

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。

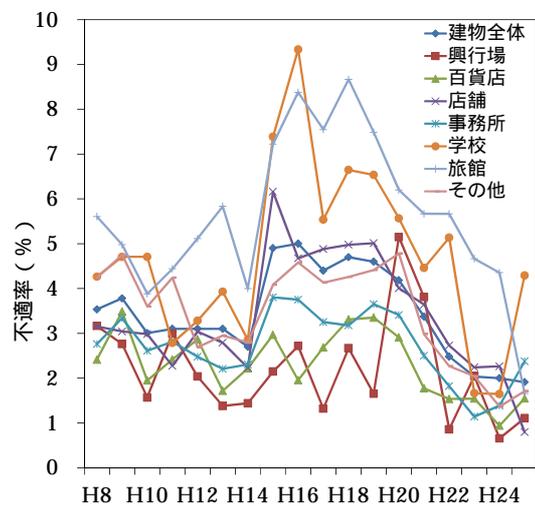


図 1-1-1 空気環境 6 項目測定の実施の不適率

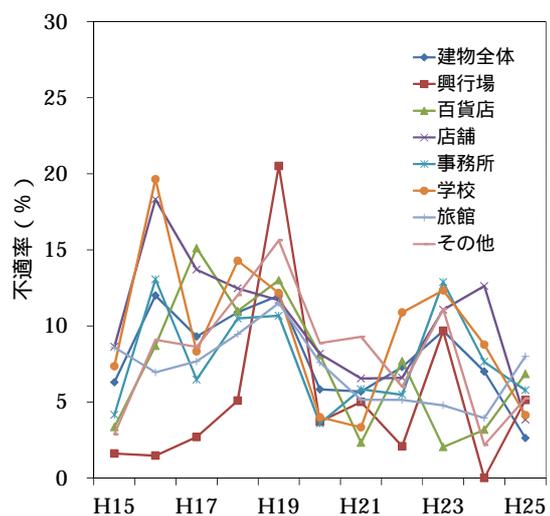


図 1-1-2 ホルムアルデヒド測定の実施の不適率

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）〕

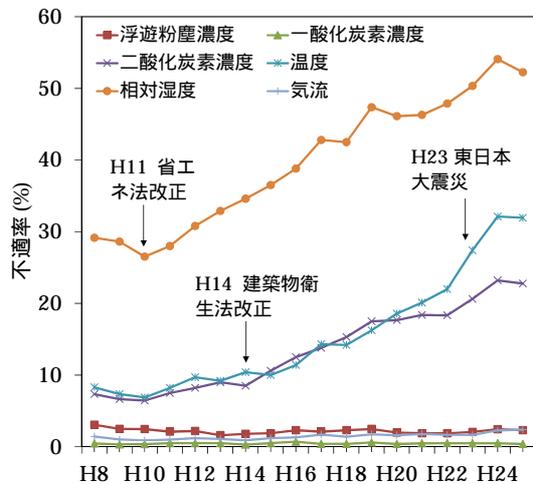


図 1-1-3 空気環境 6 項目の不適合率の経年変化

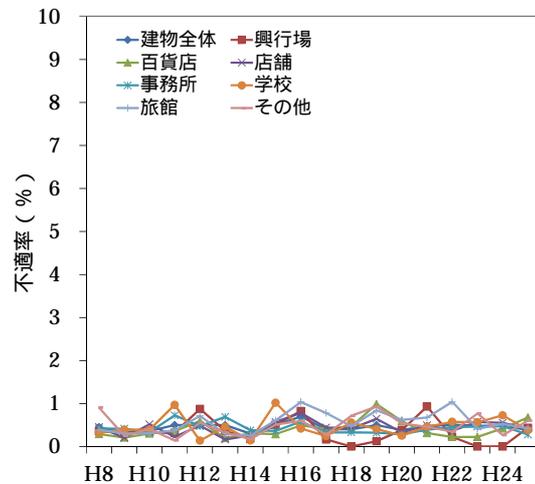


図 1-1-5 用途別一酸化炭素濃度の不適合率

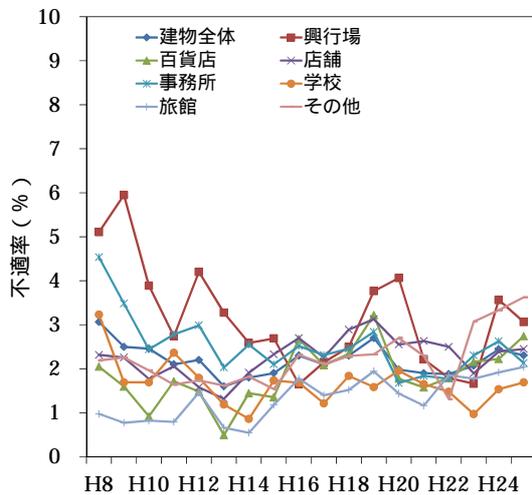


図 1-1-4 用途別浮遊粉塵の不適合率

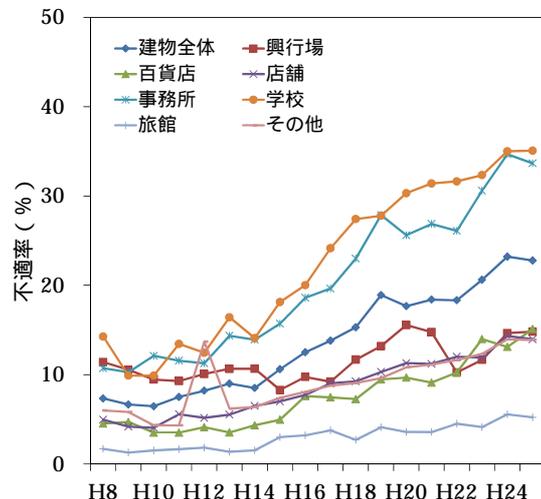


図 1-1-6 用途別二酸化炭素濃度の不適合率

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もっと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。

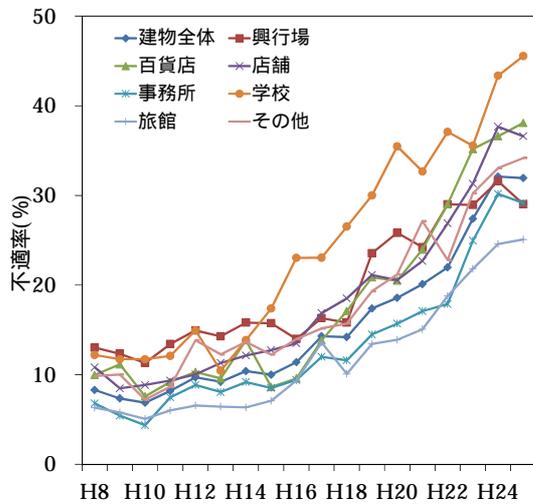


図 1-1-7 用途別温度の不適率

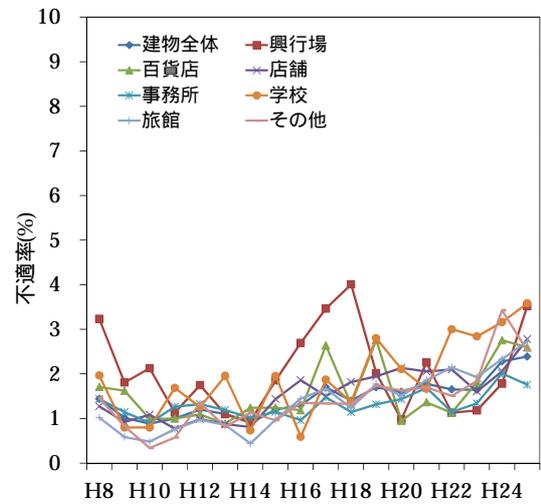


図 1-1-9 用途別気流速度的の不適率

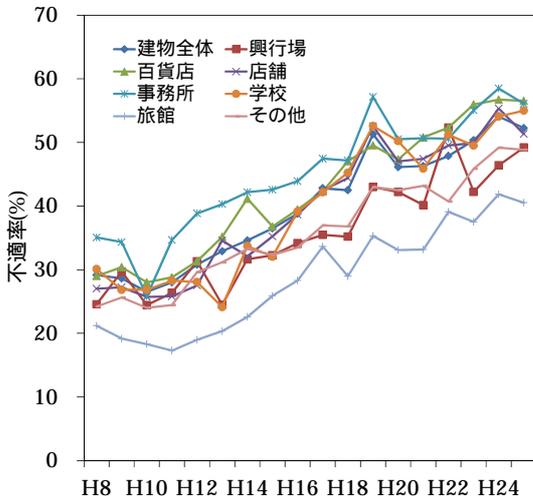


図 1-1-8 用途別相対湿度の不適率

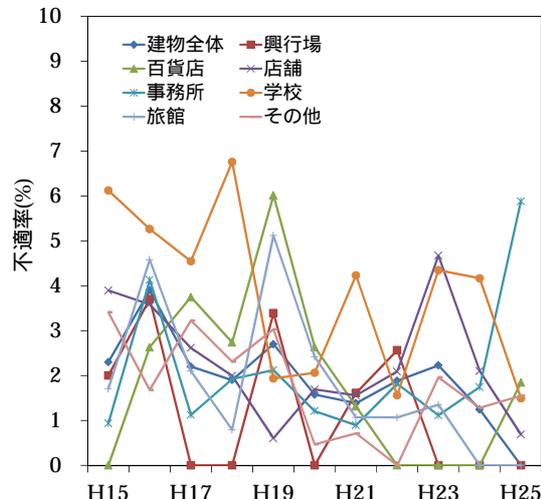


図 1-1-10 用途別ホルムアルデヒドの不適率

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

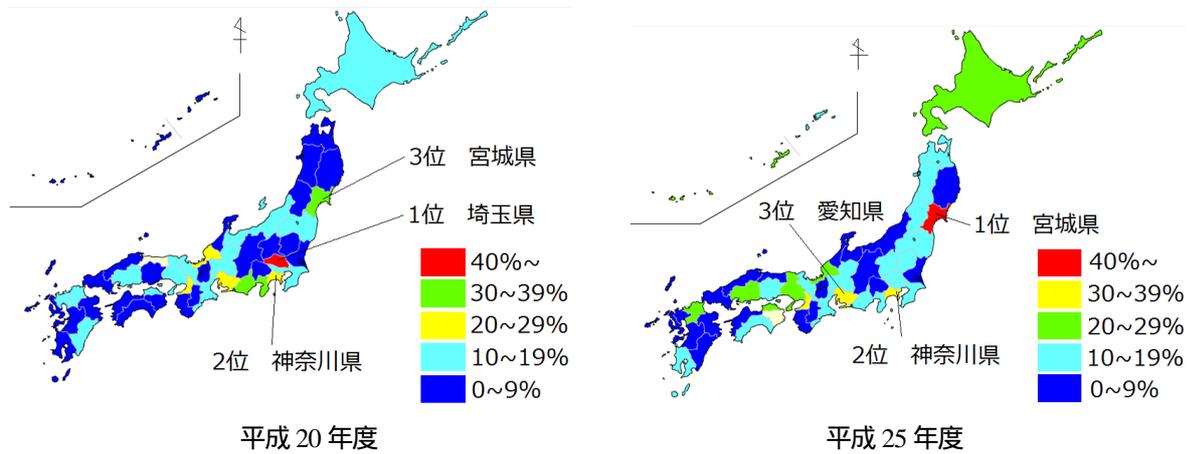


図 1-1-11 地域別二酸化炭素濃度の不適率

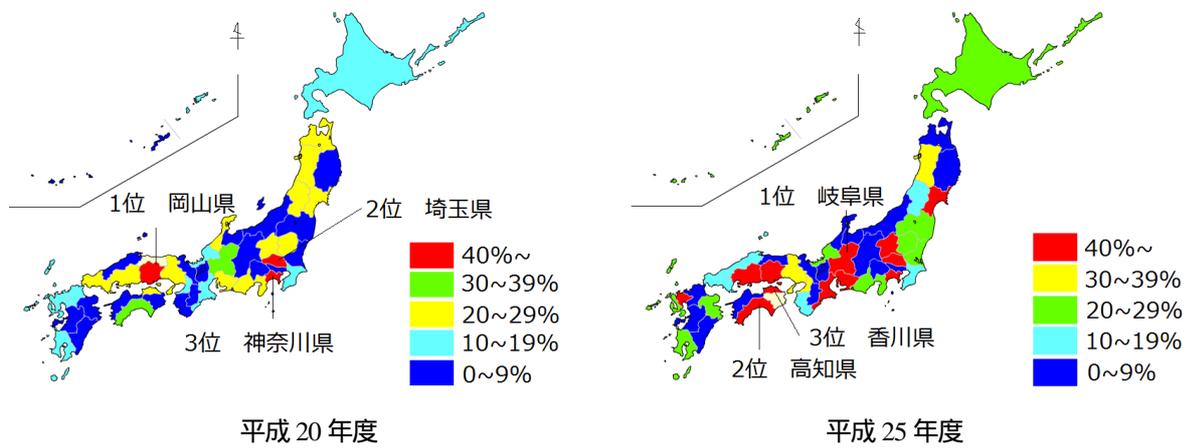


図 1-1-12 地域別温度の不適率

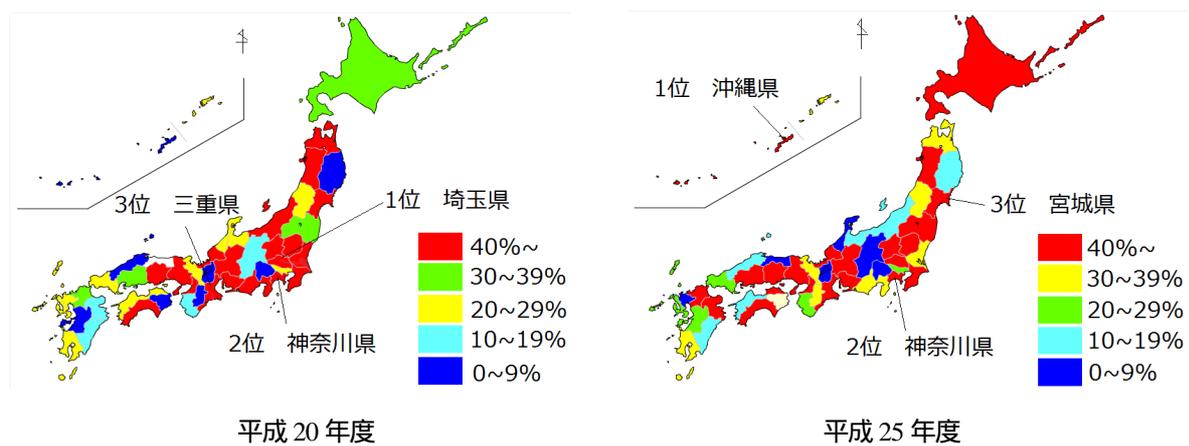


図 1-1-13 地域別相対湿度の不適率

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。

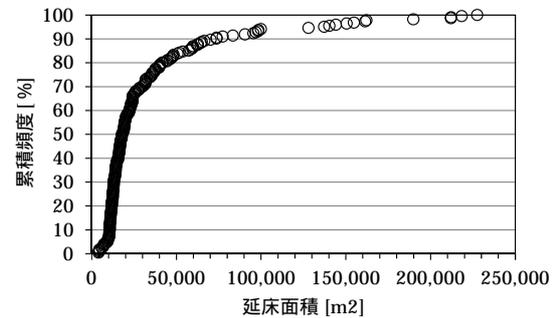


図 1-2-1 測定対象ビルの延べ床面積

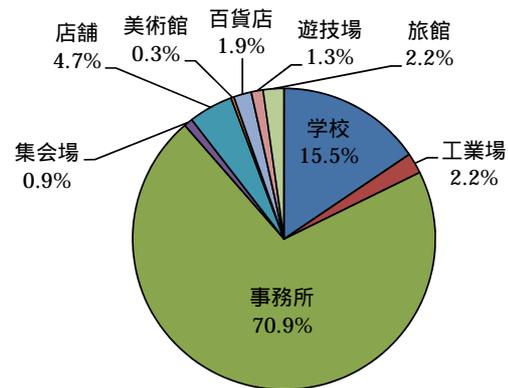


図 1-2-2 用途別の割合

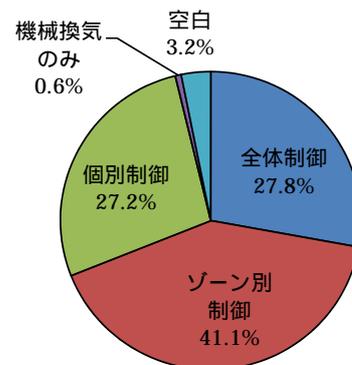


図 1-2-3 制御方式別の割合

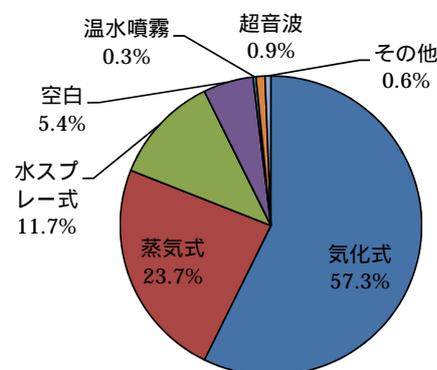


図 1-2-4 加湿方式別の割合

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。

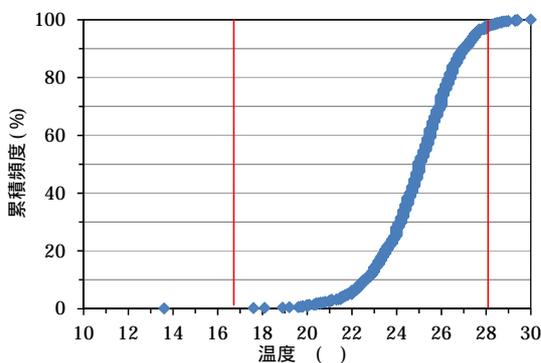


図1-2-5 温度の累積頻度分布

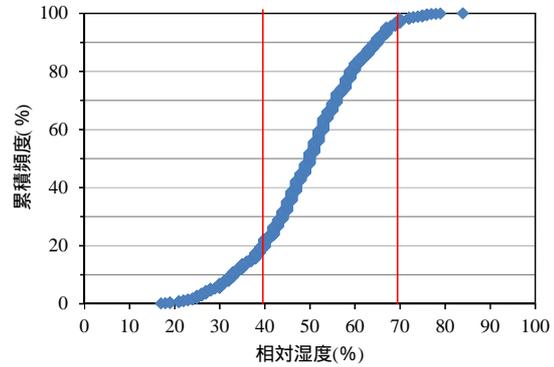


図1-2-6 相対湿度の累積頻度分布

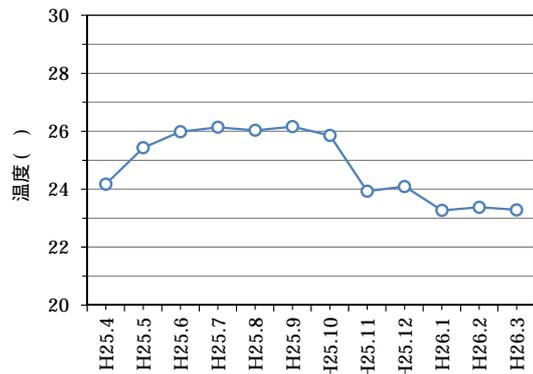


図1-2-7 月別温度の平均値

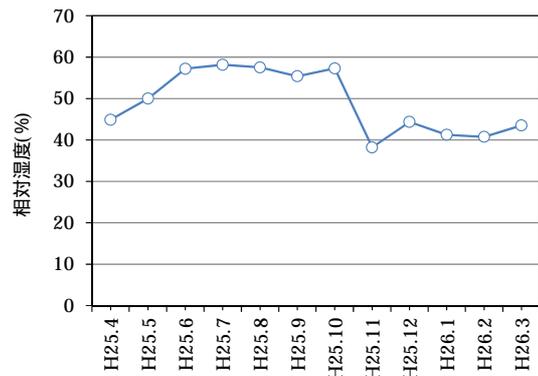


図1-2-8 月別相対湿度の平均値

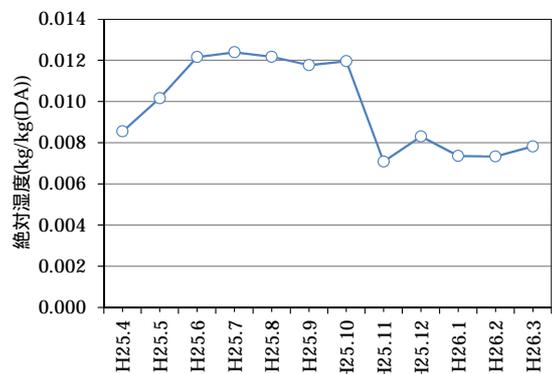
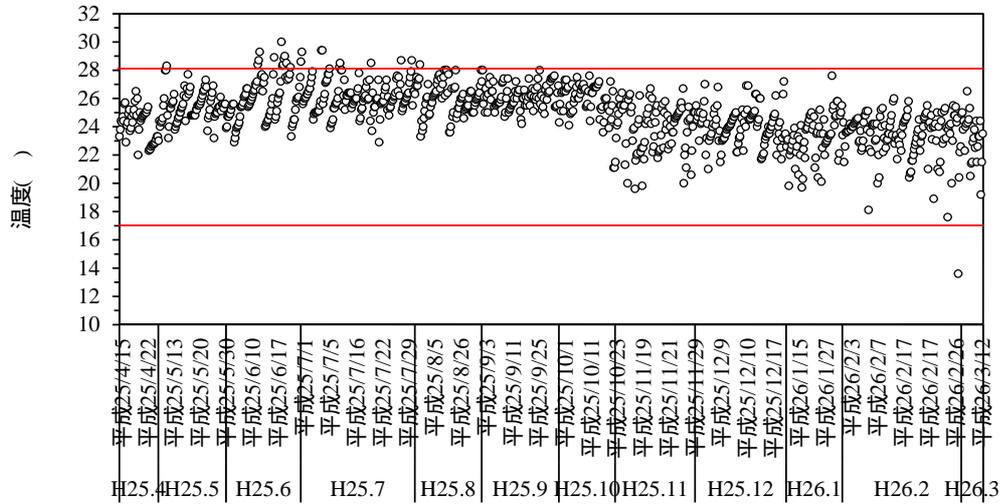
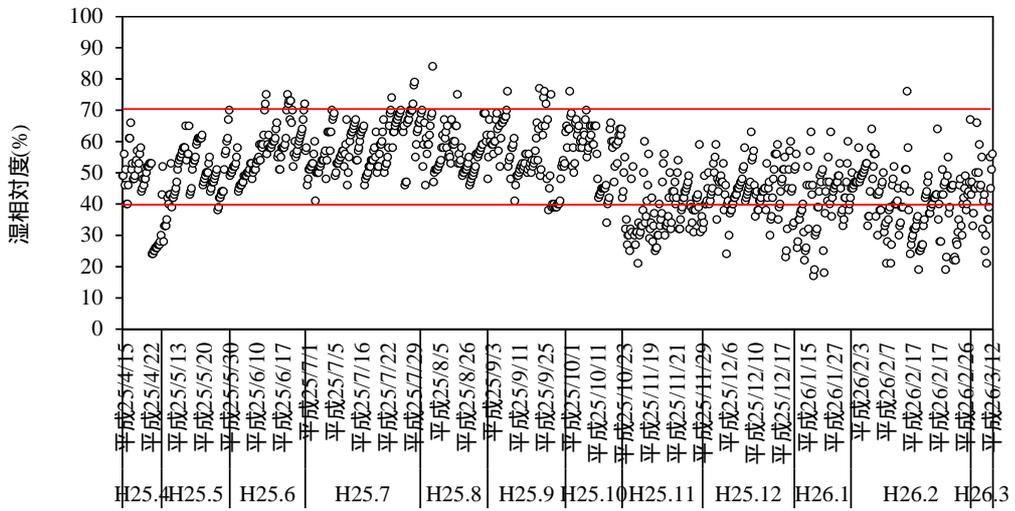


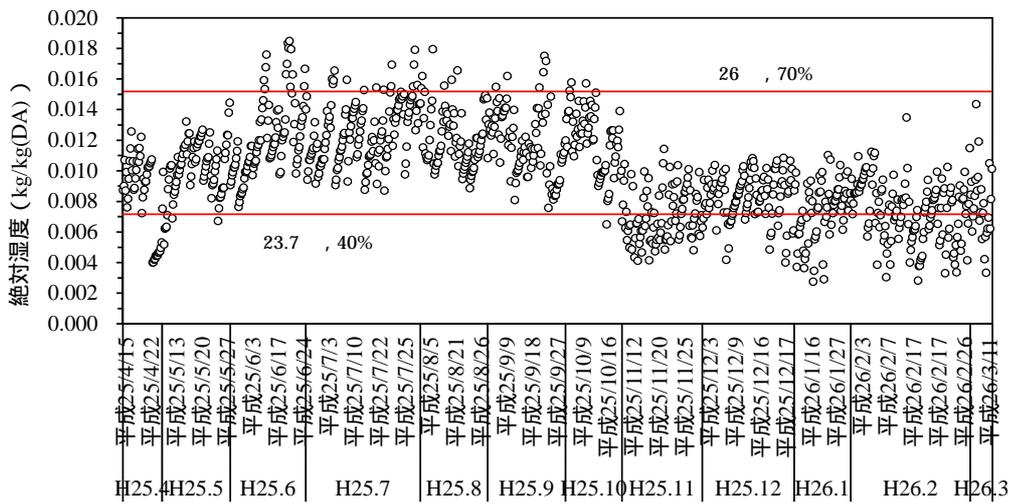
図1-2-9 月別絶対湿度の平均値



(a) 温度



(b) 相対湿度



(c) 絶対湿度

図 1-2-10 温度・相対湿度・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 を季節に關係しないこと分かった。

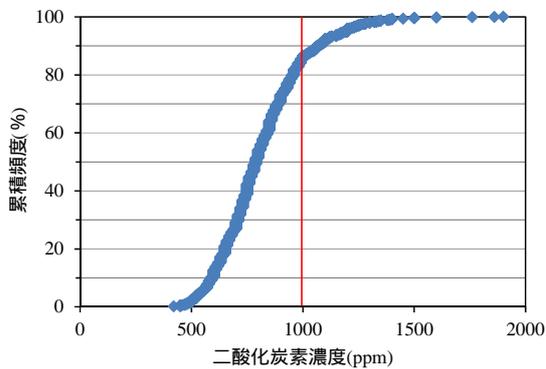


図 1-2-12 二酸化炭素濃度の累積頻度分布

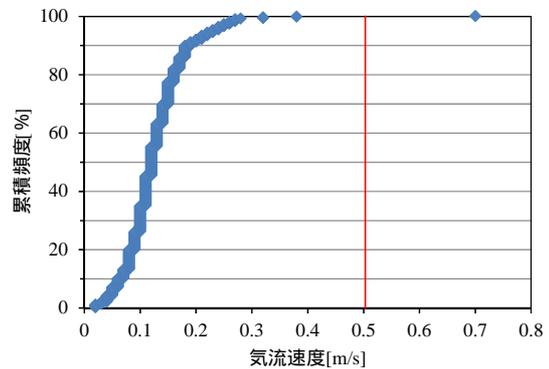


図 1-2-13 気流速度の累積頻度分布

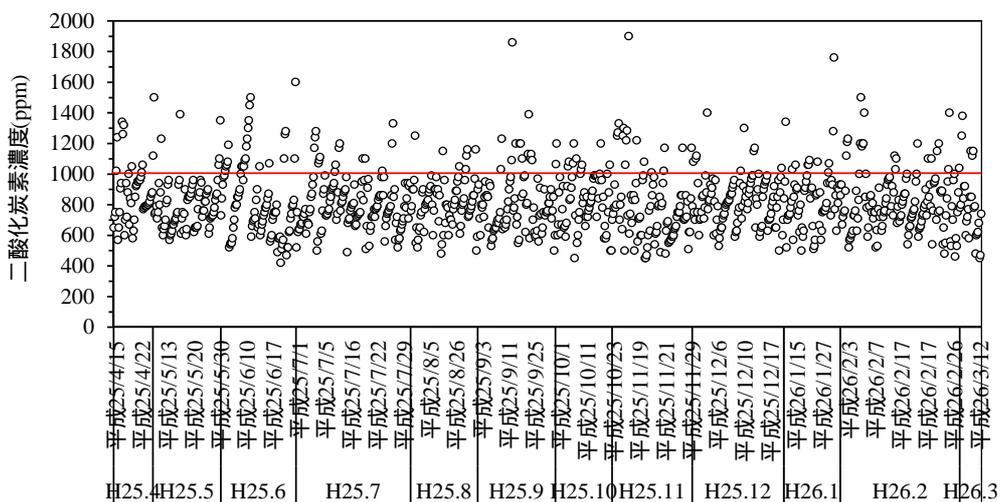


図 1-2-11 二酸化炭素濃度の測定値

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。