア ルデヒド (μg/m ³)	アセトアル デヒド(μ g/m ³)	トルエン (μg/m ³)	エチルベ ンゼン(μ g/m ³)	TVOC(μ g/m ³)	真菌 (cfu/m ³)	細菌 (cfu/m ³)
T-03	24.7	47.5	0.1	876	10.8	19.1	20.7	14.1	8.1	11.2	3.7	169.4	5	315
0-05	20.8	39.8	0.1	907	43.7	112.8	116.2	7.2	5.6	13.8	4.7	155.1	30	780
0-07	21.6	28.8	0.1	705	70.9	144.1	146.4	7.9	6.0	13.3	4.4	29.8	5	1695
0-08	22.9	44.8	0.1	925	46.2	111.0	113.8	7.0	6.9	11.0	3.1	22.4	15	90
0-09	23.2	27.8	0.1	739	48.3	130.9	132.1	7.2	11.4	80.5	21.0	182.0	5	1495

C. 研究結果および考察

C.1 平成 25 年度冬期における断面調査

C.1.1 建物の基本属性

表 2-1-1 に調査を実施した建築物の概要を示す。東京 1 件、大阪 4 件で合計 5 件の建物で調査を行った。従業員への回答は、事務所の従業員ほぼ全てから得られた。O-08 の事務所はほとんどが男性であり、平均年齢も 50.6 歳と最も高かった。

表 2-1-1 調査を実施した建物の概要

管理用ID	地域	建築物衛生法	空調方式	従業員回答数	男性比率	平均年齢	喫煙率(%)	喫煙対応
T-03	東京	特定	個別	59	78.0	43.1	44.1	禁煙
O-05	大阪	特定	中央・個別	19	61.1	46.0	15.8	禁煙
O-07	大阪	特定	個別	20	55.0	40.8	25.0	完全分煙
O-08	大阪	特定	個別	18	94.4	50.6	27.8	完全分煙
O-09	大阪	特定	中央	9	88.9	49.4	33.3	禁煙

C.1.2 主症状の有症率と空気質

表 2-1-2 にそれぞれの建物の事務所における主症状の有症率、表 3 に空気質の測定結果を示す。空気質の測定結果では、欠測データが多かった測定項目は除外した。

表 2-1-2 主症状の有症率

管理用ID	目の症状	非特異症状	上気道症状	下気道症状	皮膚症状	いずれかの症状
T-03	25.5	17.6	19.1	1.8	9.3	38.8
O-05	17.6	11.8	6.7	0	5.6	28.6
O-07	22.2	10.5	6.7	0	5	31.3
O-08	5.6	0	12.5	0	0	12.5
O-09	0	0	0	0	0	0

有症率では、総じて目の症状、非特異症状、上気道症状の有症率が高く、前年度までの厚生労働科学研究の結果⁴⁾と同様であった。空気質の測定を行った建物の数が限られていたため、本データのみでの症状と空気質との関係に関する統計解析は実施しなかった。全体的には、T-03、O-05、O-07 の建物で有症率が高かった。

空気質では、O-07 と O-09 の建物で相対湿度が建築物衛生法の環境基準を大きく下回っていた。また、PM_{2.5}濃度は、大阪で測定した 4 施設

(O-05、O-07、O-08、O-09) で 1 日平均値の環境基準 (35μg/m³) を上回っており、注意喚起の判断に用いる午前 5 時から 12 時の 1 時間値 80μg/m³ も上回っていた。O-05、O-07、O-08、O-09 のそれぞれの測定日時は、平成 26 年 2 月 26 日 9 時 20 分から同 40 分、同日 14 時 5 分から同 25 分、同日 15 時 55 分から同 16 時 15 分、同日 14 時 10 分から同 30 分であり、外気濃度はそれぞれ 226μg/m³、142μg/m³、129μg/m³、140μg/m³ であった。従って、この日は測定を実施した地域で外気濃度が高く、外気から室内にも PM_{2.5} が高い比率で侵入し、室内濃度を上昇させていた。また、その濃度は、注意喚起のための暫定指針値である 1 日平均値 70μg/m³ を上回っていたと考えられる。

アルデヒド類と揮発性有機化合物の濃度は、いずれの施設でも厚生労働省の室内濃度指針値や TVOC の暫定目標値を十分に下回っていた。浮遊真菌の濃度は、いずれの施設でも日本建築学会の維持管理基準 50 cfu/m³ を下回っていた。浮遊細菌濃度は、O-05、O-07、O-09 の建物で日本建築学会の維持管理基準 500 cfu/m³ を上回っていた。

C.2 平成 26 年度から実施する縦断調査

現在、調査依頼書に付した回答書の回収中である。平成 27 年 3 月 3 日時点で、東京都で 16 施設、大阪市で 9 施設から調査協力可能との回答を得ている。また、調査協力する方向で社内稟議中と電話等で連絡をいただいた施設もあり、最終的にはさらに増える見込みである。

調査依頼への回答の回収終了後、過去 1 年間の不適率の状況、空調設備の種類、加湿器の種類、延床面積などをもとに、調査対象施設事務所を選定する予定である。その後、対象施設との打ち合わせを行った後、事務所 1 件あたりに管理者用調査票 1 部、当該事務所に勤務する従業員用全員に従業員調査票を配布する予定である。管理者用及び従業員用調査票は、調査票記入後、封書に厳封して個別に郵送等で回収する。そして、回答者に ID を付して連結票を作成し、これ以降の縦断調査を行う。

D. 総括

平成 25 年度冬期に実施した実態調査のデータを整理したところ、総じて目の症状、非特異症状、上気道症状の有症率が高く、前年度までの厚生労働科学研究の結果と同様であった。空気質では、建築物衛生法の相対湿度の基準、PM_{2.5} の環境基準を満たしていない建物が散見された。

また、次年度以降に大阪市と東京都の事務所用途の特定建築物に対する縦断調査を行うにあたり、調査対象施設に関する情報の入手と調査依頼を行った。平成 27 年 1 月に大阪市 1543 施設、東京都 1582 施設に調査依頼書を郵送し、現在回収中である。次年度以降、本調査を実施する予定である。

E. 参考文献

- 1) 大澤元毅ら：建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究，平成 21～22 年度総括・分担総合研究報告書，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，2011 年 3 月。
- 2) 大澤元毅ら：建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究，平成 21 年度総括・分担総合研究報告書，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，2010 年 3 月。
- 3) 東 賢一．建築室内環境に関連する症状とそのリスク要因—日本におけるシックビルディング症候群の現状—．保健医療科学 63(4):334–341, 2014.
- 4) 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。
- 5) 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.
- 6) National Institute for Occupational Safety and Health: Indoor Air Quality and Work Environment Symptoms Survey, NIOSH Indoor Environmental Quality Survey. Washington, DC: NIOSH, 1991.
- 7) Andersson K: Epidemiological approach to indoor air problems. *Indoor Air* 4 (suppl): 32–39, 1998.
- 8) 厚生労働省: 職業性ストレス簡易調査票, 2005.

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 東 賢一．建築室内環境に関連する症状とそのリスク要因 日本におけるシックビルディング症候群の現状 ．保健医療科学 63(4):334–341, 2014.
- 2) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Prevalence and risk factors associated with nonspecific building-related symptoms in office employees in Japan: relationships between work environment, Indoor Air Quality, and occupational stress. *Indoor Air*, Epub ahead of print. DOI: 10.1111/ina.12158.
- 3) 東 賢一．室内化学物質規制に関する国内外の動向. ビルと環境, 第 148 号, pp. 6–19, 2015.
- 4) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Nonspecific building-related symptoms of office employees and indoor air quality of the work environment: a surveillance study for their relevance in office buildings in Japan. *Proceedings of the Healthy Buildings 2015 Europe*, 6 pages, in press, 2015.

2. 学会発表

- 1) 高野大地, 池田耕一, 東 賢一, 鍵 直樹, 柳 宇, 大澤元毅. 建築物利用者の職場環境と健康に関するアンケート調査. 第 31 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, 早稲田大学, 2014 年 5 月 20-21 日.
- 2) 東 賢一, 池田耕一, 鍵 直樹, 柳 宇, 下平智子, 大澤元毅. オフィスビル労働者の

ビル関連症状とリスク要因に関する調査.
第84回日本衛生学会学術総会, 岡山コンベンションセンター, 2014年5月25-27日.

- 3) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Shimodaira T, Osawa H. Prevalence of and Risk Factors for Nonspecific Building-Related Symptoms in Employees Working in Office Buildings: Relationships among Indoor Air Quality, Work Environment, and Occupational Stress in Summer and Winter. 13th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Hong Kong, China, July 7-12, 2014.
- 4) Azuma K, Uchiyama I, Katoh T, Ogata H, Arashidani K, Kunugita N. Risk factors for self-reported chemical intolerance: a two-year follow-up study. 26th Annual International Society for Environmental Epidemiology Conference, Seattle, Washington, USA, August 24-28, 2014.
- 5) 東 賢一, 鍵 直樹, 柳 宇, 大澤元毅, 金 勲, 池田耕一. 建築物利用者の健康と職場環境の空気質との関係に関する調査. 平成26年度空気調和・衛生工学会大会, 秋田大学, 2014年9月3-5日.
- 6) 東 賢一, 池田耕一. オフィスビル労働者のビル関連症状とリスク要因に関する全国規模の調査研究. 第88回日本産業衛生学会, 大阪, 2015年5月13日-5月16日. (予定)
- 7) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Nonspecific building-related symptoms of office employees and indoor air quality of the work environment: a surveillance study for their relevance in office buildings in Japan. Healthy Buildings 2015 Europe, Eindhoven – The Netherlands, May 18-20, 2015. (予定)
- 8) Azuma K. Indoor air quality and health effects in Japanese offices. 31st International Congress on Occupational Health, Seoul – Korea, May 31-June 5, 2015. (予定)

G. 知的財産権の出願・登録状況(予定含む)
予定なし

2-2 冬期におけるオフィスビル内空気環境の測定

A. 測定対象

前年度の2013年8月23日から9月11日間に測定した対象のうち、表 2-2-1 に示す対象を2014年2月21日から2月26日の間に同様な測定を行った。

B. 測定項目

測定は表 2-2-2 に示すように、浮遊微生物、室内・気温湿度、粒子径別浮遊粒子個数濃度、PM_{2.5}、PM₁₀の濃度、一酸化炭素濃度(CO)、二酸化炭素濃度(CO₂)などについて行った。

C. 測定方法

C.1 温湿度

室内温湿度の測定には、温湿度データロガー(Thermo Recorder TR-72U, T&D社製)を使用した。机上等に約1か月間設置し、5分間隔の連続測定を行った。外気温湿度の測定には、ボタン型温湿度データロガー(Knラボラトリーズ

製)を使用した。

C.2 浮遊細菌・真菌

浮遊細菌と真菌のサンプリングにバイオサンプラーMBS-1000(ミドリ安全社製)を使用し、室内の机上(IA)、給気口(SA)、屋外(OA)の3か所でサンプリングを行った。IA、SA、OAそれぞれ2回ずつサンプリングし、室内、給気口、屋外ともに100L/minで行った。細菌の測定にはソイビーンカゼイン寒天培地(SCD培地)、真菌の測定にはジクロラン・グリセロール寒天培地(DG-18培地)を用いた。

サンプリング終了後、インキュベーター(IQ820, Yamato社製)内で、DG-18培地は25・5日間、SCD培地は32・2日間で培養した。培養後、コロニーカウンター(柴田製)を用い、培地上の全コロニー数を計測し、真菌については実態顕微鏡(SZX71 オリンパス製)、生物顕微鏡(CKX41 オリンパス製)を用いて形態学的による同定を行った。

表 2-2-1 測定対象の概要

冬季							
2/21(金)PM	T-01	東京都新宿区	地上27階地下2階	1999	737.28	AHU+ダクト	晴れ
2/26(水)AM	O-01	大阪府茨木市	地上5階	1993	245.76	個別+外調機	晴れ
2/26(水)AM	O-02	大阪府箕面市	地上4階	1996	609.82	個別	晴れ
2/26(水)PM	O-03	大阪府池田市	地上5階	2007	454	個別+中央	晴れ
2/26(水)PM	O-04	大阪府池田市	地上5階	1968	136.96	個別+中央	晴れ

表 2-2-2 測定項目及び測定機器

測定項目	測定機器	測定場所		
		室内(IA)	外気(OA)	給気口(SA)
室内温湿度	温湿度データロガー			
外気温湿度	ボタン型温湿度データロガー			
浮遊微生物	真菌	バイオサンプラー		
	細菌			
粒子径別浮遊粒子濃度(個数)	パーティクルカウンター			
PM _{2.5} 、PM ₁₀ の粒子濃度(質量)	デジタル粉じん計			
CO、CO ₂	IAQモニタ			
VOC	Tenax-TA管			
HCHO	DNPHカートリッジ			

C.3 粒径別浮遊粒子個数濃度

粒径別浮遊粒子個数濃度の測定は、パーティクルカウンターKR12A (RION 製) を用いた 1 分間隔の連続測定を行った。なお、測定時間帯の 20~30 分間であった。PM_{2.5}, PM₁₀ の濃度の測定に DustTrak II 8530 (TSI 製) を用いた。

C.4 CO₂・CO

CO₂ と CO の濃度の測定に、IAQ モニタ形式 2211 (KANOMAX 製) を用いた。

D. 結果

D.1 温湿度

図 2-2-1 と図 2-2-2 に空調運転時間帯の室内温度と相対湿度の四等分値 (最大値, 75%タイル値, 中央値, 25%タイル値, 最小値) を示す。

室内温度は 14.4 ~ 27.8 , 相対湿度は 22~57% の範囲で変動するものの, 温度と相対湿度の中央値はそれぞれ 21.2 ~ 25.9 , 28 ~

45%であった。温度については, 最小値 (立ち上がり時) を除けば, 全て建築物衛生法の管理基準 17~28 を満足している。相対湿度については, T-01 ビルが管理基準値 40~70% を満足しているのに対して, O-02 の 75%タイル値, O-01 と O-04 の中央値, O-03 の 25%タイル値は 40% を下回っていた。

T-01 はエアハンドリングユニットを備えている中央方式であるのに対して, O-01 ~ O-04 はパッケージを有する個別方式であった。個別方式での加湿が難しいことが確認された。

図 2-2-3 ~ 図 2-2-7 に各測定対象の室内温湿度の経時変化を示す。温湿度は 2 月 21 日から 3 月 24 日 (東京), 2 月 26 日から 3 月 19 日 (大阪) の間の 5 分間隔の連続測定結果である。温湿度の日変動の特性が示されている。相対湿度の最も低い O-02 については, 常に 40% を下回った水準で推移していることが分かった。

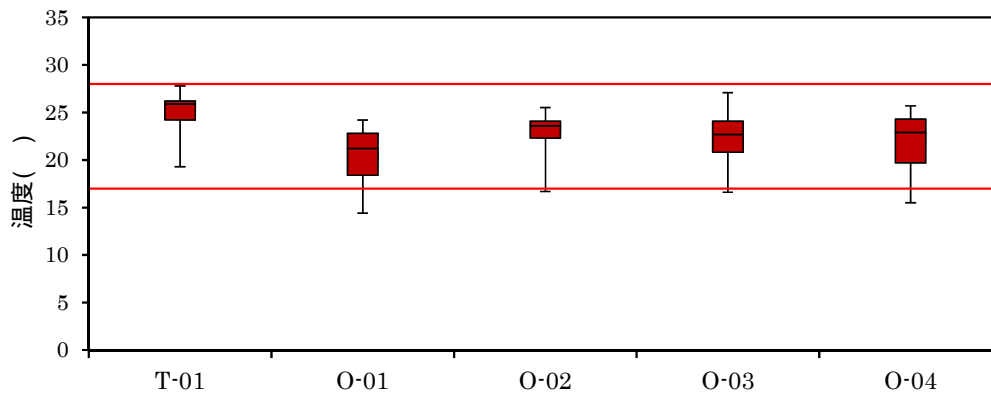


図 2-2-1 測定対象の概要

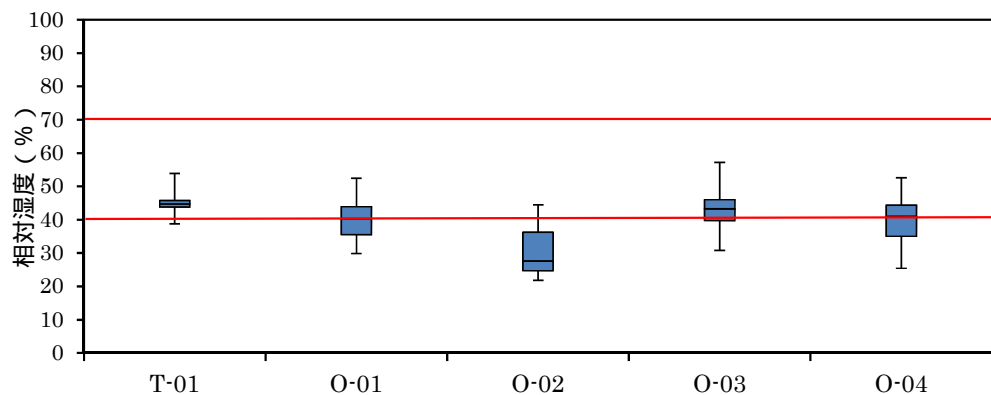


図 2-2-2 測定項目及び測定機器

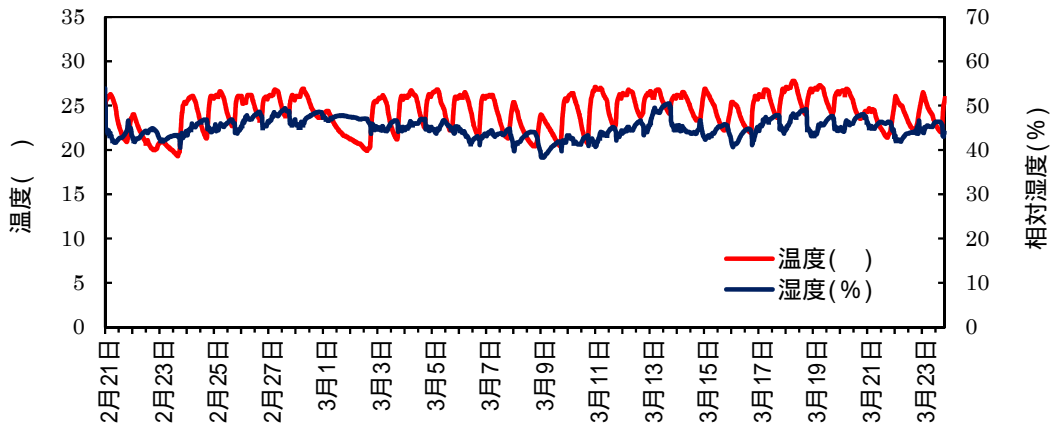


図 2-2-3 温湿度の経時変化 (T-01)

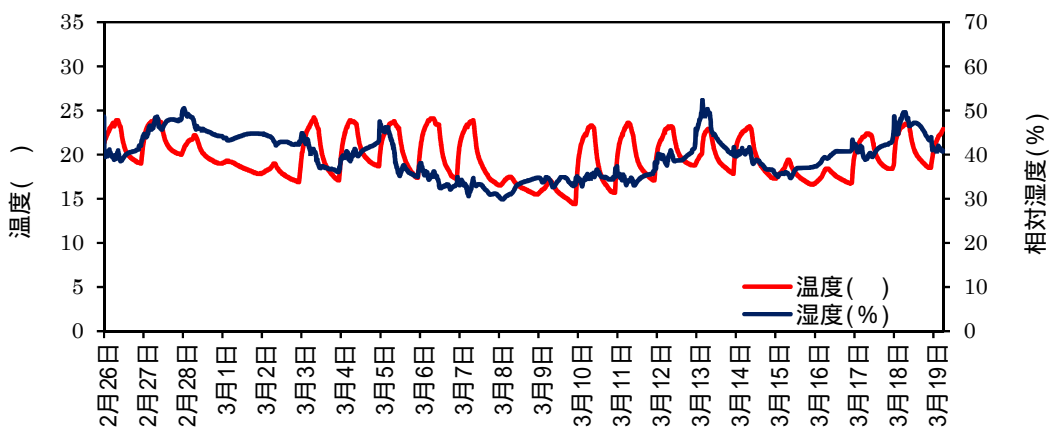


図 2-2-4 温湿度の経時変化 (O-01)

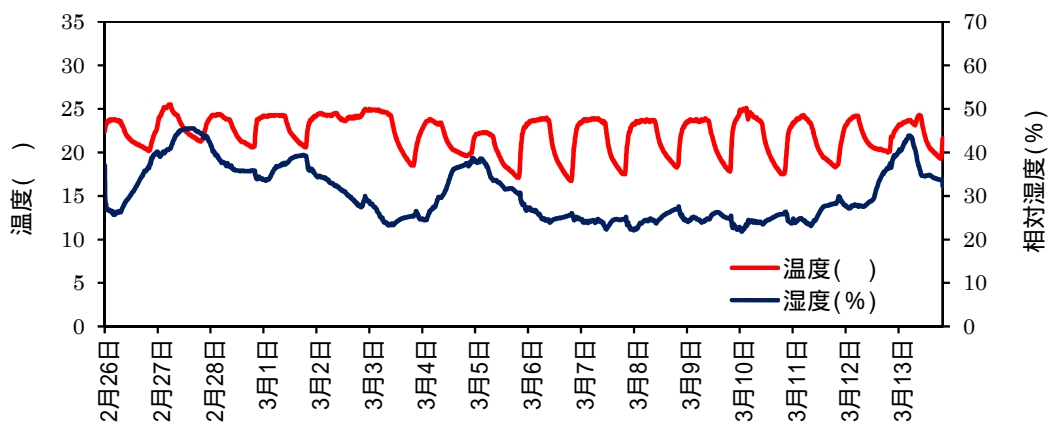


図 2-2-5 温湿度の経時変化 (O-02)

D.2 浮遊粒子濃度

図 2-2-8 と図 2-2-9 にそれぞれ室内，外気の PM_{2.5}，PM₁₀ の粒子濃度を示す。赤線はそれぞれ大気汚染の PM_{2.5} の 1 日平均の基準値

35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，PM₁₀ の 1 日平均の基準値 0.10mg/ m³，建築物環境衛生管理基準の 0.15mg/ m³ を表している。PM_{2.5} の室内については，環境基準はないため，参考として大気の基準値と比較して

いる。PM_{2.5} の濃度において、室内で基準値を超えていたのは大阪の 4 件で、4 件とも 100 μg/m³ を超えていた。外気の基準値を超えているのも同様に大阪の 4 件が大きく上回る結果となっている。O-01 が一番高く基準値の 6.4 倍の

225 μg/m³ であった。PM₁₀ の粒子濃度において、室内で基準値を超えているものはなかった。外気の基準値においては、大阪の 4 件を超えるという結果となった。PM_{2.5}, PM₁₀ の結果から室内、外気問わず大阪の 4 件がほとんどの基

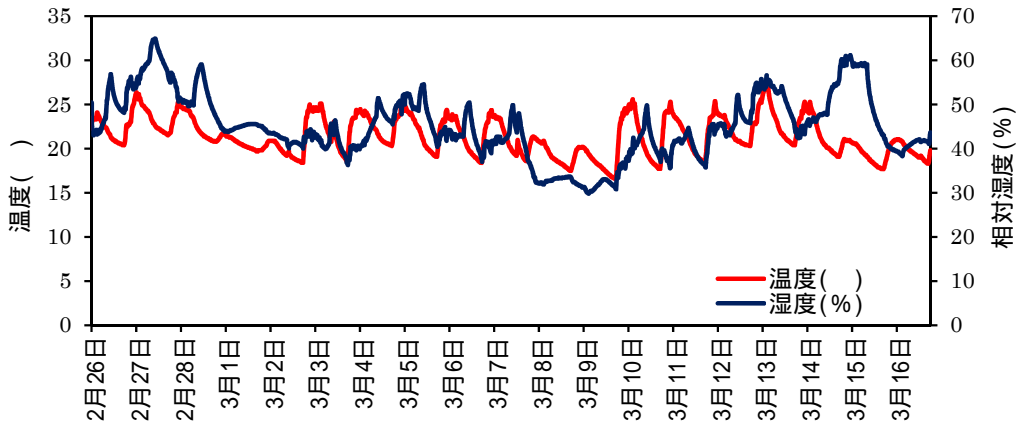


図 2-2-6 温湿度の経時変化 (O-03)

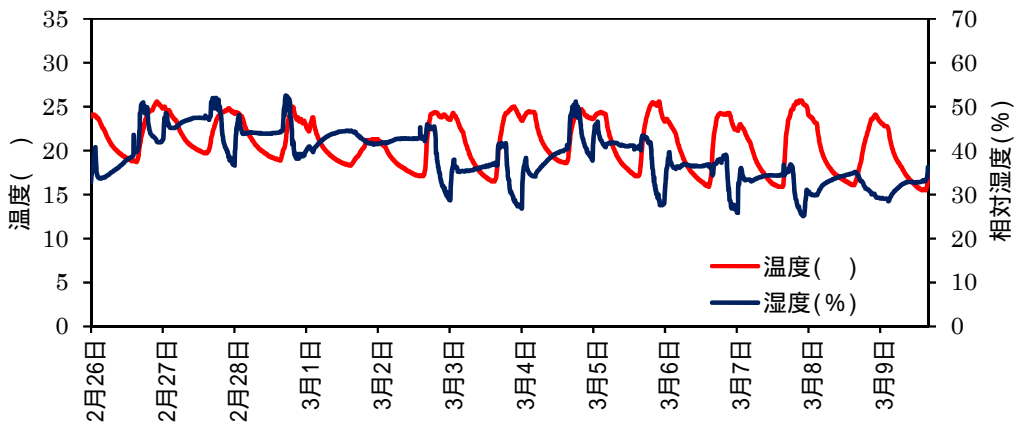


図 2-2-7 温湿度の経時変化 (O-04)

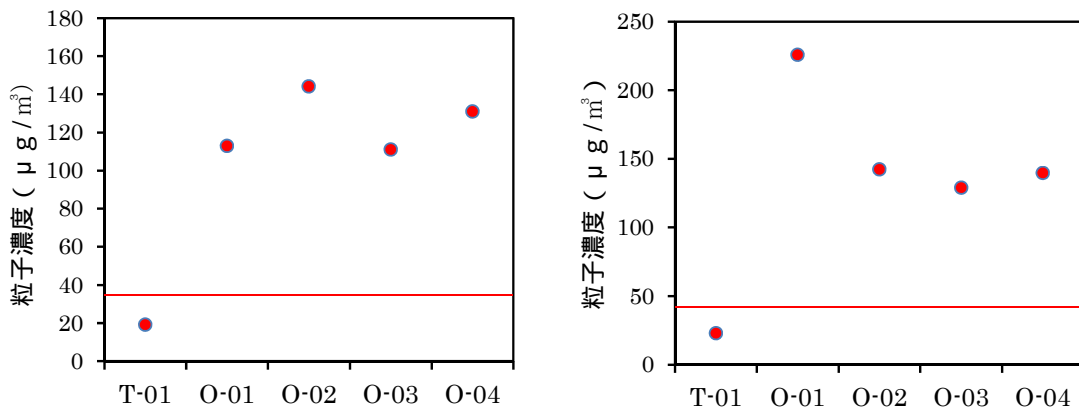


図 2-2-8 PM_{2.5} の粒子濃度(左:室内 右:外気)

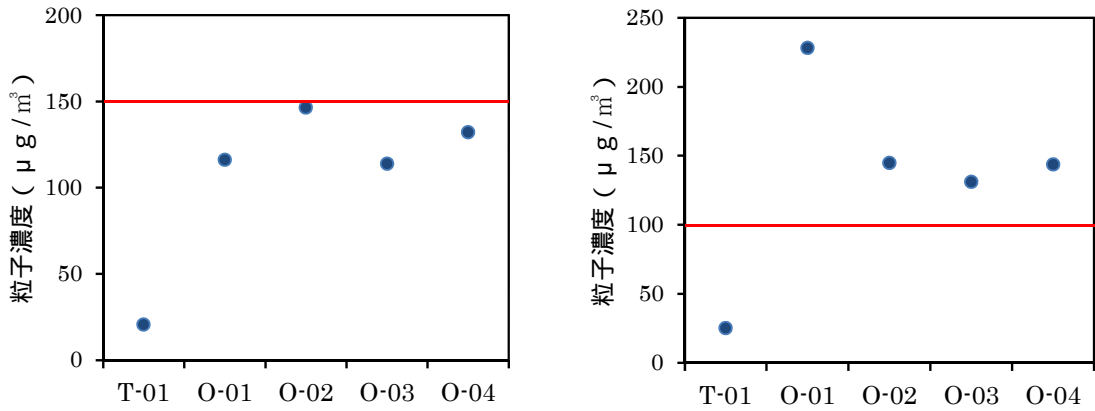


図 2-2-9 PM₁₀ の粒子濃度(左:室内 右:外気)

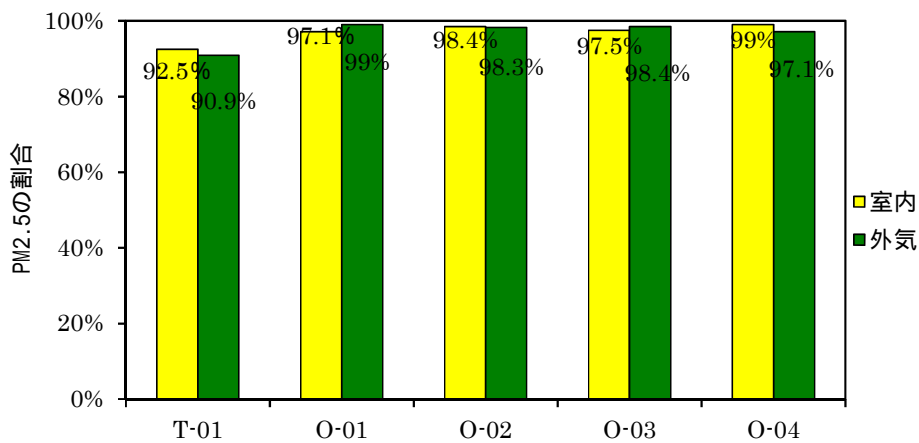


図 2-2-10 PM₁₀ 中の PM_{2.5} の割合

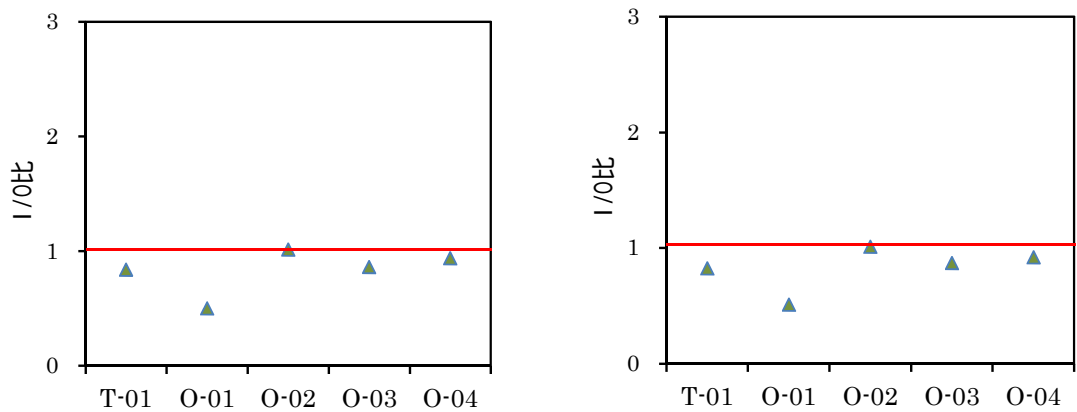


図 2-2-11 PM_{2.5} (左) との PM₁₀ (右) の I/O 比

準値を超えていたことが分かる。

図 2-2-10 は室内、外気中の PM₁₀ に占める PM_{2.5} の割合を示す。O-01 と O-03 の 2 件は室内に比べ 外気中の PM_{2.5} の割合が高く、T-01、O-02、O-03 は室内中の PM_{2.5} の割合が高い結

果となった。すべての物件において、PM₁₀ 中の PM_{2.5} の割合が 90% を超える結果となった。図 2-2-11 は、それぞれ PM_{2.5}、PM₁₀ の I/O を示す。PM_{2.5}、PM₁₀ において、5 件とも I/O 比が 1 を下回った。

図 2-2-12 と図 2-2-13 に室内,外気の各粒径別の粒子濃度,図 2-2-14 に I/O 比を示す。室内の粒子濃度において,大阪の 4 件の値が東京に比べ

ると全体的に高く,粒径別に見ても 5.0 μm までの粒子濃度は大阪の 4 件が非常に高い値となっている。外気の粒子濃度においても室内の粒子

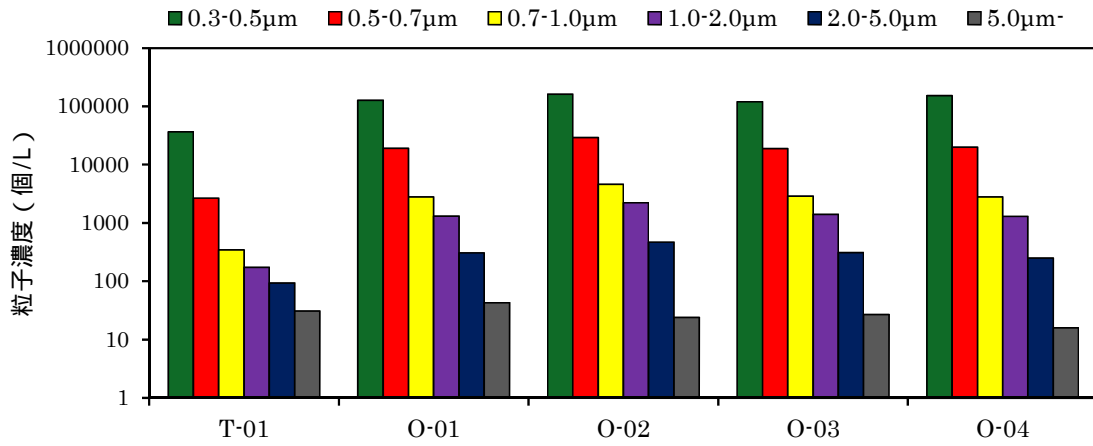


図 2-2-12 室内の粒径別粒子濃度

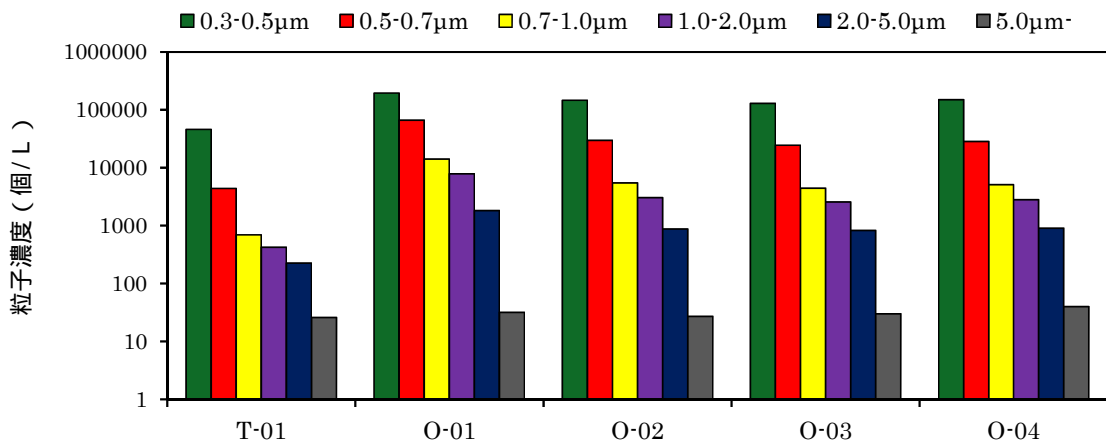


図 2-2-13 外気の粒径別粒子濃度

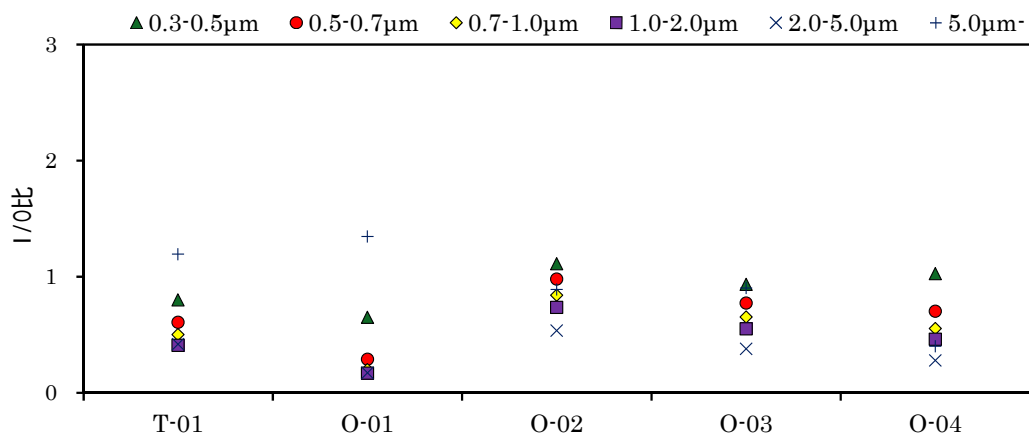


図 2-2-14 各粒径別の I/O 比

濃度の結果と同様に大阪の4件が東京に比べ、全体的に高く、粒径別に見ても5.0 μ mまでの粒子濃度が大阪の4件が東京の値よりも上回るという結果となった。I/O比において、0.3-0.5 μ m

の粒径ではO-02, O-04の2件の値が1を超えていた。5.0 μ m-粒径ではT-01, O-01の2件の値が1を超えていた。

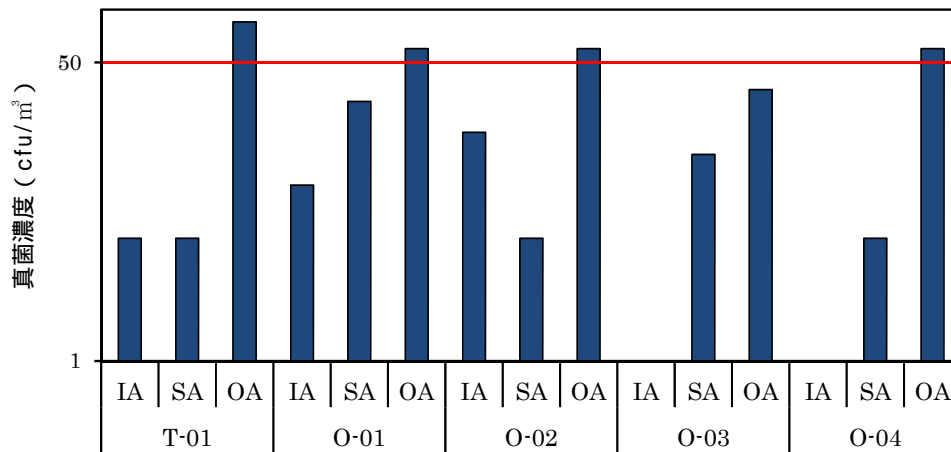


図 2-2-15 浮遊真菌濃度

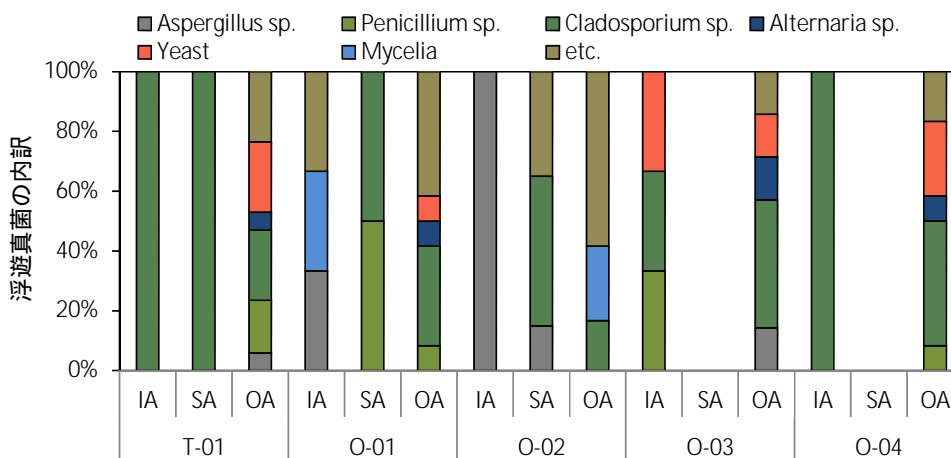


図 2-2-16 浮遊真菌属の内訳

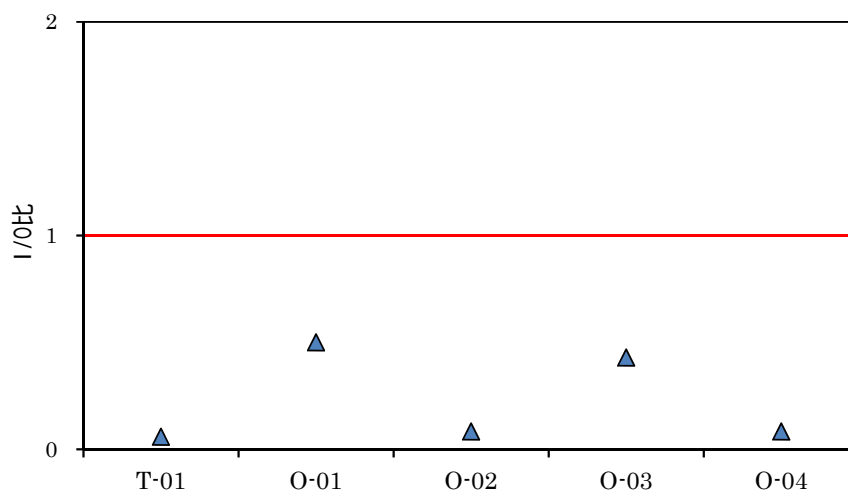


図 2-2-17 各粒径別のI/O比

CO₂

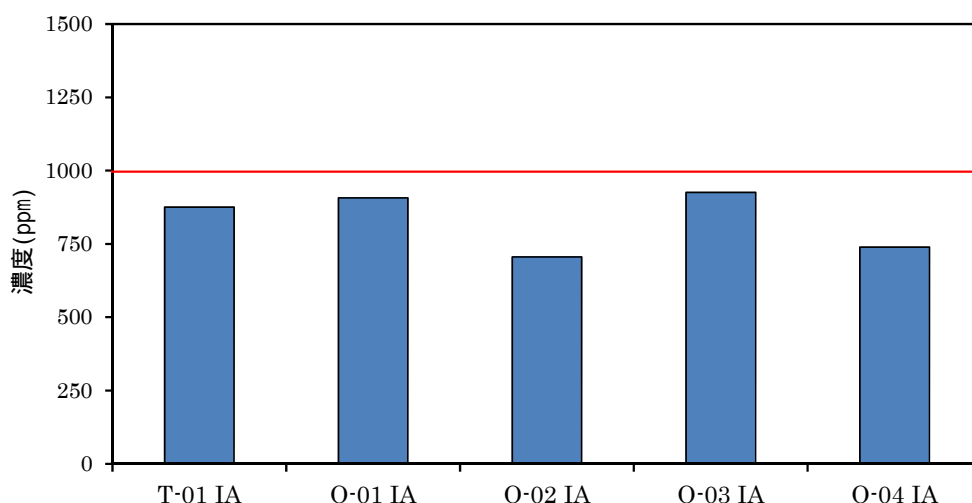


図 2-2-20 CO₂の測定結果

D.3 微生物

図 2-2-15 と図 2-2-16 に空中浮遊真菌濃度、真菌の内訳の割合を示す。図 2-2-15 中の赤線は日本建築学会の維持管理基準値である真菌 50cfu/m³ を表している。浮遊真菌濃度において、室内の浮遊真菌濃度が維持管理基準値を超える物件はなかった。O-03, O-04 の室内では、真菌が検出されなかった。T-01 の浮遊真菌の内訳において室内、給気口では *Cladosporium* spp. (クロカビ) が多く検出されたが、外気中では *Cladosporium* spp., Yeast (酵母) が多く検出された。大阪の浮遊真菌の内訳において、室内では *Aspergillus* spp. (コウジカビ), 給気口では *Penicillium* spp. (アオカビ), 外気では *Cladosporium* sp. が他の菌に比べ高い割合で検出された。

図 2-2-17 に浮遊真菌の I/O 比を示す。浮遊真菌の I/O 比において、1 を上回る物件はなかった。このことから室内に主な汚染源がある物件はないことが分かった。

図 2-2-18 は浮遊細菌濃度を示す。図中の赤線は日本建築学会の維持管理基準値である細菌 500cfu/m³ を表している。浮遊細菌濃度において、維持管理基準値を超える物件はなかった。

図 2-2-19 に浮遊細菌の I/O 比を示す。浮遊細菌の I/O 比において、すべての物件が 1 を上回

っており、室内に汚染源があると示唆された。

D.4 CO₂・CO

図 2-2-20 に CO₂ の測定結果を示す。何れも建築物衛生法の基準値 1000ppm を下回った。また、CO についてはどの測定場所においても基準値の 10 分の 1 以下であった (図省略)。

E. まとめ

本研究では、冬期におけるオフィスビルの室内環境の調査結果を用いた解析を行った。

冬期の 5 ビルの実測結果から、冬期の低湿が確認された。そのうちの中央方式の 1 ビル (T-01) は 40% を上回ったが、他の個別方式の 4 ビルの 75% タイル値 (O-02), 中央値 (O-01, O-04), 25% タイル値 (O-03) は 40% を下回っており、個別方式における低湿の問題はより深刻であることが明らかになった。

2-3 室内 PM_{2.5} の測定方法

A. 研究目的

建築物衛生法で規定されている浮遊粉じん (SPM)の中でも特に粒径 2.5 μm 以下の微小粒子 PM_{2.5} に関しては、吸入されると呼吸器系深部にまで達し、人の健康に大きな影響を与えると報告されている¹⁾。人は日常生活の大半を室内で過ごす²⁾とされており、室内空気中の微粒子濃度を把握することは、健康影響を評価する上で重要である。大気環境においては、PM_{2.5} に関する環境基準が規定されているものの、室内環境についてはない。この理由として、室内における微粒子の特性に関する知見は少ないこともさることながら、室内で利用できる PM_{2.5} の測定方法が確立されていないことが原因と考えられる。大気で用いられる測定機械は大型で、大流量の捕集を行うものが主流で、室内に適用するには課題がある。そこで本研究では、室内環境でも適用可能な PM_{2.5} の複数の装置による測定方法について検討すると共に、オフィスビルを対象に、室内環境の実態調査を行い、浮遊粒子の特徴について把握を行った。

B. 研究方法

B.1 測定方法の特性把握

シウタスインパクト(粒径別に捕集する機械)による粒子捕集(秤量法)から得る PM_{2.5} 濃度と、他の装置による測定値の相関を把握するため、室内において5日間の連続測定を1サイクルとし、計4回行った。測定項目、測定装置を表 2-3-1 に示す。相対質量濃度測定は、相対濃度計として光散乱の技術を利用した可搬型の装置を用いた。PM_{2.5} の濃度測定が可能な DustTrak (TSI社製 DRX 8533)と、2.5 μm カットオフインパクトを吸引口に取り付けた2種の粉じん計(日本カノマックス製 3621, 柴田科学製 LD-5)を用いて行った。どちらも、光散乱法を用いており、1分毎の濃度を記録するものである。

シウタスインパクトでは、浮遊粒子を表 2-3-2 に示すように5段階分級し、PTFE フィルタで捕集した。フィルタを電子天秤で秤量し、捕集前後の重量差と捕集流量から質量濃度を算出した。更に、室内外捕集粒子を走査電子顕微鏡・

エネルギー分散型 X 線分析装置(SEM-EDS)を用いて形状観察と組成分析を行った。

粒子捕集測定の日程に合わせ、同室において室内外の濃度測定を行った。室内は連続測定、外気は各日 10, 13, 16, 22 時の4回、約 10 分間サンプリングした。測定中在室者はおらず、外気測定時のみ人の出入があった。

表 2-3-1 計測装置の種類と概要

Element	Target	Measuring device
Number concentration	Dp>0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 (μm)	OPC(RION/KC52)
Particle size distribution	5.94nm<Dp<224.7nm	SMPS(TSI/3080)
	10nm<Dp<433nm	PAMS(KANOMAX/3300)
Relative mass concentration	Dp<2.5μm	DustTrak(TSI/8533)
		Piezobalance dust meter (KANOMAX/3521)
		Digital Dust Meter (SHIBATA/LD-5)
Particle composition	Particle collection	Sioutas Cascade Impactor(SCI)
	Shape observation	SEM(KEYENCE/VE-9800)
	Composition analysis	EDS(EDAX/Genesis XM2)

表 2-3-2 シウタスインパクトの分級特性

stage	Aerodynamic size range(μm)
1	> 2.5
2	1.0-2.5
3	0.5-1.0
4	0.25-0.5
5	0.25 <

B.2 建築物室内における測定

測定は、平成 26 年度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において行った表 2-3-3 に示す建築物で行った。

PM_{2.5} の測定には、可搬型の PM_{2.5} 計 (TSI DustTrak DRX 8533) を用いることとした。粒子の性状によりこの機器が表示する濃度と実際の質量濃度は異なることが知られており、換算係数を乗じて濃度とするのが一般的である。本研究においては、この係数を 1 として以後表示するが、実際の濃度よりも高い濃度となることに注意が必要である。

また、一部の建築物においては、粒径別個数濃度には粒径 100 nm 以下の超微粒子については PAMS(日本カノマックス製)を、粒径 0.3 μm 以上の微粒子についてはパーティクルカウンタ (RION, KR-12A) を用いて、室内及び外気の測定を行い、浮遊粒子の特徴の把握を試みた。

表 2-3-3 実測対象建物の概要

ID	地域	測定時期	空調方式	備考	
T-01	東京	冬期・夏期	中央		
T-02		冬期・夏期	中央		
T-03		冬期・夏期	中央		
F-01	福岡	冬期・夏期	個別		喫煙所
F-02		冬期・夏期	個別		
F-03		冬期・夏期	個別		
F-04		冬期・夏期	中央		
O-01	大阪	冬期	中央		
O-02		冬期	個別		
O-03		冬期	中央・個別		
O-03'		冬期	個別		
O-04		冬期・夏期	中央		
O-05		冬期・夏期	中央・個別		
O-06		冬期・夏期	個別		
O-07		冬期・夏期	個別		
O-08		冬期・夏期	中央・個別		
O-09	冬期・夏期	中央・個別			

C. 結果

C.1 測定方法の特性

秤量法による質量濃度分布を図 2-3-1 に示す。一般的に質量濃度分布には微小粒径側の 0.2-0.3 μm 付近と大粒径側の 10 μm 付近の 2 箇所ピークがあるといわれているが、今回の結果では微小粒径側のピークが確認できた。図 2-3-2 に秤量法と DustTrak，デジタル粉じん計の相関を示す。デジタル粉じん計は秤量法と概ね一致したが，DustTrak は秤量法の 2 倍以上と過大な結果となった。DustTrak については，計数値を 1 としていることから，過大評価しており，適切な計数値を用いることにより，測定可能と考えられる。図 2-3-3 に DustTrak とデジタル粉じん計の連続測定を行った際のそれぞれのデータの相関を示す。デジタル粉じん計と DustTrak の変動の大小については一致しており，相対的な濃度変動を捉えることは可能と考えられる。また，捕集した粒子を SEM-EDS で形状観察と分析を行った。図 2-3-4 に示すように粒径が小さくなるにつれ丸みを帯びた粒子が多く確認された。成分としては O, Na, Si, S, Cl, K が室内外共に検出され，室内への外気影響があることが考えられる。

市販されている PM_{2.5} 計については，室内 PM_{2.5} に適合した計数値を設定することができれば，十分に使用できるものと考えられる。また，浮遊粉じん測定に用いられてる粉じん計に PM_{2.5} のインパクタを装着することによっても，

カウント値を読み取り，適切な計数値を設定することができれば測定することは可能である。いずれにしても，室内における秤量法などを用いた質量濃度の測定と併用測定を行うことにより，計数値を求めることが必要である。

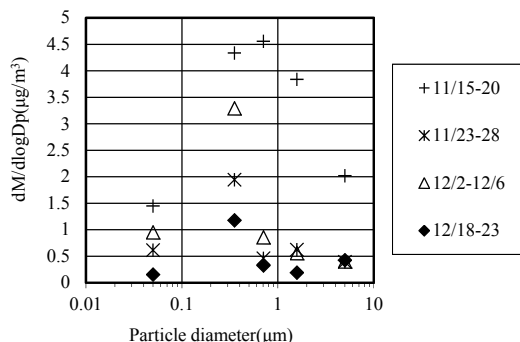


図 2-3-1 秤量法による粒径別質量濃度

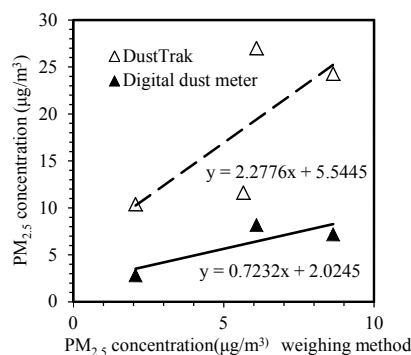


図 2-3-2 秤量法と PM_{2.5} 計の相関

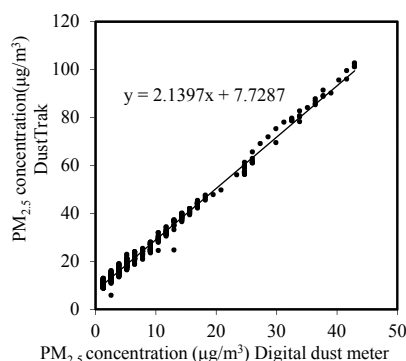
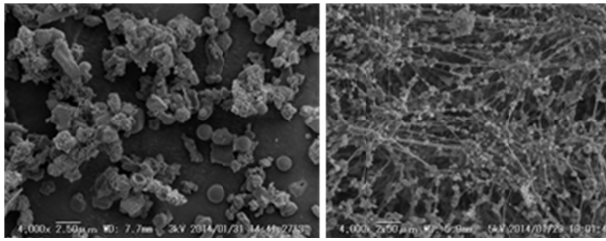


図 2-3-3 PM_{2.5} 計と粉じん計の相関



a) 1.0-2.5 μm b) $-0.25 \mu\text{m}$

図 2-3-4 シウタスインパクトにより捕集された粒子の SEM 画像

C.2 建築物室内における測定結果

図 2-3-5 に冬期における東京, 福岡, 大阪の事務所建築物及び外気の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の測定結果, 及び室内と外気濃度の比を表す I/O 比を示す。冬期には, 中国からの越境汚染で話題となった 2013 年 3 月であったため, 外気濃度が高く, 室内濃度が $10\text{-}370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。特に福岡においては室内外共に高い値となった。なお, F-02 については不完全な喫煙室があり, たばこ煙の影響を強く受けているため, 外気よりも高い濃度となった。I/O 比については, 喫煙室のある F-02 及び小規模建築物で換気装置が不十分な O-01, O-02 を除けば, 0.5 程度となった。

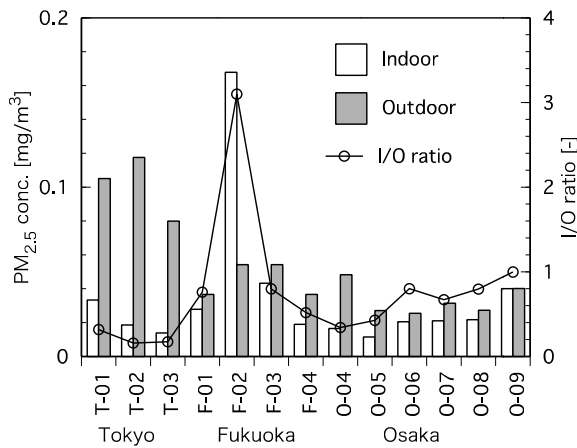
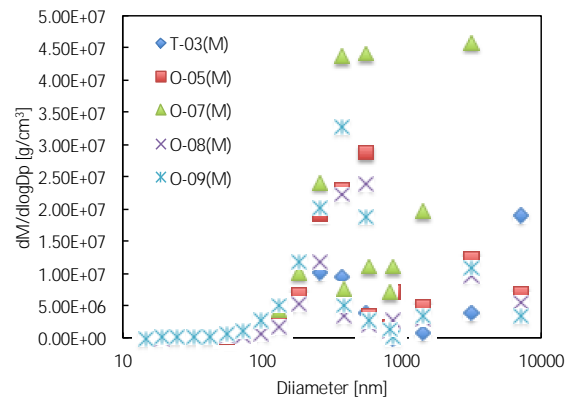


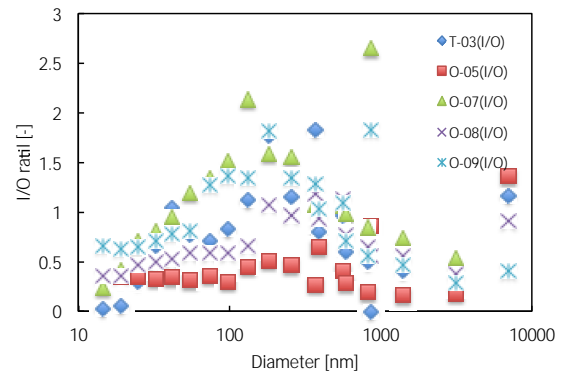
図 2-3-5 各建物における冬期の室内及び外気の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度と I/O 比

T-03, O-05, O-07, O-08, O-09 において, PAMS 及びパーティクルカウンタを用いた粒径別の個数濃度の計測を外気及び室内において行った。図 2-3-6 に, 粒径別個数濃度を質量濃度に換算した(密度 $1 \text{g}/\text{m}^3$)室内の粒径別質量濃度分布, 及び粒径別 I/O 比を示す。粒径別質量濃度では,

粒径 $0.3 \mu\text{m}$ のピークと粒径 $10 \mu\text{m}$ にもピークがみられる傾向となった。これは既往の研究³⁾による事務所ビルでの粒径濃度分布と同様である。なお, $\text{PM}_{2.5}$ の範囲は, このグラフの粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 以下の粒子が対象であり, 粒径 $0.3 \mu\text{m}$ のピークを制御することが重要となる。また, 粒径別の I/O 比については, 粒径毎のその値が異なることが分かる。なお, 今回対象とした建物における $\text{PM}_{2.5}$ の I/O 比は, 1 を下回っていたが, 粒径別に見ると特に粒径 $0.1\text{-}0.3 \mu\text{m}$ においては, 1 を上回る建物があった。 $\text{PM}_{2.5}$ として I/O 比が低くても, 粒径毎によって外気からの侵入や室内の発生により, 室内の濃度が高い可能性があることがわかった。



a) 粒径別質量濃度



b) 粒径別 I/O 比

図 2-3-6 粒径別質量濃度及び I/O 比

D. 考察

建築物内での $\text{PM}_{2.5}$ の計測については, 大気で用いられているような大型で, 大捕集量のもは適さない。現存の粉じん計に $\text{PM}_{2.5}$ 用のイ

ンパクタを装着したもの、可搬型の PM_{2.5} 計を利用するのが現実的であるが、それぞれの装置特有の計数値を決定する必要がある。従来の粉じん計と同様に建築物内で計数値に関する検討が進められれば、室内における PM_{2.5} の測定は可能と考えられる。

また、建築物内の PM_{2.5} 及び粒径別の浮遊粉じんの実態調査を行ったが、室内においても PM_{2.5} とする粒子の主成分は、粒径 0.3 μm のピークを制御することが重要となる。粒径別の室内と外気の浮遊粉じんの傾向から、PM_{2.5} の I/O 比が 1 を下回っていても、粒径によっては上回っている粒径もあり、除じんの効果が低く、室内発生が認められることとなり、粒径別の室内粒子の現状について、把握することも重要と考えられる。

参考文献

- 1) 坂本和彦：環境大気とディーゼル排気，空気清浄，41-1，4-13，2003
- 2) I.K.Koponen et al.: Indoor air measurement campaign in Helsinki, Finland 1999 the effect of outdoor air pollution on indoor air, Atmospheric Environment, 35, 1465-1477, 2001.
- 3) 鍵直樹，柳宇，西村直也：事務所ビルにおける室内浮遊微粒子の特性と PM_{2.5} 濃度の実態調査，日本建築学会技術報告集，第 18 巻，第 39 号，pp. 613-616，2012.6

2-4 室内エンドトキシン濃度の測定方法

A. 研究目的

エンドトキシンは微生物(陰性グラム群生物)の細胞壁成分であり、細胞壁の破壊(死骸)により放出される。水、空気などあらゆる環境に存在し、血液中に混入すると致死性ショック、発熱を引き起こすため発熱物質(pyrogen)とも知られている。エンドトキシンはリポ多糖の中のリポドA構造で耐熱性であるが抗原性は殆どない。多くの生物活性が発現し、敗血症性ショック、破骨細胞を活性化し骨吸収を促進、シュワルツマン反応を引き起こす。そのため医療・医薬・食品分野では測定が行われてきたが、居住環境に存在するエンドトキシンに関する研究は未だに少ない。

測定法としてはカプトガニの血球抽出液から作られるライセート試薬を用いたリムルステストが一般的に用いられる。リムルステストはエンドトキシン特異的方法であり敗血症の補助的診断法としても使われている。

環境中エンドトキシンへの注目は、乳幼児期の衛生的な環境がアレルギーを引き起こす可能性があるという衛生仮説(1989, Strachan DP)¹⁾に起因する。衛生仮説では乳幼児期の汚染因子(非衛生的な環境)への曝露が成長・成人期における病気やアレルギー罹患に密接な関係を持ち、その原因物質がエンドトキシンであるとしている。しかし、乳幼児期曝露とその後の曝露がアレルギー罹患に正反対に働く²⁾⁻⁵⁾といった性質も併せ持っていると言われている。衛生仮説を裏付ける研究結果からは農村育ちやペットを飼っている家庭の子供はアレルギー症が少ない、乳幼児期の曝露はアレルギー罹患を抑制する、その後の曝露は喘息・アトピー性皮膚炎などの症状を悪化させることが示唆されている。

一方、業務用ビル・オフィスビル内においては、水分とダストが付着しやすい部分や空調機・フィルター・加湿装置などの設備機器に微生物繁殖が起こる可能性があり、エンドトキシンを微生物汚染度合いの評価ないしは指針として活用できることが考えられる。

エンドトキシンは微生物の中でも、真菌及び陽性グラム群生物を除く陰性グラム群生物に限定される。グラム陰性菌には大腸菌(Escherichia

coli)、サルモネラ、腸内細菌科、ヘリコバクター、レジオネラなど真正細菌の大部分が属する。大腸菌は微生物汚染でよく言及される細菌であり、空気感染するレジオネラは建築・設備分野で関心の高い細菌である。

室内環境では換気指標としてCO₂濃度を、化学物質汚染程度の指標としてTVOC濃度を用いている。一方、微生物は培養法が基本となっている。機器を用いるATP濃度や微生物濃度を直接測るための試みも行われているが、まだ確立した方法ではなく測定結果に偏差も大きいのが現状である。

そのため、本研究では室内及び空調機器の微生物汚染度合いを示すバロメータとしてエンドトキシンを挙げ、その活用可能性を模索する。

B. 研究方法

B.1 エンドトキシン分析法

分析装置としてはToxinometer(和光純薬, ET-5000)を用いる。日本薬局方及びFDA認証分析法にはゲル化法・比濁法・比色法の3つがある。ライセート(LAL)試薬と反応させたエンドトキシンのゲル化に伴う濁度変化をカイネティック比濁法で測定し、作成検量線に基づいて定量化する。吸光比濁法は精度が高く定量しやすい利点があり、1~0.001EU/mLの広範囲・高感度で検出できるため環境中汚染程度を測定するのに適合している。また、室内や機器表面で繁殖した微生物によるエンドトキシンは医薬品、飲用水などに比べ遥かに高い濃度水準が予想される。

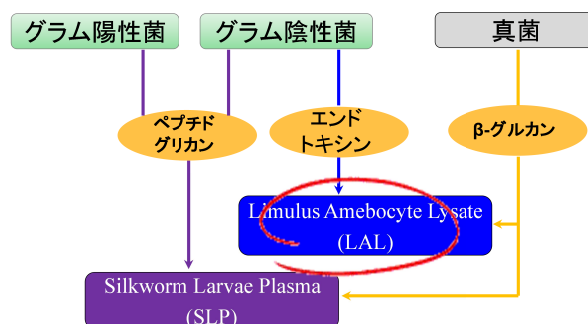


図 2-4-1 エンドトキシン特異的リムルス試験

エンドトキシン濃度測定結果は、分析に使用された試料量に対する検出量 (EU/mg)、溶媒量に対する検出量 (EU/ml)、採集表面積に対する検出量 (EU/m²) など幾つかの表現法が存在する。本研究では空気サンプリングしゼラチンなどに吸着させた後、りん酸緩衝生理食塩水 (Phosphate Buffered Saline) に溶解させた試料や所定面積の拭き取りを食塩水に溶解させた試料を源試料とすることを予定している。



図 2-4-2 トキシノメーター

B.2 現場測定

現場測定法としてはダスト採取、表面拭き取り、空気サンプリングの3つが考えられる。オフィスなど室内空間における汚染源を考えると、空気サンプリングおよび設備機器の表面拭き取りを行い、浮遊微生物濃度および表面汚染を測定する必要がある。

住宅で収集したハウスダストおよびオフィスビルにおける空調機各部位の表面を拭き取り、分析した結果例を図 2-4-3 に示す。住宅のハウスダストは掃除機フィルターに集まっているゴミから採取し、エンドトキシンフリーの注射用水で溶出し、25,000 倍まで稀釈した。空調機各部表面は滅菌済み綿棒で拭き取り、りん酸緩衝生理食塩水 (Phosphate Buffered Saline, 0.85%NaCl) 10ml に溶解した。溶解試料は更に注射用水で 100 倍から 10 万倍稀釈した。

C. 測定結果

測定結果、ハウスダスト中エンドトキシン濃度は数千 EU/ml を中心に数百 ~ 数万 EU/ml 範囲で検出された。一方、空調機各部におけるエンドトキシン濃度は数十 EU/ml の汚染度が低いものから、ドレンパンなど 10 万 EU/ml を超えるものまで汚染程度に大きな差が生じている。特に、汚染されやすいと知られているコイル・フィルター・ドレンパンなどは高濃度になっている。

測定例からエンドトキシン濃度を測定することにより空調機各部位の微生物汚染度を推定できることが示唆される。

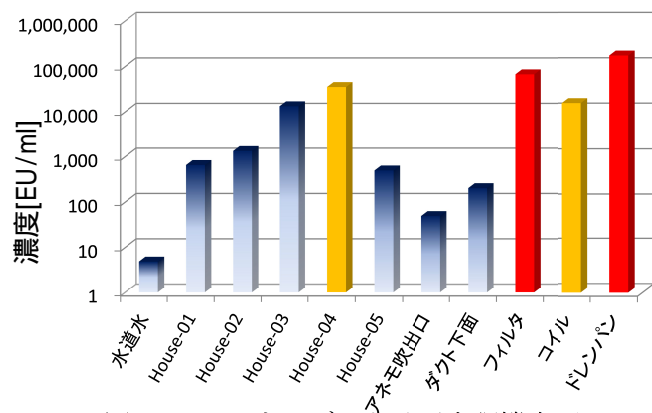


図 2-4-3 ハウスダスト及び空調機表面のエンドトキシン濃度

D. 考察

室内環境では換気指標として CO₂ 濃度を、化学物質汚染程度の指標として TVOC 濃度を用いている。一方、微生物は培養法が基本となっているため、結果算出までは時間を要する。機械を用いた環境中細菌汚染度測定にはまだ確立した方法がなく、汚染指標として活用できる指標が望まれている。

本研究では室内及び空調機器の微生物汚染度合いを示すバロメータとしてエンドトキシンを挙げ、現場測定及び既存の培養法との比較研究を通じ、その活用可能性を模索する。

参考文献

- 1) Strachan DP: Hay fever, hygiene, and household size. BMJ 1989;299:1259-60.
- 2) 斎藤博久: アレルギー疾患・喘息発症に関わ

るサイトカイン支配. 喘息 2004;13(7):2-6.

3) von Mutius E, Braun-Fahrlander E, Schierl R, Riedler J, Ehlermann S, Maisch S, et al. : Exposure to endotoxin or other bacterial components might protect against the development of atopy. Clin Exp Allergy 2000;30:1230-4.

4) Ernst P, Cormier Y. : Relative scarcity of asthma and atopy among rural adolescents raised on a farm. Am J Respir Crit Care Med 2000;161:1563-6.

5) Kilpelainen M, Terho EO, Helenius H, Koskenvuo M. : Childhood farm environment and asthma and sensitization in young adulthood. Allergy 2002;57:1130-5.

2-5 放射温度を考慮した温熱指標の検討

A. 研究目的

建築物衛生法における温熱環境に関連した測定項目は温度、相対湿度、気流速度の3項目である。しかし、人体温冷感に大きく作用する項目として放射温度がある。特に、近年普及が進んでいるタスクアンビエント空調や放射空調などは放射熱を利用するものであり、空気温度を測定するだけでは適切な温熱環境の評価が難しい。また、断熱性の悪い単板ガラスと断熱性・遮熱性に優れた low-e 複層ガラスには大きな性能差があり、空気温度が同等な室内であっても窓面からの放射熱による人体温冷感は大きく異なることがある。また、代謝量(活動量)、着衣量(衣服量)によっても人体温冷感は変わる。

今後、空調分野における新技術の普及や建物の外皮性能の多様化などから、温度・湿度・気流の他に在室者の温熱感に影響する要素を含めた評価が必要になってくることも考えられる。室内温熱環境をより適切に評価するための指標として、温熱総合指標である PMV および SET*の測定と評価について検討する。

B. 温熱要素

B.1 温熱環境要素

建築物衛生法では温度、相対湿度、気流速度の測定が定められているが、人体温熱感に関係

する主な要素は「温度、湿度、放射(輻射)、気流、代謝量(活動量)、着衣量」であり、人体熱平衡6要素として知られている。

6要素を考慮した人体熱平衡は下記式で表すことができ、人体温熱感はこの6要素の組み合わせで変化し、調整することができる。

代謝量(熱生産量)

$$= \text{蒸汗潜熱放散量} \pm \text{放射顕熱放散量} \\ \pm \text{対流顕熱放散量} \pm \text{体内蓄熱量}$$

「人体熱平衡式」

$$M - W - Ed - Es - Ere - Cre = L = R + C$$

C	: 対流熱損失量[W/m ²]
Cre	: 呼吸による顕熱損失量[W/m ²]
Ed	: 不感蒸泄量[W/m ²]
Es	: 発汗による蒸発熱損失量[W/m ²]
Ere	: 呼吸による潜熱損失量[W/m ²]
L	: 人体の熱負荷[W/m ²]
M	: 代謝量[W/m ²]
R	: 放射熱損失量[W/m ²]
W	: 仕事量[W/m ²]

表 2-5-1 典型的な衣服組み合わせの基礎着衣熱抵抗の目安¹⁾

男性		女性	
下着、半袖Tシャツ、半ズボン、サンダル	0.27	下着、ノースリーブシャツ、フレアスカート(膝丈)、サンダル	0.29
下着、半袖Tシャツ、スラックス、ふくらはぎ丈ソックス、靴	0.39	下着、半袖Tシャツ、スカート(膝丈)、ストッキング、靴	0.36
下着、半袖襟付きシャツ、スラックス、ふくらはぎ丈ソックス、靴	0.56	下着、半袖襟付きシャツ、スカート(膝丈)、ストッキング、靴	0.47
下着、長袖襟付きシャツ、スラックス、ふくらはぎ丈ソックス、靴	0.68	下着、長袖ブラウス、スカート(膝丈)、ストッキング、靴	0.62
下着、長袖襟付きシャツ、背広(シングル)、スラックス、ふくらはぎ丈ソックス、靴	1.05	下着、長袖ブラウス、スーツジャケット、スカート(膝丈)、ストッキング、靴	0.94
下着、長袖襟付きシャツ、背広(シングル)、スーツベスト、スラックス、ふくらはぎ丈ソックス、靴	1.12	下着、長袖ブラウス、スーツジャケット、スラックス、ストッキング、靴	1.00

代謝量は在室者の活動量により変化する量であり、メット(met)という単位で表す。1met は椅座安静状態の代謝量で 58.2 W/m² であり、オフィスでの事務作業は 1.1~1.2met 程度である。同空間で似たような業務に携わる者にとっては概ね同値を適用することが出来る。一般的に推定値あるいは仮定値を使用することが多い。

着衣は衣服の断熱であり、単位は clo として表され、1clo=0.155(m²・)/W である。着衣量は在室者により様々な様相を呈し、性別・年齢によっても差がある。したがって、在室者の代表値を適用するか、性別に大別した二つの代表値を仮定して使用することが考えられる。最近の省エネルギーとクールビズにより夏季の服装が軽装化しており、西原らの研究²⁾によると40年前と今のオフィス在室者の服装は女性は0.52clo と大きな差は見られないが、男性は1.0clo から0.54clo にまで下がり軽装化が目立つ。

B.2 温熱指標

主な温熱指標は以下のものがある。

MRT (平均放射温度): 人体が周囲から受ける放射熱量の全方向に対する平均値と等価な放射熱量を出す黒体放射の温度。

OT (作用温度): 気温に熱放射の影響を加味した仮想の気温。

WBGT(湿球黒球温度): 酷暑環境下における行動に伴うリスクを判断するのに用いられる指標であり、暑さ指標とも言われる。

ET (有効温度): 気温、相対湿度、気流の3要素を組み合わせた最初の総合的快適指標。(快適範囲 18~22)

ET* (新有効温度): 皮膚の濡れ率と平均皮膚温度を用いて蒸発による熱放出を求め、6つの温熱要素を定量的に扱った指標である。相対湿度 50%、空気温度を MRT と等価としている。

SET* (標準新有効温度): ET* に標準環境として代謝量 1met、着衣量 0.6clo、気流速度 0.10m/s、空気温度と MRT を等価として定義した指標。常に一定した標準環境であり、統一した評価を行うことができるため汎用的に使われている。

PMV (Predicted Mean Vote, 予測平均申告): 被験者実験による温冷感申告値と PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied, 予測不満足者率) との関係を表した指標。温冷感申告値が (-0.5) から (+0.5) の間にある時、予測不満足者率は 10%以下となる。

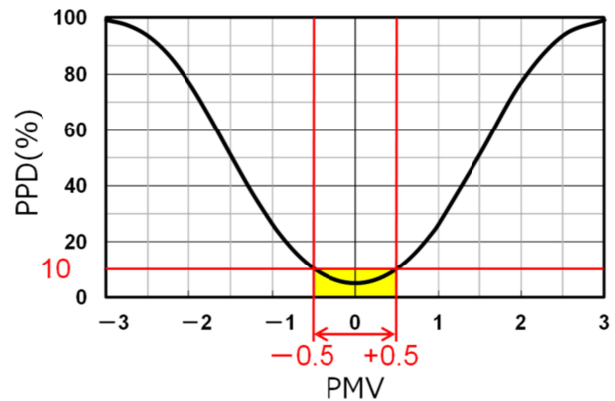


図 2-5-1 PMV と不満足者率 (PPD) との関係

表 2-5-2 SET* と温冷感、生理状態の関係³⁾

SET* []	温冷感	生理的状态
> 37.5	非常に暑い 非常に不快	体温調節ができない
34.5 ~ 37.5	暑い 許容できない	おびただしい発汗
30.0 ~ 34.5	暖かい 不快	発汗
25.6 ~ 30.0	やや暖かい やや不快	軽い発汗, 皮膚血管拡張
22.2 ~ 25.6	快適 許容できる	中性
17.5 ~ 22.2	やや涼しい やや不快	皮膚血管収縮
14.5 ~ 17.5	涼しい 許容できない	軽い体冷却
10.0 ~ 14.5	寒い 非常に不快	ふるえ

空気温度に放射温度までを考慮した OT は人体温冷感によく合うことが知られている。SET* および PMV は総合温熱指標として人体温熱 6 要素を考慮した指標であり、温熱環境を表す指標としてよく用いられる。しかし、気温、相対湿度、気流速度に加え、放射温度、代謝量、着衣量を測定または算定する必要があるため測定は多少煩雑になる。

温熱環境を調節するには建築物衛生法における 3 要素に加え、他の 3 要素も重要であり、この 3 要素をうまくコントロールすることにより、省エネ性を維持ないしは向上させながらも温熱環境を改善することができる。例えば、クールビズ (Cool Biz) 以降一般的になった夏季の軽装は着衣量を調節して、より高い室温下でも温熱環境を維持させるための方法である。

また、最近導入が増えている放射空調や low-e ガラスなどの高性能ガラスは、空気温度を変化させるよりは放射エネルギーを人体に直接伝播あるいは遮断 / 低減することにより、室内温熱環境に影響する。

C. 現場測定例

表 2-5-4 は 2015 年 2 月、関東地域に所持する研究施設の講義室で測定したデータを基に PMV 及び SET* を算出したものである。講義の行われた 09:00 ~ 15:00 までを解析対象とした。

また、在室者の温冷感を調べるためアンケート調査を行った。

平均値としては両室ともに温度・湿度・気流速度・平均放射温度にほぼ差はなく PMV と SET* も等しい結果となっている。

しかし、北室は標準偏差が大きく、変動の幅が南室より大きいことがわかる。また、北室は冬季の日射取得が期待できないため窓面からの冷放射及びコールドドラフトによる不快感が生じることが予想される。



図 2-5-2 PMV・SET* 測定風景

表 2-5-3 温冷感申告スケール

温冷感	Scale
非常に寒い	-3
やや寒い	-2
やや寒い	-1
暑くも寒くもない	0
やや暑い	1
暑い	2
非常に暑い	3
快不快度	Scale
非常に不快	-3
不快	-2
やや不快	-1
どちらでもない	0
やや快適	1
快適	2
非常に快適	3
受容度	Scale
受け入れられない	-1
どちらでもない	0
受け入れられる	1

表 2-5-4 放射不均一のある講義室における PMV・SET* 及び温冷感申告の調査結果

		気温 []	相対湿度 [%]	風速 [m/s]	平均放射温度 []	SET* []	PMV	PPD [%]	温冷感	快不快度	受容度
南室	Mean	22.3	38.8	0.04	22.0	24.6	-0.1	6.1	-0.28	0.56	1.0
	S.D.	0.8	1.9	0.02	0.9	0.8	0.2	4.5	0.5	0.9	0.0
北室	Mean	22.4	40.9	0.02	22.2	24.8	0.0	9.3	-1.2	-1.0	0.2
	S.D.	1.8	2.5	0.02	1.9	1.6	0.5	10.2	0.7	0.8	1.0

2015 年 2 月 12 日、09:00 ~ 15:00 までの 5 分間隔連続測定データ

そのため、アンケートによる温冷感調査では、「南室：暑くも寒くもない、やや快適、受け入れられる」に対して「北室：やや寒い、やや不快、どちらでもない」との回答となり、同じ建物内でも部屋の方位によって温熱環境が異なり、北室がより好ましくない環境にあることが分かる。この調査結果は温湿度の単純測定だけでは温冷感の適切な評価は難しいことを示唆している。

D. 考察

温熱快適性と生産性向上に関する関心が高まる一方、建築・設備分野に対する社会からの省エネルギーと効率化が要求される昨今、空調分野における新技術の普及や建物外皮性能の向上も進んでいる。

特に人体周辺からの放射が大きく影響する室内温熱環境は、建築物衛生法が測定対象としてきた温度・相対湿度・気流の3要素のみでは適切な環境評価が難しく、新技術の導入・建物性能の変化とそれによる室内温熱環境の変化・在室者の認識変化など社会的要求を十分に反映することが難しくなっている。

今後、室内温熱環境に影響する他の温熱環境要素を含めた評価が必要になってくることが予想される。そのため、本研究では室内温熱環境をより適切に評価するための指標として、温度・相対湿度・気流に加え、放射温度・代謝量・着衣量までを考慮した総合温熱指標であるPMV および SET*の測定と評価について検討する。

参考文献

- 1) 日本建築学会：環境規準 H0005-2015，サーマルマネキンを用いた室内温熱環境評価法規準・同解説，p. 15，2015
- 2) 西原直枝，羽田正沖，田辺新一：日本家政学会誌 61(3)，169-175，2010
- 3) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学会便覧 第13版 - 1基礎篇，p. 443，2001

平成26年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

3. 空気調和設備に関する法整備のあり方に関する検討

分担研究者 鍵 直樹 東京工業大学 准教授

研究要旨

建築物環境衛生管理基準の不適合の割合は、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度について上昇し続けている。その原因として、建築基準法、建築物衛生法などで規定している空気調和設備の定義など、法整備にも課題があると考えられる。本研究では、平成26年度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において行ったアンケート調査の自由記載をもとに、空気調和設備に関する法律、建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則に記載されている事項の比較を行い、法整備のあり方についての検討を行った。

自由記載の中から、湿度の意識を高めること、結露や加湿のポイントなどを周知することの必要性、用途毎の基準値の設定、構造的に加湿器の設置を義務化すること、設計段階の標準条件の見直しなどの意見があった。以上より、設置及び運用に関する適切なマニュアルなどの対応が効果的であると考えられる。また、建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則の違いを検討した結果、建築基準法においては、個別空調方式の記載がないことと共に、湿度を調整するための加湿器の記載、浄化のためのエアフィルタの設置など曖昧な部分があった。また、事務所衛生基準規則においては、空気の基準として供給空気を対象としており、建築基準法及び建築物衛生法に規定している室空気とは異なる記述となっていた。

研究協力者

大澤元毅	国立保健医療科学院
東 賢一	近畿大学
柳 宇	工学院大学
金 勲	国立保健医療科学院
奥村龍一	東京都健康安全研究センター
河野彰宏	大阪市役所
齋藤敬子	(公社)日本建築衛生管理教育センター
鎌倉良太	(公社)日本建築衛生管理教育センター
杉山順一	(公社)日本建築衛生管理教育センター
築城健司	(公社)日本建築衛生管理教育センター
下平智子	(公社)全国ビルメンテナンス協会

以上、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度について上昇し続けている。特に相対湿度不適合率は、おおよそ25%から50%近くにまで上昇しており、その不適合率は他の管理基準と比べてもはるかに高い¹⁾。

その背景として、加湿器の容量・性能不足や運用・維持管理の不備による問題とともに、建築時における加湿器の設置に関する問題があると考えられる。建築物衛生法では、空調設備を空気調和設備と機械換気設備として規定されている。その中で、空気調和設備は温度・湿度の調整ができるものとしているが、パッケージエアコンなどは、温度調整及び除湿ができたとしても、加湿ができないため機械換気設備を有する建築物として分類されると解釈することもできる。

また、機械換気設備についても空気を浄化するとあるが、対象とする汚染物質がガス状物質、浮遊粉じんによっても、設備が異なってくる。

A. 研究目的

建築物における衛生的環境の確保に関する法律（建築物衛生法）による建築物環境衛生管理基準の不適合の割合(不適合率)は、過去約10年

このような実態と法律の乖離が、加湿器整備、環境衛生監視・指導の妨げとなっている可能性が考えられる。

平成 26 年度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においては、相対湿度不適合率の改善のための空気調和設備のあり方と保健所の指導のあり方を検討するために、全国の保健所の建築物衛生担当者に対して加湿装置及び機械換気設備の解釈に関するアンケート調査を行った。

本研究では、このアンケート調査の自由記載をもとに、空気調和設備に関する法律、建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則に記載されている事項の比較を行い、法整備のあり方について検討を行う。

B. 方法

平成 26 年度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において行った、相対湿度不適合率の改善のための空気調和設備のあり方と保健所の指導のあり方のアンケート調査の自由記載例を元に、法整備について検討を行った。

このアンケート調査は、全国 495 件の全ての保健所に、特定建築物に対する指導や管理等の現況について、組織を代表して建築物衛生の担当者 1 名に自記式調査票に記入していただき、郵送により回収した。355 件（回収率 71.7%）から回答を得たが、自治体を代表して回答したものも含まれていたものである。調査票では、空気調和設備や機械換気設備に関する保健所の指導状況、加湿器の設置に関する保健所の指導状況、相対湿度の測定及び報告に関する保健所の状況等を選択式の質問をし、コメントも頂いている。

C. 空気調和設備の法整備に関する課題

C.1 アンケートの自由記載

上述のアンケートにおいて収集した自由記載について、加湿に関する問題点、法整備に関する課題について、下記のように取りまとめて抽出した。

<加湿に関する課題>

- ・ 加湿により結露の問題がある。
- ・ 建築確認申請時の段階で加湿器の対応を行うべき。
- ・ 加湿装置の増設は困難で、指導に限界がある。
- ・ 用途により、加湿のニーズが異なる。例えば店舗によっては、加湿を嫌う製品もある。
- ・ ポータブルの加湿器の設置を指導している。
- ・ ポータブルの加湿器の維持管理が困難である。
- ・ 加湿に対する意識が低い。インフルエンザ感染防止などのエビデンスを明確に打ち出すべき。
- ・ 加湿装置におけるレジオネラ対策の指針が必要。
- ・ 加湿装置の性能不足の問題や点検・清掃が困難な構造がある。
- ・ 冬期においても冷房運転により、加湿装置が作動できない。

加湿に関する重要性は認識しているものの、周知することが困難であることが読み取れ、説得力のあるエビデンスの必要性があることが分かった。更に加湿により結露の発生が顕著になることから、加湿を積極的に行うことができないことも加湿を積極的に行えない要因である。これには、加湿だけではなく、建物構造上の断熱性を上げるなど、建物全体での対策が必要となってくる。その他には加湿の不適合の原因として挙げられる、加湿器の容量不足、冬期においても冷房運転となり加湿器が作動しないなど、一般的な項目についても抽出できた。

卓上加湿器の使用については、先のアンケートでは、図 3-1 に示すように卓上加湿器の取り扱いについて示すが、多くが維持管理の困難さ、構造上の設備ではないこと、能力の観点から加湿装置とはしてないが、応急措置として、また基準値適合のため設置を推奨しているところもあった。ただし、維持管理の問題があり、適切な維持管理方法がなければ、レジオネラ属菌の

繁殖など問題が発生する可能性がある。指導の現場においては、湿度低下に関する健康リスクが少ないこと、新規設置などについてはコストがかかること、加湿器を設置しても適合するとは限らないなど、指導に苦慮していることが伺えた。

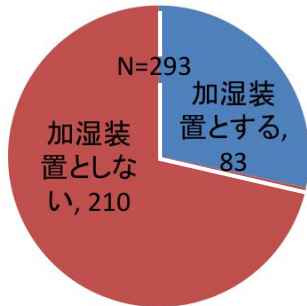


図 3-1 卓上加湿器を加湿器として認めるか

<法整備に関する課題>

- ・ 湿度 40% に維持できないことが多い。基準ではなく目標値としてはどうか。
- ・ 湿度に関しては、用途に応じた基準があってもよいのでは。
- ・ 建築基準法では、加湿器の設置の義務づけていないのが問題。構造基準とすべき。適切な容量の加湿器の設置と管理を義務づける。
- ・ 建築物衛生管理技術者により強い権限を持たせる。
- ・ ガイドライン等で加湿器の選定指針を示して貰いたい。加湿器選定に関する専門的知識の研修会等を開催する。
- ・ 国土交通省の建築設計基準として、外気条件：20℃、30%、室内条件：22℃、40%の見直し。

加湿器の適切な設置に関しては、建築確認申請時の図面審査を活用することが考えられる。先のアンケートによると、図 3-2 に示すように建築確認申請時の図面審査の実施については、1/3 程度の実施に留まっている。また審査においては、加湿器設置を半数以上は指導を行っている状況であった。指導の目的としては、健康影響への配慮、基準値遵守のためとあり、指導

しない理由として、加湿器の設置が義務づけられていない、レジオネラ属菌のリスクなどと、法律上及び維持管理上の問題点が挙げられた。

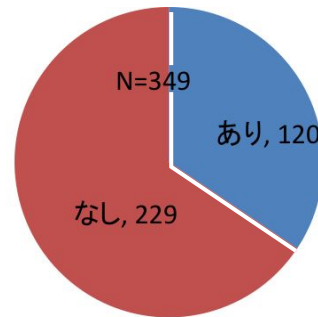


図 3-2 図面審査の有無

湿度の基準値については、40%の緩和や目標値として運用しては、との意見もあること、家電販売店など湿度を嫌う用途などあることから、用途に応じて基準を設けるべきなどの意見があった。加湿器を設置していない特定建築物もあることから、構造基準として設置を義務づけるべきとの意見もあった。

設計段階においては、国土交通省の建築設計基準について、標準外気条件：20℃、30%、室内条件：22℃、40%があるが、実際には室内温度が高い温度で運用されていることから、結果的に相対湿度が低くなっていること、都心での乾燥化など、設計時において加湿器の容量がそもそも不足していることが挙げられていた。更には、建築物衛生管理技術者の権限の強化により、運用において改善を試みる手法の提案があった。

C.2 法整備に関する課題

下記に建築基準法、建築物衛生法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則において、建物の機械換気設備、空気調和設備に関する記述について抜き出した。

<建築基準法施行令>

(換気設備の技術的基準)

第二十条の二

□ 機械換気設備(中央管理方式の空気調和設備(空気を浄化し、その温度、湿度及び流量を調節して供給(排出を含む。))をすることができ

る設備をいう。)を除く。以下同じ。)にあつては、第二百二十九条の二の六第二項の規定によるほか、次に定める構造とすること。

第二百二十九条の二の六第二項

2 建築物に設ける機械換気設備は、次に定める構造としなければならない。

一 換気上有効な給気機及び排気機、換気上有効な給気機及び排気口又は換気上有効な給気口及び排気機を有すること。

二 給気口及び排気口の位置及び構造は、当該居室内の人が通常活動することが想定される空間における空気の分布を均等にし、かつ、著しく局部的な空気の流れを生じないようにすること。

三 給気機の外気取り入れ口並びに直接外気に開放された給気口及び排気口には、雨水又はねずみ、虫、ほこりその他衛生上有害なものを防ぐための設備をすること。

四 直接外気に開放された給気口又は排気口に換気扇を設ける場合には、外気の流れによつて著しく換気能力が低下しない構造とすること。

五 風道は、空気を汚染するおそれのない材料で造ること。

(換気設備の技術的基準)

第二十条の二

中央管理方式の空気調和設備にあつては、第二百二十九条の二の六第三項の規定によるほか、衛生上有効な換気を確保することができるものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いる構造とすること。

第二百二十九条の二の六第三項

建築物に設ける中央管理方式の空気調和設備は、前項に定める構造とするほか、国土交通大臣が居室における次の表の各項の上欄に掲げる事項がおおむね当該各項の下欄に掲げる基準(浮遊粉じん、一酸化炭素、炭酸ガス、温度、相対湿度、気流)に適合するように空気を浄化し、その温度、湿度又は流量を調節して供給することができる性能を有し、かつ、安全上、防火上及び衛生上支障がない構造として国土交通大臣が定めた構造方法を用いるものとしなけれ

ばならない。

<建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令>

(建築物環境衛生管理基準)

第二条

ロ 機械換気設備(空気を浄化し、その流量を調節して供給をすることができる設備をいう。)を設けている場合は、厚生労働省令で定めるところにより、居室におけるイの表の第一号から第三号まで、第六号及び第七号の上欄に掲げる事項(浮遊粉じんの量、一酸化炭素の含有率、二酸化炭素の含有率、気流、ホルムアルデヒドの量)がおおむね当該各号の下欄に掲げる基準に適合するように空気を浄化し、その流量を調節して供給をすること。

(建築物環境衛生管理基準)

第二条

イ 空気調和設備(空気を浄化し、その温度、湿度及び流量を調節して供給(排出を含む。以下この号において同じ。)をすることができる設備をいう。)を設けている場合は、厚生労働省令で定めるところにより、居室における次の表の各号の上欄に掲げる事項(衛生管理基準7項目)がおおむね当該各号の下欄に掲げる基準に適合するように空気を浄化し、その温度、湿度又は流量を調節して供給をすること。

<事務所衛生基準規則>

(空気調和設備等による調整)

第五条 事業者は、空気調和設備(空気を浄化し、その温度、湿度及び流量を調節して供給することができる設備をいう。以下同じ。)又は機械換気設備(空気を浄化し、その流量を調節して供給することができる設備をいう。以下同じ。)を設けている場合は、室に供給される空気が、次の各号に適合するように、当該設備を調整しなければならない。

一 浮遊粉じん量(一気圧、温度二十五度とした場合の当該空気一立方メートル中に含まれる浮遊粉じんの重量をいう。以下同じ。)が、○・

- 一五ミリグラム以下であること。
- 二 当該空气中に占める一酸化炭素及び二酸化炭素の含有率が、それぞれ百万分の十以下(外気が汚染されているために、一酸化炭素の含有率が百万分の十以下の空気を供給することが困難な場合は、百万分の二十以下)及び百万分の千以下であること。
- 三 ホルムアルデヒドの量(一気圧、温度二十五度とした場合の当該空気一立方メートル中に含まれるホルムアルデヒドの重量をいう。以下同じ。)が、〇・一ミリグラム以下であること。

附 則 (平成一六年三月三〇日厚生労働省令第七〇号)

2 この省令の施行の際現に中央管理方式以外の空気調和設備又は機械換気設備を設けている室については、当分の間、第一条による改正後の事務所衛生基準規則第五条第一項第一号の規定は、適用しない。

(空気調和設備等による調整)

第五条 事業者は、空気調和設備(空気を浄化し、その温度、湿度及び流量を調節して供給することができる設備をいう。以下同じ。)又は機械換気設備(空気を浄化し、その流量を調節して供給することができる設備をいう。以下同じ。)を設けている場合は、室に供給される空気が、次の各号に適合するように、当該設備を調整しなければならない

建築基準法と建築物衛生法においては、機械換気設備と空気調和設備については概ね同様の記述であるが、建築基準法においては、中央管理方式の空気調和設備のみを対象としている書き方であるのに対し、建築物衛生法では、中央管理方式の限定は撤廃されているため、個別空気調和設備への考慮が行われていない。また、両法律ともに、空気調和設備について空気を浄化し、その温度、湿度又は流量を調節して供給することができる性能を有することと述べられており、建築物衛生法と同様である(ただし、建築基準法には空気を浄化する項目として、ホルムアルデヒドは述べられてない)。しかし、加湿することを意図した湿度を調整するための加

湿器を設置に関する記述がされていないことから、加湿器の扱いが曖昧になっていることが考えられる。

なお、先のアンケートによると図 3-3 及び図 3-4 に示すように、加湿装置がない場合、機械換気としている割合は 2/3 程度であり、法令の解釈通りに行っているということであった。しかし、空気調和設備と分類する際には、加湿機能がなくとも、その他の項目の調整が可能なこと、法令に加湿器設置義務がないことなどの理由で、判断が分かれていた。また、エアコンについては、半数以上で空気調和設備とは分類しておらず、温度調整及び除湿のみでは空気調和とは判断していないものの、設備の状況により判断しているようであった。

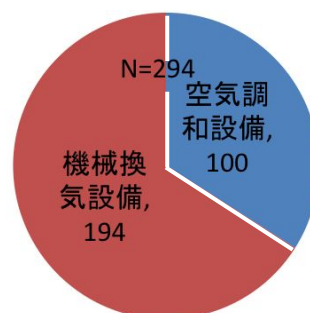


図 3-3 加湿装置のない設備の分類

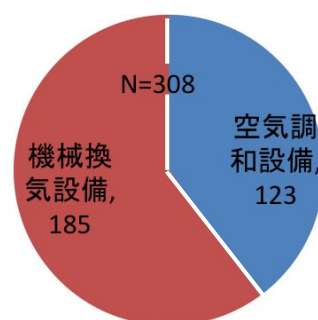


図 3-4 パッケージエアコンなど加湿装置のない設備の分類

一方機械換気設備については、両法律共に空気を浄化することと記述されているものの、換気により二酸化炭素や一酸化炭素などのガス状物質を外気を導入して希釈して浄化することか、浮遊粉じんなどエアフィルタを設けて除去することを想定しているのかが不明である。

図 3-5 に第 3 種換気設備のようなエアフィルタのない換気扇について、機械換気と認めているかについてのアンケート結果を示す。半数以上が機械換気設備と認めており、認める理由として、CO、CO₂ については適合可能なため、機械換気設備にエアフィルタを規定していないため、浄化に対し具体的な定めがない、浮遊粉じんが超過する可能性が低いと、という回答があった。また、認めない理由として、浮遊粉じんの制御ができないため、という回答もあった。

機械換気設備に関しても、エアフィルタを有するものとないものについて、判断が分かれていることが、法律の規定に曖昧さがあることに関係していると考えられる。

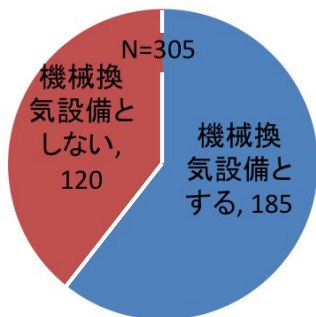


図 3-5 エアフィルタのない換気扇を機械換気設備と認めるか

事務所衛生基準規則においては、両法律と同様に機械換気設備と空気調和設備に分類し、浄化には、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、ホルムアルデヒドの 4 項目を示している。また、建築物衛生法が個別空調方式に対応したことから、中央管理方式以外の空気調和設備又は機械換気設備についても、言及されている。しかしながら、上記の空気環境項目に基準については、建築物衛生法が室の代表点での環境測定を意図しているのに対し、事務所衛生基準規則においては、室に供給される空気を対象としている。例えば換気設備の吹出口の空気質が上記の通りとすれば、外気の濃度のみを規定していることとなり、室内の発生量に応じた換気量の確保は望めないことから、空気環境の基準値を満足することができない可能性があり、表現の問題が

みられる。

D.まとめ

本調査では、保健所環境衛生監視員を対象とした建築物衛生法に係わる設備の設置指導についてアンケート調査の自由記載をもとに、空気調和設備に関係する法律、建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則に記載されている事項の比較を行い、法整備のあり方について検討を行った。

自由記載の中から、湿度の意識を高めること、結露や加湿のポイントなどを周知することが必要であることの見解があり、用途毎の基準値の設定、構造的に加湿器の設置を義務化すること、設計段階の標準条件の見直しなどの意見があった。いずれにせよ、設置及び運用に関する適切なマニュアルなどの対応が効果的であると考えられる。

また、建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則の違いを検討した結果、建築基準法においては、個別空調方式の記載がないことと共に、湿度を調整するための加湿器の記載、浄化のためのエアフィルタの設置など曖昧な部分がある。また、事務所衛生基準規則においては、空気の基準として供給空気を対象としており、建築基準法及び建築物衛生法に規定している室空気とは異なる記述となっていた。これらを統一して整理すること、可能ならば設備の設置にまで踏み込めれば、基準値の不適合率の改善に効果があるものと考えられる。

参考文献

- 1) 東賢一、池田耕一、大澤元毅、鍵直樹、柳宇、齋藤秀樹、鎌倉良太：建築物における衛生環境とその維持管理に関する調査解析、空気調和・衛生工学会論文集、No.179、pp.19-26、2012.2

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年