

建築物衛生管理に関する検討会開催要綱

1 趣旨・目的

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)に規定する特定建築物の要件及び建築物環境衛生管理基準については、平成 15 年4月に改正して以降、見直しが行われていないところである。この間、特定建築物を取り巻く状況は大きく変化し、建築物はより大規模化・高層化が進んだことに加え、建築衛生設備・機器に関する ICT 技術が大きく進展し、さらに、国際機関では室内環境基準について新たなガイダンス等が策定されている。

これらの状況を踏まえ、学識経験者等で構成される検討会を開催し、特定建築物の要件、国際基準等を踏まえた建築物環境衛生管理基準の見直し等、適切な建築物衛生管理に必要な事項について検討を行う。

2 検討事項

- (1) 特定建築物の要件について
- (2) 建築物環境衛生管理基準について
- (3) その他適切な建築物衛生管理に必要な事項について

3 構成等

- (1) 本検討会の構成員は別紙のとおりとし、座長を1名置く。
- (2) 座長は検討会を代表し、会務を総括する。
- (3) 座長が不在のときは、あらかじめ座長が指名する者がその職務を代理する。
- (4) 本検討会は、必要に応じ、構成員以外の有識者の出席を求めることができる。

4 運営

- (1) 本検討会は生活衛生・食品安全審議官が開催する。
- (2) 本検討会は原則公開とし、会議資料及び議事録についても、後日 HP において公開する。ただし、議事内容により、座長が非公開とすることが必要であると認める場合は、開催予定とともに非公開である旨及びその理由を公開し、会議終了後、可能な範囲で会議資料及び議事要旨を公開する。
- (3) 本検討会の庶務は医薬・生活衛生局生活衛生課が行う。
- (4) この要綱に定めるもののほか、本検討会の運営に関して必要な事項は座長が検討会の了承を得て、その取扱いを決定するものとする。

建築物衛生管理に関する検討会 委員名簿

(令和3年4月 22 日 五十音順 敬称略)

○:座長

秋葉 道宏	国立保健医療科学院生活環境研究部 主任研究官
鎌田 元康	(公財)日本建築衛生管理教育センター 理事長
○倉 渕 隆	東京理科大学工学部建築学科 教授
坂下 一則	東京都健康安全研究センター広域監視部 建築物監視指導課統括課長代理
高田 礼子	聖マリアンナ医科大学医学部予防医学教室 教授
谷 川 力	(公社)日本ペストコントロール協会 理事・技術委員長
中野 信博	(公社)全国ビルメンテナンス協会 副会長
西村 勝彦	(公社)全国建築物飲料水管理協会 副会長
林 基 哉	北海道大学工学研究院建築都市部門空間デザイン 教授

参 照 条 文

●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）

（定義）

第二条 この法律において「特定建築物」とは、興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、共同住宅等の用に供される相当程度の規模を有する建築物（建築基準法（昭和二十五年法律第二百一号）第二条第一号に掲げる建築物をいう。以下同じ。）で、多数の者が使用し、又は利用し、かつ、その維持管理について環境衛生上特に配慮が必要なものとして政令で定めるものをいう。

2 前項の政令においては、建築物の用途、延べ面積等により特定建築物を定めるものとする。

（建築物環境衛生管理基準）

第四条 特定建築物の所有者、占有者その他の者で当該特定建築物の維持管理について権原を有するものは、政令で定める基準（以下「建築物環境衛生管理基準」という。）に従って当該特定建築物の維持管理をしなければならない。

2 建築物環境衛生管理基準は、空気環境の調整、給水及び排水の管理、清掃、ねずみ、昆虫等の防除その他環境衛生上良好な状態を維持するのに必要な措置について定めるものとする。

3 特定建築物以外の建築物で多数の者が使用し、又は利用するものの所有者、占有者その他の者で当該建築物の維持管理について権原を有するものは、建築物環境衛生管理基準に従って当該建築物の維持管理をするように努めなければならない。

（特定建築物についての届出）

第五条 特定建築物の所有者（所有者以外に当該特定建築物の全部の管理について権原を有する者があるときは、当該権原を有する者）（以下「特定建築物所有者等」という。）は、当該特定建築物が使用されるに至ったときは、その日から一箇月以内に、厚生労働省令の定めるところにより、当該特定建築物の所在場所、用途、延べ面積及び構造設備の概要、建築物環境衛生管理技術者の氏名その他厚生労働省令で定める事項を都道府県知事（保健所を設置する市又は特別区にあつては、市長又は区長。以下この章並びに第十三条第二項及び第三項において同じ。）に届け出なければならない。

2 前項の規定は、現に使用されている建築物が、第二条第一項の政令を改正する政令の施行に伴い、又は用途の変更、増築による延べ面積の増加等により、新たに特定建築物に該当することとなつた場合について準用する。この場合において、前項中「当該特定建築物が使用されるに至ったとき」とあるのは、「建築物が特定建築物に該当することとなつたとき」と読み替えるものとする。

3 特定建築物所有者等は、前二項の規定による届出事項に変更があつたとき、又は

当該特定建築物が用途の変更等により特定建築物に該当しないこととなつたときは、その日から一箇月以内に、その旨を都道府県知事に届け出なければならない。

(建築物環境衛生管理技術者の選任)

第六条 特定建築物所有者等は、当該特定建築物の維持管理が環境衛生上適正に行なわれるように監督をさせるため、厚生労働省令の定めるところにより、建築物環境衛生管理技術者免状を有する者のうちから建築物環境衛生管理技術者を選任しなければならない。

2 建築物環境衛生管理技術者は、当該特定建築物の維持管理が建築物環境衛生管理基準に従つて行なわれるようにするため必要があると認めるときは、当該特定建築物の所有者、占有者その他の者で当該特定建築物の維持管理について権原を有するものに対し、意見を述べることができる。この場合においては、当該権原を有する者は、その意見を尊重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（昭和 45 年政令第 304 号）
(特定建築物)

第一条 建築物における衛生的環境の確保に関する法律（以下「法」という。）第二条第一項の政令で定める建築物は、次に掲げる用途に供される部分の延べ面積（建築基準法施行令（昭和二十五年政令第三百三十八号）第二条第一項第三号に規定する床面積の合計をいう。以下同じ。）が三千平方メートル以上の建築物及び専ら学校教育法（昭和二十二年法律第二十六号）第一条に規定する学校又は就学前の子どもに関する教育、保育等の総合的な提供の推進に関する法律（平成十八年法律第七十七号）第二条第七項に規定する幼保連携型認定こども園（第三号において「第一条学校等」という。）の用途に供される建築物で延べ面積が八千平方メートル以上のものとする。

- 一 興行場、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館又は遊技場
- 二 店舗又は事務所
- 三 第一条学校等以外の学校（研修所を含む。）
- 四 旅館

(建築物環境衛生管理基準)

第二条 法第四条第一項の政令で定める基準は、次のとおりとする。

- 一 空気環境の調整は、次に掲げるところによること。
 - 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。ニにおいて同じ。）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。

一 浮遊粉じんの量	空気一立方メートルにつき〇・一五ミリグラム以下
二 一酸化炭素の含有率	百万分の十（厚生労働省令で定める特別の事情がある建築物にあつては、厚生労働省令で定める数値）以下
三 二酸化炭素の含有率	百万分の千以下
四 温度	一 十七度以上二十八度以下 二 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
五 相対湿度	四十パーセント以上七十パーセント以下
六 気流	〇・五メートル毎秒以下
七 ホルムアルデヒドの量	空気一立方メートルにつき〇・一ミリグラム以下

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。

ハ イの表の各号の下欄に掲げる基準を適用する場合における当該各号の上欄に掲げる事項についての測定の方法は、厚生労働省令で定めるところによること。

ニ 空気調和設備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、病原体によつて居室の内部の空気が汚染されることを防止するための措置を講ずること。

二 給水及び排水の管理は、次に掲げるところによること。

イ 給水に関する設備（水道法（昭和三十二年法律第百七十七号）第三条第九項に規定する給水装置を除く。ロにおいて同じ。）を設けて人の飲用その他の厚生労働省令で定める目的のために水を供給する場合は、厚生労働省令で定めるところにより、同法第四条の規定による水質基準に適合する水を供給すること。

ロ 給水に関する設備を設けてイに規定する目的以外の目的のために水を供給する場合は、厚生労働省令で定めるところにより、人の健康に係る被害が生ずることを防止するための措置を講ずること。

ハ 排水に関する設備の正常な機能が阻害されることにより汚水の漏出等が生じないように、当該設備の補修及び掃除を行うこと。

三 清掃及びねずみその他の厚生労働省令で定める動物（ロにおいて「ねずみ等」という。）の防除は、次に掲げるところによること。

イ 厚生労働省令で定めるところにより、掃除を行い、廃棄物を処理すること。

ロ 厚生労働省令で定めるところにより、ねずみ等の発生及び侵入の防止並びに

駆除を行うこと。

●建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則（昭和46年厚生省令第2号）
（一酸化炭素の含有率の特例）

第二条 令第二条第一号イの表の第二号の厚生労働省令で定める特別の事情がある建築物は、大気中における一酸化炭素の含有率がおおむね百万分の十をこえるため、居室における一酸化炭素の含有率がおおむね百万分の十以下になるように空気を浄化して供給をすることが困難である建築物とし、同号の厚生労働省令で定める数値は、百万分の二十とする。

（空気環境の測定方法）

第三条の二 令第二条第一号ハの規定による測定の方法は、次の各号の定めるところによる。

- 一 当該特定建築物の通常の使用時間中に、各階ごとに、居室の中央部の床上七十五センチメートル以上百五十センチメートル以下の位置において、次の表の各号の上欄に掲げる事項について当該各号の下欄に掲げる測定器（次の表の第二号から第六号までの下欄に掲げる測定器についてはこれと同程度以上の性能を有する測定器を含む。）を用いて行うこと。

一 浮遊粉じんの量	グラスファイバーろ紙（○・三マイクロメートルのステアリン酸粒子を九九・九パーセント以上捕集する性能を有するものに限る。）を装着して相対沈降径がおおむね十マイクロメートル以下の浮遊粉じんを重量法により測定する機器又は厚生労働大臣の登録を受けた者により当該機器を標準として校正された機器
二 一酸化炭素の含有率	検知管方式による一酸化炭素検定器
三 二酸化炭素の含有率	検知管方式による二酸化炭素検定器
四 温度	○・五度目盛の温度計
五 相対湿	○・五度目盛の乾湿球湿度計
六 気流	○・二メートル毎秒以上の気流を測定することができる風速計
七 ホルムアルデヒドの量	二・四ージニトロフェニルヒドラジン捕集—高速液体クロマトグラフ法により測定する機器、四—アミノ—三—ヒドラジノ—五—メルカプト—一・二・四—トリアゾール法により測定する機器又は厚生労働大臣が別に指定する測定器

- 二 令第二条第一号イの表の第一号から第三号までの上欄に掲げる事項について、当該各号の下欄に掲げる数値と比較すべき数値は、一日の使用時間中の平均値と

すること

三 次に掲げる区分に従い、それぞれ次に定める事項について、二月以内ごとに一回、定期的に、測定すること。

イ 空気調和設備を設けている場合 令第二条イの表の第一号から第六号までの上欄に掲げる事項

ロ 機械換気設備を設けている場合 令第二条イの表の第一号から第三号まで及び第六号の上欄に掲げる事項

四 特定建築物の建築（建築基準法（昭和二十五年法律第二百一号）第二条第十三号に規定する建築をいう。）、大規模の修繕（同条第十四号に規定する大規模の修繕をいう。）、又は大規模の模様替（同条第十五号に規定する大規模の模様替をいう。）（以下「建築等」と総称する。）を行つたときは、当該建築等を行つた階層の居室における令第二条第一号イの表の第七号の上欄に掲げる事項について、当該建築等を完了し、その使用を開始した日以後最初に到来する測定期間（六月一日から九月三十日までの期間をいう。以下同じ。）中に一回、測定すること。

（建築物環境衛生管理技術者の選任）

第五条 特定建築物所有者等は、特定建築物ごとに建築物環境衛生管理技術者を選任しなければならない。

2 前項の選任を行なうに当たっては、一の特定建築物の建築物環境衛生管理技術者が、同時に他の特定建築物の建築物環境衛生管理技術者とならないようにしなければならない。ただし、二以上の特定建築物について、相互の距離、それぞれの用途、構造設備、令第一条各号に掲げる用途に供される部分の延べ面積、特定建築物所有者等又は当該特定建築物の維持管理について権原を有する者の状況等から一人の建築物環境衛生管理技術者が当該二以上の特定建築物の建築物環境衛生管理技術者となってもその職務を遂行するに当たって特に支障がないときは、この限りでない。

○建築物環境衛生管理技術者の選任について（抄）

（平成 14 年 3 月 26 日健発第 0326015 号厚生労働省健康局長通知）

以下に示す場合であって、複数の特定建築物の建築物環境衛生管理技術者として職務遂行に支障がない場合には、以下のように兼任を認めることができる。

ア 学校教育法（昭和 22 年法律第 26 号）第 1 条に規定する学校以外の特定建築物の場合

統一的管理性が確保されている場合においては、3 棟までの兼任を認めることができる。

イ 学校教育法第 1 条に規定する学校の場合

同一敷地内又は近接する敷地内にある建築物で、統一的管理性が確保されて

いる場合においては、兼任を認めることができる。

なお、統一的管理性とは、建築物の維持管理権原者が同一で、かつ、空気調和設備、給水設備等建築物の衛生的環境の確保に係る設備が類似の形式であり、管理方法の統一化が可能なものをいうものであること。

【平成 14 年 3 月 26 日廃止】

○建築物環境衛生管理技術者の選任について（抄）

（平成 10 年 3 月 31 日生衛発 552 号厚生省生活衛生局長通知）

法の趣旨により、複数の特定建築物のビル管理技術者の兼任は原則として認めないが、ビル管理技術者の確保が困難であり、かつ、以下に示す場合には例外的に兼任を認めることがあること。

1) 学校教育法第 1 条に規定する学校以外の特定建築物の場合

統一的管理性が確保されている場合には 3 棟までの兼任を認めることがある。

2) 学校教育法第 1 条に規定する学校の場合

同一敷地内又は近接する敷地内にある建築物で、統一的管理性が確保されている場合においては兼任を認めることがある。

なお、特定建築物の用途、床面積、距離等については、統一の数値を兼任基準として定めることが不可能であるので、各自治体において、兼任対象の複数の特定建築物が適切に維持管理されることが可能であることを実態に応じて判断するものとする。

統一的管理性とは、建築物の維持管理権原者が同一で、かつ、空気調和設備、給水設備等建築物の衛生的環境の確保に係る設備が類似の形式であり、管理方法の統一化が可能なものであることをいう。

○建築物環境衛生管理技術者の選任に関する事例について

（平成 10 年 3 月 31 日事務連絡厚生省生活衛生局企画課）

建築物環境衛生管理技術者の選任については、平成 10 年 3 月 31 日生衛発第 552 号生活衛生局長通知（以下「局長通知」という。）をもって指示されたところであるが、その運用にあたって参考とすべき事例を下記のとおり示すので、貴管下関係行政機関及び関係者に対する指導に遺憾なきを期されたい。

記

複数の特定建築物のビル管理技術者の兼任は原則として認めないが、ビル管理技術者の人数の不足その他のやむをえない理由によってビル管理技術者を確保するこ

とが困難である場合には、以下のような事例において兼任を認めることができる。

- 1 県が所有する近接する2棟又は3棟の建築物（庁舎及び議事堂）で、維持管理権原者が同一であり構造設備に一体性があるもの

用途：事務所及び集会場

床面積：2棟又は3棟の合計が1人のビル管理技術者で監督できる範囲

距離：近接

統一的管理性：維持管理権原者が同じ

構造設備に一体性

<解説>

用途、床面積、距離については局長通知において実態に応じて判断されることとされている。

本件においては、用途については事務所と集会場という別のものではあるが、庁舎と議事堂という密接な関連を有するものであり、床面積については1人のビル管理技術者で監督できる程度であり、距離については近接している。

また、維持管理権原者が同一で、構造設備に一体性があるため、管理方法の統一化が可能であると判断されるので、兼任を認めることができるものと判断される。

- 2 自動車により1時間以内で移動可能な2棟又は3棟のスーパーマーケットのチェーン店で、維持管理権原者が同一なもの

用途：店舗

床面積：2棟又は3棟の合計が1人のビル管理技術者で監督できる範囲

距離：自動車により1時間以内に移動可能

統一的管理性：維持管理権原者が同じ

構造設備が類似

<解説>

本件においては、用途については店舗という同一のものであり、床面積については1人のビル管理技術者で監督できる程度であり、距離については自動車により1時間以内に移動可能なものである。

また、維持管理権原者が同一で、チェーン店ということで構造設備に類似性があるため、管理方法の統一化が可能であると判断されるので、兼任を認めることができるものと判断される。

なお、距離については、ビル管理技術者の日常の維持管理業務に支障がない範囲として個別に判断されるものであるが、今回は例示的に20km以内で1時間以内というものを示した。

- 3 同一観光地域内の2棟又は3棟（床面積合計10000m²程度）の旅館で、維持管

理権原者が同一であり、給水設備等が類似して管理方法の統一化が可能なもの

用途：旅館

床面積：2棟又は3棟（床面積合計が10000m²程度）

距離：同一観光地域内

統一的管理性：維持管理権原者が同じ

給水設備等が類似

<解説>

本件においては、用途については旅館という同一のものであり、床面積については床面積合計が10000m²程度であり、距離については同一観光地域内である。

また、維持管理権原者が同一で、給水設備等が類似しているため、管理方法の統一化が可能であると判断されるので、兼任を認めることができるものと判断される。

なお、兼任を認めることのできる床面積合計については、構造設備の特性に大きく左右されるものであるが、今回は例示的に10000m²程度というものを示した。

- 4 同一敷地内（同一キャンパス内）の5棟（床面積合計50000m²程度）の大学校舎で、維持管理権原者が同一であり、個別空調、直結式水道等により維持管理方法の簡略化、統一化が可能なもの

用途：学校

床面積：5棟（床面積合計50000m²程度）

距離：同一敷地内（同一キャンパス内）

統一的管理性：維持管理権原者が同じ

個別空調、直結式水道等

<解説>

本件においては、用途については学校という同一のものであり、床面積については床面積合計が50000m²程度であり、距離については同一敷地内（同一キャンパス内）である。

また、維持管理権原者が同一で、個別空調、直結式水道等により管理方法の簡略化、統一化が可能であると判断されるので、5棟の兼任を認めることができるものと判断される。

なお、兼任を認めることのできる床面積合計については、構造設備の特性に大きく左右されるものであるが、今回は例示的に50000m²程度というものを示した。

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）
総合研究報告書

建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究

研究代表者 林 基哉 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

本研究は、平成 26-28「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」に基づき、建築物衛生環境の效果的向上を図るための基準改正に資する科学的根拠を示すことを目的として、環境衛生管理基準不適率上昇が顕著である空気環境を中心に文献調査、実態調査、統計分析などを行い以下の知見を得た。

基準案の検証（エビデンス整理）では、最新知見によって基準改正の対象候補となる項目を検討するための基礎が得られた。WHO などの動向に対応した温度、一酸化炭素、PM2.5 の基準の検討、厚生労働省が示した新たな化学物質濃度指針値に対する特定建築物における実態調査、SVOC などの新たな基準への対応の検討が必要であることを示した。

測定評価法提案（ケーススタディー）では、主に温熱環境に関する評価方法の進歩が大きい中で、温度、湿度、気流等の温熱環境に関する基準の追加、組み換えの提案に資する知見が示された。ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、健康影響評価に必要な環境因子の知見と本測定方法をリンクさせることで、時間的・空間的な温熱環境分布評価の解像度を高めることが可能であることを示した。

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を用い、快適感や温冷感等の指標を用いる可能性を示し、事務所ビルを例として検証を行いその有用性を示した。

制度提案（自治体等ヒアリング）では、実効性のある基準の見直しのための基礎として、自治体における立入検査及びその報告の基になる定期的な空気環境測定の実態を把握するとともに、行政報告における不適率上昇に関する分析を行った。適切な測定の実施が難しい状況が、不適率のデータに影響している可能性があること、行政報告例における報告聴取の増加、省エネ対応、外気条件の変化が、不適率上昇に影響していることを示した。これらを踏まえた測定評価法や制度の構築が必要であることを示した。

研究分担者

開原 典子 国立保健医療科学院
樺田 尚樹 産業医科大学
東 賢一 近畿大学
中野 淳太 東海大学
李 時桓 信州大学

研究協力者

大澤 元毅 元 国立保健医療科学院
金 勲 国立保健医療科学院
島崎 大 国立保健医療科学院
柳 宇 工学院大学
長谷川兼一 秋田県立大学
鍵 直樹 東京工業大学
奥村 龍一 東京都多摩立川保健所
齋藤 敬子 日本建築衛生管理教育センター
杉山 順一 日本建築衛生管理教育センター
渡邊 康子 元 全国ビルメンテナンス協会
芳賀 健輔 全国ビルメンテナンス協会
関内 健治 全国ビルメンテナンス協会

A. 研究目的

本研究は、平成 26-28「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」による、空気環境衛生基準、衛生管理体制、新しい健康リスク等に関する提案に基づいて、環境衛生管理基準不適率の上昇が顕著である空気環境を中心に 4 つの研究を行い、建築物衛生環境の効果的向上を図るための基準改正に資する科学的根拠を示すことを目的とする。

「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」では、空気環境衛生基準の項目等について、課題と対応案が以下のように示されている。温熱環境の項目では、温度不適率は上昇し、夏期の 28℃超が多い。冬期室温は比較的高く相対湿度低下の要因である。相対湿度不適率は非常に高く、加湿設備の設計から運用までの課題がある。気流も不適率が上昇し、冬期不快の要因である。放射なども含めた総合指標 (PMV 等) の利用が必要である。空気環境の項目では、二酸化炭素不適率が上昇し、個別式空調における換気不備、省エネルギーのための換気量削減、外気濃度上昇等の要因が指摘され、濃度評価法も含めた検討が必要である。一酸化炭素及び浮遊粉じん不適率は低い、喫煙の影響を注視する必要がある。外気の PM2.5 が懸念されるが、室内発生やエアフィルタの検討が必要である。ホルムアルデヒド不適率も低い、VOC による健康影響は注視する必要がある。その他、浮遊微生物、VOC、臭気、定期測定や立入検査の測定値の代表性、処理評価法、省エネルギー技術の課題 (タスクアンビエント空調・パーソナル空調の空間分布、アースチューブの微生物等) がある。

本研究は 4 つの研究で構成し、それぞれの目的は以下の通りである。基準案の検証 (エビデンス整理) では、「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」を整理補足して基準案 (基準の見直し、項目の追加・組替え) を作成し、適用効果と不適率への影響を明らかにする。測定評価法提案 (ケーススタディー) では、基準案に対応した空

気環境測定方法を提案し精度を明らかにする。測定評価法の検証 (実建物試行) では、新たな測定評価法の有効性を明らかにする。制度提案 (自治体等ヒアリング) では、自治体、ビルメンメンテナンス業の実情を踏まえ、基準案・測定評価法の実効性、制度の可能性を明らかにする。

以上のように、「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」の成果を活かし、実効性のある基準及び制度に向けた具体的な提案とその科学的根拠を示すことが、本研究の目的である。

B. 研究方法

本研究「建築物衛生管理基準の検証に関する研究」を構成する4つの研究では、以下の方法によって研究を実施した。

B1. 基準案の検証（エビデンス整理）

平成26-28「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」による環境衛生管理基準に関する提案及びエビデンスを踏まえ、国立情報学研究所論文情報ナビゲータ（CiNii）、独立行政法人科学技術振興機構のJ-Dream IIIによる科学技術関連の文献検索（1975年以降の文献を収載）、米国国立医学図書館のPubmedによる医学関連の文献検索（原則として1950年以降の文献を収載）、インターネット検索によるホームページからの情報収集及び関連資料、既存の書籍および上記検索で入手した文献や資料に掲載されている参考文献等を入手した。また、平成22年度に実施した財団法人ビル管理教育センター（現、公益財団法人日本建築衛生管理教育センター）委託による「建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について」の報告書以降のエビデンスについて調査及び整理を行った。なお、2001年度にとりまとめられた建築物衛生管理検討会の報告については改めてその概要を記載した。

B2. 測定評価法提案（ケーススタディー）

空間の用途、空調方式、立地の多様性を考慮した、空気環境の測定方法の提案を目的とし、世界的に参照されている温熱環境基準の文献調査を行った。室内温熱環境基準であるASHRAE:55-2017およびISO7730:2005の文献調査を行い、ここに規定される温熱環境を評価するための測定方法を整理し、これらの基準を参考に空気環境測定法を提案して、実際の測定を通じてその有効性の検証を行った。

B3. 測定評価法の検証（実建物試行）

B3.1. 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

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）の検証を行うとともに、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。

B3.2. 健康影響に関する検証

自記式調査票を調査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い、従業員用調査では、職場環境と健康状態などを問うこととした。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。

B4. 制度提案（自治体等ヒアリング）

B4.1. 空気環境測定に関する分析

全国の特定建築物の空気環境測定業者に対して、空気環境測定の実態に関するアンケート調査を1171名に対して行い、745名の回答（回答率63%）を得た。ビルメンテナンスに関するアンケート調査が2回にわたり行われた。なお、1回目（平成30年8月実施）と2回目（令和2年1月実施）の間に、中規模建築物の受託の有無（受託している／受託していない）を調査している。中規模建築物の受託のある企業1,047件に対し、1回目および2回目の調査を合わせて409件（39.1%）の有効回答を得た。

B4.2. 二酸化炭素濃度等の空気環境に関する不適率上昇要因の分析

特定建築物における建築物衛生管理基準項目の

実態を把握し、基準検証及び行政監視指導方法を含めた制度提案の基礎とすることを目的とし、行政報告例の特性を踏まえた上で、外気濃度上昇と換気量削減による不適率上昇への影響について明らかにするために、JMPによる分析と濃度不適率の数式モデルによる解析を行った。

C. 研究結果

C1. 基準案の検証（エビデンス整理）

世界保健機関（WHO）が温度の室内ガイドラインとして低温側で 18℃以上を 2018 年に公表した。これは冬期の高齢者における血圧上昇に対する影響を考慮したものであった。特定建築物の適用用途には、ホテルや旅館が含まれており、WHO の室温のガイドラインは今後検討すべき項目であると考えられた。また WHO は、微小粒子状物質（PM_{2.5}）、一酸化炭素の室内空気質ガイドラインを公表しており、微小粒子状物質では循環器疾患への影響、一酸化炭素では虚血性心疾患への影響に基づくものであった。室内の粒子状物質については、浮遊粉じんよりも粒径の小さい PM_{2.5} に対する室内空気指針値の設定が近年諸外国でなされてきており、WHO においても 2018 年に開催された「空気汚染と健康に関する世界会合」において、大気と室内における PM_{2.5} による健康被害の問題が大きく取り上げられた。これらの物質については、今後検討すべき項目であると考えられた。

厚生労働省は、2-エチルヘキサノール、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (TexanolTM, TMPD-MIB と略す)、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIBTM, TMPD-DIB と略す)の室内濃度誌指針値を検討中である。特定建築物におけるこれらの物質の実態はこれまで把握されておらず、今後実態調査を行い、建築物環境衛生管理基準で考慮すべきかどうか検討する必要があると考えられた。

近年、フタル酸エステル類やリン酸エステル類を中心に、室内ダスト中の準揮発性有機化合物による健康リスクが報告されている。フランスでは

室内ダスト中化学物質のガイドラインに関する国際ワークショップが開催され、その方法論を検討している。このような諸外国の動向も今後注視すべきと考えられた。

C2. 測定評価法提案（ケーススタディー）

ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、北海道、関東、東海、近畿、九州の実際のオフィスを夏季と冬季に分けて調査した。また衛生管理基準と最新の温熱環境基準による評価結果を比較した。提案した測定方法と最新の評価基準により、季節・建物規模・空調方式の特徴を分類できることがわかった。健康影響評価に必要な環境因子の知見と本測定方法をリンクさせることで、時間的・空間的な温熱環境分布評価の解像度を高めることが可能であることを示した。

C3. 測定評価法の検証（実建物試行）

C3.1. 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

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。一方で、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、夏期と冬期の室内温湿度特性を分析したところ、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状況が不適率の増加に寄与していると考えられた。今後の評価法の検証において、個別空調の運用管理手法の情報整備を加える必要があることが指摘された。

C3.2. 健康影響に関する検証

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、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。

C4. 制度提案（自治体等ヒアリング）

C4.1. 空気環境測定に関する分析

空気環境の測定者に対するアンケート調査の結果、空気環境の測定点、測定時間、測定後の改善に関する課題が抽出された。空気環境の測定点については、適切でない場合があるとの回答が 23%あり、その理由は在室者やテナントなどへの配慮が挙げられた。一日に 2 回測定できない場合については 7%であり、同様の理由が挙げられた。また、在室者がいない状況での測定については 56%、休日など空調が運転されない場合の測定については 40%で、その理由は在室者への配慮、依頼主から要請が多かった。不適合の場合の原因追及のための測定ができない場合があるとの回答は、25%であった。その原因は、在室者への配慮、依頼主の依

頼、契約上の制限など、が挙げられた。以上のように、空気環境の測定は、使用状況、依頼主やテナントの要望などの影響を受けることによって、適切な実施が難しい場合があることが確認された。このような実態は、例えば、在室者がいない場合の測定が多い用途では、二酸化炭素濃度の不適率が低くなるなど、行政報告例における不適率の特性にも影響していると考えられる。また、正しい測定が難しい状況は、空気環境自体の悪化の要因となる可能性が否定できないことが指摘された。

中規模建築物の衛生状態の実態把握に関するアンケート調査結果では、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、十分な衛生状況にあるか不明の点もあると思われた。しかしながら、仕様書（発注内容）の問題により適切な衛生管理が実行できず、衛生状態に関するクレームや問題等が発生したことはないとの回答が 75%となっており、その実態の把握には今後の調査や検討が必要であると思われる。

C4.2. 二酸化炭素濃度等の空気環境に関する不適率上昇要因の分析

特定建築物の空気環境不適率の上昇要因を明らかにするために、行政報告例の不適率の実態把握、不適率上昇要因に関する統計解析、外気濃度上昇、省エネルギー等に伴う換気量減少の不適率への影響に関する分析を行い、以下の知見を得た。

特定建築物数が増加する中、給水関係に関する項目の不適率が比較的安定しているのに対して、空気環境の湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率が 1999 年以降持続的に上昇している。また、立入検査に代わって法定検査を利用した報告徴取が増加している。

湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率上昇の要因として、報告徴取数の増加が挙げられる。また、湿度、二酸化炭素濃度の不適率は、北の自治体ほど高い傾向がある。

特定建築物の外気二酸化炭素濃度の上昇によっ

て室内濃度が上昇し、二酸化炭素濃度の不適率を高める可能性がある。

二酸化炭素の外気濃度、室内発生量、換気量の影響を受ける室内濃度の頻度分布は大阪府と東京都で類似し、東京都の内外二酸化炭素濃度差の頻度分布は、Weibull 分布に近い。

内外濃度差分布を仮定すると、外気濃度、換気量、報告徴取率から不適率を算定する式が導かれる。

不適率算出式を用いて、行政報告例の不適率にフィッティングした結果、1998 年度に対する 2017 年度の不適率上昇は、原因別に、報告徴取率増加が 11.6%、換気量減少が 7.2%、外気濃度上昇が 3.1%となった。

以上のように、空気環境の不適率上昇の要因として、行政報告例の特性があることを踏まえた上で、二酸化炭素濃度に注目して、その不適率上昇要因の可能性を示し、行政報告例の特性と換気量減少の影響が相対的に大きい可能性が高いことを示した。今後、用途毎の特性の把握、湿度及び温度に関する分析、行政報告例の特性の機序の解明を行い、効果的な不適率低減策の検討が必要であると考ええる。

D. 結論

基準案の検証（エビデンス整理）では、最新知見によって基準改正の対象候補となる項目決定の基礎が得られた。WHO などの動向に対応した温度、一酸化炭素、PM2.5 の基準の検討、厚生労働省が示した新たな化学物質濃度指針値に対する特定建築物における実態調査、SVOC などの新たな基準への対応の検討が必要であることを示した。

測定評価法提案（ケーススタディー）では、主に温熱環境に関する評価方法の進歩が大きい中で、温度、湿度、気流等の温熱環境に関する基準の追加、組み換えの提案に資する知見が示された。ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、健康影響評価に必要な環境因子の知見と本測定方法

をリンクさせることで、時間的・空間的な温熱環境分布評価の解像度を高めることが可能であることを示した。

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。

制度提案（自治体等ヒアリング）では、実効性のある基準の見直しのための基礎として、自治体における立入検査及びその報告に関する状況把握として空気環境測定の実態を把握し行政報告における不適率上昇に関する分析を行った。適切な測定の運用が難しい状況が、不適率のデータに影響している。また、行政報告例における報告聴取の増加、省エネ対応、外気条件の変化が、不適率上昇に影響している。これらを踏まえた測定評価法や制度の構築が必要であることを示した。

以上のように、国内外の空気環境基準、測定評価方法の動向、空気環境測定及び不適率の実態を踏まえた、空気環境基準の見直しの検討が必要であると考ええる。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 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に関する分析, 日本建築学会環境系論文集, Vol.84 No.765, 2019.11; pp.1011-1018.
 - 2) 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.
 - 3) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), 15-20, 2019.
 - 4) 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.
 - 5) 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.
 - 6) 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. *Science of the Total Environment* 616-617:1649-1655, 2018.
 - 7) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. *Proceedings of the 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate*, ID106, 6 pages, in press, 2018.
 - 8) 東 賢一. 住環境の健康リスク要因とそのマネジメントに関する国内外の動向. 日本衛生学雑誌 73(2): in press, 2018.
 - 9) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(114), 38, 2017. doi:10.1186/s12199-017-0645-4.
 - 10) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. *Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017*, ID0022, 6 pages, 2017.
 - 11) 東 賢一. 室内空気質規制に関する諸外国の動向. 環境技術 Vol.46, No.7, pp. 4-9, 2017.
 - 12) 東 賢一. 室内環境汚染による健康リスクと今後の課題. 臨床環境医学 26(2):82-86, 2017.
- ### 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. 書籍
- 1) Azuma K. *Guidelines and Regulations for Indoor Environmental Quality, Indoor Environmental Quality and Health Risk toward Healthier Environment for All*. Springer, Singapore, pp.303-318, 2019.

- 2) 東 賢一. [対策]室内汚染対策／室内環境指標値、[物質編]マンガン及びその化合物. 大気環境の事典. 朝倉書店, 東京, 2019.

4. 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、樺田尚樹、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)
 - 20) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. The 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, July 22-27 2018. (in acceptance)
 - 21) 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温熱環境および二酸化炭素濃度に関する縦断調査．第 91 回日本産業衛生学会，熊本，2018 年 5 月 16 日-19 日．(in acceptance)
 - 22) 東 賢一、柳 宇、鍵 直樹、大澤元毅．低濃度二酸化炭素による建築物居住者の健康等への影響に関する近年の知見．第 90 回日本産業衛生学会，東京，2017 年 5 月 11 日-5 月 13 日．
 - 23) 東 賢一．健康リスク学から見た現状と今後の展望 一人の健康の保護と持続可能な発展 一．第 26 回日本臨床環境医学会学術集会，東京，2017 年 6 月 25 日．
 - 24) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Healthy Buildings Europe 2017, Lublin, Poland, July 2-5, 2017.
 - 25) 東 賢一．世界保健機関の住宅と健康のガイド

ライン. 平成 29 年室内環境学会学術大会, 佐賀, 2017 年 12 月 13 日.

- 26) 開原典子, 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 柳宇, 東賢一, 鍵直樹. 特定建築物の室内空気環境データの分析. 空気調和・衛生工学会大会; 2017.9; 鹿児島. 同学術講演論文集. p.81-84.
- 27) 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 開原典子, 東賢一. 特定建築物の空気環境に関する研究(第 2 報) 空気環境基準の不適率に関する分析. 第 76 回日本公衆衛生学会総会; 2017.10; 鹿児島. 抄録集. P-2103-7.

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

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

建築物衛生管理基準の検証に関する研究

1. 基準案の検証

研究分担者 東 賢一 近畿大学医学部 准教授
研究分担者 樺田 尚樹 産業医科大学 教授
研究代表者 林 基哉 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

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の割合が増加している。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。そこで本研究では、建築物環境衛生管理基準の空気環境項目について、国際的な動向や諸外国の動向および関連する近年の科学的知見等を整理し、今後検討すべき建築物環境衛生管理基準を整理した。昨年度とりまとめた結果に対して、2019年度の調査結果を追加および更新した。

世界保健機関（WHO）が温度の室内ガイドラインとして低温側で18℃以上を2018年に公表した。これは冬期の高齢者における血圧上昇に対する影響を考慮したものであった。特定建築物の特定用途には、ホテルや旅館が含まれており、WHOの室温のガイドラインは今後検討すべき項目であると考えられた。またWHOは、微小粒子状物質（PM_{2.5}）、一酸化炭素の室内空気質ガイドラインを公表しており、微小粒子状物質では循環器疾患への影響、一酸化炭素では虚血性心疾患への影響に基づくものであった。室内の粒子状物質については、浮遊粉じんよりも粒径の小さいPM_{2.5}に対する室内空気指針値の設定が近年諸外国でなされてきており、WHOにおいても2018年に開催された「空気汚染と健康に関する世界会合」において、大気と室内におけるPM_{2.5}による健康被害の問題が大きく取り上げられた。これらの物質については、今後検討すべき項目であると考えられた。

厚生労働省は、2-エチルヘキサノール、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (TexanolTM, TMPD-MIB と略す)、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIBTM, TMPD-DIB と略す)の室内濃度指針値を検討中である。特定建築物におけるこれらの物質の実態はこれまで把握されておらず、今後実態調査を行い、建築物環境衛生管理基準で考慮すべきかどうか検討する必要があると考えられた。

近年、フタル酸エステル類やリン酸エステル類を中心に、室内ダスト中の準揮発性有機化合物による健康リスクが報告されている。フランスでは室内ダスト中化学物質のガイドラインに関する国際ワークショップが開催され、その方法論を検討している。このような諸外国の動向も今後注視すべきと考えられた。

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の割合が増加している。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。

そこで本研究では、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、ホルムアルデヒド等の室内空気環境に関連する因子について、国際的な動向や諸外国の動向および関連する近年の科学的知見等を整理し、今後検討すべき建築物環境衛生管理基準を提案する。また、特定建築物における空気環境を中心に、給排水の管理、清掃、ねずみ等の防除といった、環境衛生管理基準規定項目に係る実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物の範囲拡大も含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的根拠を明らかにすることを目的としている。

本研究で得られた成果は、建築物衛生法の適用範囲の検討に資するものであり、今後の建築物衛生行政における施策の立案に寄与するものである。

B. 研究方法

国際機関や国内外の室内環境規制に関する報告書、関連学会の資料、関連論文をインターネットおよび文献データベースで調査した。近年、主だった活動が見受けられた世界保健機関（WHO）及びその欧州地域事務局（WHO 欧州）、ドイツ、フランス、カナダを主な調査対象国とした。また、国際シンポジウムや国際ワークショップに参加し、国際的な動向や諸外国の動向に関する情報収集や情報交換を行った。

（倫理面での配慮）

本研究は、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NIPH-IBRA#12

180）および近畿大学医学部倫理委員会の承認（承認番号29-238）を得て実施している。

C. 研究結果および考察

C1. 建築物環境衛生管理基準空気環境項目の健康影響に関する近年のエビデンスの整理

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）（昭和45年4月14日法律第二十号）「第四条第一項」では、「建築物環境衛生管理基準」を規定している。ここでは、特定建築物の所有者、占有者その他の者で当該特定建築物の維持管理について権原を有するものは、政令で定める基準に従って当該特定建築物の維持管理をしなければならないと規定されている。建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令（以下、建築物衛生法施行令）は、1970年（昭和45年）10月12日に公布されている。その後、幾多の改正を経て、2004年（平成16年）3月19日に改正された施行令（政令第四六号）が現在施行されているものである。建築物衛生法施行令に規定されている建築物環境衛生管理基準において、空気調和設備を設けている場合の空気環境の調整に関する基準は表1-1の通りである。

表 1-1 現行の建築物環境衛生管理基準

	項目	管理基準値	備考
瞬間値	温度	17℃以上 28℃以下 ※居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしない	機械換気の場合は適用しない
	相対湿度	40%以上 70%以下	機械換気の場合は適用しない
	気流	0.5 m/秒以下	
平均値	浮遊粉じん量	0.15 mg/m ³ 以下	光散乱法などの測定器を使用
	二酸化炭素	1000 ppm 以下	
	一酸化炭素	10 ppm 以下	外気がすでに 10 ppm 以上の場合は 20 ppm 以下
	ホルムアルデヒド	0.1 mg/m ³ (0.08 ppm) 以下	新築・大規模修繕後等の 6 月 1 日～9 月 30 日の期間内

建築物環境衛生管理基準は、空気環境の調整、給水および排水の管理、清掃、ねずみ・昆虫等の防除に関し、環境衛生上良好な状態を維持するために必要な措置について定めている。本基準は建築物内部の人工的な総合環境を網羅した管理基準であり、この管理基準を遵守するため、建築物の所有者は権原者として、管理技術者を選任し、管理項目に沿った維持管理を実施する義務が課せられている。本基準は制定後 50 年近く経過した現在、維持管理関係者に広く浸透し、衛生規制として重要な役割を担っている。また、対象外施設の維持管理基準やガイドラインとしても広く参考とされ、活用されている。以下、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関して近年の科学的知見を整理した。

C1.1. 建築物衛生管理検討会の報告

2001 年（平成 13 年）10 月に発足した建築物衛生管理検討会では、建築物衛生上の新たな課題に対応した建築物環境衛生管理基準の在り方等について検討を重ねていた。この検討会の報告書から、当時の建築物環境衛生管理基準の見直しに関する見解を以下に示す（建築物衛生管理検討会：建築物衛生管理検討会報告書、厚生労働省健康局生活衛生課、平成 14 年 7 月）。

（１）温度

温度は、健康で快適な室内環境条件を維持する上で、代表的な指標の 1 つである。温熱環境の快適性は温度だけでなく湿度、気流及び放射熱（輻射熱）によっても影響を受けること、着衣量や活動強度等によって各個人の温冷感が大きく違うことから、建築物の利用者全員に生理的・心理的に満足が得られる温度管理を行うことは困難である。

しかし、室内温度と外気温度の差を無視した過度の冷房により、感冒などの呼吸器の障害、下痢や腹痛などの消化器の障害、神経痛や腰痛などの筋・骨格系の障害、月経不順などの内分泌系の障害など、いわゆる「冷房病」などが生じることがある。また、冬の寒冷は、脳卒中や循環器疾患、呼吸器感染症などの罹患率の上昇を招く。一方、室内温度の上昇は、居住者の体力の消耗や、建材などからの化学物質の放散量の増大をもたらすことになる。したがって、室内環境における適切な温度管理は重要である。

現行の基準値「17 度以上 28 度以下」については、現在の温熱環境の実態からは下限値の「17 度」はかなり低い値であるといった問題点や、夏季、冬季、中間期とで基準を区別すべきとの意見もある。これについては、今後、基準値とは別に、望ましい値（指針値）を定め普及啓発を図るなど、よりきめ細かな維持管理が行えるような対応も必

要である。

(2) 相対湿度

夏季の高湿度状態は、暑さに対する不快感を高めるだけでなく、アレルギー疾患等との関連が指摘される好湿性真菌やダニの増殖を招きやすくなる。一方、冬季の低湿度状態は、気道粘膜を乾燥させ気道の細菌感染予防作用を弱めるとともに、インフルエンザウイルスの生存時間が延長し、インフルエンザに罹患しやすい状況になる。また、アトピー性皮膚炎や気管支喘息などのアレルギー疾患の患者では、低湿度が増悪因子となる。このため、適切な湿度管理が必要であり、現行の基準においては、「40%以上 70%以下」と定められているところである。

特定建築物における相対湿度の不適合率（全国平均）は、過去 25 年にわたって 30%前後（平成 12 年度は 30.8%）で推移しており、建築物環境衛生管理基準の中で最も不適合率の高い項目である。湿度管理の実態については、特に、冬季においてこの基準に定める湿度の確保が困難であることが、空気調和設備の設計者や維持管理の従事者等から指摘されている。

また、省エネルギーの観点から実用化しつつある、低温送風（大温度差送風）等の新しい空気調和の方式では、夏季冷房時に低湿な空気環境となることがある。運転条件によっては相対湿度が 40%以下になることがあるが、夏季には相対湿度が低い場合においても、生理的・心理的に満足を得る水蒸気量を確保できるのではないかとの指摘がある。

このようなことから、相対湿度の下限値については、夏季は相対湿度が 40%以下になっても加湿の必要はない旨を規定する、冬季には衛生的環境の確保の観点からは 40%を維持すべきであるが、現状では、換気装置の性能等に問題があり 30%を下回る極端な低湿度状態の建築物が少なからず存在している現状があることから、最低限確保すべ

き湿度として 35%を基準値とし、これを下回る低湿度状態の建築物に対する指導を重点的に行うことが望ましい、といった意見もある。

このことについては、現時点においては、主としてインフルエンザウイルスの生存時間の観点から基準値の引下げを合理化する科学的知見は得られていないので、基準値を改訂するには至らないが、現在、温湿度条件とインフルエンザウイルスの生存時間の関係についての再現試験が行われており、この結果が得られ次第、相対湿度の基準値を再検討することが適当であると考えられる。

(3) 気流

適度な気流は、温熱環境の快適性を維持するため、また、室内空気の混合・攪拌による均質化の点から有効である。気流が 1 メートル/秒増すと体感温度が 3 度程度下がるので、比較的高い温度設定の冷房運転でも涼しさを維持できることから、適度な気流を維持することは省エネルギーの観点から有効である。ただし、気流が速くなると、体温調整機能に変調を来すおそれもあることから、現行では、「0.5 メートル毎秒以下」と定められている。

この基準値は、冷房の吹き出し気流が直接当たらないような室内の全般的な気流の人体に対する影響にかんがみれば、適当な水準であると考えられる。

(4) 二酸化炭素の含有率

二酸化炭素は、少量であれば人体に影響は見られないが、濃度が高くなると、倦怠感、頭痛、耳鳴り等の症状を訴える者が多くなることから、また、室内の二酸化炭素濃度は全般的な室内空気汚染を評価する 1 つの指標としても用いられていることから、二酸化炭素の含有率は「百万分の千以下」と定められている。良好な室内空気環境を維持するためには、1 人当たり概ね 30m³/h 以上の換気量を確保することが必要であるが、室内の二

酸化炭素濃度が 1,000ppm 以下であれば、この必要換気量を確保できていると見なすことが可能である。

エネルギー消費を節約する観点から、過度に換気する必要はないものの、衛生的な空気環境を維持するためには、二酸化炭素濃度が現行の基準値以下になるよう、今後とも適正に管理することが必要である。

(5) 浮遊粉じんの量

室内の浮遊粉じんの発生源としては、室内に堆積又は付着している粉じんが人の活動によって飛散したもの、室内での喫煙など物質の燃焼に起因するもの、外気中の浮遊粉じんが室内へ流入したものなどが考えられる。

特定建築物における浮遊粉じん量の不適合率は、例えば東京都平均では、昭和 46 年から昭和 52 年にかけて、毎年 50%を超過していたが、その後経時的に漸次低下している。全国平均では、昭和 52 年には 21.9%であったのが、平成 12 年度には 2.2%となっている。このように、室内環境における浮遊粉じん量が低下している理由としては、空気浄化技術が高度化していること、室内の禁煙や分煙化が進んでいること等が考えられる。

現行では「空気 1 立方メートルにつき、0.15 ミリグラム以下」と定められているが、浮遊粉じん量は、空気環境の快適性の指標となるものであり、合理的に達成でき得る限り低減することが望まれる。今後、室内の浮遊粉じんの形状、粒径、化学組成等の性状や挙動の把握を行い、また、有害性等についての科学的知見を踏まえ、基準値や測定方法について再検討することが適当であると考えられる。

(6) 一酸化炭素の含有率

一酸化炭素は室内では、石油、ガス等の燃料の不完全燃焼等により発生する。現行では、一酸化炭素中毒を防止する観点から、含有率は「百万分

の十以下」と定められているが、この基準値は、一酸化炭素の人体に対する影響にかんがみれば適当であると考えられる。

C1.2. 温熱環境

1) 温度

温度に関しては、世界保健機関（WHO）が住宅と健康のガイドライン（Housing and Health Guidelines）を公表し、低温側の室内温度のガイドラインとして 18℃以上を勧告した（WHO, 2018）。これは冬期の高齢者における血圧上昇に対する影響を考慮したものであった。その他、2016 年以降のエビデンスを以下にまとめた。

研究	研究デザインと対象	曝露	結果
Jevons et al, 2016	イギリスの冬期の住宅を対象とした室温の低温閾値の系統的レビュー	・イギリス及び同様の気候の国で実施された研究の系統的レビュー	室温の低下が 18℃程度から一般住民での健康影響が生じ始めることから、デスクワークあるいは生活活動強度が低く適切な着衣を有する人での低温閾値として 18℃を推奨
van Loenhout et al, 2016	オランダの一般住宅居住の 113 名の高齢者、5 月～8 月の約 4 ヶ月間の縦断研究	・居間の室温平均 ① 20.9 ℃ (17.5-26.6 ℃)、② 24.0℃ (19.9-28.8℃)、 ③ 24.2 ℃ (21.0-29.1 ℃)、④ 25.4℃ (22.3-30.2℃) ・寝室の室温平均 ① 19.3 ℃ (15.7-25.5 ℃)、② 23.6℃ (19.7-27.9℃)、 ③ 23.8 ℃ (20.1-28.2 ℃)、④ 25.1℃ (20.8-29.3℃)	①に比べて②以降では睡眠障害、疲労、頭痛、息苦しさ、のどの渇きを呈する割合が大きく上昇
Shiue 2016	イギリスの一般住宅居住の 7997 名の高齢者、2 年間の縦断研究	・室温 18℃未満の居住者と 18℃以上の居住者を比較	18℃未満の居住者では、血圧の上昇、握力低下、ビタミン D の低下、血中コレステロールの上昇、白血球数の低下、肺機能の低下がみられた
Uejio et al, 2016	ニューヨーク市で夏期に救急受診した 764 名	・室温 26 度超の居住患者	室温 26 度超の居住患者の呼吸器疾患のオッズ比 1.63 (95%CI, 0.95-2.68)
Azuma et al, 2017	東京、大阪、福岡の冬期 11 オフィス事務所の 107 名、夏期 13 オフィス事務所の 207 名、断面研究	・冬期 22～27℃ (平均 24.1℃) ・夏期 24～28℃ (平均 26.7℃)	冬期の温度 1℃増加と上気道症状のオッズ比 1.55 (95%CI, 1.11-2.18)
東ら, 2017	東京と大阪の 11 の建築物の 24 オフィス事務所の 483 名、1 年間の縦断研究	・温度の日最小平均値 18.5～28.5℃ ・温度の期間最小値 16.9～29.0℃	1 度低下と上気道症状の調整オッズ比 日最小平均 1.27 (1.04-1.54) 期間最小値 1.14 (1.02-1.27)
Saeki et al,	奈良県の一般住宅居	低温 (室温 14.1℃未満)、	室温の低下とともに血小板数が低

2017	住の 1095 名の高齢者 (平均 71.9 歳)、断面 研究	中温 (14.4~17.9℃)、温 暖 (17.9℃超) の 3 群	下、温暖群に比べ低温群では有意に 血小板数が増加 (血小板数の増加は 血液の凝集→冠動脈性心疾患に関 係)
Wang et al, 2017	温度と居住者の血圧 に関する系統的レビ ューとメタ分析	2016 年 1 月までの論文 を検索、1℃低下による収 縮期 (SBP) および拡張 期血圧 (DBP) を分析	外気温の日平均 1℃低下で SBP と DBP が有意に上昇、室温 1℃低下で SBP が有意に上昇 (DBP はデータ不 足)、循環器疾患関連の状態にある居 住者でより大きく上昇、 <u>外気温より 室温のほうが血圧上昇への影響大</u>

van Loenhout らの研究からは、日中の瞬時最大値としては 28℃以下が望ましいと考えられる。低温側については、Jevons の系統的レビューから、18℃以上が推奨されている。Shiue の研究からも、18℃未満になると高齢者で血圧上昇、血中コレステロールの上昇、白血球数の低下、肺機能の低下がみられており、Saeki らの研究からは、低温の高齢者グループで血小板数の増加が観察されている。Wang らの低温と血圧に関する系統的レビューでは、室温 1℃低下に関するメタ分析で SBP の上昇がみられており、外気温よりも室温のほうが血圧上昇への影響が大きいと報告されている。

<参考文献>

- Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H (2017) Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Sci Total Environ*. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.147. [Epub ahead of print]
- Jevons R, Carmichael C, Crossley A, Bone A (2016) Minimum indoor temperature threshold recommendations for English homes in winter - A systematic review. *Public Health* 136:4-12.
- van Loenhout JA, le Grand A, Duijm F, et al (2016) The effect of high indoor temperatures on self-perceived health of elderly persons. *Environ Res* 146:27-34.
- Saeki K, Obayashi K, Kurumatani N (2017) Platelet count and indoor cold exposure among elderly people: A cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study. *J Epidemiol* 27:562-7.
- Shiue I (2016) Cold homes are associated with poor biomarkers and less blood pressure check-up: English Longitudinal Study of Ageing, 2012-2013. *Environ Sci Pollut Res Int* 23:7055-9.
- Uejio CK, Tamerius JD, Vredenburg J, et al (2016) Summer indoor heat exposure and respiratory and cardiovascular distress calls in New York City, NY, U.S. *Indoor Air* 26:594-604.
- Wang Q, Li C, Guo Y, et al (2017) Environmental ambient temperature and blood pressure in adults: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ* 575:276-86.
- WHO, 2018. WHO Housing and Health

Guidelines. World Health Organization, Geneva.

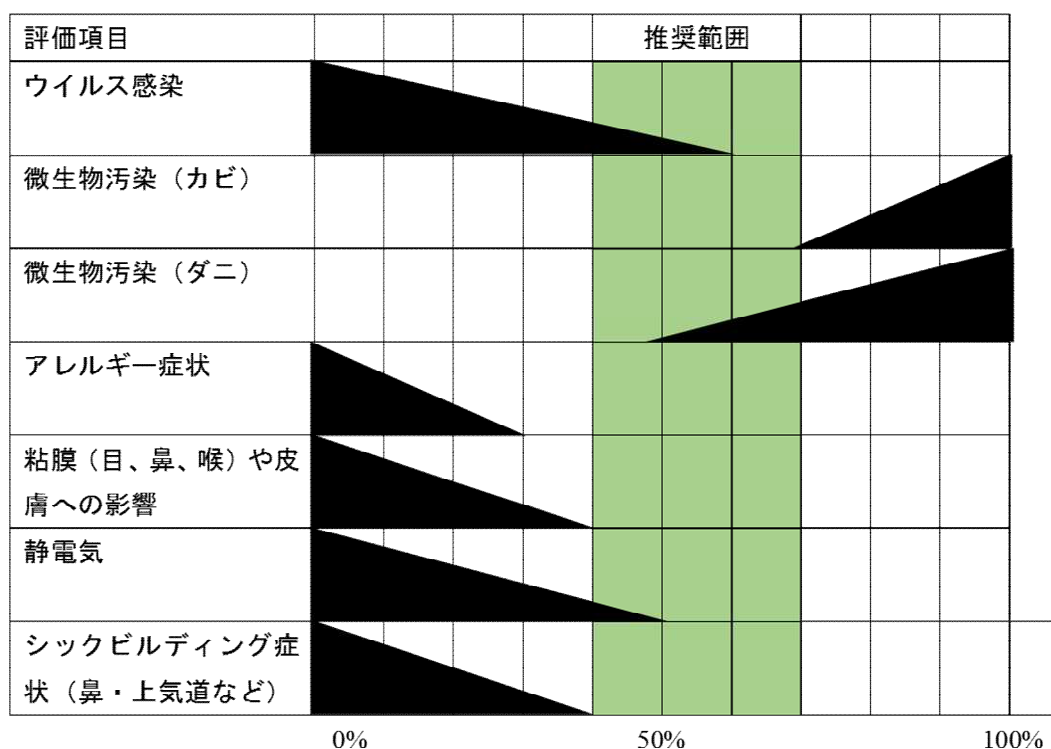
東賢一（2017）建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査．建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究，平成28年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）分担研究報告書．

2）相対湿度

相対湿度に関しては、「建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について」の報告書（東賢一，内山巖雄：建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について．建築物環境衛生管理に関する調査研究平成22年度研究報告書，財団法人ビル管理教育センター，2011）およびその後の知見を含めて、ウイルス感染、ダニやカビによる微生物汚染、アレルギー症状、静電気、粘膜（目、鼻、喉）や皮膚への影響を総合的に文献レビューし、相対湿度の最適推奨範囲としては、40～70%が推奨範囲であるとまとめていた（東ら，2016）。

膜前涙液層（PTF：角膜表面を被覆している涙液層）の変質等に関する近年の疫学研究や実験データから、相対湿度の下限值については40%以上が推奨されている（Wolkoff, 2008）。また、日本の研究からも、低湿度の30%や35%ではシックビルディング症候群の症状（鼻症状、息切れ、めまい等）が有意に増加することから、相対湿度の目標値については40%以上が推奨されている（齊藤ら，2015）。著者らの研究でも、相対湿度の冬期における環境基準不適合と目の刺激や上気道症状との有意な関係がみられていた（東，2013）。

そこで2016年以降のエビデンスを以下にまとめた。



とりわけ下限側については、目の刺激症状や角

研究	研究デザインと対象	曝露	結果
Jaakkola et al, 2014	インフルエンザウイルスの感染リスクに関する呼吸器症状を呈する 892 名の徴集兵のケースクロスオーバー研究	感染前 3 日間の平均値 ・温度： -6.8 ± 5.6 °C ・絶対湿度： 3.1 ± 1.3 g/m ³	感染リスクのオッズ比 温度の平均値低下 1°C 1.10 (1.02-1.19) 温度変化の最大値 1°C 1.11 (1.03-1.20) 絶対湿度の平均値低下 0.5 g/m ³ 1.25 (1.05-1.49) 絶対湿度低下の最大値 0.5 g/m ³ 1.58 (1.28-1.96)
Paynter, 2015	インフルエンザウイルスと RS ウイルスの感染性と湿度に関するレビュー	インフルエンザ、RS ウイルス、耐性、生存、生存率、湿度で文献検索	低温、乾燥状態では両ウイルスの感染力は増強、熱帯多雨の季節ではインフルエンザウイルスのエアロゾル感染は減少するが、両ウイルスとも接触感染は増加するかもしれない（表面の液滴中での生存が増加）→ RS ウイルス感染は雨季の増加が観察されている
Ikäheimo et al, 2016	ヒトのライノウイルス (HRV) の感染リスクに関する呼吸器症状を呈する 892 名の徴集兵のケースクロスオーバー研究	感染前 3 日間の平均値 ・温度： -9.9 ± 4.9 °C ・絶対湿度： 2.2 ± 0.9 g/m ³	HRV 感染リスクのオッズ比 温度低下の平均値 1°C 1.08 (1.01-1.17) 温度変化の最大値 1°C 1.08 (1.01-1.17) 絶対湿度低下の平均値 0.5 g/m ³ 1.13 (0.96-1.34) 絶対湿度低下の最大値 0.5 g/m ³ 1.20 (1.03-1.40)
Liu et al, 2016	2009 年～2012 年における中国の 16 歳以下の下気道感染症の入院患者と気象データの解析	外気の温度と相対湿度	下気道感染症（B 型インフルエンザ菌、肺炎球菌、RS ウイルス等）の入院患者はは温度低下と相対湿度低下で上昇
Davis et al, 2016	1980 年～2009 年にニュージーランドで発生したインフルエンザと肺炎死亡率と気象データ解析	外気の温度と露点温度	発症前の低温度と低露点温度（低湿度）が死亡率の増加と関係

Azuma et al, 2017	東京、大阪、福岡の冬期 11 オフィス事務所の 107 名、夏期 13 オフィス事務所の 207 名、断面研究	・冬期 25～44%（平均 35.4%） ・夏期 50～70%（平均 59.0%）	冬期の相対湿度 1%低下と皮膚症状のオッズ比 1.27 (1.01-1.59)
東ら, 2017	東京と大阪の 11 の建築物の 24 オフィス事務所の 483 名、1 年間の縦断研究	相対湿度 ・期 間 平 均 値 18.3 ～ 64.7% ・日 最 大 平 均 値 20.7 ～ 69.7% ・日 最 小 平 均 値 16.0 ～ 60.0% ・期 間 最 小 値 12.0 ～ 54.0% 絶対湿度 ・期 間 平 均 値 0.00～0.01 ・日 最 大 平 均 値 0.01 ～ 0.02	10%低下と上気道症状の調整オッズ比 期間平均値 1.25 (1.02-1.54) 日最大平均 1.25 (1.01-1.52) 日最小平均 1.27 (1.04-1.54) 期間最小値 1.25 (1.04-1.49) 0.001 低下と上気道症状の調整オッズ比 期間平均値 1.11 (1.02-1.20) 日最大平均 1.10 (1.01-1.19)
Guan et al, 2017	鳥インフルエンザウイルス (AIV) の温湿度による不活性化に関する実験研究	H9N2 と H6N2 を粗面（パイン材）と平滑面（ステンレスやガラス）のキャリアに沈着して 28 日間培養、ウイルスの感染性（活性化日数）を評価	ウイルスの活性化日数 ・5.2 g/m³ (23°C・25%)では 14 日間（粗面）と 28 日間（平滑面） ・9.9 g/m³ (35°C・25%)や 11.3 g/m³ (23°C・55%)では粗面で 0.76 日以下、平滑面で 1.71 日以下に短縮 ・11.3 g/m³ から 36.0 g/m³ に増加するとさらに短縮
Wolkoff, 2017	室内環境における外眼部の症状に関する文献レビュー	個人要因、環境要因、職業要因について包括的にレビュー、2012 に公表した著者の既往レビューのアップデート	既往レビューと同様に、低湿度は外眼部の症状に関与することを指摘、但し、ポータブル加湿器の使用は目の症状を増悪したとの報告があることから、加湿器の適切な維持管理と過度な消毒剤の使用を避けることを指摘
Lin et al, 2020	細菌（結核菌のモデル菌、枯草菌、大腸菌）とインフルエンザウイルス等のウイルスモデルに関する湿度	相対湿度 20%～100%で生存率を評価	細菌（結核菌のモデル菌、枯草菌、大腸菌）では高湿度ほど生存率が高く、インフルエンザウイルス等のウイルスモデルでは 40～70%程度の範囲に生存率が低い湿度領域があり、

	と生存率の関係を評価した実験研究		高湿度になると生存率は高くなる。
--	------------------	--	------------------

低温、乾燥状態ではインフルエンザウイルス、RS ウイルス、肺炎球菌、ライノウイルスへの感染リスクが増大することが複数の疫学研究で報告されている。また、インフルエンザウイルスとライノウイルスへの感染リスクは感染前の絶対湿度の低下率と強く関係していることが示唆されている。鳥インフルエンザの不活性化実験では、絶対湿度の増加が大きく関係していることが報告されている。相対湿度であらわすと、23℃程度では40%程度以上必要と推定される。最近の実験研究によると、細菌（結核菌のモデル菌、枯草菌、大腸菌）では高湿度ほど生存率が高く、インフルエンザウイルス等のウイルスモデルでは40～70%程度の範囲に生存率が低い湿度領域があり、高湿度になると生存率は高くなると報告されている。日本の2つの研究において、湿度の減少とシックビルディング症候群との関係が示唆されている。

<参考文献>

- Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H (2017) Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Sci Total Environ.* doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.147. [Epub ahead of print]
- Davis RE, Dougherty E, McArthur C (2016) Cold, dry air is associated with influenza and pneumonia mortality in Auckland, New Zealand. *Influenza Other Respir Viruses* 10:310–3.
- Guan J, Chan M, VanderZaag A (2017) Inactivation of Avian Influenza Viruses on Porous and Non-porous Surfaces is Enhanced by Elevating Absolute Humidity. *Transbound Emerg Dis* 64:1254–61.
- Ikäheimo TM, Jaakkola K, Jokelainen J, et al (2016) A Decrease in Temperature and Humidity Precedes Human Rhinovirus Infections in a Cold Climate. *Viruses* 8. pii: E244, doi: 10.3390/v8090244.
- Jaakkola K, Saukkoriipi A, Jokelainen J, et al (2014) Decline in temperature and humidity increases the occurrence of influenza in cold climate. *Environ Health* 13:22, doi: 10.1186/1476-069X-13-22.
- Lin K and Linsey CM (2020) Humidity-dependent decay of viruses, but not bacteria, in aerosols and droplets follows disinfection kinetics. *Environ Sci Technol* 54:1024–1032.
- Liu Y, Liu J, Chen F, et al (2016) Impact of meteorological factors on lower respiratory tract infections in children. *J Int Med Res* 44:30–41.
- Paynter S (2015) Humidity and respiratory virus transmission in tropical and temperate settings. *Epidemiol Infect* 143:1110–8.
- Wolkoff P (2008) “Healthy” eye in office-like environments. *Environmental International* 34: 1204–14.
- Wolkoff P (2017) External eye symptoms in indoor environments. *Indoor Air* 27:246–60.
- 東賢一 (2013) 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. 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 24 年度総括・分担研究報告書, 厚生労働

科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業，厚生労働省，東京。

東賢一（2016）建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査．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 27 年度総括・分担研究報告書，厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業，厚生労働省，東京。

東賢一（2017）建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査．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 年度総括・分担研究報告書，厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業，厚生労働省，東京。

齊藤宏之ら（2015）冬季オフィス環境における低湿度と自覚症状との関連性．平成 27 年室内環境学会学術大会抄録集，pp. 222-223.

3) その他の指標

気流については、「建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について」の報告書（東 賢一，内山 巖雄：建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について．建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書，財団法人ビル管理教育センター，2011）でレビューを実施していないことから、建築物衛生法が施行された 1970 以降のエビデンスについて検索を行ったが、有用なエビデンスは得られなかった。気流は温熱快適性の指標として評価されているため、健康との関係についてはほとんど研究がなされていないと考えられる。なお、気流を含めた温熱環境 6 要素の指標として PMV (predicted mean vote: 予測平均温冷感申告) があることから、PMV についても同様に検索を行ったが、有用なエビデンスは得られなかった。

C1.3. 二酸化炭素

二酸化炭素に関しては、「建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について」の報告書（東 賢一，

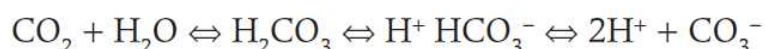
内山 巖雄：建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について．建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書，財団法人ビル管理教育センター，2011）およびその後の知見を含めて総合的に文献レビューを行った。

その結果、1000 ppm 程度の低濃度域における二酸化炭素濃度の上昇と生理学的変化（二酸化炭素分圧、心拍数等）及びシックビルディング症候群（SBS）関連症状との関係が見受けられ、生理学的変化は二酸化炭素によるものと考えられるが、SBS 症状については二酸化炭素によるものか、他の汚染物質との混合曝露によるものかはさらなる検証が必要（特に長期間曝露の影響）ではあるが、建物内の二酸化炭素の室内濃度を 1000 ppm 以下の低濃度に抑えることで、これらの健康影響を防止できると考えられたこと、近年、1000 ppm 程度の低濃度の二酸化炭素そのものによる労働生産性（意思決定能力や問題解決能力）への影響が示唆されており、今後のさらなる検証が求められることをとりまとめ、この結果を国際雑誌に総説論文として公表した（東，2018; Azuma et al, 2018）。

二酸化炭素濃度と健康等への影響のまとめ（東ら, 2018; Azuma et al, 2018）

CO ₂ 濃度	生理変化	精神運動機能	症状	室内基準等
500 ppm 以上	pCO ₂ , 心拍数, 心拍変動, 血圧, 末梢血液循環		700 ppm 以上でシックビルディング症候の症状	
1,000 以上		認識能力（意思決定, 問題解決）	学童の喘息症状の増悪	居住空間における室内空気質指針値
5,000 以上				労働環境基準（8時間加重平均値 TWA）
10,000 以上	呼吸数増加, 呼吸性アシドーシス, 代謝性侵襲（血中 Ca や尿中磷濃度の低下）, 脳血流増加, 分時換気量増加			
50,000 以上			めまい, 頭痛, 混乱, 呼吸困難	
100,000 以上			激しい呼吸困難に続き, 嘔吐, 失見当, 高血圧, 意識消失	労働環境基準（短時間限界値 STEL）

- ・血液の pH 低下や CO₂ 増加は、ヘモグロビンから酸素を離れやすくする
- ・血液中の CO₂ 増加では炭酸脱水酵素の働きで水素イオンと重炭酸イオンを生成



<参考文献>

- Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. (2018) Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International* 121:51–56.
- 東 賢一. (2018) 室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響. *室内環境* Vol. 21, No. 2, pp. 113–120.

C1.4. 燃焼生成物（浮遊粉じん、一酸化炭素）

1) 浮遊粉じん

建築物衛生法が 1970 年に制定された翌年の 1971 年から開始された、財団法人ビル管理教育センター（現、公益財団法人日本建築衛生管理教育センター）の建築物環境衛生管理技術者講習会テキストによると、「建築物衛生法における浮遊粉じんとは、その化学性を考慮することなく、また生成過程を問わず粒径が 10 ミクロン（μ）m 以下の粒子状物質としているのは大気汚染防止法と同

じである。また、浮遊粉じんの人体への影響は著しいものがあり特に呼吸器系に対しては直接的であり、かつ、人に与える不快感、非特異的非伝染性呼吸器症状の有症率あるいは死亡率、または病理所見などを検討し、基準値を 0.15 mg/m^3 以下としたものである。」と記載されている。

当時、大気汚染対策として、粒子状物質の大気環境基準の検討を進めており、日本における呼吸器疾患の疫学調査に基づき、浮遊粉じんの基準として $0.1 \sim 0.15 \text{ mg/m}^3$ が検討されていた。最終的に、大気環境基準では粒子状物質では 24 時間値で 0.1 mg/m^3 、建築物衛生法の空気環境管理基準では 0.15 mg/m^3 に決定された。このあたりの経緯については、「建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について」の報告書（東 賢一，内山巖雄：建築

物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について、建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書，財団法人ビル管理教育センター，2011）に詳述している。

空気中の粒子状物質については、1990 年代以降、 $10 \mu\text{m}$ よりも小さい粒子のほうが肺の奥深くまで侵入してより強い生体影響を発現することが明らかとなり、いわゆる $\text{PM}_{2.5}$ が注目されるようになった。2005 年には、世界保健機関（WHO）が循環器疾患に関する疫学調査に基づき $\text{PM}_{2.5}$ の空気質ガイドラインを公表（WHO, 2005）し、米国環境保護庁、日本、欧州などでも環境基準が設定、あるいはより厳格な基準へと変更された（表 1. 4-1）。

表 1. 4-1 粒子状物質の空気質指針値や大気環境基準

国や機関	制定	$\text{PM}_{10} (\mu\text{g/m}^3)$		$\text{PM}_{2.5} (\mu\text{g/m}^3)$	
		24 時間	年間	24 時間	年間
WHO	2005	50	20*	25	10*
U.S.EPA	1997	150	50	65	15
	2006	150	—**	35	15
	2012	150	—	35	12
Japan	2009	100***	—	35	15

* Air quality guideline, ** No longer available in 2006

*** 浮遊粒子状物質(SPM)

WHO の空気質ガイドラインは、大気と室内のいずれにも適用される。そのため室内空気においても、2005 年以降に $\text{PM}_{2.5}$ の室内空気質ガイドラインを検討する諸外国が増え始めた。ドイツでは 2008 年に 24 時間値で $25 \mu\text{g/m}^3$ が設定され、フランスは 2010 年に WHO のガイドラインの活用を推奨すると発表している。カナダは 1989 年に $40 \mu\text{g/m}^3$ の室内空気質ガイドラインを設定していたが、WHO の空気質ガイドラインを受けて、2012 年には可能な限り低く保つよう勧告している。また、台湾では、2012 年に $35 \mu\text{g/m}^3$ の室内空気質ガイドラインが設定された（表 1. 4-2）。

WHO は $\text{PM}_{2.5}$ に関する疫学研究において、米国のハーバード 6 都市研究では $18 \mu\text{g/m}^3$ （範囲 $11.1 \sim 29.6 \mu\text{g/m}^3$ ）、アメリカがん協会（ACS）の研究では $20 \mu\text{g/m}^3$ （範囲 $9.0 \sim 33.5 \mu\text{g/m}^3$ ）の長期間における $\text{PM}_{2.5}$ 曝露濃度と死亡との間に有意な関連性がみられたことから、これらの範囲の下限から年平均で $10 \mu\text{g/m}^3$ の空気質ガイドラインを設定した。但し、 $\text{PM}_{2.5}$ による健康影響は、このレベル以下でも完全には排除できないと判断されており（WHO, 2005）、その後、カナダにおける大規模なコホート研究において、 $10 \mu\text{g/m}^3$ 以下の大気中濃度でも用量依存的な影響が観察された

(Crouse et al., 2012) こと、2013 年に国際がん研究機関は粒子状物質を発がん性分類でグループ 1 (人に対する発がん性がある) に分類したこと (Loomis, 2013) などから、WHO では喫緊に再評価が必要な物質の 1 つとしている (WHO Europe, 2016)。

なお、WHO では、粒子状物質 (PM_{2.5}、PM₁₀) や一酸化炭素は、室内空気を汚染する燃料の燃焼

生成物として重要であり、とりわけ発展途上国では燃焼生成物による呼吸器疾患が公衆衛生上の大きな問題となっていることから、家庭用燃料の燃焼に関する室内空気質ガイドラインを 2014 年に公表し、表 1. 4-3 に示す燃焼生成物の目標排出基準を勧告している (WHO, 2014)。

表 1. 4-2 諸外国における粒子状物質の室内空気質ガイドライン

	設定	PM ₁₀ (μg/m ³)		PM _{2.5} (μg/m ³)	
		24 時間	年間	24 時間	年間
WHO	2005	50	20	25	10
日本	1970	150 (SPM)	—	—	—
ドイツ	2008	—	—	25	—
フランス	2010	WHO のガイドラインの活用を推奨			
カナダ	2012	1989 年に長期指針値として PM _{2.5} 40 μg/m ³ を公表したが、2012 年に可能な限り低く保つよう勧告			
ノルウェー	1999	—	—	20	—
台湾	2012	75	—	35	—
韓国 (公共施設)	2003	150	—	—	—
中国	2002	150	—	—	—
シンガポール (オフィス)	1996	150 (SPM)	—	—	—

表 1. 4-3 室内における燃焼生成物の目標排出基準

物質	器具	目標排出基準
PM _{2.5}	煙突や排気フードを有する器具	0.80 mg/分以下
	排気口のないストーブ、ヒーター、燃料ランプ	0.23 mg/分以下
一酸化炭素	煙突や排気フードを有する器具	0.59 mg/分以下
	排気口のないストーブ、ヒーター、燃料ランプ	0.16 mg/分以下

大気中の PM_{2.5} と室内空気中に PM_{2.5} の動態については、国内でいくつか研究報告がある。大阪市内の幹線道路沿道にある住宅の屋内外で PM_{2.5} の濃度を 9 年間にわたり調査したところ (宮崎ら, 2008)、道路に面した住宅では外気濃度 33.3 μ

g/m³、室内濃度 24.0 μg/m³ と報告されている。また、沿道から 50 m から 100 m の距離にある住宅では、外気濃度 24.7 μg/m³、室内濃度 19.9 μg/m³ と報告されている。この調査において、非喫煙の住宅における外気濃度と室内濃度の相関関係

は 0.804 と高く、室内濃度は外気濃度の影響を強く受けていたことが報告されている。従って、日本の住宅の室内における PM_{2.5} では、換気による外気からの侵入が室内濃度を上昇させている。タバコの煙は PM_{2.5} の濃度を上昇させるが、室内にこのような発生源があると、さらに PM_{2.5} の室内濃度は上昇する（宮崎ら, 2008）。

大気中の PM_{2.5} の削減には時間を要することから、PM_{2.5} の外気濃度が高い地域では、適切な空調機フィルタの導入が必要と考えられる。ただし、事務所ビルの空調機にも利用されている中性能フィルタは、PM_{2.5} より粗大な粒子の捕集を目的としている。従って、空調機が設置されていても、建築物室内では PM_{2.5} の濃度上昇に寄与する粒径 0.1 μm 前後の微小粒子が十分除去されず、大気と同様に室内で PM_{2.5} の影響が大きくなる要因になっている可能性が指摘されている（鍵ら, 2012）。

2) 一酸化炭素

一酸化炭素については、粒子状物質と同様に、大気環境基準が 1960 年代後半に検討され、一酸化炭素環境基準専門委員会は、(1)連続する 8 時間における 1 時間値の平均 20 ppm 以下、(2)連続する 24 時間における 1 時間値の平均 10 ppm のいずれも満たすこととの答申を 1969 年に行い、翌 1970 年に環境基準に決定された。但し、一酸化炭素環境基準専門委員会は、一酸化炭素の健康影響を考慮すると、5ppm 以下が望ましいとも報告している。建築物衛生法では 10 ppm を採用しているが、宿泊施設など、24 時間の利用が想定される用途が建築物衛生法の適用範囲に含まれているからだと考えられる。このあたりの経緯については、「建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について」の報告書（東 賢一, 内山巖雄: 建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について. 建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書, 財団法人ビル管理教育センター, 2011) に詳述している。

WHO では、一酸化炭素の空気質ガイドラインとして、2000 年に 100 mg/m³ (15 分値、87 ppm、例えば換気されていないストーブ)、35 mg/m³ (1 時間値、31 ppm、例えば器具の欠陥) 10 mg/m³ (8 時間値、8.7 ppm、職業性曝露等) と公表していた。その後、一酸化炭素への長期曝露によって、感覚運動能力の変化、認識能力への影響、感情や精神への影響、循環器系への影響、低体重児出生などとの関連が報告されてきたことから、2010 年に室内空気質ガイドラインとして 7 mg/m³ (24 時間値、6.1 ppm、長期間曝露) を新たに加えた (WHO Europe, 2010)。なお WHO では、一酸化炭素についても、空気質ガイドラインとして喫緊に再評価が必要な物質の 1 つと判断している (WHO Europe, 2016)。

<参考文献>

- 鍵 直樹ら (2012) 事務所ビルにおける室内浮遊粒子の特性と PM_{2.5} 濃度の実態調査. 日本建築学会技術報告集 18 (39):613-616
- 財団法人ビル管理教育センター (1971) ビルの環境衛生管理. 厚生大臣指定建築物環境衛生管理技術者講習会・テキスト.
- 宮崎竹二ら (2008) 沿道周辺住宅における浮遊粉塵濃度の測定. 生活衛生 52(1):13-25.
- Crouse et al (2012) Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. Environ Health Perspect 120(5):708-14.
- Loomis D et al (2013) The carcinogenicity of outdoor air pollution. The Lancet Oncology 14(13):1262-1263.
- WHO (2005) WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. WHO Regional Office for Europe,

Copenhagen.

33)WHO Europe: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2010.

WHO (2014) WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion. World Health Organization, Geneva.

WHO Europe (2016) WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report. Bonn, Germany, 29 September-1 October 2015, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

C1.5. その他の空気汚染化学物質

厚生労働省化学物質安全対策室では、シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会において、一般住宅における全国規模の実態調査を実施し、健康リスクの初期評価を行ったうえで、2017年4月19日に開催された第21回検討会において、2-エチル-1-ヘキサノール、テキサノール、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールジイソブチレート(TXIB)の室内濃度指針値を提案中である(厚生労働省, 2017)。2-エチル-1-ヘキサノールは、コンクリートスラブの上に軟質塩化ビニル樹脂のビニルシートを直接敷設すると、コンクリート中のア

ルカリ成分が、軟質塩化ビニル樹脂に可塑剤として含まれているフタル酸ジ-2-エチルヘキシルをアルカリ加水分解して生成されることが知られている。テキサノールと TXIB は、水性塗料の安定剤として使用されている。

世界保健機関 (WHO) が空気質ガイドラインを今後アップデートするにあたり、近年のエビデンスのレビューを 2015 年に実施し、10 月にボンで開催された専門家会合での評価結果を下表のように公表した (WHO, 2016)。喫緊に再評価が必要なグループ 1 の物質は、粒子状物質 (特に PM_{2.5})、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素であった。再評価が強く推奨されるグループ 2 の物質は、カドミウム、クロム、鉛、ベンゼン、ダイオキシン類、多環芳香族炭化水素類 (ベンゾ-*a*-ピレン) であった。その次に再評価が必要 (再評価のエビデンスが存在) なグループ 3 の物質は、ヒ素、マンガン、白金、バナジウム、ブタジエン、トリクロロエチレン、アクリロニトリル、硫化水素、塩化ビニル、トルエン、ニッケルであった。再評価が不要と判断されたグループ 4 の物質は、水銀、石綿、ホルムアルデヒド、スチレン、テトラクロロエチレン、二酸化硫黄、フッ化物、ポリ塩化ビフェニル、1,2-ジクロロエタン、ジクロロメタンであった。

空気質ガイドラインを今後アップデートするにあたってのエビデンスの評価結果

<i>Recent evidence justifies re-evaluation</i> (Group 1)	<i>Recent evidence justifies re-evaluation</i> (Group 2)	<i>Recent evidence justifies re-evaluation</i> (Group 3)	<i>Recent evidence does not justify need for re-evaluation</i> (Group 4)
Particulate Matter	Cadmium	Arsenic	Mercury
Ozone	Chromium	Manganese	Asbestos
Nitrogen dioxide	Lead	Platinum	Formaldehyde
Sulfur dioxide	Benzene	Vanadium	Styrene
Carbon monoxide	PCDDs & PCDFs	Butadiene	Tetrachloroethylene
	PAHs*	Trichloroethylene	Carbon disulfide
		Acrylonitrile**	Fluoride
		Hydrogen sulfide	PCBs
		Vinyl chloride	1,2-dichloroethane
		Toluene	Dichloromethane
		Nickel	

<参考文献>

厚生労働省 (2017) 室内濃度指針値の見直し等について. 第21回シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会配付資料, 平成29年4月19日.

WHO Europe (2016) WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report. Bonn, Germany, 29 September-1 October 2015, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

C1.6. その他の室内環境因子に関する国際動向

1) 騒音のガイドライン

WHO 欧州は、2009年に夜間騒音のガイドラインを公表していた。従来、住居内の典型的な騒音

影響は、睡眠妨害、アノイアンス（迷惑）、会話妨害であったが、近年、夜間騒音と不眠症、認知力の低下、高血圧、心筋梗塞、精神疾患との関係が示唆されている。そこで、睡眠妨害と不眠症等に関する最小悪影響レベルに基づき、家屋正面の屋外夜間騒音レベルの年平均値として40 dBのガイドラインを公表した。なお、55 dBを超えると心血管系疾患のリスクが増大すると報告している。

しかしながら、その後も環境騒音による健康影響に関する科学的知見が報告されたことを踏まえて、WHO 欧州は2018年に環境騒音のガイドラインを新たに公表した。新たな環境騒音ガイドラインは、交通騒音、鉄道騒音、航空機騒音、風力発電騒音、娯楽騒音ごとに、建物正面における昼間と夜間のガイドラインを公表している。

WHO 欧州による環境騒音のガイドライン

騒音の種類	昼間	夜間（睡眠障害）
交通騒音	53 dB (L_{den})	45 dB (L_{night})
鉄道騒音	54 dB (L_{den})	44 dB (L_{night})
航空機騒音	45 dB (L_{den})	40 dB (L_{night})
風力発電騒音	45 dB (L_{den})	現時点は設定不可
娯楽騒音（ナイトクラブ、パブ、フィットネス、スポーツイベント、コンサート、音楽イベント、音楽鑑賞（ヘッドホン）など）	年平均 70 dB ($L_{aeq,24h}$)	

L_{den} : 昼夕夜時間帯補正等価騒音レベル

L_{night} : 夜間の等価騒音レベル (L_{aeq})

<参考文献>

WHO Europe. 2009. Night noise guidelines for Europe. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO Europe. 2018. Environmental noise guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

2) 室内ダストのガイドライン

フランス ANSES は、室内ダスト中化学物質のガイドラインの検討を行っている。但し、その方法論を検討するにあたり、各国の専門家からの意見を収集しており、2019年9月に非公開の国際ワークショップを開催した。私は健康リスク評価の専門家として招聘されて本ワークショップに出席した。

ANSES では、フタル酸エステル類と鉛のガイドラインの検討を行っており、本ワークショップでの議論を踏まえてさらに検討中である。

C2. 環境衛生管理基準項目の改正案

C2.1. 既存の管理項目の改正案

上述の近年の科学的知見に基づいて、既存の管理項目に関する改正案を以下に示した。

表 2-1. 既存の管理項目の改正案

管理項目	基準値	時間単位	適用規定	改正の根拠
温度	18℃以上 28℃以下	瞬間値	機械換気の場合は適用しない	WHO 住宅と健康ガイドライン (2018)
相対湿度	40%以上 70%以下	瞬間値	機械換気の場合は適用しない	
気流	0.5 m/秒以下	瞬間値		
浮遊粉じん*	0.15 mg/m ³ 以下	平均値		
微小粒子状物質 (PM _{2.5})	1 日平均値 35 µg/m ³ 以下 かつ 1 年平均値 15 µg/m ³ 以下	平均値	※1 年平均値は年 6 回測定 of 平均値	WHO 室内空気質ガイドライン (基準値案は環境省大気環境基準)
二酸化炭素	1000 ppm 以下	平均値		
一酸化炭素	6 ppm 以下	平均値		WHO 室内空気質ガイドライン
ホルムアルデヒド	30 分平均値 0.1 mg/m ³ 以下	瞬間値	新築・大規模修繕後等の 6 月 1 日～9 月 30 日の期間内	WHO 室内空気質ガイドライン

※下線部が改正案の箇所

* 過去の蓄積されたデータがあるので残しているが、いずれかの時点で廃止を検討。

<参考文献>

1) 温度

WHO, 2018. WHO Housing and Health Guidelines. World Health Organization, Geneva.

2) 微小粒子状物質、一酸化炭素、ホルムアルデヒド

WHO. 2005. WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
WHO Europe. 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO. 2014. WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion. World Health Organization, Geneva.

環境省. 2009. 微小粒子状物質環境基準専門委員会報告. 環境省中央環境審議会大気環境部会, 東京.

C2.2. 新規管理項目の検討について

現行の管理項目に新規に追加する必要性を検討し、表 1-3 にとりまとめた。また、学術的に近年検討されており、今後の検討を要する項目を表 1-4 にまとめた。昨年度とりまとめた結果に対して、2019 年度の調査結果を追加および更新した。検討にあたっては、以下の 4 点を新規項目の選定基準

とした。なお、これらの項目については、既存の測定データや今後の測定データ、また科学的知見などから今後詳細に検討を行うものである。

①現行の建築物環境衛生管理基準で規定されているもの

②WHO が室内空気質ガイドラインを定めるもの

③学校環境衛生基準で規定されているもの

④シックハウスに係る室内濃度指針値（厚生労働省）が定められているもの

表 2-3. 建築物環境衛生管理基準（空気環境の調整）の検討（網掛けは選定基準の優先順位が高いものと重複しているものを示す）

選定基準	項目	主な発生源	室内空気における WHO（欧州）と国内の指針値等の設定状況				
			建築物環境衛生管理基準	WHO 室内空気質ガイドライン	シックハウス室内濃度指針値（厚生労働省）	学校環境衛生基準（学校保健安全法）	環境基準（環境基本法）
① 現行の建築物環境衛生管理基準で規定されているもの	温度		17～28℃			17～28℃	
	相対湿度		40～70%			30～80%	
	気流		0.5 m/秒			0.5 m/秒	
	浮遊粉じん	燃焼	0.15 mg/m ³	50 μg/m ³ (24 時間) 20 μg/m ³ (1 年)		0.1 mg/m ³	1 時間値の 1 日平均値が 0.10 mg/m ³ 以下であり、かつ、1 時間値が 0.20 mg/m ³ 以下
	二酸化炭素	燃焼、ヒト	1000 ppm			1500 ppm	
	一酸化炭素	燃焼	10 ppm	86 ppm(15 分) 30 ppm(1 時間) 8.6 ppm(8 時間) 6 ppm(24 時間)		10 ppm	1 時間値の 1 日平均値が 10 ppm 以下であり、かつ、1 時間値の 8 時間平均値が 20 ppm 以下
	ホルムアルデヒド	合板	100 μg/m ³	100 μg/m ³ (30 分)	100 μg/m ³	100 μg/m ³	
② WHO（欧州）が室内空気質ガイドラインを定めるもの	PM ₁₀	燃焼	0.15 mg/m ³	50 μg/m ³ (24 時間) 20 μg/m ³ (1 年)		0.1 mg/m ³	1 時間値の 1 日平均値が 0.10 mg/m ³ 以下であり、かつ、1 時間値が 0.20 mg/m ³ 以下
	PM _{2.5}	燃焼		25 μg/m ³ (24 時間) 10 μg/m ³ (1 年)			1 年平均値 15 μg/m ³ 以下 かつ 1 日平均値 35 μg/m ³ 以下
	ホルムアルデヒド	合板	100 μg/m ³	100 μg/m ³ (30 分)	100 μg/m ³	100 μg/m ³	
	ベンゼン	燃料の燃焼		1.7 μg/m ³ (10 ⁻⁵ 発がんリスク)			1 年平均値が 3 μg/m ³ 以下
	ナフタレン			10 μg/m ³			
	二酸化窒素	燃焼		200 μg/m ³ (1 時間) 40 μg/m ³ (1 年)		0.06 ppm	1 時間値の 1 日平均値が 0.04 ppm から 0.06 ppm までのゾーン内又はそれ以下
	一酸化炭素	燃焼	10 ppm	86 ppm(15 分) 30 ppm(1 時間) 8.6 ppm(8 時間) 6 ppm(24 時間)		10 ppm	1 時間値の 1 日平均値が 10 ppm 以下であり、かつ、1 時間値の 8 時間平均値が 20 ppm 以下

	ラドン	自然の鉱物		100 Bq/m ³			
	トリクロロエチレン	工業用有機溶剤		23 µg/m ³ (10 ⁻⁵ 発がんリスク)			1年平均値が0.2mg/m ³ 以下
	テトラクロロエチレン	クリーニングの洗浄剤		250 µg/m ³			1年平均値が0.2mg/m ³ 以下
	ベンゾ-a-ピレン	燃焼		0.12 ng/m ³ (10 ⁻⁵ 発がんリスク)			
③学校環境衛生基準で規定されているもの	二酸化炭素	燃焼、ヒト	1000 ppm			1500 ppm	
	温度		17～28℃			17～28℃	
	相対湿度		40～70%			30～80%	
	気流		0.5 m/秒			0.5 m/秒	
	浮遊粉じん	燃焼	0.15 mg/m ³	50 µg/m ³ (24時間) 20 µg/m ³ (1年)		0.1 mg/m ³	
	一酸化炭素	燃焼	10 ppm	86 ppm(15分) 30 ppm(1時間) 8.6 ppm(8時間) 6 ppm(24時間)		10 ppm	1時間値の1日平均値が10 ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20 ppm以下
	二酸化窒素	燃焼		200 µg/m ³ (1時間) 40 µg/m ³ (1年)		0.06 ppm	1時間値の1日平均値が0.04 ppmから0.06 ppmまでのゾーン内又はそれ以下
	ホルムアルデヒド	合板	100 µg/m ³	100 µg/m ³ (30分)	100 µg/m ³	100 µg/m ³	
	トルエン	接着剤、塗料			260 µg/m ³	260 µg/m ³	
	キシレン	接着剤、塗料			200 µg/m ³	870 µg/m ³	
	パラジクロロベンゼン	防虫剤			240 µg/m ³	240 µg/m ³	
	エチルベンゼン	断熱材、塗料			58 µg/m ³	3800 µg/m ³	
	スチレン	断熱材、防水剤			220 µg/m ³	220 µg/m ³	
	ダニ又はダニアルゲン	寝具や絨毯				100 匹/m ²	
④シックハウスに係る室内濃度指針値(厚生労働)	ホルムアルデヒド	合板	100 µg/m ³	100 µg/m ³ (30分)	100 µg/m ³	100 µg/m ³	
	トルエン	接着剤、塗料			260 µg/m ³	260 µg/m ³	
	キシレン	接着剤、塗料			200 µg/m ³	870 µg/m ³	

省)が定められているもの(下線部は改正または新設案)	パラジクロロベンゼン	防虫剤			240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	エチルベンゼン	断熱材、塗料			3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	スチレン	断熱材、防水剤			220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	クロルピリホス	防蟻剤			1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	フタル酸ジブチル	塩ビ樹脂			17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	テトラデカン	接着剤、塗料			330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	塩ビ樹脂			100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	ダイアジノン	防蟻剤			0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	アセトアルデヒド	合板、接着剤			48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	フェノブカルブ	防蟻剤			33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	総揮発性有機化合物(TVOC)				400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

表 2-3. 建築物環境衛生管理基準（空気環境の調整）の検討—続き—（網掛けは選定基準の優先順位が高いものと重複しているものを示す）

選定基準	項目	主な発生源	室内空気における諸外国の指針値等の設定状況			監視用測定方法	定点測定方法
			ドイツ	フランス	カナダ		
① 現行の建築物環境衛生管理基準で規定されているもの	温度					建築物衛生法	
	相対湿度					建築物衛生法	
	気流					建築物衛生法	
	浮遊粉じん	燃焼				建築物衛生法	
	二酸化炭素	燃焼、ヒト	1000 ppm 以下 無害		1000 ppm(オフィス)	建築物衛生法	
	一酸化炭素	燃焼	5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 分) 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 時間)	86 ppm(15 分) 52 ppm(30 分) 26 ppm(1 時間) 8.6 ppm(8 時間)	25 ppm(1 時間) 10 ppm(24 時間)	建築物衛生法	
② WHO（欧州）が室内空気質ガイドラインを定めるもの	ホルムアルデヒド	合板	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 分)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 時間) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 年)	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 時間) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 時間)	建築物衛生法	厚労省
	PM ₁₀	燃焼					
	PM _{2.5}	燃焼	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 時間)	WHO のガイドラインの活用を推奨	可能な限り低く	環境省	
	ホルムアルデヒド	合板	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 分)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 時間) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 年)	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 時間) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 時間)	建築物衛生法	厚労省
	ベンゼン	燃料の燃焼		2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10^{-5} 発がんリスク)	可能な限り低く	環境省	厚労省調査法
	ナフタレン		10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 年)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 日)		厚労省調査法
	二酸化窒素	燃焼	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 分) 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 週)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 時間) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 年)	170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 時間) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 日)	環境省	
	一酸化炭素	燃焼	5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 分) 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 時間)	86 ppm(15 分) 52 ppm(30 分) 26 ppm(1 時間) 8.6 ppm(8 時間)	25 ppm(1 時間) 10 ppm(24 時間)	環境省	
	ラドン	自然の鉱物			200 Bq/m ³		
	トリクロロエチレン	工業用有機溶剤	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10^{-5} 発がんリスク)		環境省	厚労省調査法
	テトラクロロエチレン	クリーニングの洗浄溶剤	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 年)		環境省	厚労省調査法
③ 学校環境衛生基準で規定されているもの	ベンゾ- <i>a</i> -ピレン	燃焼				環境省調査法	
	二酸化炭素	燃焼、ヒト	1000 ppm 以下 無害			文科省	
	温度					文科省	
	相対湿度					文科省	
	気流					文科省	

の	浮遊粉じん	燃焼				文科省	
	一酸化炭素	燃焼	5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分) 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)	86 ppm(15分) 52 ppm(30分) 26 ppm(1時間) 8.6 ppm(8時間)	25 ppm(1時間) 10 ppm(24時間)	文科省	
	二酸化窒素	燃焼	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分) 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1週)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)	文科省	
	ホルムアルデヒド	合板	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)	文科省	
	トルエン	接着剤、塗料	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		15000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間) 2300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)	文科省	
	キシレン	接着剤、塗料	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				文科省
	パラジクロロベンゼン	防虫剤					文科省
	エチルベンゼン	断熱材、塗料	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)			文科省
	スチレン	断熱材、防水剤	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				文科省
	ダニ又はダニアレゲン	寝具や絨毯				文科省	
④シックハウスに係る室内濃度指針値(厚生労働省)が定められているもの(下線部は改正または新設案)	ホルムアルデヒド	合板	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)		厚労省
	トルエン	接着剤、塗料	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		2300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)		厚労省
	キシレン	接着剤、塗料	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				厚労省
	パラジクロロベンゼン	防虫剤					厚労省
	エチルベンゼン	断熱材、塗料	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日) 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)			厚労省
	スチレン	断熱材、防水剤	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				厚労省
	クロルピリホス	防蟻剤					厚労省
	フタル酸ジブチル	塩ビ樹脂					厚労省
	テトラデカン	接着剤、塗料					厚労省
	フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	塩ビ樹脂					厚労省

ダイアジノン	防蟻剤					厚労省
アセトアルデヒド	合板、接着剤	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	1420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)		厚労省
フェノプカルブ	防蟻剤					厚労省
総揮発性有機化合物(TVOC)		300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下 支障なし				厚労省

※1 アメリカは室内空気質の規制を行っておらず、室内空気質ガイドラインを定めていない。アメリカは室内空気に対しては非規制戦略(平成16年度厚生労働科学研究費報告書「諸外国における室内空気質規制に関する研究」参照)。

は選定基準の優先順位が高いものと重複していることがわかるようにセルに色付けを行ったもの。

表 2-4. 参考指標（学術的に近年注目されており今後の検討を要する項目）

項目	参考指標として考えられる理由
浮遊真菌	いずれも健康影響の量反応関係から基準値を定めたものはないが、浮遊真菌や浮遊細菌等の微生物汚染と健康影響との関連があることから（WHO, 2009）、TVOCと同様に、汚染レベルを低減させるための目標濃度を日本建築学会で定めており、カナダ等諸外国の中にも、そのような目的で指針を定めている国がある。
浮遊細菌	
放射温度	人体への温熱負荷としては、厳密には、温度のみならず、湿度、放射、着衣、代謝、気流を含めて総合的に評価することが重要となる。PMVは、これらの6要素を1つにまとめてあらず総合温熱指標であり、実態調査で総合温熱指標の把握は学術上必要である。現在は、温度、湿度、気流を個別に評価しているが、放射も環境因子としては重要な項目となる。そのため、今回の測定調査では、放射温度を測定するとともに、PMVまで算出し、あるいは6要素の項目で組み合わせ等を行って、特定建築物と今後適用を検討している中規模建築物の実態を把握し、調査数には限りはあるが、健康との関係性を評価する必要がある。
PMV	
超微小粒子状物質（ナノ粒子）	現在は、PM _{2.5} までの粒径に対して基準値が定められているが、さらに小さいナノ粒子に関する健康影響も大気等の疫学調査等が進められている。また、粒子の重量濃度よりも、個数濃度で評価するほうが、生体影響との関連が強いのではないかと考えられている。さらに、粒子の大きさの分布を把握することは、空調設備における除去方法を検討するうえで、重要な知見となる。従って、粒子の大きさ毎に粒子の個数濃度を評価するとともに、ナノ粒子の領域の濃度を個別に評価する必要がある。
粒子状物質の個数濃度	
エンドトキシン	ダスト中のエンドトキシン濃度と気管支ぜん息や肺気腫との関係（量反応関係）が最近疫学研究で報告されるなど（Mendy et al., 2018; Thorne et al., 2005; Thorne et al., 2015）、エンドトキシンを指標とした室内環境における微生物由来の汚染物質の評価が注目されている。従って、本調査においても、特定建築物と中規模建築物でエンドトキシンの汚染の実態を評価するとともに、調査数には限りはあるが、健康との関係性を評価する必要がある。

<参考文献>

1) 検討要否における参考資料

Azuma K, Uchiyama I, Uchiyama S, Kunugita N. 2016. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: Screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. *Environ Res* 145:39–49.

Mendy A, Salo PM, Cohn RD, Wilkerson J, Zeldin DC, Thorne PS. 2018. House Dust Endotoxin Association with Chronic Bronchitis and Emphysema. *Environ Health Perspect* 126:037007. doi: 10.1289/EHP2452.

Suzuki G, Yamaguchi I, Ogata H, Sugiyama H,

Yonehara H, Kasagi F, Fujiwara S, Tatsukawa Y, Mori I, Kimura S. 2010. A nation-wide survey on indoor radon from 2007 to 2010 in Japan. *J Radiat Res* 51:683–689.

Thorne PS, Kulhánková K, Yin M, Cohn R, Arbes SJ Jr, Zeldin DC. 2005. Endotoxin exposure is a risk factor for asthma: the national survey of endotoxin in United States housing. *Am J Respir Crit Care Med* 172:1371–1377.

Thorne PS, Mendy A, Metwali N, Salo P, Co C, Jaramillo R, Rose KM, Zeldin DC. 2015.

- Endotoxin Exposure: Predictors and Prevalence of Associated Asthma Outcomes in the United States. *Am J Respir Crit Care Med* 192:1287–1297.
- WHO. 2009. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- 小畑美知夫. 2007. 建築物の衛生的環境の維持管理に関する研究. 平成 18 年度厚生労働科学研究費補助金研究報告書, 平成 19 年 3 月.
- 2) World Health Organization
- WHO. 2005. WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO Europe. 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- 3) 日本建築学会
- 日本建築学会. 2010. 日本建築学会環境基準 AIJES-A004-2010 アセトアルデヒドによる室内空気汚染防止に関する濃度等規準・同解説. 日本建築学会, 東京.
- 日本建築学会. 2010. 日本建築学会環境基準 AIJES-A006-2010 総揮発性有機化合物による室内空気汚染防止に関する濃度等規準・同解説. 日本建築学会, 東京.
- 日本建築学会. 2013. 日本建築学会環境基準 AIJES - A0002 - 2013 微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説. 日本建築学会, 東京.
- 日本建築学会. 2014. 日本建築学会環境基準 AIJES-A0001-2014 ホルムアルデヒドによる室内空気汚染に関する設計・施工等規準・同解説. 日本建築学会, 東京.
- 4) ドイツ
- Sagunski H. 1998. Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol. Bundesgesundheitsblatt 41:392–421.
- Englert N. 1998. Richtwerte für die Innenraumluft: Stickstoffdioxid. Bundesgesundheitsblatt 41:9–12.
- IRK. 2007. Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 50:990–1005.
- IRK. 2012. Richtwerte für Ethylbenzol in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 55:1192–1200.
- IRK. 2013. Richtwerte für Acetaldehyd in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 56:1434–1447.
- IRK. 2013. Richtwerte für Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 56:1448–1459.
- IRK. 2015. Gesundheitliche Bewertung von Trichlorethen in der Innenraumluft, Mitteilung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluftthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsbl 58:762–768.
- IRK. 2015. Richtwerte für Dimethylbenzole in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 58:1378–1389.
- IRK. 2016. Richtwerte für Toluol und gesundheitliche Bewertung von C7-C8-Alkylbenzolen in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt 59:1522–1539.
- IRK. 2017. Richtwerte für Tetrachlorethen in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl 60:1305–1315.
- IRK. 2019. Richtwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl 62:664–676.

5) フランス

Afsset (2008) Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le benzène. Avis de l'Afsset, Rapport d'expertise collective.

Afsset (2009) Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le naphtalène. Avis de l'Afsset, Rapport d'expertise collective.

Afsset (2009) Relatif à la proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur pour le trichloroéthylène (TCE), AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.

Afsset (2010) Relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le tétrachloroéthylène (perchloroéthylène), AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.

ANSES (2013) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le dioxyde d'azote, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

ANSES (2014) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, L'acétaldéhyde, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

ANSES (2016) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, L'éthylbenzène, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

ANSES (2018) Mise à jour de valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le formaldéhyde, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

ANSES (2018) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur Le toluène, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

6) カナダ

Health Canada. 1987. Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality, A Report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Cat. H46-2/90-156E.

Health Canada. 2007. Residential Indoor Air Quality Guideline: Moulds.

Health Canada. 2007. Government of Canada Radon Guideline.
<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/radiation/radon/government-canada-radon-guideline.html>

Health Canada. 2010. Residential Indoor Air Quality Guideline: OZONE.

Health Canada. 2011. Residential Indoor Air Quality Guideline: TOLUENE.

Health Canada. 2013. Residential Indoor Air Quality Guideline: Naphthalene.

Health Canada. 2013. Guidance for Benzene in Residential Indoor Air

Health Canada. 2017. Residential indoor air quality guideline: acetaldehyde,
<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/residential-indoor-air-quality-guideline-acetaldehyde.html>

D. 総括

建築物環境衛生管理基準の空気環境項目について、国際的な動向や諸外国の動向および関連する近年の科学的知見等を整理し、今後検討すべき建築物環境衛生管理基準を整理した。

WHO が温度の室内ガイドラインとして低温側で 18℃以上を 2018 年に公表した。これは冬期の高齢者における血圧上昇に対する影響を考慮したものであった。特定建築物の適用用途には、ホテルや旅館が含まれており、WHO の室温のガイドラインは今後検討すべき項目であると考えられた。また WHO は、微小粒子状物質 (PM_{2.5})、一酸化炭素の室内空気質ガイドラインを公表しており、微小粒子状物質では循環器疾患への影響、一酸化炭素では虚血性心疾患への影響に基づくものであった。室内の粒子状物質については、浮遊粉じん

よりも粒径の小さい PM_{2.5} に対する室内空気指針値の設定が近年諸外国でなされてきており、WHO においても 2018 年に開催された「空気汚染と健康に関する世界会合」において、大気と室内における PM_{2.5} による健康被害の問題が大きく取り上げられた。これらの物質については、今後検討すべき項目であると考えられた。

厚生労働省は、2-エチルヘキサノール、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (TexanolTM, TMPD-MIB と略す)、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIBTM, TMPD-DIB と略す)の室内濃度誌指針値を検討中である。特定建築物におけるこれらの物質の実態はこれまで把握されておらず、今後実態調査を行い、建築物環境衛生管理基準で考慮すべきかどうか検討する必要があると考えられた。

WHO が 2018 年に生活環境中における騒音のガイドラインを公表している。従来、住居内の典型的な騒音影響は、睡眠妨害、アノイアンス(迷惑)、会話妨害であったが、近年、夜間騒音と不眠症、認知力の低下、高血圧、心筋梗塞、精神疾患との関係が示唆されている。そこで、睡眠妨害と不眠症等に関する疫学調査に基づき交通騒音、鉄道騒音、航空機騒音、風力発電騒音、娯楽騒音ごとに、建物正面における昼間と夜間のガイドラインを公表している。このような項目については、日本での実態が十分把握されておらず、今後の検討課題であると考えられた。

近年、フタル酸エステル類やリン酸エステル類を中心に、室内ダスト中の準揮発性有機化合物による健康リスクが報告されている。フランスでは室内ダスト中化学物質のガイドラインに関する国際ワークショップが開催され、その方法論を検討している。このような諸外国の動向も今後注視すべきと考えられた。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(114), 38, 2017. doi:10.1186/s12199-017-0645-4.
- 2) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. *Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017*, ID0022, 6 pages, 2017.
- 3) 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. *Science of the Total Environment* 616–617:1649–1655, 2018.
- 4) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. *Proceedings of the 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate*, ID106, 6 pages, 2018.
- 5) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International* 121:51–56, 2018.
- 6) 東 賢一. 室内空気質規制に関する諸外国の動向. *環境技術* Vol.46, No.7, pp. 4-9, 2017.
- 7) 東 賢一. 室内環境汚染による健康リスクと

今後の課題. 臨床環境医学 26(2):82-86, 2017.

- 8) 東 賢一. 住環境の健康リスク要因とそのマネジメントに関する国内外の動向. 日本衛生学雑誌 73(2):143-146, 2018.
- 9) 岸 玲子、吉野 博、荒木敦子、西條泰明、東 賢一、河合俊夫、大和 浩、大澤元毅、柴田英治、田中正敏、増地あゆみ、湊屋街子、アイツバマイゆふ. 科学的エビデンスに基づく『新シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル (改訂新版)』を作成して. 日本衛生学雑誌 73(2):116-129, 2018.
- 10) 東 賢一. シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する国内での取り組みについて. ビルと環境 第 161 号, pp. 51-55, 2018.
- 11) 東 賢一. 室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響. 室内環境 21(2):113-120, 2018.
- 12) 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.
- 13) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), 15-20, 2019.
- 14) 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.
- 15) 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. 書籍

- 1) Azuma K. Guidelines and Regulations for Indoor Environmental Quality, Indoor Environmental Quality and Health Risk toward Healthier Environment for All. Springer, Singapore, pp.303-318, 2019.
- 2) 東 賢一. [対策] 室内汚染対策／室内環境指針値、[物質編] マンガン及びその化合物. 大気環境の事典. 朝倉書店, 東京, 2019.

3. 学会発表

- 1) 東 賢一、柳 宇、鍵 直樹、大澤元毅. 低濃度二酸化炭素による建築物居住者の健康等への影響に関する近年の知見. 第 90 回日本産業衛生学会, 東京, 2017 年 5 月 11 日-5 月 13 日.
- 2) 東 賢一. 健康リスク学から見た現状と今後の展望 — 一人の健康の保護と持続可能な発展 —. 第 26 回日本臨床環境医学会学術集会, 東京, 2017 年 6 月 25 日.
- 3) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Healthy Buildings Europe 2017, Lublin, Poland, July 2-5, 2017.
- 4) 東 賢一. 世界保健機関の住宅と健康のガイドライン. 平成 29 年室内環境学会学術大会, 佐賀, 2017 年 12 月 13 日.
- 5) 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温熱環境および二酸化炭素濃度に関する縦断調査. 第 91 回日本産業衛生学会, 熊本, 2018 年 5 月 16 日-19 日.
- 6) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. The 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, July 22-27 2018.
- 7) 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.

- 8) 東 賢一、鍵 直樹、柳 宇、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、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.
- 9) 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)
- 10) 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

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

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

平成 29～令和元年度 総合研究報告書

研究代表者 小林 健一
令和 2（2020）年 3 月

平成29年度～令和元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）
総括総合研究報告書

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

研究代表者 小林 健一 国立保健医療科学院医療・福祉サービス研究部 上席主任研究官

研究要旨：特定建築物（延床面積 3,000 m²以上の建築物、学校は 8,000 m²以上）は建築物衛生法のより、室内環境の維持管理と測定報告に関する法的根拠から管理されている。一方、特定建築物に該当しない中規模建築物の数は特定建築物のおよそ半数に及ぶことが明らかにされたが、建築物衛生法適用対象外であるため監視や報告の義務がないことから衛生管理状況の実態が不明瞭となっている。

本研究は、建築物衛生法の特定建築物に含まれない中小規模、特に床面積 2000～3000 m²の建築物における空気温熱環境、給排水の管理、清掃、ねずみ等の防除など適切な衛生管理方策の検討と提言を目的とする。建築物衛生法は環境衛生全体を網羅して管理・監督する法律であり、これまで 50 年間近く室内環境の悪化防止と改善に貢献してきた我が国固有のものであるが、本研究ではこの建築物衛生法の中規模建築物への適用可能性について検討するものである。

3 年間以下項目について研究を遂行してきた。

- (1) 中小建築物の空気・水・PC(ペストコントロール)等、環境衛生の管理実態を把握
- (2) 中小建築物の環境衛生に係る健康影響実態の調査（Phase1・Phase2・Phase3）
- (3) 中小建築物における衛生管理項目と水準の提案

関連財団・社団等の協力を得て設定した調査対象集団 500 件に対してアンケート形式の Phase1 研究を行った。Phase2 として Phase1 の 500 件から 2 年目に 42 件、3 年目に 24 件を対象とし、温度・湿度・CO₂ 測定の冷暖房期における 2 週間の連続測定を行い、規模と用途に係る概況を把握した。なお、在室者の勤務環境と健康状態に関するアンケート調査を併せて行った。

Phase3 では Phase2 の 50 件の中から毎年 10 件程度を選定し冷暖房期を中心に詳細現場測定を実施した。建築物衛生法に規定された空気環境（6 項目：浮遊粉じん、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、気流）に加え、化学物質、微生物、PM_{2.5}、給排水、掃除、PC など現場測定を行い、規模に関する横断的な情報収集を詳細に行った。また、測定と同時に従業員及び管理者を対象に環境衛生に係る健康影響実態のアンケート調査を行つた。加えて、ビル管理業者を対象としたアンケート再調査により空気環境測定、空気調和設備維持管理、給水・排水管理、清掃、PC の管理状況実態に関する詳細把握を行った。

環境衛生に係る健康影響の実態を把握するため、物理環境測定と連携して建築物室内環境に起因する症状や疾患に関するアンケート調査を実施し、疫学・統計学的な観点から解析を行った。

国土交通省の法人土地・建物基本調査データを解析し、全国における建物の属性及び用途・規模特性などを調べた。また、ペストコントロール協会が所属会員を対象に実施している全国アンケートデータの本研究グループで詳細解析した。ペストコントロールや衛生管理における建物用途及び規模別の特性などを把握し、中小規模建築の衛生管理の提言の資料とした。

結果、温度による有症率で中小規模がやや劣る評価となったが、温度制御性能に大きな問題はなかった。相対湿度は冬期に 40%RH を満足することは難しく設備が無い或いは加湿能力が脆弱である。浮遊微生物に関しては空調のフィルタ性能が劣ることから一部で課題が見られる。浮遊粉じん・PM_{2.5} に関しては外気影響が大きく国内の大気質が良好なことから大きな問題にはならず、化学物質に関しては特定建築物よりは濃度が高い場合があるが特段悪い環境にはなっていない。厚生労働省の濃度指針値の強化や新物質の検討などを受け、今後も追跡してゆく必要がある。ペストコントロールとして、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。給水に関する管理は、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。

研究分担者	所属機関名・職名
島崎 大	国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
金 勲	国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
鍵 直樹	東京工業大学環境・社会理工学院 准教授
柳 宇	工学院大学建築学部 教授
東 賢一	近畿大学医学部 准教授
長谷川兼一	秋田県立大学システム科学技術学部 教授
研究協力者	所属機関名・職名
林 基哉	国立保健医療科学院 統括研究官
開原 典子	国立保健医療科学院生活環境研究部 主任研究官
樺田 尚樹	産業医科大学 教授
中野 淳太	東海大学工学部 准教授
李 時桓	信州大学工学部 助教
大澤 元毅	
奥村 龍一	東京都多摩立川保健所
齋藤 敬子	(公財) 日本建築衛生管理教育セン ター
関内 健治	(公社) 全国ビルメンテナンス協会
谷川 力	(公社) 日本ペストコントロール協会

A. 研究目的

特定建築物（延床面積 3,000 m²以上の建築物、学校は 8,000 m²以上）に該当しない中小規模の建築物には同法が適用されていない。

既往調査からは中規模建築物の数が特定建築物のおよそ半数に及ぶことが明らかにされたが、建築物衛生法適用対象外である中小規模の建築物においては、監視や報告の義務がないことから衛生管理状況の実態が不明瞭となっている。

本研究では、2,000～3,000 m²の中規模建築物における室内環境及び空気衛生環境を中心に、給排水の管理、清掃、ねずみ等ペスト防除といった、建築物衛生法の環境衛生管理基準項目に係る要素の実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物の適用範囲拡大も含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的根拠を明らかにすることを目的とする。

本研究は大きく以下に示す 3 項目に分けて遂行してきた。

1. 中小建築物の空気・水・PC(ペストコントロール)等、環境衛生の管理実態を把握「鍵、島崎、金、長谷川」

中小建築物における建築物環境衛生の実態が明らかになるとともに、建築物衛生法における特定

建築物の範囲見直しに際して、環境衛生要素毎、建物規模別の衛生管理実態資料は、規制や監視指導の必要性判断、規制効果の予測に不可欠な資料となる。

2. 中小建築物の環境衛生に係る健康影響実態の調査 (Phase1・Phase2・Phase3) 「長谷川、東、金」

温度・湿度・CO・CO₂・浮遊粉塵・気流、カビ・細菌、放射温度、化学物質及びPM_{2.5}などの空気環境に加え、水質管理、清掃、PCなどの環境衛生状況に伴う健康影響を把握することで、室内衛生管理と監視指導の必要性及び優先項目、規制効果の解析と低減を可能にする。

3. 中小建築物における衛生管理項目と水準の提案 「柳、小林、鍵」

特定建築物の規模範囲の見直しによる管理・監視指導の実施上の制約等を踏まえた衛生管理項目と水準の提案を行う。研究資料は、環境衛生の権原者、管理技術者、衛生管理サービス実務者、資格試験など制度運用機関、監視指導行政を担う自治体などに規制範囲や規制方法の提案根拠として資する。

全体成果として、物件数は多いが特定建築物ではないためこれまでに衛生管理の対象でなかった中小規模建築物における衛生環境の実態、利用者の健康状態を明らかにすることで、権原者や管理技術者及び監視指導行政に管理範囲・方法衛生管理項目と水準の提案を行い、建築室内環境衛生の維持管理と改善を促す根拠とする。

B. 研究方法

B.1 中小建築物の空気・水・PC(ペストコントロール)等、環境衛生の管理実態を把握「鍵、島崎、金、長谷川」

中小建築物の実態把握には、幅広い対象建物の確保と、管理者及び利用者の協力獲得が最重要課題となることから、対象側の負担軽減を重視して以下の階層的調査方式を構想した。なお、「建築物環境衛生の検証に関する研究」課題と連携して調査対象の共通化を図り企画・実施した。

本調査項目「B.1」は現場実測の物理量測定であり、「B.2」のアンケート調査と連携して行っている。

B.1.1 事前調査 (Phase1)

衛生管理状況及び対象選定のためのヒアリングと事前現場測定を行った。

ビルメンテナンス協会、ペストコントロール協会にヒアリング調査を行い、管理状況を把握すると共に、両協会の協力承諾を得た。アンケート及び測定対象を明確にし、調査票の作成と発送準備、測定物件 500 件を選定、事前アンケートを行った。また、現場状況把握と課題発掘のため、小規模建築 3 件において空気環境測定を行い、1 年目の冬期

から現場測定を開始した。

B.1.2 一般調査 (Phase2)

1年目に行った Phase1 の 500 件の中から 50 件程度を選定し、温度・湿度・CO₂ 測定の連続測定を行った。特定建築物で不適合率が高い、温度、湿度、CO₂ 濃度の 3 項目に対し、2 年目に 45 件、3 年目に 25 件を対象に各季節（冷暖房期を中心）における 2 週間の連続測定を行い、規模と用途に係る概況を把握した。なお、在室者の勤務環境と健康状態に関するアンケート調査を併せて行った。

B.1.3 詳細調査 (Phase3)

毎年冷房・暖房期を中心に現場の詳細調査を行った。併せて、ビル管理業者を対象としたアンケートにより給排水管理、清掃、PC の管理状況など調査した。Phase2 の 50 件の中から毎年 10 件程度を選定し、建築物衛生法に規定された空気環境（6 項目：浮遊粉じん、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、気流）に加え、化学物質、微生物、PM_{2.5}、給排水、掃除、PC など現場測定を行い、規模に関する横断的な情報収集を詳細に行った。

また、測定と同時に従業員及び管理者を対象に環境衛生に係る健康影響実態のアンケート調査を行っている。

加えて、ビル管理業者を対象としたアンケート再調査により空気環境測定、空気調和設備維持管理、給水・排水管理、清掃、PC の管理状況実態に関する詳細把握を行った。

B.1.4 中小規模建築物及びペストコントロールに関する全国統計解析

国土交通省の法人土地・建物基本調査データを解析し、全国における建物の属性及び用途・規模特性などを調べた。また、ペストコントロール協会が所属会員を対象に実施した全国アンケートデータを詳細解析して纏めた。

B.2 中小建築物の環境衛生に係る健康影響実態の調査 (Phase2、Phase3)「長谷川、東、金」

環境衛生に係る健康影響の実態を把握するための調査・検討を行った。物理環境測定と連携して、建築物室内環境に起因する症状や疾患に関するアンケート調査を実施し、公衆衛生学についてはシックビル調査実績を有する分担研究者「東」が、室内環境については「長谷川」が中心となって疫学・統計学的な観点から解析を行った。

質問内容・方法等の検討を各研究部会と連携して行ってアンケートを作成した後、関連協力団体から提供された宛先情報に基づいて郵送での送付・回収している。

B.2.1 Phase2

1年目に行った Phase1 から 50 件程度を選定し、冷暖房期における 2 週間の温湿度・CO₂ 連続測定を行うとともに健康アンケート調査を実施してきた。測定した温熱環境及び換気状況と健康状態の

関係を解析した。

B.2.2 Phase3

Phase2 から毎年 10 件程度を抽出し、空気・衛生環境全般の詳細現場測定と健康に関するアンケート調査を実施した。

測定結果と健康状態の関係を解析し、測定結果と調査票分析の完了と管理の在り方を提言する。

B.3 中小建築物における衛生管理項目と水準の提案「柳、小林、鍵」

上記の一般測定、詳細測定、健康アンケート、統計解析など衛生環境調査結果をもとに、中小建築物に固有な適用条件や制約要因の整理を行い、円滑な建築物衛生法の適用拡大に資する管理項目・水準等に関する提案について検討した。

(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 6 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 7）を得て実施した。

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。

C. 研究結果

C.1 中規模建築物に関する全国統計データ

建築物衛生法が適用されない延床面積 3,000m² 未満の中規模建築物における衛生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は明らかになっていない。また、法律が規定する基準面積を引き下げ、環境衛生管理の適用範囲を拡大することがたびたび議論されてきたが、状況を裏付ける情報が十分に整備されている訳ではない。

そこで、本研究では国土交通省が実施している「法人土地・建物基本調査」による統計データを入手し、中小建築物ストックの現状を把握した。

また、中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査データを用いて分析した。

C.1.1 国土交通省による法人土地・建物基本調査データ

得られた知見は以下の通りである。

- 1) 事務所の場合、特定建築物の割合は 11.7%(12,352 件)であること、床面積 2,000~3,000 m² 未満の建物は 5.7%(6,054 件)であり、特定建築物の約半数という割合になることがわかった。
- 2) 事務所の建物総数は、東京都が最も多く、大阪府、愛知県、北海道が次に続く。特定建築物は、

東京都では他の地域とは異なり全体の 25%を占めているが、地方の県では特定建築物の割合は低く 10%未満である。また、床面積が 2,000~3,000 m² 未満の建物は全体の 5%程度であり、東京都であっても 9.0%と割合は低い。

3) いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面積が、「2,000m²未満」「2,000~3,000m²未満」「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きいほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなる。

4) ロジスティック回帰分析による解析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて中小規模建築物の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。

5) 中小規模建築物と比べて特定建築物では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

C.1.2 ペストコントロール協会による環境衛生の管理実態

中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査データを用いて分析した。対象とする建物用途は、「飲食店」「食品販売店」「物販店」「病院」「ホテル・旅館」「サウナ」「興行場」「事務所」である。分析により以下の結果が得られた。

1) 本調査にて得られたデータの「床面積」では、いずれの用途においても特定建築物に該当する「3,000m²以上」の割合が高く 40~70%程度を占めている。一方、中規模建築物に該当する「2,000~3,000m²未満」の割合は 20~30%程度に留まっている。飲食店と食品販売店については、特定建築物と同程度に「2,000m²未満」の割合が高いことが特徴である。

2) いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面積が「2,000m²未満」「2,000~3,000m²未満」「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きいほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなる。

3) ロジスティック回帰分析による解析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて中小規模建築物の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。

4) 中小規模と比べて特定建築物では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

C.2 室内空気環境衛生の実態調査

中規模建築物における空気衛生環境及び給排水の管理に係る実態を把握する目的で現場測定を行った。調査項目は、温度・湿度・CO₂濃度、浮遊微生物(カビ、細菌濃度)、パーティクル、PM_{2.5}、化学物質(アルデヒド類、VOCs、2E1H)、エンドトキシン(細菌内毒素)である。

C.2.1 温度

中央値が冬期 24.5℃(中小規模ビル)と 24.3℃(特定建築物)、夏期は 26.0℃(中小規模ビル)と 25.6℃(特定建築物)であり、大きな差は見られなかった。また、一部の個別方式の対象室では、運用状態によって夏期の立ち上がり時に室内温度が 28℃を上回るケースがあった。

C.2.2 相対湿度

冬期に最大値が 40%RH を上回るビルがあったものの、規模を問わず 75%タイル値が 40%RH を下回っており、冬期の低湿度問題が再確認された。夏期は規模を問わず概ね良好であった。

C.2.3 CO₂濃度

季節と規模を問わず全てが建築物衛生法管理基準値の 1000ppm を満足した。

Phase2 で行った冷暖房機の 2 週間連続測定結果に関する詳細調査は次項で説明する。

C.2.4 微生物

細菌について、季節をと問わず中小規模ビルでは特定建築物と同様に日本建築学会の管理規準値 500cfu/m³ を満足していた。真菌は、冬期は中小規模ビルの室内濃度が日本建築学会の管理規準値 50cfu/m³ を満足していたが、夏期は中小規模ビルの空調・換気設備のろ過性能が比較的劣ったため、高濃度の外気の侵入により室内浮遊真菌濃度が上昇し、50cfu/m³ を超える対象室が散見された。一方、特定建築物は季節を問わず、浮遊真菌濃度の中央値が 50cfu/m³ を下回っていた。

NGS(次世代シーケンサー)を用いたメタゲノムの菌叢解析において、検出された細菌属と真菌属の何れにおいて、これまで報告された生菌の結果よりはるかに多かった。これは、培地を用いた方法では殆どの種類の細菌と真菌を検出できないためである。また、菌量の多さを表すリード数において、中小規模ビルでは特定建築物に比べ、細菌は多いものの、真菌は少なかった。この結果と I/O 比の結果を併せて考えると、特定建築物では空調システム内での真菌の発生がある可能性あることが強く示唆された。今回今後更なるデータを蓄積する必要がある。

C.2.5 浮遊粉じん/PM_{2.5}

特定建築物及び中規模建築物における室内 PM_{2.5}濃度は、全ての室内において 35 µg/m³以下となっており、大気の基準値の「1 日平均値が 35 µg/m³以下」を下回る結果となった。I/O 比については、概ね I/O 比が 1 を下回っていた。よって、

室内に支配的な粒子発生源が無い場合、室内の PM2.5 濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響していると考えられた。

また、測定方法として、粉じん計に PM2.5 分級器を装着した計測器であっても、従来の PM2.5 計測器と良い相関が得られており、室内での適用可能性を示した。

建築規模、空調方式別に室内 PM2.5 濃度、I/O 比を比較すると、中央方式の空調機を有する建築物の方が低い値を示し、空調に使用されているフィルタの性能に影響されていることによるものであると示唆された。

大気における PM2.5 の傾向を調査した結果、近年は減少傾向にあるものの、地域ごとでは、北東部では濃度が低く、南西部では濃度が高い傾向が確認できた。更に冬季における九州地方の濃度が他の地域と比較して高い。しかしながら、ここ数年で PM2.5 濃度は減少する傾向となっていることを確認した。

C.2.6 化学物質

アルデヒド類、個別 VOCs、TVOC 共に平均濃度としては、夏期濃度が冬期より高い傾向を示した。特に p-ジクロロベンゼンや 2E1H は季節間の差が明確に現れた。

建物規模による濃度の違いが見られ、特定建築物が中小規模建築より全体的に濃度が低い傾向にあり、最大値（検出濃度範囲）においても中小規模建築の方が高く環境に偏差がより大きかった。空間容積に対する各面面積の割合、在室密度、空調方式の違いによるものと考えられ、特に中小規模建築に比べて特定建築物には中央式空調の割合が高く、中央式の利点が現れていると考えている。今後、相関分析を行い明確は相関があるかを検証する必要がある。

厚生労働省により 2019 年 1 月に既存指針物質であるキシレン、フタル酸ジ-n-ブチル (DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) の 3 物質に対する濃度指針値が強化された。さらに、エチルベンゼンの指針値の見直し、新な物質としてテキサノール、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチレート (TXIB) に関する議論が行われている。

このような社会背景から、指針値物質に関しては引き続き実態把握を行うと共に、検討物質として議論されている 3 物質に関しても、オフィスにおける検出率やリスクが高い物質を選定して実態調査を行ってゆく必要がある。

そこで、建築物室内における 2E1H 濃度の実態を把握するために、夏期及び冬期の 19 件の事務所用途の特定建築物及び中小規模建築において実測を行った。結果として、2E1H は多くの室内で検出され、TVOC に占める 2E1H の濃度が 50%を超える建物もあり 2E1H が室内環境の汚染に影響を与え

ていることが明らかとなった。また、コンクリートが床下地である室内では、2E1H 濃度は高く、金属製のフリーアクセスフロアの室内では低い傾向が見られた。さらに絶対湿度と 2E1H 濃度との関係も見られ、対策を講ずるためには、換気の他にも、床仕様、環境湿度などが 2E1H の発生に影響を与えていることが示唆された。

C.2.7 エンドトキシン（グラム陰性菌の内毒素）

室内エンドトキシン濃度では 1.0EU/m³ を下回る物件が多く、1.0EU/m³ を超えても 1~2EU/m³ と比較的低い水準が殆どであった。一方、冬期室内濃度が 10 EU/m³ 近く高く、IO 比も 18 を超える物件が存在した。この建物は夏期と冬期の室内濃度が明らかに異なることから冬期だけ室内に汚染源が存在していることが分かった。家庭用の中型加湿器を複数台使っていたことが原因と考えられた。培養法による細菌濃度の測定結果でも高い濃度が観察されていることから、当該オフィスでは加湿器による微生物汚染が起きていると判断された。I/O 比が 1.0 を超える結果も存在するが、多くの建物で外気より低い水準が保たれていた。特定建築物と中小規模建築の比較では、夏期の室内平均濃度は同水準であり、冬期は中小規模での濃度が高い結果となった。

C.3 事務所建築物における CO2 濃度の全国実態調査—Phase2 調査—

全国のオフィスビル 66 件 (2018 年度 42 件、2019 年度 24 件) を対象に夏期及び冬期に 2 週間の連続測定を行った。

2018 年度の測定から得られた結果は以下の通りである。

- 1) 平均濃度で 1000ppm を超える建物は、夏期 36%、冬期 33%であり、1 回でも 1000ppm を超えた建物は夏期 67%、冬期 69%であった。
- 2) 平均濃度 2000ppm を超える建物も夏期・冬期 1 件ずつあり、冬期には平均値で 5000ppm 以上、最大 9000ppm を超えるところがあった。また、測定期間中一瞬も 1000ppm を下回らない物件が存在した。
- 3) 濃度区間別出現頻度からは、季節間の差より物件ごとの特徴が強かった。全体物件の期間中、不適合頻度の平均は夏期 31.6%、冬期 30.5%であり、完全適合（不適合 0）を除いた平均は夏期 47.4%、冬期 44.2%であった。
- 4) 夏期濃度が冬期濃度より高い建物の割合は 2 : 1 であった。回帰式から、平均濃度 791ppm 以下の CO2 濃度を低いレベルで保っている建物では夏期より冬期濃度が高い傾向を示した。
- 5) 中央式、併用型空調の方が個別式より低い CO2 濃度を示していた。最も悪い環境となっていた建物は共に個別方式であったが、その一軒は 1960 年代に建てられ、建物性能が環境悪化の原因と考え

られた。

2019年度の測定からは以下の結果が得られた。平均値としては1000ppmを超える建物は2割程度であったが、1回でも1000ppmを超える割合はほぼ7割あった。また、昨年度とは異なり期間中ずっと1000ppmを下回らない、3000ppmを超える高濃度を示すなど、著しく悪い環境にある物件はなかった。特定建築物における立入検査の定点測定を仮定すると7割ほどが管理基準を超えることになるが、常に悪い環境にあるではなく、平均としては基準を守れる建物が多い。在室時間を通して1000ppm以下に維持するのは、健康衛生上望ましいが設備や建物性能を考えると、連続測定の濃度平均値を用いるなどより柔軟かつ合理的な考え方が必要である。特定建築物が中小規模建築よりCO₂濃度（換気）制御で1000ppmを超える例が少なく有利な結果が示されたが、中小規模建築は建物性能や設備性能が劣ることが多いことから室内環境の悪化が懸念されるところである。一方、規模が小さいが故に窓開け換気が可能な建物が多いことや在室者の環境調節への自由度が高くことは利用者意識による環境改善の可能性も高いと考えられる。

C.4 建築物利用者の執務環境と建物規模に関する実態調査

中小規模建築物のうち主に事務所建築物における室内環境の特徴を明らかにすることを目的として、建築物の管理者や従業員に対するアンケート調査ならびに、執務環境の各種物理環境を調査した。特定建築物との比較を通じて、中小建築物に特有の環境的課題を把握した。得られた結果は以下のとおりである。

- 1) 中小建築物と特定建築物と差が見られた項目として、「空調方式」「給水方式」が挙げられる。「空調方式」には、個別方式、「給水方式」には直結方式を採用する割合が高い。
- 2) 冬期の室内環境について、中規模建築物では「静電気」「カビの臭い」を感じており、前者は過乾燥、後者はダンプネスとの関連が深く、いずれも執務空間の湿度調整が適切でないことを示唆するものである。
- 3) 夏期の室内環境では、「じめじめする」「カビの臭い」「不快なにおい」において、中規模建築の方が申告の頻度が高く、室内環境の問題点が指摘されている。中小建築物では、女性の方が室内環境上の問題点を指摘する傾向が見られ、年間を通じて女性が抱く執務環境に対する満足度は低い。
- 4) ノンパラメトリック検定を用いた統計分析結果より、冬期・夏期ともに建物規模と室内環境の物理量とは関連性があることが示されるとともに、執務者の室内環境に対する申告と整合していることが確認された。しかしながら、冬期の相対湿度

を除いて、建築物環境衛生管理基準に該当する項目の全てが基準を満たす範囲に収まっているため、中小建築物の衛生環境が著しく阻害されているとはいえない。

C.5 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査

冬期および夏期の全国規模の断面調査として、500社超の事務所に対してアンケート調査を依頼した結果、冬期では185社から管理者用調査票、1969名から従業員調査票の回答を得た。また、夏期では152社から管理者用調査票、1543名から従業員調査票の回答を得た。

建築物における苦情の発生率は、温度では、冬期夏期のいずれにおいても小規模建築物の方が特定建築物よりも低かった。また、湿度では、冬期において、小規模建築物の方が特定建築物よりも苦情の発生率は低かった。

建物との関係が強く疑われるビル関連症状は、冬期では概して小規模建築物ほど有症率が低下するが、有意な差ではなかった。夏期では概して中規模建築物が最も高く、次いで特定建築物、小規模建築物の順であったが、有意な差ではなかった。ビル関連症状における室内環境要因では、冬期夏期ともに乾きすぎとほこりとの関係がいずれの規模の建築物でもみられた。乾きすぎは、特に冬期で顕著にみられ、夏期では特定建築物のほうが小規模や中規模建築物よりも関係のみられた症状が多かった。また夏期では、特定建築物でじめじめとビル関連症状との関係がみられたが、小規模や中規模建築物では全くみられなかった。

温熱では、冬期では、中規模と特定建築物では暑すぎるとビル関連症状との関係がみられたが、小規模建築物では暑すぎるとの関係はみられなかった。

夏期では、いずれの規模の建築物でも、寒すぎると一般症状との関係がみられた。また、小規模と中規模建築物では、一般症状と暑すぎるとの関係がみられたが、特定建築物ではみられなかった。

従って、冬期では暑すぎる、夏期では寒すぎるがビル関連症状のリスク要因となっている可能性があり、個別空調設備が大半であった小規模建築物では、冬期に暑すぎるとの関係はみられず、夏期にも寒すぎるよりも暑すぎるのほうが関連症状が多かったことから、個別空調設備を設定している建物のほうが、温度設定が控え目になされている可能性が考えられた。但し、空調方式別にみた場合、冬期では中規模建築物において、中央・個別併用方式で上気道症状が有意に高かったが、夏期では特定建築物において、中央・個別併用方式で上気道症状が有意に低かったことから、さらに詳細な調査が必要と思われた。

以上より、ビル関連症状の有症率では、建築物

の規模との間に有意な差はみられなかったが、小規模建築物のほうが温度の苦情発生率が低く、空調設備が省エネ等でこまめに控えめ運用されている可能性が考えられた。また、乾きすぎやほこりとの関係が冬期夏期及びいずれの規模にも全体にみられた。特定建築物における温度と相対湿度の建築物環境衛生管理基準に対する不適率は、過去15年間で上昇しており、高い水準となっているが、中規模建築物においても同様の傾向である可能性が考えられた。

室内環境測定項目とビル関連症状との関係について、冬期では合計92件で805名、夏期では合計89件で816名からアンケート調査と測定結果を得た。これらの関係について解析を行った結果、冬期では、小規模建築物と中規模建築物において温度の高さや相対湿度の低さとビル関連症状との関係がみられたが、特定建築物ではみられなかったことから、小規模建築物と中規模建築物では冬期における温熱環境の維持管理に課題があると考えられた。夏期においては、小規模建築物と中規模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はみられなかったが、特定建築物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、中規模建築物や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、冬期の特定建築物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、夏期中規模建築物では真菌濃度や細菌濃度が高いほどビル関連症状の増加がみられた。細菌では平均濃度で日本建築学会の維持管理基準を下回っており、真菌では平均濃度で日本建築学会の維持管理基準を超えていた。但し、いずれも細菌や真菌の種類と毒性に応じた基準ではないことから、細菌や真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。

C.6 貯水槽衛生管理および飲料水水質管理に関する調査

既往の特定建築物を対象とした給水設備の衛生管理状況について、厚生労働省による衛生行政報告例より抽出されたデータを元に整理と考察を行った。また、水道法に基づく簡易専用水道施設や、水道法適用外の小規模貯水槽水道施設の衛生管理や水質管理に関する状況と比較することで、中規模建築物における給水水質管理および貯水槽衛生

管理の課題について考察した。さらに、(公社)全国ビルメンテナンス協会会員企業を対象に、中規模建築物の衛生状態に関するアンケート調査を実施し、中規模建築物における給水(飲料水、雑用水、貯水槽)の管理状況と課題を明らかにした。

平成29年度の衛生行政報告例を参照したところ、全国45,679施設の特定建築物のうち、遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は1.5%、水質検査が未実施であった施設は2.7%であり、いずれも過去10年間で最も低い割合であった。特定建築物の遊離残留塩素の含有率については、平成29年度において1.5%が不適合となり、過去10年間で最も低い値であった。用途別では学校のみ2.7%と高く、要因として学校施設における夜間や休日の滞水が考えられた。貯水槽の清掃については、平成29年度に未実施であった施設は1.0%であり、過去10年間で最も低い割合となった。

中規模建築物の衛生状態に関するアンケート調査により、413社より全国の中規模建築物886件の管理状況に関する情報を得た。飲料水の水質検査は、368件で実施されており、うち6ヶ月に1回が134件、1年に1回が222件であった。水質検査の項目数は、多くの場合11項目以上であったものの、建築物環境衛生管理基準に示された検査項目よりも少ない状況であった。遊離残留塩素の検査頻度は、週1回が165件であり、毎日の実施も3件あった。一方、2週間に1回未満は31件、未実施は191件に上り、遊離残留塩素の検査は十分でないと判断された。貯水槽の清掃は431件、点検・検査は204件(ただし第2回調査の476件中)で年1回以上実施されており、過半数の建築物は未実施または未回答であった。雑用水は、飲料水よりも各検査や点検の実施頻度が大幅に少ない状況であった。また、主たる特定用途ごとの管理状況に特段の差異は見られなかった。

中規模建築物における給水に関する管理は、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。わが国では過去に不適切な給水の衛生管理による健康被害が発生していることより、中規模建築物に対しても、特定建築物に準じる形で、定期的な遊離残留塩素検査ならびに水質検査、貯水槽清掃を義務づけるなど管理水準を向上することが、飲料水に係る安全性の確保の面から望ましいと考えられた。

D. まとめと提言

特定建築物に関しては法律による2ヶ月以内に1回の測定と結果の報告が義務化され、統計報告もされているため、十分とは言えないもののある程度の全体図は把握されていると考えられる。

一方、3000m²未満の中小規模建築には労働環境

の維持管理のための事務所衛生基準規則が存在し、室内空気環境基準 5000ppm、空調・換気設備による供給空気の濃度を 1000ppm 以下にすることを定めている。しかしながら、中小規模建築における室内環境の現状や設備の運用・管理状況などは明らかになっていない。

下記 3 項目について 3 年間の研究を遂行してきた。

- 1) 中小規模建築物の空気・水・PC(ペストコントロール)等、環境衛生の管理実態を把握
- 2) 中小規模建築物の環境衛生に係る健康影響実態の調査 (Phase1・Phase2・Phase3)
- 3) 中小規模建築物における衛生管理項目と水準の提案

詳しくは、調査対象集団候補 500 件に対してアンケート形式の Phase1 研究を行い、Phase2 として Phase1 の 500 件から 2 年目に 42 件、3 年目に 24 件を対象とし、温度・湿度・CO₂ 測定 of 冷暖房期における 2 週間の連続測定を行った。Phase3 では Phase2 の 50 件の中から毎年 10 件程度を選定し冷暖房期を中心に詳細現場測定を実施した。建築物衛生法に規定された空気環境 (6 項目: 浮遊粉じん、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、気流) に加え、化学物質、微生物、PM_{2.5}、給排水、掃除、PC など現場測定を行い、規模に関する横断的な情報収集を詳細に行った。

国土交通省の法人土地・建物基本調査データを解析し、全国における建物の属性及び用途・規模特性などを調べた。また、ペストコントロール協会が所属会員を対象に実施している全国アンケートデータの本研究グループで詳細解析した。ペストコントロールや衛生管理における建物用途及び規模別の特性などを把握した。

Phase2 及び Phase3 に際しては、在室者の勤務環境と健康状態に関するアンケート調査を併せて行った。加えて、ビル管理業者を対象としたアンケート再調査により空気環境測定、空気調和設備維持管理、給水・排水管理、清掃、PC の管理状況実態に関する詳細把握を行った。

物理環境測定と連携して行ったアンケート調査からは建築物室内環境に起因する症状や疾患に関して疫学・統計学的な観点から解析を行った。

これらの結果を踏まえ、中小規模建築の衛生管理の提言の資料とした。

研究結果から結論と提言を以下に纏める。

- (1) 温度の中央値が冬期で 24.5℃ (中小規模) と 24.3℃ (特定)、夏期は 26.0℃ (中小規模) と 25.6℃ (特定) であり、大きな差が見られなかった。また、一部の個別方式の対象室では、運用状態によって夏期の立ち上がり時に室内温度が 28℃を上回

るケースがあったが、執務時間帯に室温が問題になる物件はなかった。

相対湿度は規模を問わず 40%RH を下回る物件が殆どであり、特に中規模建築は個別式空調が導入されていることが多く、加湿性能が脆弱か無いたることが多いため、建築物衛生法の管理基準である 40~70%RH を冬期に満足させることは非常に厳しい環境にある。そのため、小型・中型の個別加湿器を利用している事務所も多いがそれでも加湿量は不足することが殆どである。また、個別加湿器は維持管理を怠ると微生物繁殖の温床になってしまうため、その活用にも注意が必要である。

中規模における温度管理は大きな問題はなく、建築物衛生法の管理基準を満足できるが、相対湿度は特に冬期に厳しくなり、そもそも設備がないかあってもその能力が足りないことが原因であるため建築物衛生法の管理基準をそのまま適用することは難しい。

- (2) 室内空気中の微生物については、細菌は特定・中規模ともに日本建築学会の管理基準を満たしている。

一方、真菌 (カビ) については、中規模では夏期に基準を超える事例が見られた。これは中規模で多く採用される個別式空調 (パッケージエアコン) は外気の浄化能力が低い或いは無いたことが多く、室内機のフィルタ濾過性能も劣るため、外気由来の浮遊真菌がそのまま室内へ影響している。また、室内機の結露や管理不足による真菌の発生も考えられる。

- (3) CO₂ 濃度については、特定建築物に比べると中規模では 1000ppm を超える事例が多い。2019 年度の結果では、特定における立入検査の定点測定を仮定すると 7 割ほどが管理基準を超えることになるが、常に悪い環境にあるのではなく、平均としては基準を守れる建物が多かった。

特定建築物とは異なり、中小規模の建物は中央管理方式の空調システムよりは個別式空調が導入されることが多い。また、換気システムにおいても個別に管理され、その上、管理者もいない場合が多い。今回の調査でも、立入検査の定点測定を仮定すると、悪い場合は 70%近く不適率が出てくる結果が示された。勤務時間を通して 1000ppm 以下に維持するのは、健康リスク面から望ましいが、設備水準・建物性能を考えると、現実的には連続測定の濃度平均値や複数測定点の平均など柔軟な対応が必要になると考えられる。

また、少数ではあるが、計測時間中に一度も 1000ppm を下回らない建物も存在しており、これは設備や建築の問題ではなく在室者の換気に対する認識の問題と考えられる。

特定建築物が中小規模より CO₂ 濃度 (換気) 制御で 1000ppm を超える例が少なく有利な結果が示され、中小規模は建物性能や設備性能が劣るこ

とが多いことから室内環境の悪化が懸念されるところである。

一方、中小規模は特定建築物に比べ、設備や建物性能の制限に起因する環境制御の制約がある場合があるものの、より小さな空間を対象にしており自由度の面では有利になる可能性もあるため、換気と室内環境の維持に関するリテラシー涵養と教育が重要である。

(4) 浮遊粉じんやPM2.5については、特定及び中規模における室内PM2.5濃度は、全ての室内において35 µg/m³以下となっており、大気の基準値の「1日平均値が35 µg/m³以下」を下回る結果となった。I/O比としても概ね1を下回っており、室内に支配的な粒子発生源が無い場合、室内のPM2.5濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響していることになる。中央式空調にくらべ個別式はフィルタ性能に劣るが国内は大気質が良好であるため、室内で燃焼や喫煙行為が無い限り、室内で粉じんやPM2.5が高くなることは殆どなく、一般的な建築物の室内では大きな問題にはならないと考えられる。

(5) 室内空気中の化学物質については、特定の方が中規模よりも全般的に濃度が低い結果であった。化学物質の放散は在室者や什器密度、床・壁・天井面積と質容積との関係、築年数などに影響されるため複合的に判断する必要がある。

また、特定は中央式空調設備の導入割合が高く、換気量の確保と制御に優れていて、換気と循環風量を合わせた全風量が大いことから室内での風量が大きくなること、AHUを一括管理できるため衛生管理が行き届くことが一因として考えられる。

2019年1月に厚生労働省により、既存指針物質であるキシレン、DBP、DEHPの3物質に対する濃度指針値が強化され、更にエチルベンゼンの指針値の見直し、新たな物質としてテキサノール、2-エチル-1-ヘキサノール(2E1H)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールジイソブチレート(TXIB)に関する議論が行われている。

中規模建築は著しく悪い空気汚染が行っている例はなかったが、特定建築物より室内化学物質濃度はやや高い結果となっている。今後も厚生労働省の指針物質や検討物質などを中心に追跡調査を行ってゆく必要がある。

(6) 中規模における給水に関する管理は、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。

わが国では過去に不適切な給水の衛生管理による健康被害が発生していることより、中規模建築物に対しても、特定建築物に準じる形で、定期的な遊離残留塩素検査ならびに水質検査、貯水槽清掃を義務づけるなど管理水準を向上することが、

飲料水に係る安全性の確保の面から望ましいと考えられた。

(7) ペストコントロール協会により実施されたアンケートの詳細解析を行った。「床面積」では、いずれの用途においても特定建築物に該当する「3,000m²以上」の割合が高く40~70%程度を占めている。一方、中規模建築物に該当する「2,000~3,000m²未満」の割合は20~30%程度に留まっていた。飲食店と食品販売店については、特定建築物と同程度に「2,000m²未満」の割合が高いことが特徴である。

いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面積が「2,000m²未満」、「2,000~3,000m²未満」、「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向があった。

ロジスティック回帰分析による分析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定と比べて中小規模の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。

中小規模と比べて特定では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

(8) ビル関連症状の有症率では、建築物の規模との間に有意な差はみられなかったが、小規模の方が温度の苦情発生率が低く、空調設備が省エネ等でこまめに控えめ運用されている可能性が考えられた。また、乾きすぎやほこりとの関係が冬期夏期及びいずれの規模にも全体にみられた。特定建築物における温度と相対湿度の建築物環境衛生管理基準に対する不適率は、過去15年間で上昇しており、高い水準となっているが、中規模においても同様の傾向である可能性が考えられた。

(9) 室内環境測定項目とビル関連症状との関係について、冬期では小規模と中規模において温度の高さや相対湿度の低さとビル関連症状との関係がみられたが、特定建築物ではそのような傾向は見られなかったことから、小規模と中規模では冬期における温熱環境の維持管理に課題があると考えられた。夏期においては、小規模と中規模では温熱環境に関してビル関連症状と間に有意な関係はみられなかったが、特定建築物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、中規模や特定の一部の物質で見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。

また、冬期の特定建築物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、夏期中規模では真菌濃度や細菌濃度が高いほどビル関連症状の増加が見られた。細菌では

平均濃度で日本建築学会の維持管理規準を下回っており、真菌では平均濃度で日本建築学会の維持管理規準を超えていた。但し、いずれも細菌や真菌の種類と毒性に応じた規準ではないことから、細菌や真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。

E. 研究発表

「論文」

- 1) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(114), 38, 2017. doi:10.1186/s12199-017-0645-4.
- 2) 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. *Science of the Total Environment* 616–617:1649–1655, 2018.
- 3) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International* 121:51–56, 2018.
- 4) 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. *Science of the Total Environment* 616-617:1649-1655, 2018.
- 5) 金勲、柳宇、鍵直樹、東賢一、林基哉、大澤元毅、空气中エンドトキシン濃度と浮遊細菌濃度に関する基礎的研究、日本建築学会環境系論文集、Vol.83 No.749、2018.7；pp.581-588.
- 6) Azuma K. Guidelines and Regulations for Indoor Environmental Quality, Indoor Environmental Quality and Health Risk toward Healthier Environment for All. Springer, Singapore, pp.303–318, 2019
- 7) Azuma K, Jinno H, Tanaka-Kagawa T, Sakai S. Risk assessment concepts and approaches for indoor air chemicals in Japan. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 225, 113470, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113470>, 2020.
- 8) 鍵直樹、柳宇、真菌の成長による揮発性有機化合物の発生挙動と加湿器からの発生調査、日本建築学会環境系論文集、第84巻765号、pp.1003-1010、2019.11.

9) 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上昇の実態と二酸化炭素濃度に関する要因分析、日本建築学会環境系論文集、第84巻、第765号、pp.1011-1018、2019.11.

10) 柳宇、岡部優志、吾孫子正和、クールチューブにおける微生物汚染の実態とその対策、空気調和・衛生工学会論文集、No.270、pp.9-15、2019.09 Vol. 25、Issue 4、pp. 373-386、2019.4.

11) 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に関する分析、日本建築学会環境系論文集、Vol.84 No.765、2019.11；pp.1011-1018.

12) 林基哉、本間義規、巖爽、菊田弘輝、羽山広文、加用現空、鈴木信恵、開原典子、金勲、阪東美智子、小林健一、大澤元毅. 寒冷地の高齢者施設における室内生活環境の年間特性—フィンランド・エスポー及び北海道・札幌における室内温熱空気環境の実態. 日本建築学会環境系論文集 84(761)、2019.7；pp.699-708.

13) 鍵直樹、並木則和：建築物の空調機及びエアフィルタの超微粒子捕集特性、日本建築学会環境系論文集、Vol. 84、No. 755、2019.1

「著書・総説」

- 1) 金勲. 建築物衛生法制定 50 周年に当たって—特定建築物における二酸化炭素濃度環境の実態、空気清浄、第57巻第5号、日本空気清浄協会、2020.1、pp.38-43.
- 2) 林基哉、金勲 他. 建築物衛生法制定 50 周年に当たって—特定建築物における空気環境不適率の実態、空気清浄、第57巻第5号、日本空気清浄協会、2020.1、pp.14-23.
- 3) 金勲（共著）. 安全工学便覧（第4版）—III. 社会安全 2.5.1 [6] 室内環境汚染 一、安全工学会（編）、2019.07、pp.883-90.
- 4) 柳宇、他共著、最新の抗菌・防臭・空気制御技術、テクノシステム、ISBN：978-4-924728-84-4、2019.07
- 5) 柳宇、他共著、空気環境測定実施者講習会テキスト、公益財団法人日本建築衛生管理教育センター、ISBN：978-4-938849-72-6、2019.4
- 6) 東賢一. 最新の抗菌・防臭・空気質制御技術：第5章第2節その他の規格・基準、第5項 WHO、諸外国の空気質ガイドライン. テクノシステム、東京、2019.
- 7) 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)、pp.203-208、2019

- 8) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), pp.15-20, 2019
- 9) 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), pp.41-45, 2020.
- 「学会発表」
- 1) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017, ID0022, 6 pages, 2017.
- 2) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. Proceedings of the 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate, ID106, 6 pages, in press, 2018.
- 3) 東 賢一、柳 宇、鍵 直樹、大澤元毅. 低濃度二酸化炭素による建築物居住者の健康等への影響に関する近年の知見. 第 90 回日本産業衛生学会、東京、2017 年 5 月 11 日-5 月 13 日.
- 4) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Healthy Buildings Europe 2017, Lublin, Poland, July 2-5, 2017.
- 5) 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温熱環境および二酸化炭素濃度に関する縦断調査. 第 91 回日本産業衛生学会、熊本、2018 年 5 月 16 日-19 日. (in acceptance)
- 6) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. The 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, July 22-27 2018. (in acceptance)
- 7) 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温熱環境および二酸化炭素濃度に関する縦断調査. 第 91 回日本産業衛生学会、熊本、2018 年 5 月 16 日-19 日. (in acceptance)
- 8) Kenichi Azuma, Naoki Kagi, U Yanagi, Hoon Kim, Noriko Kaihara, Motoya Hayashi, Haruki Osawa. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: longitudinal study in air-conditioned office buildings, Indoor Air 2018; 2018.7; Philadelphia, USA. ID106, 6pages (Electronic file).
- 9) 土子あみ、鍵直樹、東賢一、金勲、柳宇. 事務所建築物における 2-エチル-1-ヘキサノールの

- 実態調査. 平成 30 年室内環境学会学術大会; 2018.12.6-7; 東京. 同講演要旨集. YP-08. p.62-63.
- 10) 綿寛子、鍵直樹、柳宇、東賢一、金勲. 室内 PM2.5 濃度と建築物の特徴. 平成 30 年室内環境学会学術大会; 2018.12.6-7; 東京. 同講演要旨集. YP-34. p.114-115.
- 11) 林基哉、樺田尚樹、開原典子、金勲. 特定建築物の空気環境に関する研究 (その 5) 空気環境基準の不適合率に関する詳細分析. 第 77 回日本公衆衛生学会総会; 2018.10.24-26; 郡山. 同抄録集. P-2101-10.
- 12) 金勲、柳宇、鍵直樹、東賢一、長谷川兼一、林基哉、大澤元毅、志摩輝治. 個別式加湿器による室内空気の微生物汚染に関する実験. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 同学術講演論文集. p.1-4.
- 13) 瀬戸啓太、柳宇、鍵直樹、金勲、中野淳太、東賢一、林基哉、大澤元毅. 中小規模オフィスビルにおける室内空気環境に関する研究 第 1 報-2017 年度調査結果. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 同学術講演論文集. p.49-52.
- 14) 鍵直樹、東賢一、金勲、柳宇、長谷川兼一、林基哉、開原典子、大澤元毅. 様々な湿度条件における 2-エチル-1-ヘキサノールの建材発生特性の実験的検討. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 同学術講演論文集. p.109-112.
- 15) 瀬戸啓太、柳宇、永野秀明、鍵直樹、大澤元毅、金勲、東賢一、加藤信介. オフィスビルにおけるマイクロバイオームの実態の解明に関する研究 第 5 報 超音波加湿器内の細菌叢. 日本建築学会大会; 2018.9. 4-6; 仙台. 同学術講演梗概集. p.887-888.
- 16) 鍵直樹、東賢一、金勲、柳宇、長谷川兼一、大澤元毅. 室内における 2-エチル-1-ヘキサノール濃度の傾向. 日本建築学会大会; 2018.9. 4-6; 仙台. 同学術講演梗概集. p.951-952.
- 17) 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温熱環境および二酸化炭素濃度に関する縦断調査. 第 91 回日本産業衛生学会; 2018.5.16-19; 熊本. 同講演要旨集、O18-03.
- 18) 鍵直樹、柳宇、東賢一、金勲、林基哉、開原典子、大澤元毅、小松礼奈. 建築物における室内 PM2.5 と空調機の関係. 第 52 回空気調和・冷凍連合講演会; 2018.4.18-20; 東京. 同講演論文集. no.33(4page).

F. 健康危険情報

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

平成29年度～令和元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）
分担総合研究報告書

1. 中規模建築物に関する全国統計データ

分担研究者 長谷川 兼一 秋田県立大学システム科学技術学部 教授
研究代表者 小林 健一 国立保健医療科学院 上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生法が適用されない延床面積3,000m²未満の中規模建築物における衛生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は明らかになっていない。また、法律が規定する基準面積を引き下げ、環境衛生管理の適用範囲を拡大することがたびたび議論されてきたが、状況を裏付ける情報が十分に整備されている訳ではない。

そこで、本研究では国土交通省が実施している「法人土地・建物基本調査」による統計データを入手し、中小建築物ストックの現状を把握した。また、中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査データを用いて分析した。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 事務所の場合、特定建築物の割合は11.7%(12,352件)であること、床面積2,000~3,000m²未満の建物は5.7%(6,054件)であり、特定建築物の約半数という割合になることがわかった。
- 2) 事務所の建物総数は、東京都が最も多く、大阪府、愛知県、北海道が次に続く。特定建築物は、東京都では他の地域とは異なり全体の25%を占めているが、地方の県では特定建築物の割合は低く10%未満である。また、床面積が2,000~3,000m²未満の建物は全体の5%程度であり、東京都であっても9.0%と割合は低い。
- 3) いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面積が、「2,000m²未満」「2,000~3,000m²未満」「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きいくほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなる。
- 4) ロジスティック回帰分析による解析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて中小規模建築物の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。
- 5) 中小規模建築物と比べて特定建築物では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

研究協力者

谷川 力（公社）日本ペストコントロール協会
渡邊康子（公社）全国ビルメンテナンス協会
奥村龍一 東京都健康安全研究センター
齋藤敬子（公財）日本建築衛生管理教育センター
杉山順一（公財）日本建築衛生管理教育センター

1-1 国土交通省による法人土地・建物基本調査データ

A. 研究目的

建築物衛生法が適用される特定建築物（店舗、事務所等の特定用途で延床面積3,000m²以上の建築物、同8000m²以上の学校）には、建築物環境衛生管理基準の遵守、その管理実態の報告、建築物環境衛生管理技術者の選任等が義務づけられている。同法が適用されない中小規模の建

建築物（以下、中小建築物）においても衛生管理に努めるように記されているが、現在は監視や報告の義務がないことから衛生管理状況の実態が不明瞭となっている。また近年、省エネに対する建築物所有者や使用者の意識向上が要求される状況下において、中小建築物は運営や管理形態の多様さなどから十分な技術的支援を得られず、適切な対応がとられていない可能性が懸念される。

予てから、法律に規定されている基準面積を引き下げることが議論されているが、状況を裏付ける情報が十分に整備されている訳ではない。そこで、特定建築物の範囲拡大を含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な基礎的データを得るために、国土交通省が実施している「法人土地・建物基本調査」による統計データを入手し、中小建築物ストックの現状を把握する。

B. 研究方法

B.1 統計データの概要

ここで扱う統計データは、平成 25 年に実施された「法人土地・建物基本調査」を経て整備され、政府が公開しているデータである。この調査は、「法人土地基本調査」「法人建物調査」「企業の土地取得状況等に関する調査」の 3 種類の統計調査が平成 25 年調査から統合され、国土交通省が実施している。このうち、建物に関する情報の取得は平成 10 年より 5 年毎に実施されている。ここでいう法人とは、法律の規定により法人格を認められているもののうち、事業を営んでいるものであり、国及び地方公共団体は除かれる。「法人土地・建物基本調査」の目的は、土地・建物の所有や利用状況に関する全国の実態を明らかにすることであるため、本研究で意図している中小建築物のストックの把握する上で、有意義な情報が得られると判断した。しかしながら、公開されている統計データでは建物の床面積の情報が限定されており、特定建築物か否かを判断する 3,000m²を閾値とする区分がされていない。そこで、国土交通省へ調査票情報の提供を申し出、該当する統計データのオリジナルを入手した。

B.2 調査の方法・項目

調査は平成 25 年 1 月 1 日付けて実施された。

対象は、国及び地方公共団体以外の法人であり、国内に本所、本社または本店を有するものである。そのうち、資本金 1 億円以上の全ての会社と、資本金 1 億円未満の会社及び会社以外の法人のうち国土交通大臣が定める方法により選定した法人の約 49 万法人とされた。これらの法人に調査票が送付され、約 35 万 4 千法人から有効な回答(有効回答率約 72.2%)が得られている。

「法人土地・建物基本調査」は、母集団の現況を把握することを目的としているため、取得した情報から母集団の結果を推定することができるよう、資本金 1 億円以上の法人に対しては全数調査、資本金 1 億円以下の法人に対しては、層別抽出法による標本調査になる。なお、標本抽出方法の詳細については、国土交通省が公表している「調査の概要等」の資料（http://www.mlit.go.jp/report/press/totikensangyo02_hh_000083.html）を参照されたい。

調査に使用された調査票は 2 種類あり、調査票 A は全法人、調査票 B は資本金 1 億円以上の法人に対する調査に使用された。本研究では、調査票 A のうち、建物の床面積等に関する情報が得られる項目を用い、主として以下のデータの利用を国土交通省に申し出た。

- 1) 法人の名称
- 2) 法人の本所・本社・本店の所在地(都道府県)
- 3) 法人の業種
- 4) 所有する建物の有無
- 5) 法人が所有している建物(延べ床面積 200m²未満)の頭数・合計床面積
- 6) 法人が所有している建物(延べ床面積 200m²以上)の所在地(都道府県)、延べ床面積、構造、建築時期、建物の利用現況。

法人が延べ床面積を記入する際には、以下を優先順位とされている。

- ① 現況の面積
- ② 不動産登記簿上の面積
- ③ もしくは固定資産台帳の面積、建築確認申請書などで用いる面積。

図 1-1-1 に平成 25 年法人土地・建物基本調査により集計された結果のうち、主な利用現況別建物件数の割合を示す。図を見ると、法人が所有している建物の件数は標本推定の結果 93.1

万件、そのうち「事務所」が 23.6%で最も割合が高く、次いで「店舗」が 19.2%となっている。

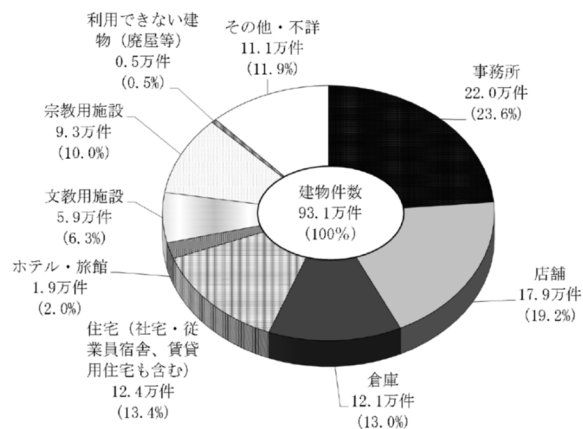


図 1-1-1 主な利用現況別建物件数の割合
(国土交通省 政策統括官：「平成 25 年法人土地・建物基本調査 確定集計・結果の概要」，平成 27 年 12 月 25 日)

C. 研究結果および考察

C.1 用途別の建物件数

図 1-1-2 に、全国における用途別の建物件数を示す。統計データにより得られた建物件数の合計は約 42.2 万件であるが、図 1-1-1 の総数(93.1 万件)と比較すると 45%程度の標本が得られていることになる。用途別割合では、図 1-1-1 の結果と類似しており、標本抽出の妥当性の一端が確認できる。なお、本研究の範囲では母集団推定は行わず、標本データを集計することとする。

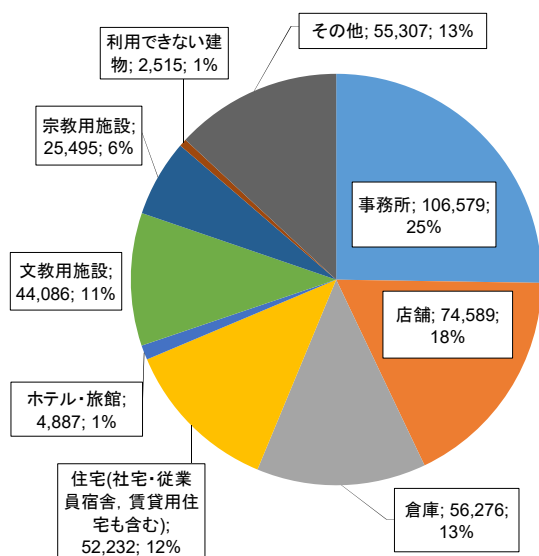


図 1-1-2 用途別の建物件数

C.2 用途建物の床面積区分の件数

図 1-1-3 に用途別の床面積区分ごとの建物件数、図 1-1-4 に用途別の床面積区分の建物割合を示す。いずれの建物においても床面積 2,000m²未満の割合が高く、全体の 50~90%を占めている。また、建物件数では、事務所、店舗が多く、次いで倉庫、文教用施設となる。「法人土地・建物基本調査」により得られた統計データのうち、特定建築物が含まれる建物用途は、事務所、店舗、ホテル・旅館、文教用施設である。

事務所の場合、床面積 3,000m²以上の特定建築物に該当する割合は 11.7%(12,352 件)、2,000~3,000m²未満は 5.7%(6,054 件)である。2,000~3,000m²未満の事務所は特定建築物の約半数ということになる。ちなみに、全国の特定建築物は 45,000 件程度といわれており、そのうち、事務所は 42%(約 18,900 件)、店舗は 21%(9,450 件)である。これと比較すると、「法人土地・建物基本調査」により得られた統計データは、実際の特定建築物の約 65%を抽出していることになる。床面積区分の割合が実態を捉えていると仮定すると、床面積 2,000~3,000 m²未満の事務所は約 9,000 件程度存在することになる。

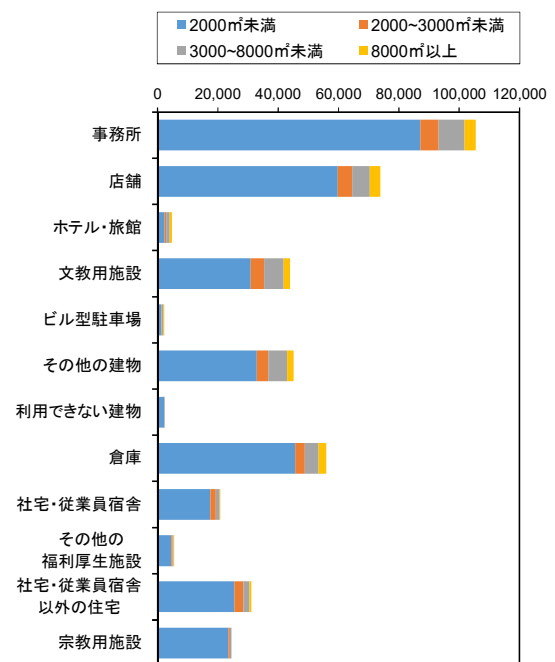


図 1-1-3 建物用途別の床面積区分毎の件数

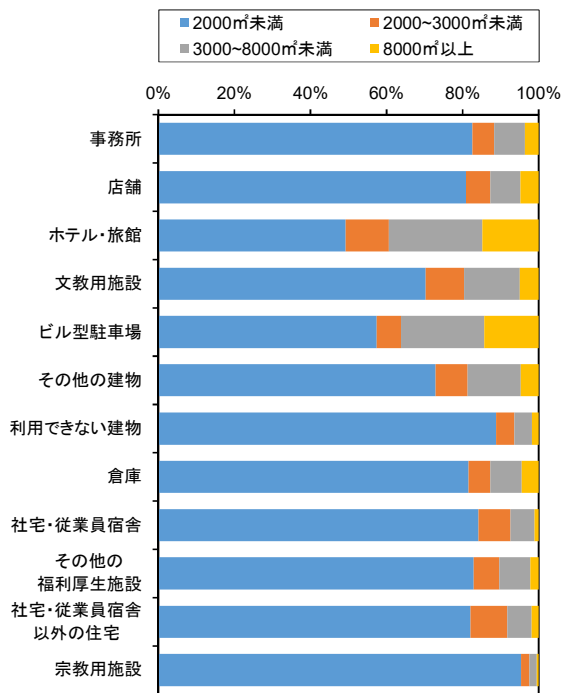


図 1-1-4 建物用途別の床面積区分毎の割合

店舗の場合、特定建築物に該当する割合は 12.5%(9,352 件)、2,000~3,000m² 未満は 6.4%(4,782 件)である。店舗については、一般に認識されている特定建築物の件数と類似しており、ほぼ全てを抽出していることになる。事務所と同様に、2,000~3,000m² 未満の店舗を推定すると、4,800 件程度が該当する。

図 1-1-5 に、特定建築物に該当する建物の用途別の割合を示す。建物件数は 25,730 件であり、事務所が占める割合は 48%、店舗は 36%となっている。「法人土地・建物基本調査」では、法人格が有する建物を対象としているため、文教施設に含まれる国公立の学校建築が対象からはずれている。そのため、全体のバランスには偏りが見られることになる。

図 1-1-6 に示す通り、国土交通省が公開している統計データでは、事務所、店舗、ホテル・旅館、文教用施設の建物用途について、2,000~5,000m² の面積区分が一括りにされているために、特定建築物に該当するか否かの判断ができない。そこで、今回得たデータが床面積区分の割合を適切に捉えていると仮定し、図 1-1-6 の面積区分を 2,000m² と 3,000m² の閾値で割り付け、図 1-1-7 のように整理し直した。その結果、床面積 2,000~3,000 m² 未満の事務所は約

9,000 件程度存在することがわかる。また、図 1-1-6 に示される建物用途での特定建築物の面積に該当する件数は 40,716 件、そのうち事務所で 18,160 件であり、一般に認識されている件数と同等であることがわかる。一方、店舗の場合、特定建築物に該当する割合は 12.5%(9,352 件)、2,000~3,000m² 未満は 6.4%(4,782 件)である。店舗については、一般に認識されている特定建築物の件数と類似しており、ほぼ全てを抽出していることになる。事務所と同様に、図 1-1-6 の公表データに基づいて 2,000~3,000 m² 未満の店舗件数を推定すると、7,961 件が該当する。なお、「法人土地・建物基本調査」では、法人格が有する建物を対象としているため、特に、文教施設に含まれる国公立の学校建築が対象からはずれているため、この結果のみでは実態を把握することが困難であり、他の統計データを用いて補完する必要がある。

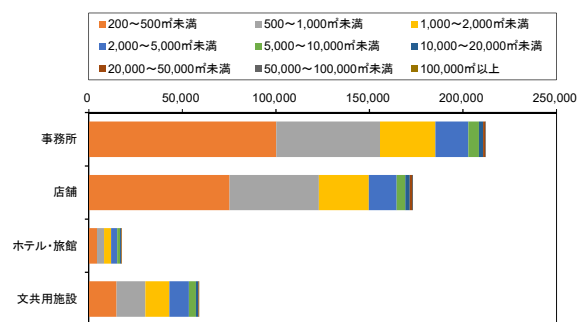


図 1-1-5 特定建築物に該当する用途における建物件数の集計結果(公表データ)

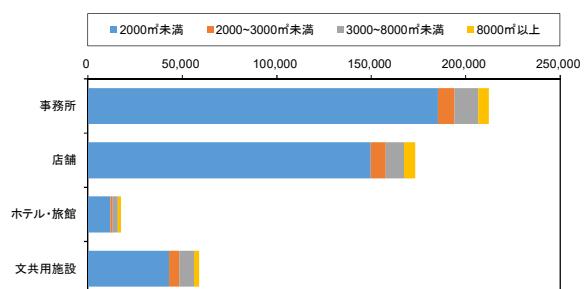


図 1-1-6 特定建築物に該当する用途における面積区分の推定結果

C.3 事務所における都道府県別の床面積区分の件数

図 1-1-7 に、事務所における都道府県別の床

面積区分の件数を示す。建物総数は、東京都を筆頭に、大阪府、愛知県、北海道と多い。同時に、特定建築物に該当する建物もこれらの地域では多いが、東京都では他の地域とは異なり全体の25%を占めている。一方、地方の県では特定建築物の割合は低く10%未満であり、人口が多い都市域ほど、特定建築物の割合が高いことになる。また、床面積が2,000~3,000㎡未満の建物は全体の5%程度であり、東京都であっても9.0%と割合は低い。

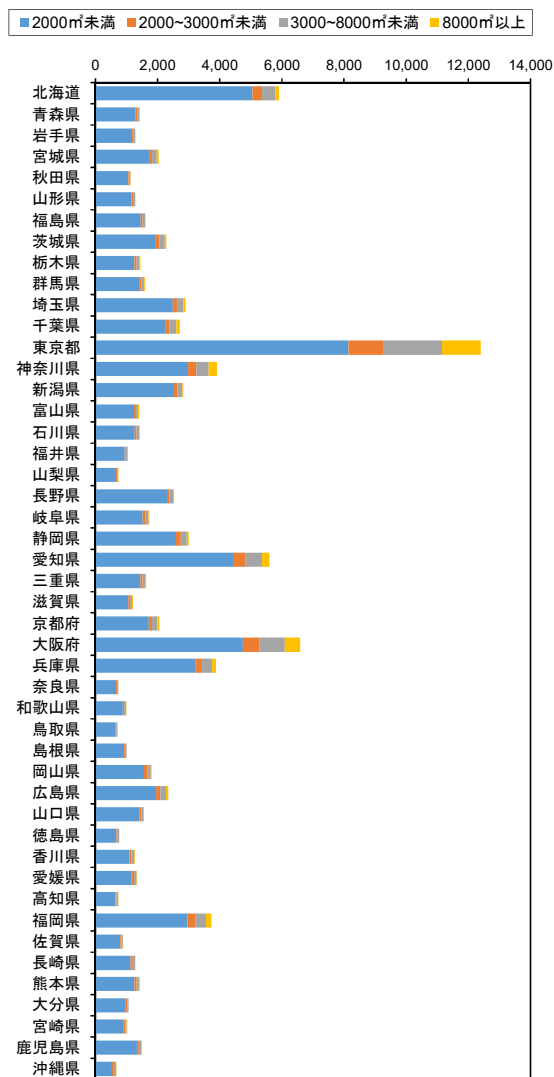


図 1-1-7 都道府県別の床面積区分毎の件数
(事務所)

C.4 特定建築物の建設時期

図 1-1-8 から図 1-1-11 に、事務所、店舗、ホテル・旅館、文教用施設の床面積区分毎の建設時期の割合を示す。文教用施設を除けば、床面

積が大きくなるほど、建設時期は新しくなる傾向が窺える。また、昭和56年以降に建設された建物が全体の半数以上を占めている。特に、店舗の建設時期は平成3年以降が半数以上を占め、比較的、新しい建物が多いことが分かる。

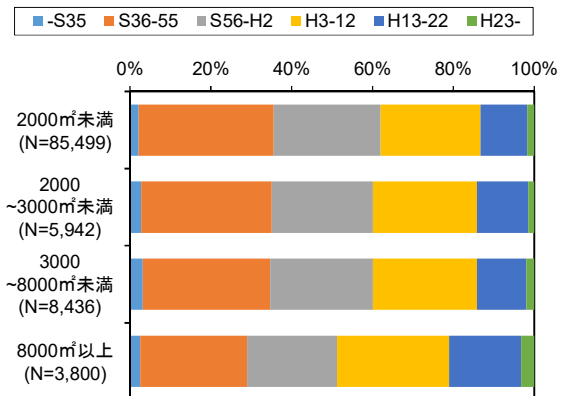


図 1-1-8 床面積区分における建設時期の割合
(事務所)

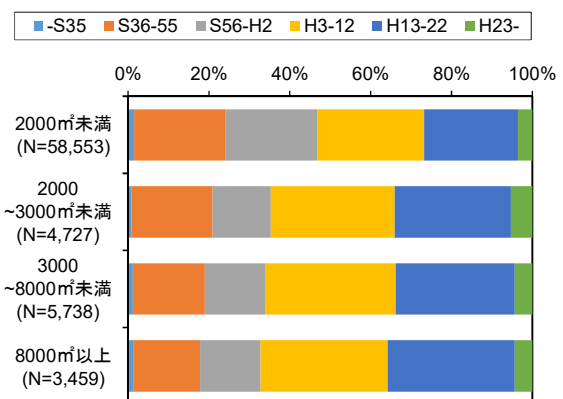


図 1-1-9 床面積区分における建設時期の割合
(店舗)

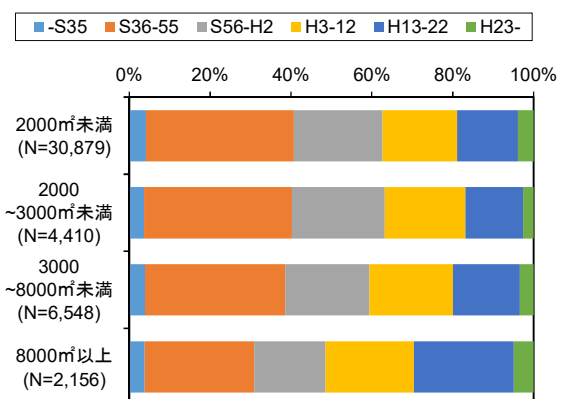


図 1-1-10 床面積区分における建設時期の割合
(ホテル・旅館)

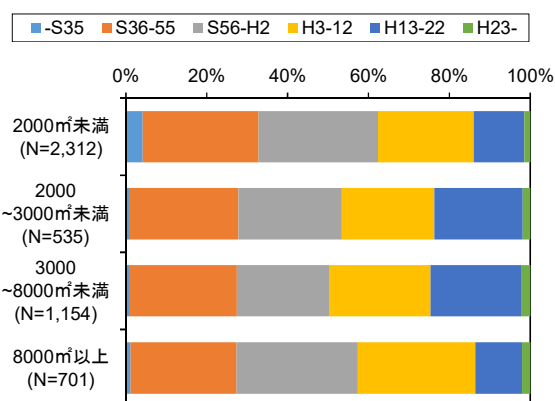


図 1-1-11 床面積区分における建設時期の割合(文教用施設)

D. まとめ

本研究では、特定建築物の範囲拡大を含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な基礎的データを得るために、国土交通省が平成 25 年度に実施した「法人土地・建物基本調査」による統計データを入手し、それを集計することにより、中小建築物ストックの現状を把握した。

「法人土地・建物基本調査」は全国の法人を対象とした全数調査ではないが、母集団推定が意図されているとともに、有効回答率が 72.2% (約 49 万法人に対して約 35 万 4 千法人から有効な回答を取得) と信頼性が高い統計データと考えられる。

本研究では、母集団推定は実施せずに、統計データそのものを集計して傾向を示した。その結果、以下のことがわかった。

①母集団推定により得られた建物件数の総数は 93.1 万件に対して、統計データにより得られた建物件数の合計は約 42.2 万件である。「法人土地・建物基本調査」では約 45%の標本が得られたことになる。

②いずれの用途別の建物においても床面積 2,000㎡未満の割合が高く、全体の 50~90%を占めている。建物件数では、事務所、店舗が多い。

③事務所の場合、特定建築物の割合は 11.7%(12,352 件)であること、床面積 2,000~3,000㎡未満の建物は 5.7%(6,054 件)であり、特定建築物の約半数という割合になることがわかった

④特定建築物に該当する建物の用途別の割合で

は、事務所が 48%、店舗は 36%となった。ただし、「法人土地・建物基本調査」では、法人格が有する建物を対象としているため、特に、文教施設に含まれる国公立の学校建築が対象からはずれているため、全体のバランスには偏りが存在する。

⑤事務所の建物総数は、東京都が最も多く、大阪府、愛知県、北海道が次に続く。特定建築物は、東京都では他の地域とは異なり全体の 25%を占めているが、地方の県では特定建築物の割合は低く 10%未満である。また、床面積が 2,000~3,000㎡未満の建物は全体の 5%程度であり、東京都であっても 9.0%と割合は低い。

E. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

1-2 ペストコントロール協会による調査結果

A. 研究目的

建築物衛生法にて「特定建築物」に定められた建物については、ねずみ・昆虫等の生息状況に関して、6か月以内ごとの調査(施行規則第4条5の2の1)、発生しやすい箇所については2カ月以内ごとの調査(技術上の基準、告示119号)が義務付けられている。さらに、建築物環境衛生維持管理要領(健発第0125001局長通知)・同マニュアル(健発0125002課長通知)により、IPM(Integrated Pest Management、総合的有害生物管理)によるねずみ・昆虫等防除の促進が図られている。また、特定建築物以外の不特定多数の者が利用する建物であっても、建築物環境衛生管理基準に従って維持管理する努力義務が課せられている。しかしながら、現状では、特定建築物に該当しない中小規模建築(基本的には、特定建築物に該当する建物用途を有し、3,000m²未満の建築物)においては、どの程度、ねずみ・昆虫等に対する配慮がなされているのか、その実態は不明である。

そこで、中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査が実施された。本調査は、(公社)日本ペストコントロール協会が主体となり2014年度に実施されたものであるため、「建築物におけるねずみ・昆虫の生息状況におけるアンケート調査報告書」(害虫防除中央協議会、2015年)として、調査報告が既になされている。今回、本研究を推進するに当たって、さらなる分析の余地があるとともに、価値の高い知見が得られる可能性が高いとの判断から、同協会よりデータ利用の同意を得て、データの提供を受けた。特に、建物規模による衛生環境の実態をより明確に示すために、ロジスティック回帰分析によりデータを分析した。

B. 研究方法

B.1 調査の概要

アンケート調査は2014年2月21日～3月21日に実施された。対象は、(公社)日本ペストコントロール協会の所属会員883社であり、書

面にてアンケート調査用紙を郵送し、記入後に返送するように依頼した。

回答数は295社から得られ、回収率は33.4%であった。所属会員が回答し得られた調査用紙は3,382件である。これらを有効回答として、以後のデータ分析に用いる。

B.2 調査の項目

アンケートの質問項目は、建物の「所在地」、「築年数」、「延べ面積」、「建築用途」、「契約内容」、「受注理由」、「ゴキブリの生息状況」、「ネズミの生息状況」、「蚊の生息状況」、「ハエ・コバエの生息状況」、「その他生物の生息状況」、「管理状況」、「IPM(総合的有害生物管理)に準じた防除」、「管理者の協力度」の14項目である。

なお、「契約内容」と「受注理由」は外部の業者に対する清掃等の業務委託の状況、「管理状況」は建物の清掃等についての管理状況を示す。

各項目の内訳は、「所在地」は各都道府県、「築年数」は「3年以内」「4～20年」「21年以上」の3水準、「床面積」は「2,000m²未満」

「2,000～3,000m²未満」「3,000m²以上」の3水準、「建築用途」は「飲食店」「食品販売店」「物販店」「病院」「ホテル・旅館」「サウナ」「興行場」「事務所」「その他」の9水準、「契約内容」は「全体で年間契約」「部分で年間契約」「スポット契約」の3水準、「受注理由」は「ねずみ・昆虫が多いため」「建築物衛生法に基づいているため」「予防のため」の3水準とした。また、ゴキブリ、ねずみ、蚊、ハエ・コバエの各生物二対する「生息状況」を、「許容水準」「警戒水準」

「措置水準」の3水準とした。「許容水準」は、環境衛生上、良好な状態、「警戒水準」は放置すると今後、問題になる可能性がある状態、「措置水準」は、ねずみ等の発生や目撃することが多く、直ぐに防除作業が必要な状況、をいう。「管理状況」は「良い」「普通」「悪い」「わからない」の4水準、「IPMに準じた防除」は「行っている」「行っていない」の2水準、「管理者の協力度」は「多いに協力してくれる」「あまり協力してくれない」の2水準とした。

C. 研究結果および考察

C.1 建物用途別の建物特性

表1-2-1に、建物用途別の建物特性に関する

集計結果を示す。建物用途は9種類に分類されている。なお、建物によっては複数の用途を有するが、その場合は、単純に別の建物として扱い集計している。従って、各建物用途のN数を合計すると、全体の回収数(3,382件)を上回ることになる。建物用途としては、飲食店(N=1,130)が最も多く、次いで事務所(N=840)である。サウナや興行場のN数は相対的に少ない。

「地域」では、いずれの用途においても「関東地方」の割合が最も高く、30%前後を占めている。「中部地方」「近畿地方」の割合も高く20%前後である。「築年数」は、「3年以内」の新しい建物の割合が数%であるのに対して、「4～20年」「21年以上」である建物が、同程度を占め

ている。ホテル・旅館では「21年以上」の割合が高いこと(59.0%)、病院では「4～20年」の割合が高いこと(53.6%)が特徴である。

「床面積」では、いずれの用途においても「3,000m²以上」の割合が高く40～70%程度を占め、「2,000～3,000m²未満」の割合は20～30%程度となっている。飲食店と食品販売店については、特定建築物と同程度に「2,000m²未満」の割合が高いことが特徴である。

「契約内容」では、「全体で年間契約」が80%程度を占めており、9割以上が年間契約としている。「スポット契約」は5%前後である。「受注理由」として、大半の建物用途において「建築

表 1-2-1 建物用途別の建物特性に関する集計結果

		飲食店 (N=1,130)	食品販売店 (N=638)	物販店 (N=417)	病院 (N=388)	ホテル・旅館 (N=354)	サウナ (N=24)	興行場 (N=147)	事務所 (N=840)	その他 (N=959)
地域	北海道地方	49 (4.3)	28 (4.4)	20 (4.8)	13 (3.4)	16 (4.5)	0 (0.0)	9 (6.1)	30 (3.6)	47 (4.9)
	東北地方	64 (5.7)	58 (9.1)	30 (7.2)	32 (8.2)	52 (14.7)	1 (4.2)	8 (5.4)	41 (4.9)	86 (9.0)
	関東地方	333 (29.5)	155 (24.3)	117 (28.1)	117 (30.2)	60 (16.9)	6 (25.0)	49 (33.3)	295 (35.1)	316 (33.0)
	中部地方	204 (18.1)	127 (19.9)	72 (17.3)	51 (13.1)	79 (22.3)	8 (33.3)	29 (19.7)	145 (17.3)	194 (20.2)
	近畿地方	271 (24.0)	145 (22.7)	107 (25.7)	82 (21.1)	65 (18.4)	6 (25.0)	31 (21.1)	184 (21.9)	138 (14.4)
	中国地方	74 (6.5)	41 (6.4)	19 (4.6)	26 (6.7)	13 (3.7)	0 (0.0)	8 (5.4)	55 (6.5)	49 (5.1)
	四国地方	39 (3.5)	15 (2.4)	11 (2.6)	26 (6.7)	16 (4.5)	0 (0.0)	1 (0.7)	14 (1.7)	23 (2.4)
築年数	九州・沖縄地方	96 (8.5)	69 (10.8)	41 (9.8)	41 (10.6)	53 (15.0)	3 (12.5)	12 (8.2)	76 (9)	106 (11.1)
	3年以内	69 (6.1)	30 (4.7)	26 (6.2)	29 (7.5)	5 (1.4)	0 (0.0)	6 (4.1)	44 (5.7)	60 (6.3)
	4~20年	573 (50.7)	338 (53.0)	176 (42.2)	208 (53.6)	135 (38.1)	12 (50.0)	71 (48.3)	400 (51)	481 (50.2)
	21年以上	477 (42.3)	263 (41.2)	213 (51.1)	146 (37.6)	209 (59.0)	12 (50.0)	68 (46.3)	388 (41.8)	402 (41.9)
床面積	2,000m ² 未満	496 (43.9)	194 (30.4)	58 (13.9)	63 (16.2)	32 (9.0)	2 (8.3)	13 (8.8)	89 (10.6)	320 (33.4)
	2,000~3,000m ² 未満	161 (14.2)	145 (22.7)	66 (15.8)	105 (27.1)	81 (22.9)	7 (29.2)	34 (23.1)	159 (18.9)	269 (28.1)
	3,000m ² 以上	461 (40.8)	291 (45.6)	286 (68.6)	215 (55.4)	234 (66.1)	15 (62.5)	97 (66)	582 (69.3)	351 (36.6)
契約内容	全体で年間契約	920 (81.4)	556 (87.1)	363 (87.1)	279 (71.9)	296 (83.6)	20 (83.3)	118 (80.3)	721 (85.8)	753 (78.5)
	部分で年間契約	161 (14.2)	69 (10.8)	43 (10.3)	89 (22.9)	52 (14.7)	4 (16.7)	19 (12.9)	91 (10.8)	142 (14.8)
	スポット契約	48 (4.2)	13 (2.0)	10 (2.4)	20 (5.2)	4 (1.1)	0 (0.0)	10 (6.8)	25 (3)	60 (6.3)
受注理由	ねずみ・昆虫が多い	552 (48.8)	264 (41.4)	138 (33.1)	84 (21.6)	127 (35.9)	12 (50.0)	33 (22.4)	154 (18.3)	335 (34.9)
	建築物衛生法を遵守	420 (37.2)	272 (42.6)	233 (55.9)	187 (48.2)	179 (50.6)	11 (45.8)	90 (61.2)	578 (68.8)	333 (34.7)
	予防	156 (13.8)	99 (15.5)	45 (10.8)	115 (29.6)	46 (13.0)	1 (4.2)	24 (16.3)	103 (12.3)	286 (29.8)
ゴキブリの 生息状況	許容水準	779 (68.9)	412 (64.6)	256 (61.4)	311 (80.2)	273 (77.1)	21 (87.5)	105 (71.4)	661 (78.7)	703 (73.3)
	警戒水準	206 (18.2)	115 (18.0)	92 (22.1)	46 (11.9)	63 (17.8)	2 (8.3)	29 (19.7)	102 (12.1)	109 (11.4)
	措置水準	98 (8.7)	68 (10.7)	53 (12.7)	20 (5.2)	8 (2.3)	1 (4.2)	11 (7.5)	47 (5.6)	32 (3.3)
ねずみの 生息状況	許容水準	782 (69.2)	453 (71.0)	295 (70.7)	308 (79.4)	290 (81.9)	22 (91.7)	121 (82.3)	679 (80)	684 (71.3)
	警戒水準	144 (12.7)	114 (17.9)	67 (16.1)	25 (6.4)	39 (11.0)	1 (4.2)	14 (9.5)	84 (10)	145 (15.1)
	措置水準	100 (8.8)	58 (9.1)	44 (10.6)	15 (3.9)	8 (2.3)	0 (0.0)	7 (4.8)	44 (5.2)	70 (7.3)
蚊の 生息状況	許容水準	783 (69.3)	440 (69.0)	330 (79.1)	278 (71.6)	264 (74.6)	15 (62.5)	118 (80.3)	693 (82.5)	643 (67.0)
	警戒水準	55 (4.9)	48 (7.5)	25 (6.0)	23 (5.9)	18 (5.1)	5 (20.8)	7 (4.8)	35 (4.2)	58 (6.0)
	措置水準	18 (1.6)	12 (1.9)	11 (2.6)	8 (2.1)	2 (0.6)	0 (0.0)	2 (1.4)	14 (1.7)	24 (2.5)
ハエ・コバエの 生息状況	許容水準	669 (59.2)	375 (58.8)	280 (67.1)	237 (61.1)	220 (62.1)	14 (58.3)	92 (62.6)	600 (71.4)	552 (57.6)
	警戒水準	169 (15.0)	90 (14.1)	70 (16.8)	55 (14.2)	54 (15.3)	4 (16.7)	25 (17)	118 (14)	140 (14.6)
	措置水準	41 (3.6)	34 (5.3)	21 (5.0)	23 (5.9)	12 (3.4)	2 (8.3)	9 (6.1)	34 (4)	46 (4.8)
清掃などの 管理状況	良い	261 (23.1)	133 (20.8)	85 (20.4)	175 (45.1)	116 (32.8)	5 (20.8)	61 (41.5)	358 (42.6)	358 (37.3)
	普通	576 (51.0)	348 (54.5)	236 (56.6)	189 (48.7)	191 (54.0)	15 (62.5)	63 (42.9)	379 (45.1)	436 (45.5)
	悪い	268 (23.7)	145 (22.7)	85 (20.4)	22 (5.7)	45 (12.7)	4 (16.7)	20 (13.6)	86 (10.2)	141 (14.7)
	わからない	17 (1.5)	6 (0.9)	10 (2.4)	2 (0.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.7)	9 (1.1)	11 (1.1)
IPMIに準じた 防除 オーナーや 管理者の協力度	実施している	801 (70.9)	483 (75.7)	324 (77.7)	286 (73.7)	253 (71.5)	20 (83.3)	104 (70.7)	664 (79)	698 (72.8)
	実施していない	325 (28.8)	150 (23.5)	93 (22.3)	99 (25.5)	100 (28.2)	4 (16.7)	43 (29.3)	174 (20.7)	249 (26.0)
	大いに協力	744 (65.8)	401 (62.9)	275 (65.9)	295 (76.0)	260 (73.4)	19 (79.2)	113 (76.9)	616 (73.7)	726 (75.7)
	協力が得にくい	384 (34.0)	236 (37.0)	141 (33.8)	89 (22.9)	91 (25.7)	5 (20.8)	29 (19.7)	219 (26.1)	225 (23.5)

物衛生法を遵守」とする割合が最も高いが、飲食店では、「ねずみ・昆虫が多い」を理由に挙げる割合が最も高くなっている。また、「予防」との意識は相対的に低く 10%台に留まっているが、病院では 29.6%が理由に挙げている。

「ゴキブリの生息状況」では、「許容水準」である割合が最も高いが、病院やサウナでは 80%以上、それ以外の用途では、70%前後となっている。「警戒水準」は 20%前後、「措置水準」は 10%前後が該当しているが、物販店が 12.7%と最も割合が高い。「ねずみの生息状況」においても、ゴキブリの場合と傾向は類似している。「蚊の生息状況」においては、未回答の場合が多くなっているが、全体のバランスはゴキブリやねずみの場合と差異はないといえる。「ハエ・コバエの生息状況」では、いずれの用途においても「警戒水準」の割合が若干高い。

「清掃などの管理状況」では、飲食店、食品販売店、物販店では「普通」の割合が高く 50%以上を占め、「悪い」が 20%程度となっている。一方で、病院や事務所では「悪い」の割合が相対的に低く、それぞれ 5.7%, 10.25%である。

「IPM に準じた防除」の実施の有無では、「実施している」割合が 70%以上である。「オーナーや管理者の協力度」においても 70%以上が「大いに協力」と回答している。

C.2 建物規模別の建物特性

表 1-2-2 に、建物用途別に、「床面積」と「建築年」「契約内容」「管理状況」「IPM 防除」とのクロス集計を示す。なお、サウナと興行場については、N 数が少ないため表には含めていない。クロス集計に当たっては、「床面積」との関連について χ^2 検定を実施し、有意な要因についても合わせて記している。ここで扱う「床面積」は、

建物規模を表しており、「3,000m²以上」が特定建築物に該当し、「2,000m²未満」が小規模建物、「2,000~3,000m²未満」が中規模建物に該当するため、以後、それぞれを小規模建物、中規模建物、特定建築物と呼ぶ。

飲食店について、「床面積」と「築年数」「契約内容」「IPM 防除」には有意な関連性が見られる。特定建築物ほど「築年数」が大きく、小中規模建築物は「4~20 年」の建物の割合が高い。

「契約内容」では、「床面積」が大きくなるほど、年間契約の割合が高く、「IPM 防除」の実施の割合も高くなる。

食品販売店では、「床面積」と「築年数」「契約内容」において有意な関連性がある。特定建築物ほど、「築年数」が大きく、「契約内容」が

年間する割合が高い。この傾向は物販店においても同様である。

病院では、「床面積」と「築年数」「管理状況」とに有意な関連性が見られる。「築年数」では、いずれの規模においても「4~20 年」の割合が高いことが特徴である。また、「管理状況」が「良い」割合は、小規模建築物と特定建築物で 90%を越えている。ホテル・旅館では、「床面積」と「築年数」「契約内容」「IPM 防除」、事務所では、「床面積」と「築年数」「契約内容」に有意な関連性が見られる。

いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認でき、規模が大きくなるほど「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きくなるほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなることが確認できる。

表 2-2 建物規模の建物特性に関するクロス結果

飲食店(N=1,130)	築年数***			契約内容***			管理状況			IPM防除*	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	40(8.1)	289(58.9)	162(33.0)	379(76.6)	83(16.8)	33(6.7)	282(92.2)	16(5.2)	8(2.6)	337(68.2)	157(31.8)
2,000~3,000m ² 未満	5(3.1)	101(63.1)	54(33.8)	127(78.9)	28(17.4)	6(3.7)	106(93.0)	8(7.0)	0(0.0)	107(66.5)	54(33.5)
3,000m ² 以上	24(5.2)	174(38.0)	260(56.8)	406(88.1)	48(10.4)	7(1.5)	388(90.4)	31(7.2)	10(2.3)	348(75.8)	111(24.2)
食品販売点(N=638)	築年数***			契約内容*			管理状況			IPM防除	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	9(4.7)	115(60.5)	66(34.7)	162(83.5)	24(12.4)	8(4.1)	105(88.2)	12(10.1)	2(1.7)	149(72.9)	52(27.1)
2,000~3,000m ² 未満	3(2.1)	99(68.8)	42(29.2)	122(84.1)	20(13.8)	2(2.1)	98(87.5)	11(9.8)	3(2.7)	110(76.4)	34(23.6)
3,000m ² 以上	18(6.2)	333(53.4)	153(52.8)	265(91.1)	24(8.2)	2(0.7)	231(87.8)	25(9.5)	7(2.7)	226(78.2)	63(21.8)
物販店(N=417)	築年数***			契約内容***			管理状況			IPM防除	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	9(15.8)	21(36.8)	27(47.4)	43(74.1)	11(19.0)	4(6.9)	39(90.7)	2(4.7)	2(4.7)	40(69.0)	18(31.0)
2,000~3,000m ² 未満	2(3.0)	41(62.1)	23(34.8)	51(77.3)	12(18.2)	3(4.5)	49(89.1)	4(7.3)	2(3.6)	49(74.2)	17(25.8)
3,000m ² 以上	15(5.2)	109(38.1)	162(56.6)	264(92.3)	20(7.0)	2(0.7)	238(90.2)	19(7.2)	7(2.7)	229(80.1)	57(19.9)
病院(N=388)	築年数*			契約内容			管理状況*			IPM防除	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	7(11.1)	42(66.7)	14(22.2)	37(58.7)	21(33.3)	5(7.9)	45(91.8)	2(4.1)	2(4.1)	46(73.0)	17(27.0)
2,000~3,000m ² 未満	5(4.8)	59(56.7)	40(38.5)	73(69.5)	25(23.8)	7(6.7)	62(79.5)	11(14.1)	5(6.4)	76(73.1)	28(26.9)
3,000m ² 以上	17(8.0)	106(50.0)	89(42.0)	165(76.7)	43(20.0)	7(3.3)	167(93.8)	10(5.6)	1(0.6)	160(75.1)	53(24.9)
ホテル・旅館(N=354)	築年数***			契約内容***			管理状況			IPM防除*	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	1(3.1)	16(50.0)	15(46.9)	22(68.8)	8(25.0)	2(6.3)	19(90.5)	1(4.8)	1(4.8)	17(54.8)	14(45.2)
2,000~3,000m ² 未満	0(0.0)	45(57.0)	34(43.0)	60(75.9)	17(21.5)	28(2.5)	52(91.2)	5(8.8)	0(0.0)	54(66.7)	27(33.3)
3,000m ² 以上	4(1.7)	70(30.3)	157(68.0)	208(88.9)	26(11.1)	0(0.0)	187(93.5)	12(6.0)	1(0.5)	177(75.6)	57(24.4)
事務所(N=840)	築年数*			契約内容**			管理状況			IPM防除	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	8(9.2)	42(48.3)	37(42.5)	71(80.7)	9(10.2)	8(9.1)	59(92.2)	4(6.3)	1(1.6)	66(74.2)	23(25.8)
2,000~3,000m ² 未満	3(1.9)	92(57.9)	64(40.3)	129(81.1)	24(15.1)	6(3.8)	122(96.1)	5(3.9)	0(0.0)	122(76.7)	37(23.3)
3,000m ² 以上	32(5.5)	261(45.2)	285(49.3)	513(88.4)	57(9.8)	10(1.7)	503(92.8)	26(4.8)	13(2.4)	466(80.3)	114(19.7)

χ^2 検定による有意確率: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

C.3 建物規模と環境衛生についての統計解析

従属変数を、ゴキブリ、ねずみ、蚊、ハエ・コバエの生息状況、独立変数を「床面積の区分」「契約内容」「清掃などの管理状況」「IPMに準じた防除を実施しているか」として、ロジスティック回帰分析を行った。分析では、従属変数を二値化するため、それぞれの生息状況に対して「許容水準」を0、「警戒水準」「措置水準」のいずれかの場合を1としたダミー変数を作成した。まず、先の独立変数と「地域」「建築年」「床面積」を含めた全てを投入してロジスティック回帰分析を実施し、尤度比による変数減少法で振り分けられた変数を確認した。さらに、これらの変数と、交絡要因としての「地域」「建築年」、さらに「床面積」を含めた変数を強制投入して、最終モデルとした。統計解析には IBM SPSS v23 を用いた。

表 1-2-3 に、ゴキブリの生息状況に関連する要因の調整オッズ比を示す。「床面積の区分」の AOR は「2,000~3,000m² 未満」(AOR=1.42,

p<0.01)と「2,000m² 未満」(AOR=1.33, p<0.05)とも有意に1よりも大きく、特定建築物よりも建物規模が小さくなると、ゴキブリの生息状況が環境衛生上問題となっていることが確認できる。また、「清掃などの管理状況」においては、「良い」から「悪い」となるほど AOR が1よりも大きくなる傾向が確認できる(p for trend<0.001)。「IPMに準じた防除を実施していない」場合、ゴキブリの生息状況が有意に悪化する(AOR=2.49, p<0.001)ことも示される。

表 1-2-4 に、ねずみの生息状況に関連する要因の調整オッズ比を示す。「床面積の区分」の AOR は「2,000m² 未満」(AOR=1.72, p<0.001)にて有意に1より大きくなっており、建物規模が「2,000m² 未満」「2,000~3,000m² 未満」となるほど、ねずみの生息状況が環境衛生上問題となる傾向が確認できる(p for trend<0.001)。また、「契約状況」が年間契約よりも「スポット契約」である方が、環境衛生が有意に悪化している(AOR=3.01, p<0.001)。「清掃などの管理状況」

においては、ゴキブリの場合と同様に、「良い」から「悪い」になるほど AOR が 1 よりも大きくなる傾向が確認でき(p for trend<0.001)、「悪い」場合の AOR は大きい(AOR=18.00, p<0.001)。

表 1-2-5 に、蚊の生息状況に関連する要因の調整オッズ比を示す。「床面積の区分」の AOR は「2,000~3,000m²未満」(AOR=1.42, p<0.05)にて有意に 1 より大きくなっており、特定建築物と比べて中規模建築物(2,000~3,000m² 未満)である方が、蚊の生息状況が環境衛生上問題となっていることを示している。「IPM に準じた防除を実施していない」場合、蚊の生息状況が有意に悪化する(AOR=1.41, p<0.05)ことはゴキブリの場合と同様である。

表 1-2-6 に、ハエ・コバエの生息状況に関連する要因の調整オッズ比を示す。「床面積の区分」では有意な関連性は確認できなかったが、「清掃などの管理状況」においては、「良い」から「悪い」となるほど AOR が 1 よりも大きくなる傾向が確認できる(p for trend<0.001)。「IPM に準じた防除を実施していない」場合、ゴキブリや蚊と同様に、ハエ・コバエの生息状況が有意に悪化する(AOR=1.44 p<0.001)ことが示される。

表 1-2-3 ゴキブリの生息状況に関連する要因の調整オッズ比

要因	度数	ゴキブリの生息状況 AOR ^a (95%CI)	
床面積の区分			
3,000m ² 以上	1,222	1.00	
2,000~3,000m ² 未満	564	1.42 **	(1.12-1.80)
2,000m ² 未満	698	1.33 *	(1.06-1.66)
p for trend			p<0.05
清掃などの管理状況			
良い	2,248	1.00	
普通	173	1.57 *	(1.11-2.21)
悪い	63	2.32 **	(1.36-3.95)
p for trend			p<0.001
IPMに準じた防除を実施しているか			
実施している	1,916	1.00	
実施していない	568	2.49 ***	(2.03-3.06)

^a 交絡要因: 地域, 築年数
CI = confidence interval; * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表 1-2-4 ねずみの生息状況に関連する要因の調整オッズ比

要因	度数	ねずみの生息状況 AOR ^a (95%CI)	
床面積の区分			
3,000m ² 以上	1,222	1.00	
2,000~3,000m ² 未満	564	1.14	(0.85-1.52)
2,000m ² 未満	698	1.72 ***	(1.33-2.22)
p for trend			p<0.001
契約内容			
全体で年間契約	2,043	1.00	
部分で年間契約	341	1.08	(0.79-1.49)
スポット契約	100	3.01 ***	(1.97-4.77)
p for trend			p<0.001
清掃などの管理状況			
良い	2,248	1.00	
普通	173	5.20 ***	(3.74-7.21)
悪い	63	18.00 ***	(10.05-32.14)
p for trend			p<0.001

^a 交絡要因: 地域, 築年数
CI = confidence interval; * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表 1-2-5 蚊の生息状況に関連する要因の調整オッズ比

要因	度数	蚊の生息状況 AOR ^a (95%CI)	
床面積の区分			
3,000m ² 以上	1,222	1.00	
2,000~3,000m ² 未満	564	1.42 *	(1.01-1.97)
2,000m ² 未満	698	1.08	(0.78-1.51)
p for trend			p=0.11
IPMに準じた防除を実施しているか			
実施している	1,916	1.00	
実施していない	568	1.41 *	(1.04-1.90)

^a 交絡要因: 地域, 築年数
CI = confidence interval; * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表 1-2-6 蚊の生息状況に関連する要因の調整オッズ比

要因	度数	ハエ・コバエの生息状況 AOR ^a (95%CI)	
床面積の区分			
3,000m ² 以上	1,222	1.00	
2,000~3,000m ² 未満	564	0.91	(0.68-1.21)
2,000m ² 未満	698	0.86	(0.66-1.12)
p for trend			p=0.51
清掃などの管理状況			
良い	2,248	1.00	
普通	173	31.03 ***	(19.87-48.47)
悪い	63	82.15 ***	(29.47-229.0)
p for trend			p<0.001
IPMに準じた防除を実施しているか			
実施している	1,916	1.00	
実施していない	568	1.44 **	(1.15-1.91)

^a 交絡要因: 地域, 築年数
CI = confidence interval; * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

D. まとめ

中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査データを用いて分析した。対象とする建物用途は、「飲食店」「食品販売店」「物販店」「病院」「ホテル・旅館」「サウナ」「興行場」「事務所」である。分析により以下の結果が得られた。

- ① 本調査にて得られたデータの「床面積」では、いずれの用途においても特定建築物に該当する「3,000m²以上」の割合が高く 40～70% 程度を占めている。一方、中規模建築物に該当する「2,000～3,000m²未満」の割合は 20～30%程度に留まっている。飲食店と食品販売店については、特定建築物と同程度に「2,000m²未満」の割合が高いことが特徴である。
- ② いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面

積が、「2,000m²未満」「2,000～3,000m²未満」「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きいほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなる。

- ③ ロジスティック回帰分析による分析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて中小規模建築物の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。
- ④ 中小規模建築物と比べて特定建築物では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

E. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

2. 健康危機に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討

分担研究者	柳 宇	工学院大学建築学部 教授
分担研究者	鍵 直樹	東京工業大学環境・社会理工学院 准教授
分担研究者	金 勲	国立保健医療科学院 主任研究官
分担研究者	東 賢一	近畿大学医学部 准教授

研究要旨：特定建築物（延床面積 3,000 m²以上の建築物、学校は 8,000 m²以上）に該当しない中小規模の建築物には建築物衛生法が適用されていない。中規模建築物の数が特定建築物のおよそ半数に及ぶことが報告されているが、建築物衛生法の適用対象外であるため、監視や報告の義務がないことから衛生管理状況の実態が不明瞭となっている。

本研究は、2,000～3,000 m²の中規模建築物における室内環境及び空気衛生環境を中心に、建築物衛生法の環境衛生管理基準項目に係る要素の実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物の適用範囲拡大も含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的根拠を得ることを目的としている。

本章では中規模建築物を中心に比較対象として特定建築物を含め、室内空気衛生環境に係る実態を把握するため現場の詳細測定を行った結果を報告している。調査項目は、温度・湿度・CO₂ 濃度、浮遊微生物（カビ、細菌濃度）、パーティクル（浮遊粉じん）と PM_{2.5}、化学物質（アルデヒド類、VOCs）、エンドトキシン（細菌内毒素）である。

(1) **温度：**中央値が冬期で 24.5℃（中小規模ビル）と 24.3℃（特定建築物）、夏期は 26.0℃（中小規模ビル）と 25.6℃（特定建築物）であり、大きな差が見られなかった。また、一部の個別方式の対象室では、運用状態によって夏期の立ち上がり時に室内温度が 28℃を上回るケースがあった。

(2) **相対湿度：**冬期に最大値が 40%RH を上回るビルがあったが、規模を問わず 75%タイル値が 40%RH を下回っており冬期の低湿度問題が再確認された。夏期は規模を問わず概ね良好であった。

(3) **CO₂ 濃度：**季節と規模を問わず全てが建築物衛生法管理基準値の 1000ppm を満足した。Phase2 研究として行った冷暖房機の 2 週間連続測定結果に関する詳細調査は第 3 章で報告する。

(4) **微生物：**細菌について、季節をと問わず中小規模ビルでは特定建築物と同様に日本建築学会の管理規準値 500cfu/m³ を満足していた。真菌は、冬期は中小規模ビルの室内濃度が日本建築学会の管理規準値 50cfu/m³ を満足していたが、夏期は中小規模ビルの空調・換気設備のろ過性能が比較的劣ったため、高濃度の外気の侵入により室内浮遊真菌濃度が上昇し、50cfu/m³ を超える対象室が散見された。一方、特定建築物は季節を問わず、浮遊真菌濃度の中央値が 50cfu/m³ を下回っていた。

NGS（次世代シーケンサー）を用いたメタゲノムの菌叢解析において、検出された細菌属と真菌属の何れにおいて、これまで報告された生菌の結果よりはるかに多かった。これは、培地を用いた方法では殆どの種類の細菌と真菌を検出できないためである。また、菌量の多さを表すリード数において、中小規模ビルでは特定建築物に比べ、細菌は多いものの、真菌は少なかった。この結果と I/O 比の結果を併せて考えると、特定建築物では空調システム内での真菌の発生がある可能性があることが強く示唆された。今回今後更なるデータを蓄積する必要がある。

(5) **浮遊粉じん/PM_{2.5}：**特定建築物及び中規模建築物における室内 PM_{2.5} 濃度は、全ての室内において 35 µg/m³ 以下となっており、大気の基準値の「1 日平均値が 35 µg/m³ 以下」を下回る結果となった。I/O 比については、概ね I/O 比が 1 を下回っていた。よって、室内に支配的な粒子発生源が無い場合、室内の PM_{2.5} 濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響していると考えられた。

また、測定方法として、粉じん計に PM2.5 分級器を装着した計測器であっても、従来の PM2.5 計測器と良い相関が得られており、室内での適用可能性を示した。

建築規模、空調方式別に室内 PM2.5 濃度、I/O 比を比較すると、中央方式の空調機を有する建築物の方が低い値を示し、空調に使用されているフィルタの性能に影響されていることによるものであると示唆された。

大気における PM2.5 の傾向を調査した結果、近年は減少傾向にあるものの、地域ごとでは、北東部では濃度が低く、南西部では濃度が高い傾向が確認できた。更に冬季における九州地方の濃度が他の地域と比較して高い。しかしながら、ここ数年で PM2.5 濃度は減少する傾向となっていることを確認した。

(6) 化学物質：アルデヒド類、個別 VOCs、TVOC 共に平均濃度としては、夏期濃度が冬期より高い傾向を示した。特に p-ジクロロベンゼンや 2E1H は季節間の差が明確に現れた。

建物規模による濃度の違いが見られ、特定建築物が中小規模建築より全体的に濃度が低い傾向にあり、最大値（検出濃度範囲）においても中小規模建築の方が高く環境に偏差がより大きかった。空間容積に対する各面面積の割合、在室密度、空調方式の違いによるものと考えられ、特に中小規模建築に比べて特定建築物には中央式空調の割合が高く、中央式の利点が現れていると考えている。今後、相関分析を行い明確な相関があるかを検証する必要がある。

厚生労働省により 2019 年 1 月に既存指針物質であるキシレン、フタル酸ジ-n-ブチル (DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) の 3 物質に対する濃度指針値が強化された。さらに、エチルベンゼンの指針値の見直し、新たな物質としてテキサノール、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールジイソブチレート (TXIB) に関する議論が行われている。

このような社会背景から、指針値物質に関しては引き続き実態把握を行うと共に、検討物質として議論されている 3 物質に関しても、オフィスにおける検出率やリスクが高い物質を選定して実態調査を行ってゆく必要がある。

そこで、建築物室内における 2E1H 濃度の実態を把握するために、夏期及び冬期の 19 件の事務所用途の特定建築物及び中小規模建築において実測を行った。結果として、2E1H は多くの室内で検出され、TVOC に占める 2E1H の濃度が 50%を超える建物もあり 2E1H が室内環境の汚染に影響を与えていることが明らかとなった。また、コンクリートが床下地である室内では、2E1H 濃度は高く、金属製のフリーアクセスフロアの室内では低い傾向が見られた。さらに絶対湿度と 2E1H 濃度との関係も見られ、対策を講ずるためには、換気の他にも、床仕様、環境湿度などが 2E1H の発生に影響を与えていることが示唆された。

(7) エンドトキシン（グラム陰性菌の内毒素）：室内エンドトキシン濃度では 1.0EU/m³を下回る物件が多く、1.0EU/m³を超えても 1~2EU/m³と比較的低い水準が殆どであった。一方、冬期室内濃度が 10 EU/m³近く高く、IO 比も 18 を超える物件が存在した。この建物は夏期と冬期の室内濃度が明らかに異なることから冬期だけ室内に汚染源が存在していることが分かった。家庭用の中型加湿器を複数台使っていたことが原因と考えられた。培養法による細菌濃度の測定結果でも高い濃度が観察されていることから、当該オフィスでは加湿器による微生物汚染が起きていると判断された。I/O 比が 1.0 を超える結果も存在するが、多くの建物で外気より低い水準が保たれていた。特定建築物と中小規模建築の比較では、夏期の室内平均濃度は同水準であり、冬期は中小規模での濃度が高い結果となった。

研究協力者

谷川 力（公社）日本ペストコントロール協会
渡邊康子（公社）全国ビルメンテナンス協会

奥村龍一 東京都健康安全研究センター
齋藤敬子（公財）日本建築衛生管理教育センター
杉山順一（公財）日本建築衛生管理教育センター

A. 研究目的

本研究は、建築物衛生法の特定建築物に含まれない中小規模、特に床面積 2000～3000 m²の建築物における空気温熱環境、給排水の管理、清掃、ねずみ等の防除など適切な衛生管理方策の検討と提言を目的とする。建築物衛生法は環境衛生全体を網羅して管理・監督する法律であり、これまで 40 年間以上室内環境の悪化防止と改善に貢献してきた我が国固有のものであるが、本研究ではこの建築物衛生法の中規模建築物への適用可能性について検討するものである。

2-1 温度・湿度・CO₂ 濃度

A. 調査対象ビル概要

2018 年 1 月～2020 年 2 月の間に、東京都、大阪府、福岡県、神奈川県、愛知県、群馬県にあるオフィスビル計 46 件 (52 室) を対象に実態調査を行った。測定対象ビルの建築と設備概要などを表 2-1-1 に示す。なお、表中赤字で標記されている対象は結果的に特定建築物に分類されたため、以後に示す結果は中小規模と特定建築物を分けて解析したものである。

B. 測定方法

測定は、立ち入り調査と立ち入り調査日から約 2 週間の温湿度・CO₂ 濃度の連続測定の 2 種類であった。立ち入り調査日は表 2-1-1 に示す通りである。立ち入り時の測定項目は室内と屋外の温湿度・CO₂ 濃度 (IAQ モニター)、粒径別浮遊粒子濃度 (パーティクルカウンタ)、浮遊細菌・真菌 (バイオサンプラー) などであった。室内と屋外の温湿度・CO₂ 濃度、粒径別浮遊粒子濃度をそれぞれ 1 分間隔の計 30 分間の連続測定で行った。浮遊細菌と浮遊真菌の測定にダブルサンプリングを行った。細菌に SCD 培地、真菌に DG18 培地を用いた。培養条件はそれぞれ 32℃・2 日間と 25℃・5 日間であった。

上記の測定が終了した後に、温湿度・CO₂ センサーを設置し、5 分間隔の 2 週間連続測定を行った。

C. 結果

C.1 温度

図 2-1-1～図 2-1-2 に冬期 (2018 年, 2019 年, 2020 年, 以後同) と夏期 (2018 年, 2019 年, 以後同) における執務時間帯 (9:00～17:00) の規模別の室内温度四等分値 (最大値, 75%タイル値, 中間値, 25%タイル値, 最小値) を示す。図中の赤線はそれぞれ建築物衛生法管理基準の下限值 17℃と上限値 28℃を示している。

冬期の中小規模ビルの中央値が 24.5℃であるのに対し、特定建築物の中央値は 24.3℃であった。一方夏期では、中小規模ビルの中央値の 26.0℃に対し、特定建築物はほぼ同じ (25.6℃) であった。なお、夏期に中小規模最大値を示したのは 2018 年の F01 の朝立ち上がり時であった。F-01 は在室者が極端に少なく (常駐者 1 名)、出勤時間によっては、冷房を入れるのは 9:00 以後になる可能性がある。

C.2 相対湿度

図 2-1-3 と図 2-1-4 に本調査で行った中小規模ビルと特定建築物の冬期と夏期の相対湿度の四等分値を示す。中央値において、冬期では、中小規模ビルと特定建築物の相対湿度がそれぞれ 30%と 35%であり、特定建築物の方が比較的高い値を示したが、建築物の規模を問わず冬期の低湿度問題が存在していることが確認された。

一方夏期では、中小規模の 56%であるのに対し、特定建築物はやや低めの 55%であり、ほぼ同じであった。

C.3 CO₂ 濃度

図 2-1-5～図 2-1-6 に冬期と夏期の室内 CO₂ 濃度の四等分値を示す。冬期では、中小規模ビルと特定建築物の相対湿度がそれぞれ 762ppm と 737ppm, 夏期ではそれぞれ 764ppm と 750ppm であり、季節と規模を問わず全てが建築物衛生法管理基準値の 1000ppm を満足した。

表 2-1-1 測定対象建築物の建築と設備概要

測定日		対象物件ID		地域	空調方式	対象床面積(m ²)	測定時在室人数(測定者)	一人当たりの面積(m ²)	天候
冬期 (2018)									
2018/1/10	AM	E01		東京	個別方式(PAC+換気装置)	118	12(7)	6.2	晴れ
	PM	E02	1F		個別方式(PAC+外調機+換気装置)	328	22(7)	11.3	晴れ
			2F			409	22(7)	14.1	晴れ
			3F			614	33(8)	15.0	晴れ
2018/3/5	AM	W01		大阪	個別方式(PAC+換気装置)	124	6(5)	11.3	雨
	PM	W02			個別方式(PAC)換気なし	109	12(5)	6.4	雨
夏期 (2018)									
2018/8/23	AM	E03		東京	個別方式(PAC+換気装置)	169	12(7)	8.9	晴れ
	PM	E02	1F		個別方式(PAC+外調機)	328	21(3)	13.7	晴れ
			2F			409	21(3)	17.0	晴れ
			3F			614	27(9)	17.1	晴れ
2018/8/27	AM	F01		福岡	個別方式(PAC+換気装置)	44	1(8)	4.9	曇り
	PM	F02			個別方式(PAC+換気装置)	93	7(4)	8.5	曇/雨
		F03			個別方式(PAC+換気装置)	122	4(3)	17.4	晴れ
2018/8/28	AM	F04		大阪	個別方式(PAC+換気装置)	383	10(5)	25.5	晴れ
	PM	W01			個別方式(PAC+換気装置)	124	2(6)	15.5	晴れ
2018/8/29	AM	W03			中央方式 (外調機+PAC)	193	15(4)	10.2	晴れ
	PM	W02			個別方式(PAC)換気なし	109	12(4)	6.8	晴れ
2018/9/18	AM	E04		東京	中央方式 (外調機)	1178	77(6)	14.2	晴れ
	PM	E05			個別方式(PAC)換気なし	133	10(5)	8.9	晴れ
		E01			個別方式(PAC+換気装置)	118	5(5)	11.8	晴れ
冬期 (2019)									
2018/12/18	PM	E06	1F	神奈川	中央式(外調機)	204	13(8)	9.7	晴れ
			2F			123	9(8)	7.2	晴れ
2018/12/19	AM	E04		東京	中央式(外調機)	1178	76(7)	14.1	晴れ
	PM	E03			個別式(PAC+換気装置)	169	8(8)	10.6	晴れ
		E05			個別式(PAC)換気なし	133	12(8)	5.7	晴れ
2019/1/10	AM	W03		大阪	中央式(外調機+PAC)	193	26(3)	6.7	-
	PM	F02		福岡	個別式(PAC+換気装置)	93	6(3)	10.3	-
2019/1/11	AM	F03		福岡	個別式(PAC+換気装置)	122	11(3)	8.7	-
	PM	F01			個別式(PAC+換気装置)	44	1(7)	5.5	-
		F04			個別式(PAC+換気装置)	383	14(4)	21.3	-
夏期 (2019)									
2019/8/1	AM	E07		東京	個別式(PAC+換気装置)	55	3(5)	6.9	晴れ
	PM	E08			中央式(外調機)	1050	150(5)	6.8	晴れ
		E09			個別式(PAC+換気装置)	92.4	9(5)	6.6	晴れ
2019/8/2	PM	E06	1F	神奈川	中央式(外調機)	204	19(4)	8.9	晴れ
			2F			123	9(4)	9.5	晴れ
2019/8/27	AM	E10		東京	個別式(PAC+換気装置)	93	11(4)	6.2	曇り
	PM	E11			中央式(外調機)	196	2(3)	39.2	晴れ
		E12			個別式(PAC+換気装置)	110	12(3)	7.3	晴れ
2019/8/29	PM	A01		愛知	個別式(PAC+換気装置)	96	3(6)	10.7	晴れ
2019/8/30	AM	A02			中央式(外調機)	176	12(6)	9.8	曇り
	PM	A03			個別式(PAC+換気装置)	266	15(4)	14	雨
冬季 (2020)									
2020/1/15	AM	E07		東京	個別式(PAC+換気装置)	55	3(5)	6.9	雨
	PM	E12			個別式(PAC+換気装置)	110	9(7)	6.9	曇り
2020/2/13	AM	A02		愛知	個別式(PAC+換気装置)	176	9(6)	11.7	曇り
	PM	A03			個別式(PAC+換気装置)	266	13(6)	14.0	晴れ
	PM	A01			中央式(外調機)	96	7(6)	6.4	曇り
2020/2/14	PM	E09		東京	個別式(PAC+換気装置)	92	11(6)	5.4	曇り
2020/2/17	PM	E11		東京	中央式(外調機)	196	5(6)	17.8	晴れ
	PM	E08		東京	中央式(外調機)	1050	98(6)	10.1	晴れ
2020/2/21	AM	E13		群馬	個別式(PAC+換気装置)	330	21(5)	12.7	晴れ
	PM	E14		東京	中央式(外調機)	1350	102(6)	12.5	晴れ
	PM	E10		東京	個別式(PAC+換気装置)	93	11(6)	5.5	晴れ

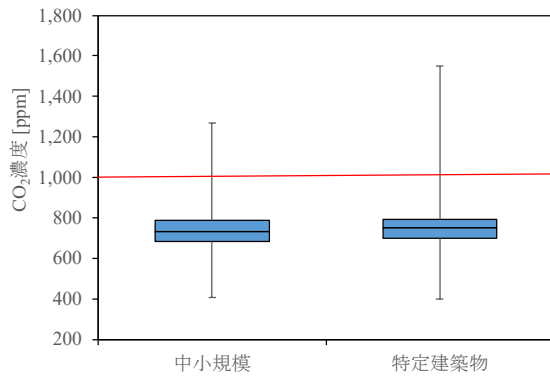


図 2-1-1 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内CO₂濃度四等分値の比較

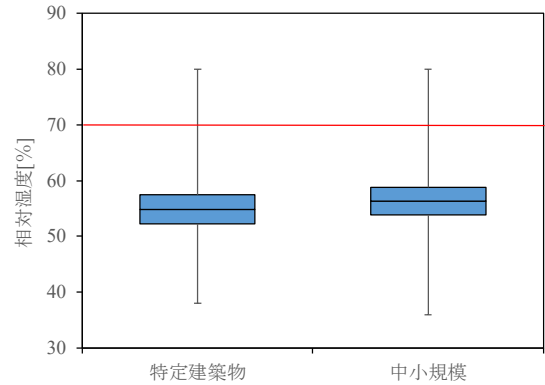


図 2-1-4 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内相対湿度四等分値の比較

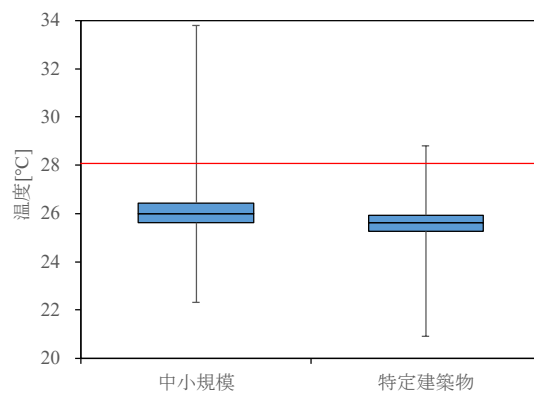


図 2-1-2 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内温度四等分値の比較

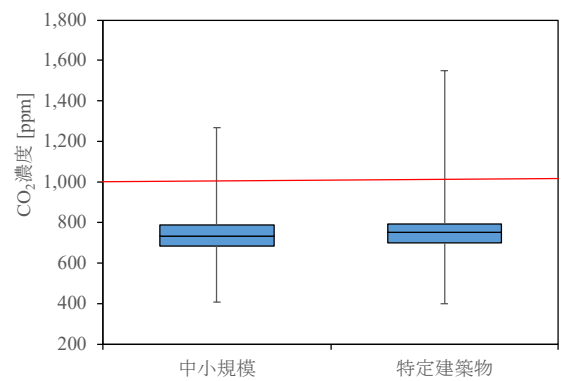


図 2-1-5 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内CO₂濃度四等分値の比較

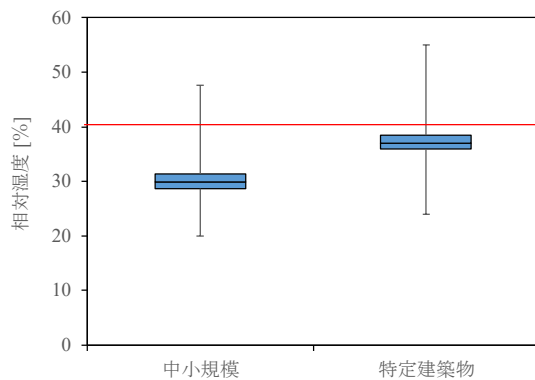


図 2-1-3 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内相対湿度四等分値の比較

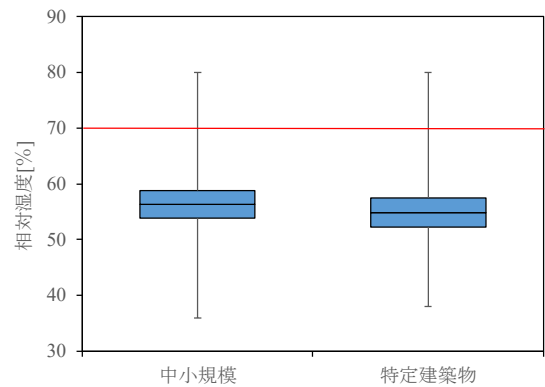


図 2-1-6 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内CO₂濃度四等分値の比較

2-2 微生物・微粒子

A. 研究方法

浮遊細菌と浮遊真菌の測定にダブルサンプリングを行った。細菌に SCD 培地, 真菌に DG18 培地を用いた。培養条件はそれぞれ 32°C・2 日間と 25°C・5 日間であった。

B. 結果

B.1 生菌

B.1.1 細菌

図 2-2-1 と図 2-2-2 に冬期と夏期における室内と屋外の浮遊細菌濃度の四等分値を示す。冬期では, E09 の濃度は日本建築学会管理規準値 500cfu/m³ を上回ったが, 他は全て当該基準値を満足した。また最大値を除いた他の四等分値は規模別による差があまりなかった。夏期では, 全て 500cfu/m³ を上回ったものの, 中小規模より特定建築物の方が低い値を示した。

B.1.2 真菌

図 2-2-3 と図 2-2-4 に冬期と夏期における室内と屋外の浮遊真菌濃度の四等分値を示す。冬期では, 中小規模ビルの最大値が日本建築学会管理規準値 50cfu/m³ を上回ったが, 他は全て当該基準値を満足した。夏期では, 特定建築物の 75%のタイル値が 50cfu/m³ を下回っているのに対し, 中小規模ビルの中央値が 50cfu/m³ を上回っており, 規模による差が見られた。

B.2 菌叢

B.2.1 サンプルング方法

ここでは, 2019 年夏期に測定を行った時に, 各対象ビル (表 2-1-1) の室内と屋外に DNA フリーフィルタとエアポンプを用いた測定を行った。サンプリング流量は 180ℓ (3ℓ/min×60min) であった。本研究では, メタゲノム手法を用いた。メタゲノム解析は, 培養のプロセスを経ずに, 環境サンプルから直接に回収した DNA を解析するもので, 培養できないとされている微生物の DNA も解析できるようになっている。

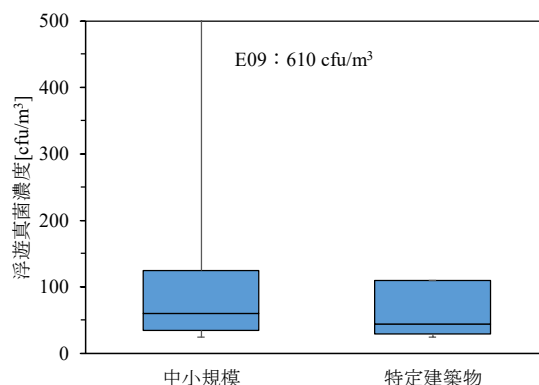


図 2-2-1 冬期における中小規模ビルと特定建築物室内の浮遊細菌濃度四等分値

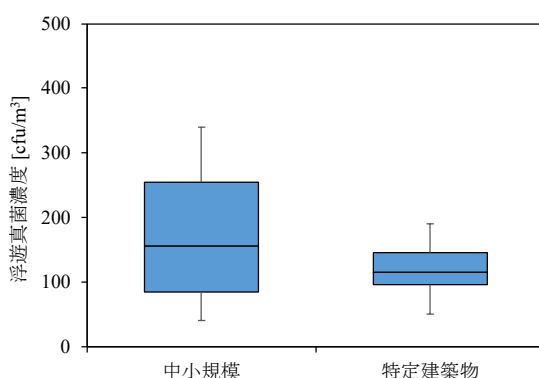


図 2-2-2 夏期における中小規模ビルと特定建築物室内の浮遊細菌濃度四等分値

B.2.2 DNA 抽出・増幅・精製・解析方法

DNA の抽出, 増幅, 精製については筆者らの既報を参照されたい^{1~2)}。なお, NGS (次世代シーケンサー) による DNA 解読を商用ラボに依頼した。

B.2.3 解析結果

現在, 生物は3つのドメイン, 即ち, ユーキャリア (真核生物), バクテリア (真正細菌), アーケア (古細菌) に分類されており, それぞれのドメインの下に門 (phylum), 綱 (class), 目 (order), 科 (family), 属 (genus), 種 (specie) に細分類されている。

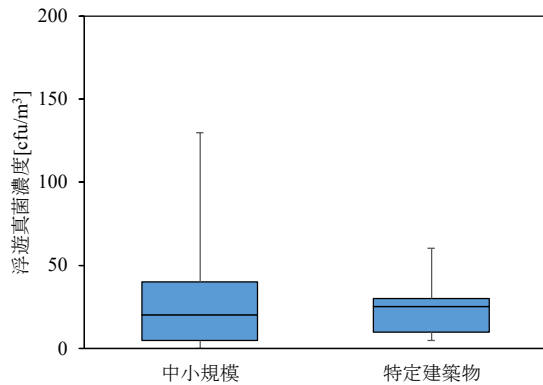


図 2-2-3 冬期における中小規模ビルと特定建築物室内の浮遊真菌濃度四等分値

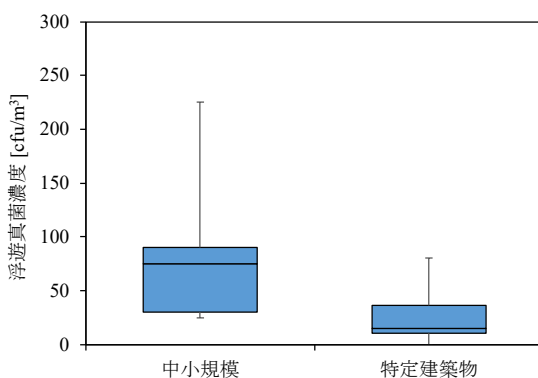


図 2-2-4 夏期における中小規模ビルと特定建築物室内の浮遊真菌濃度四等分値

ここでは、これまでの研究と比較するために主として細菌と真菌の属について検討を行った。

表 2-2-2 にリード数別の細菌と真菌の属数を示す。リード数とは、NGS で解析した塩基配列の数であり、細菌と真菌の量の多さを表す指標である。

これまで、培地を用いた生菌の測定結果から、細菌の主な発生源が室内、真菌の主な発生源は外気中にあることが知られている。表 2-2-1 より、培地法よりはるかに多い属菌が検出されていることが分かった。また、リード数を問わず、屋外より室内から

表 2-2-2 検出された細菌と真菌の属数

		リード数			
		10~	100~	1000~	10000~
細菌	室内	244	159	61	15
	屋外	242	142	52	12
真菌	室内	104	95	82	22
	屋外	146	116	65	9

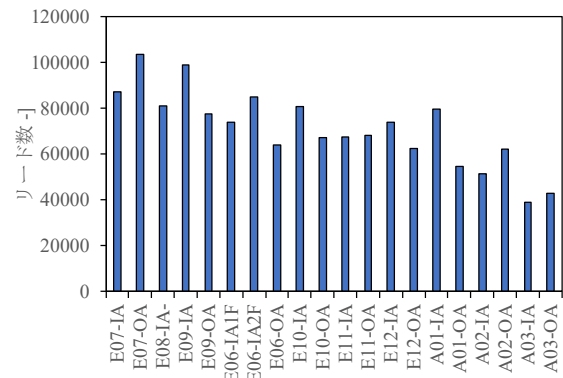


図 2-2-5 各箇所検出された細菌の総リード数

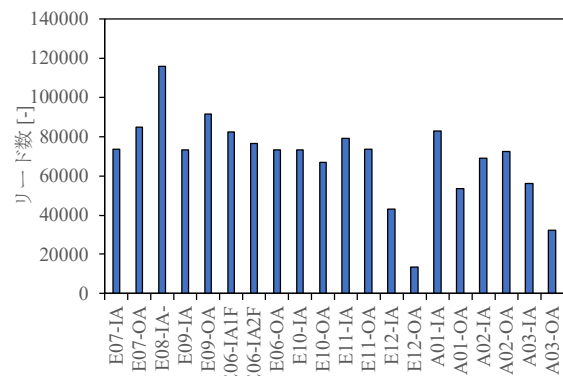


図 2-2-6 各箇所検出された真菌の総リード数

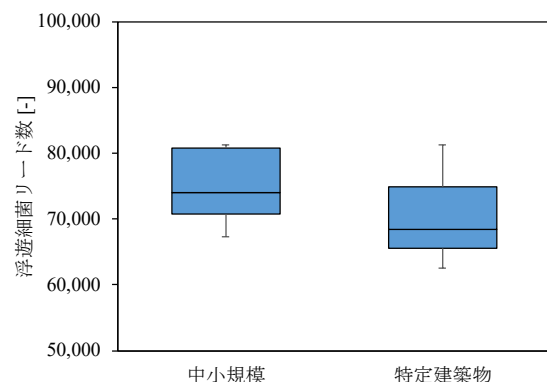


図 2-2-7 室内浮遊細菌リード数の四等分値

検出された細菌属数が多かった。一方、真菌においては、リード数が 1000 までの属数が屋外の方が多いが、1000 以上の場合室内の方が多いことが分かった。これは室内、または外気を導入する空気搬送系での発生があったと推測される。

図 2-2-5 と図 2-2-6 に細菌と真菌の総リード数を示す。図 2-2-7 と図 2-2-8 に規模別ビル室内における細菌と真菌の総リード数の四等分値を示す。細菌では、中小規模ビルが高い値を示したが、真菌では逆の傾向を示した。この結果から、特定建この点について、今後さらなるデータの蓄積が必要であると思われる。

図 2-2-9 と図 2-2-10 に細菌と真菌の総リード数 10000 以上の細菌属と真菌属を示す。上位細菌属と真菌属はこれまで培地法でも検出されているものを含んでいる。

図 2-2-11～図 2-2-12 に各箇所検出された総リード数の I/O 比と浮遊細菌（生菌）の I/O 比を示す。全体的にリード数の I/O 比が高い値を示した。

図 2-2-13～図 2-2-14 に各箇所検出された総リード数の I/O 比と浮遊真菌（生菌）の I/O 比を示す。細菌と同様に全体的にリード数の I/O 比が高い値を示した。これらの結果は、生菌は培地の選択性により、測定できる細菌が僅かであることに起因するものであると考えられる。また、外気がフィルタを通過して室内に導入されるため、室内の発生がなければ I/O がかなり低くなる（フィルタの捕集率による）が、上記の I/O の結果から室内で細菌と真菌の発生があったものと考えられる。

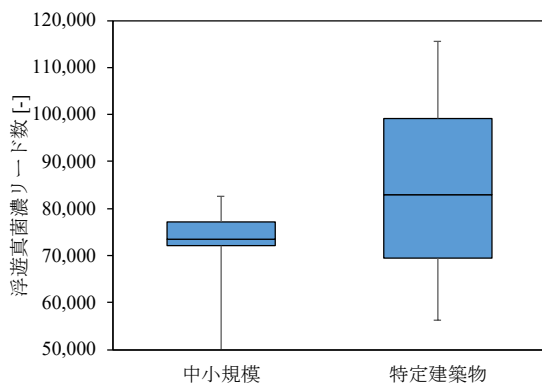


図 2-2-8 室内浮遊真菌リード数の四等分値

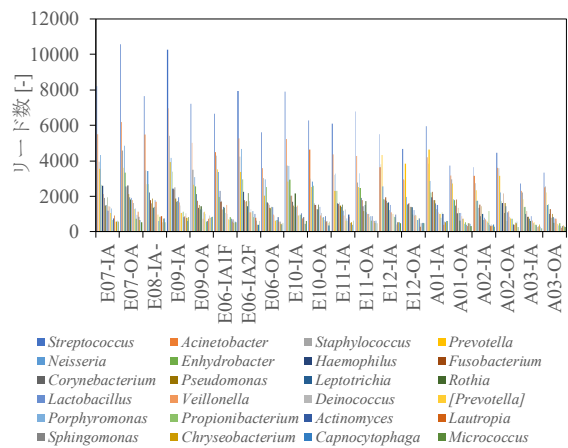


図 2-2-9 細菌属別リード数（合計 10000 以上）

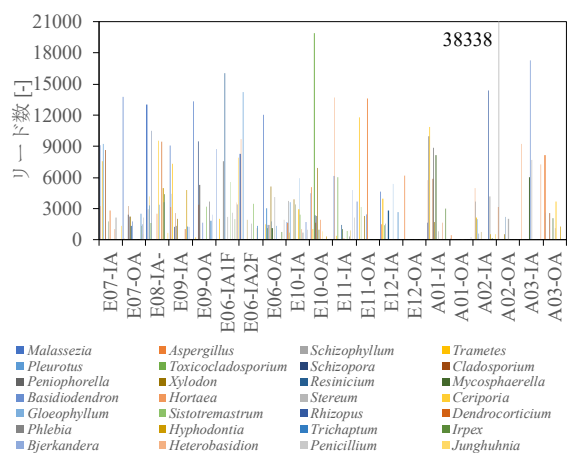


図 2-2-10 細菌属別リード数（合計 10000 以上）

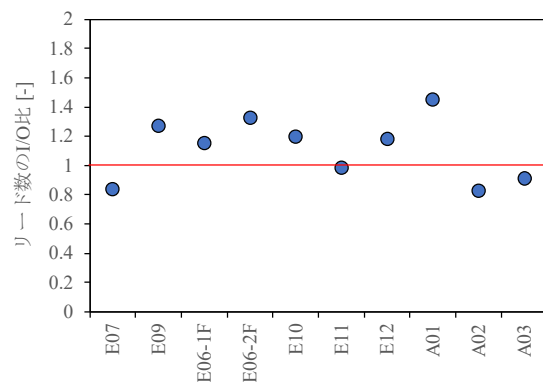


図 2-2-11 各箇所における細菌リード数の I/O 比

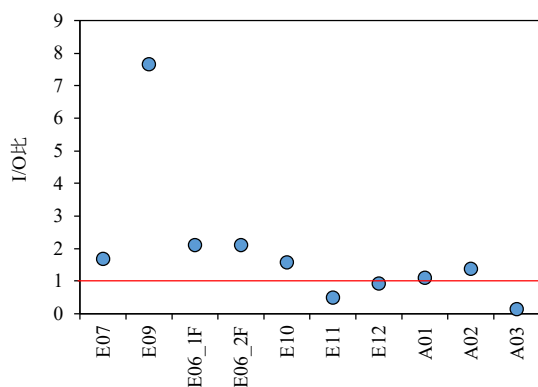


図 2-2-12 各箇所における細菌（生菌）の I/O 比

B.3 浮遊粒子

B.3.1 測定結果

図 2-2-15 と図 2-2-16 に冬期と夏期に中小規模と特定建築物の粒径別浮遊粒子濃度の四等分値を示す。冬期では、規模別間に $1\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子濃度(中央値)の間に大きな差はなかったが、 $1\mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子濃度において特定建築物の方が低い値を示している。夏期では、粒径を問わず特定建築物の方が低い値を示した。この差は空調機に備えられているエアフィルタの捕集性能

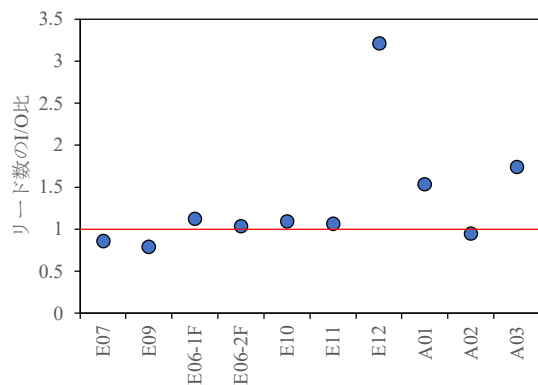


図 2-2-13 各箇所における真菌リード数の I/O 比

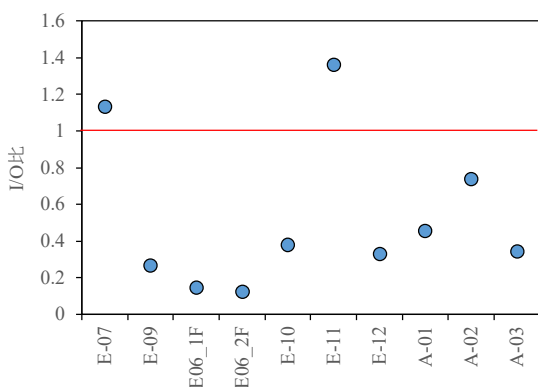


図 2-2-14 各箇所における真菌（生菌）の I/O 比

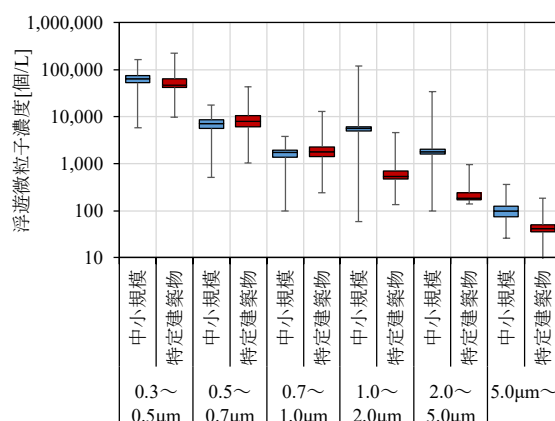


図 2-2-15 規模別浮遊粒子濃度（冬期）

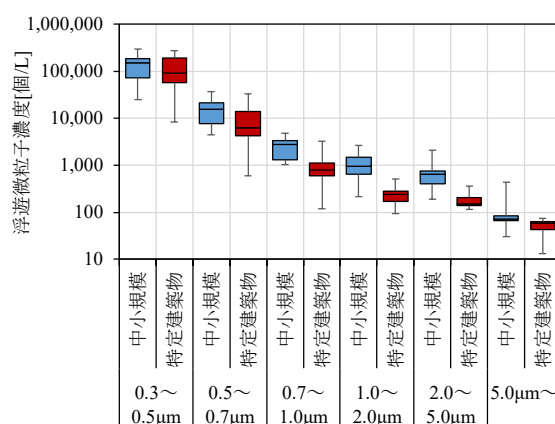


図 2-2-16 規模別浮遊粒子濃度（夏期）

の差によるものと考得られている。

引用文献

- 1) 柳宇, 加藤信介, 畑中未来: 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究-その1 研究全体の概要とサンプリング・DNA 解析方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp.859-862, 2018
- 2) 新村美月, 柳宇, 鍵直樹, 金勲, 畑中未来: クール・ヒートピットにおけるマイクロバイオームの実態解明 第1報: 室内とピット内の細菌叢の比較, 日本建築学会環境系論文集 第85巻 第770号, pp.259-266, 2020年4月, DOI <http://doi.org/10.3130/aije.85.259>

2-3 化学物質

2-3-1 VOCs 及びアルデヒド類

1990 年代のシックハウス問題を受け、厚生労働省によりホルムアルデヒドを含む 13 物質の濃度指針値¹⁾が、TVOC については暫定目標値が定められている。

更に、最後の指針値が制定されてからちょうど 10 年が過ぎた時点である 2012 年 9 月から厚生労働省は「シックハウス関連指針値の検討会」²⁾を再会し、指針値の見直しと指針物質の追加など議論を行ってきた。

その結果、2019 年 1 月に既存物質であるキシレン、フタル酸ジ-n-ブチル (DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) の指針値が強化されることになった¹⁾。

また、エチルベンゼンの指針値の見直しに加え、新たな物質としてテキサノール、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチレート (TXIB) に関する議論が続いている。

特定建築物では、建築物環境衛生管理基準により CO₂ 濃度を基準に適切な換気を行うように定めていることや設計換気量が住宅より多いこと、室内表面積の比が住宅より小さい、また内装材も住宅とは異なることから化学物質濃度は低いと考えられている。

一方、中規模建築に関しては、労働者の安全と健康を確保する目的で 1 日 8 時間勤務を想定した最低限の基準として労働安全衛生法の「事務所衛生基準規則」により室内濃度として 5000ppm が、供給空気 CO₂ 濃度 1000ppm 以下が定められている。しかしながら、測定や管理など実際の運用に関しては不明な点が多い。

このような背景から、中規模建築に関してもホルムアルデヒド以外の指針物質はもちろん、代替物質など室内空気中化学物質濃度をモニタリングし、実態を把握してゆく必要がある。

A. 研究目的

厚生労働省によりシックハウスに関連して 13 物質の濃度指針値及び TVOC の暫定目標値が定められている。特定建築物を対象とした建築物衛生法においては、新築・改築・大規模改修などを行った際にホルムアルデヒドのみを

対象に濃度 100 µg/m³ が適用されている。

中小規模のオフィスビルが対象となる労働安全衛生法の「事務所衛生基準規則」でも同じ内容が定められている。しかし、中小規模建築の実態が不明であること、また他の化学物質の現状は分からないことから室内化学物質濃度の現状を把握するため、厚生労働省の指針値に示されている物質を中心に実測調査を行った。更に、シックハウス検討会で議論されており、オフィスなどビル建築でよく検出される 2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H) の測定結果について纏めた。

B. 研究方法

B.1 調査対象

2017 年度の測定対象は、北海道 (記号 H、3 件)、関東 (記号 E、2 件)、関西 (記号 W、2 件) の中小規模事務所ビルである。2017 年 8 月 (夏期) 及び 2018 年 1 月及び 3 月 (冬期) に、各建築物において測定を行った。

2018 年度は東京、大阪、福岡のオフィスビル計 12 件で測定を行った。但し、E01、E04、E05、F04、W03 は特定建築物に分類されるが、中小規模建築との比較のために一緒に示している。2018 年 1 月 (冬期)、2018 年 8 月～9 月 (夏期) 及び 2018 年 12 月～2019 年 1 月 (冬期) に測定を行った。

2019 年度の調査は関東 (東京)、中部 (名古屋) のオフィスビル計 11 件を対象とした。なお、A01、A03、E08、E14 は特定建築物に分類されるが、中小規模建築との比較のために一緒に示している。2019 年 8 月 (夏期)、2020 年 1 月～2 月 (冬期) に測定を行った。

B.2 調査方法

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドなどのカルボニル化合物については、DNPH カートリッジを用いて 30 L 捕集 (30min at 1.0L/min) を行い、HPLC により 12 成分の定量分析を行った。トルエンなど VOCs については、Tenax-TA 充填捕集管を用いて 5L 捕集 (30min at 166mL/min) し、GC/MS により 40 成分の定量を行った。なお、TVOC は C6 ヘキサンから C16 ヘキサデカンに検出した全ピーク面積をトル

エン換算して算出した。

表 2-3-1 空气中化学物質の測定概要

測定項目	内容
アルデヒド類	DNPH カートリッジ 30L (at 1.0L/min) HPLC (12 物質)
VOCs	Gerstel Tube (Tenax-TA) 5L (at 166mL/min) GC-MS (40 物質)

C. 結果及び考察

C.1 2017 年度測定結果

各測定箇所における化学物質濃度を表 2-3-2 及び表 2-3-3 に示す。指針値が定められている物質の中で、今回の測定から検出された成分や住宅やオフィスなど室内でよく検出される成分は表内に青の陰影で記している。

アルデヒド類であるホルムアルデヒド、アセトアルデヒドは厚生労働省指針値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及び $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対し指針値を超過する室はなかった。

両物質共に全測定点で検出されたが、ホルムアルデヒドは平均濃度 $13.6\pm 8.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトアルデヒドは $10.9\pm 5.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低い値であった。

他の物質としてはアセトン、プロピオンアルデヒド、クロトンアルデヒド、メタクロレインが検出されているがいずれも低い濃度である。室内濃度が外気濃度よりやや高くなっているが、普段の室内濃度レベルであり、室内に高放散の汚染源は存在しないと考えられる。

アセトアルデヒドはエタノールの酸化物で二日酔いの原因物質とも知られているが、木材から放散されることがある。

アセトンは生活中で最もよく使われる溶剤の一つであり、マジックペン、マニキュア除去剤など日常品にも幅広く使われており、人体や木材からも放散される物質である。

プロピオンアルデヒドは油臭や汗臭成分として知られているが、亜麻仁油を含んだ天然ワックスから放散されるとの報告もある。

メタクロレインは室内では普段見られない物質であり、今回の実測でも検出されたのは殆

どが外気からであった。

VOCs の中からも厚生労働省指針値や TVOC 暫定目標値を上回る成分はなく低い値となっていた。

厚生労働省で指針値が定められている 13 物質中、有機溶剤系としてはトルエン、エチルベンゼン、キシレン、テトラデカンが検出されたが、濃度としては低い水準であり、厚生労働省指針値を超えた物質はなかった。

中でもトルエンが殆どの室内で検出されたが、平均濃度 $8.9\pm 3.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低い値であった。全物質外気からは殆ど検出されていないか低かったため室内由来が多い。

α ピネン、D リモネンなどは木材や果実の香り成分であり、建材だけでなく洗剤、芳香剤などにも使われるため住宅ではよく検出されるが、今回測定したオフィスビルでは殆ど検出されなかった。

TVOC も暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える結果はなく、平均濃度 $94.3\pm 96.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大値 $303.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ と全体的に低い水準にあった。VOCs は竣工初期に高く、時間経過と共に放散が促進され低くなるのが一般的であり、今回測定対象としたオフィスビルは建築から長年使われている物件であったことから室内濃度が低くなっていたと考えられる。

C.2 2018 年度測定結果

C.2.1 指針物質濃度

指針値 13 物質の中で、主に検出された物質はホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、テトラデカンであった。他にもスチレン、p-ジクロロベンゼンが少数物件から検出されたが、いずれも濃度は低かった。

有意な濃度が検出されたホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエンのグラフを図 2-3-1～図 2-3-3 に、また TVOC の結果を図 2-3-4 に示す。

指針物質ではないが、リモネン及びのノナールが多数物件から検出され、いずれも濃度は低い。また、ウンデカン、ドデカンが少数検出された。ベンゼンは検出されなかった。

ホルムアルデヒド濃度指針値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対

して、特に高い建物はなかったが、夏期に $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 近い物件が 3 件あった。

アセトアルデヒド指針値は $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、F04 を除いた全対象において高い濃度は認められなかった。F04 においては $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の濃度を示したが、当建物には室内に喫煙スペースがあったが、近年室内喫煙室を廃止している。F04 では個別 VOC や TVOC 濃度は高くなかった。

個別 VOC では、夏期の W01 のみ溶剤系 VOCs (トルエン、エチルベンゼン、キシレン) で指針値は超えないが他の建物に比べ、高い濃度を示していると共に、TVOC 値も $900\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えている。当建物の夏期測定時に建物改修工事が行われており、外気でも溶剤系物質の濃度が高く検出されたためその影響によるものであり、冬期測定時には低い濃度を示している。

他に個別 VOC や TVOC で高い濃度を示す建物はなかった。p-ジクロロベンゼンは小数建物で検出されたが、いずれも濃度は低かった。洗剤、芳香剤など生活用品にも多用される香り成分であるリモネン、ノナールは多数物件から検出されたがその濃度は低かった。また、ウンデカン、ドデカンが小数、低濃度で検出された。

C.2.2 季節及び建築規模による検討

図 2-3-5 及び図 2-3-6 に示すように、主に検出された物質に対して、季節及び建築規模による違いがあるかを検討した。

アルデヒド類は特定建築物、中小規模建築共に冬期より夏期の平均濃度が高い。VOCs 及び TVOC に対しては、特定建築物は差がなく、中小規模建築で夏期濃度が冬期より高い傾向を示している。しかし、W01 の工事の影響による夏期 VOCs 濃度の上昇要因があったため、一概には言えず、データの蓄積が必要である。

冬期測定結果において、平均濃度として特定建築物と中小規模建築に差はなかったが、最大値はアルデヒド類及び VOCs 共に中小規模建築の方が高く、TVOC の最大値も中小規模建築が高かった。平均としては似ているが、環境に偏差がより大きいことが分かる。

夏期には、中小規模建築における VOCs や TVOC で平均値と最大値が特定建築物より高く

なっているが、F04 の工事による影響があり、F04 を除けば特定建築物と有意な差はなくなる。

C.3 2019 年度測定結果

C.3.1 指針物質濃度

有意な濃度が検出されたホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエンのグラフを図 2-3-7~図 2-3-9 に、また TVOC の結果を図 2-3-10 に示す。

13 物質の中で、主に検出された物質はホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、テトラデカンであった。他にもスチレンが一部物件から検出されたが、いずれも濃度は低かった。

指針物質ではないが、ベンゼン、リモネン及びノナール、2E1H が多数物件から検出された。殆どの建物で該当物質の濃度は低い、ベンゼン (図 2-3-11) が大気環境基準 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ を若干超える物件が複数あり、E09 ではリモネンが多く検出されたが、こちらは室内にアロマ噴霧やアロマ添加加湿を行っていることが原因と考えられる。また、ウンデカン、ドデカンが一部から検出された。

ホルムアルデヒド濃度指針値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対して、特に高い建物はなかった。アセトアルデヒド指針値は $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり指針値を超える物件はなかったが、夏期の E07 のみが $43\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。E07 では個別 VOC や TVOC 濃度は高くなかった。

他に個別 VOC で、夏期・冬季共に溶剤系 VOCs (トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン) で高い濃度を示しているところはなかった。

他に個別 VOC や TVOC で高い濃度を示す建物はなかった。p-ジクロロベンゼンは濃度が高くなるところはなかったが、夏期に検出率 100%、冬期 27%と季節による差が大きい。テトラデカンも同様に濃度が高いところは存在しないが、夏期 91%、冬期 27%の検出率を示した。

洗剤、芳香剤など生活用品にも多用される香り成分であるリモネンは、夏冬期とも室内での検出は E08 の 1 物件のみであったが、夏期

184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬期 229 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とオフィスの室内濃度としては高い値を示した。ノナナールは夏期 91%、冬期 82% の検出率を示しているが濃度が高いところはなかった。

可塑剤として用いられる DEHP の加水分解成分である 2E1H はオフィスで頻繁に検出される物質であり注意する必要があるが、本研究でも夏期 91%、冬期 73% と高い検出率を示した。検出されて室内の平均濃度は夏期 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬期 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と他の溶剤系成分よりも高い。

C.3.2 ベンゼン濃度

ベンゼンの測定結果を図 2-3-11 に示す。

ベンゼンはシックハウス関連の指針物質として指定されていない。室内発生源は石油など燃焼器具が主となることから発生源が制限されること、また日本国内は外気濃度が低いことから室内濃度指針値は定まっていない。大気濃度基準としては 1 年平均値が 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となっている。

今回の測定では室内で検出された例は 11 ヶ所中夏期 3 件、冬期が 5 件あった。検出濃度も大気環境基準 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるところが多く、外気由来のところが多いと判断されるなか、外気濃度が低くても室内で環境基準を超える物件が見られるため、室内発生源についても注意する必要がある。ベンゼンについては今後も継続観察が必要と考えられる。

C.3.3 季節及び建築規模による検討

図 2-3-12 及び図 2-3-13 に示すように、主に検出された物質に対して、季節及び建築規模による違いがあるかを検討した。

アルデヒド類は特定建築物、中小規模建築共に冬期より夏期の平均濃度が高い。VOCs の平均濃度に対しては冬期の中小規模建築のトルエン及び p-ジクロロベンゼン濃度が夏期より高い他は全体的に夏期濃度が冬期より高い傾向を示している。p-ジクロロベンゼンは冬期に 3 件のみから検出され、そのうちの特定建築物 2 件は濃度が低く、中小規模である E12 の 1 件のみが濃度が高かったため平均値としての意味をなさない。

TVOC においても同様に特定・中小規模に関わらず夏期の平均濃度が冬期より高い。

建物規模による濃度の違いが見られ、特定建

築物が中小規模建築より全体的に濃度が低い傾向が見られた。特定建築物は平面が広く空間容積に対する各面面積の割合が低い上、中央式空調の割合が高いことから、外気導入（換気）による空気清浄と濃度低減の効果が考えられる。

アルデヒド類、個別 VOCs、TVOC 共に平均濃度としても特定建築物が中小規模建築より低い、最大値（検出濃度範囲）においても中小規模建築の方が高く、環境に偏差がより大きいことが分かる。

D. まとめ

2019 年 1 月に厚生労働省により、既存指針物質であるキシレン、フタル酸ジ-n-ブチル (DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) の 3 物質に対する濃度指針値が強化された。さらに、エチルベンゼンの指針値の見直し、新たな物質としてテキサノール、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジソブチレート (TXIB) に関する議論が行われている。

2017 年度の実測では、季節に関わらずいずれの建築物においてもホルムアルデヒドをはじめ厚生労働省の室内化学物質指針値及び TVOC 暫定目標値を上回る建物はなかった。

2018 年度の測定から、13 物質の中で主に検出された物質はホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、テトラデカンであった。他にもスチレン、p-ジクロロベンゼンが少数物件から検出されたが、いずれも濃度は低かった。

室内に喫煙室があった物件でアセトアルデヒドがやや高めに検出された。溶剤系 VOCs が高く検出されれば物件が 1 件あったが、こちらは改修工事による影響と判断された。今回の測定から特段高濃度を示す建物はなく、化学物質に関して厚生労働省の指針値を超えることはなかった。

2019 年度の測定からも特段高濃度を示す建物はなく、化学物質に関して厚生労働省の指針値を超えることはなかった。指針物質ではないが、ベンゼン、リモネン、ノナナール、2E1H が多くの物件から検出された。殆どの建物で該当

物質の濃度は低い、アロマ噴霧やアロマ添加加湿器を使う物件からリモネンが $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後で検出された。当該物件は TVOC も他の建物より高く、アロマ成分による影響と考えられる。ベンゼンが検出された物件では検出濃度も大気環境基準 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるところが多く、外気由来のところが多いと判断されるなか、外気濃度が低くても室内で環境基準を超えるところが見られたため、室内発生源についても注意する必要がある。アルデヒド類、個別 VOCs、TVOC 共に平均濃度としては、夏期濃度が冬期より高い傾向を示した。特に p-ジクロロベンゼンや 2E1H は季節間の差が明確に現れた。

建物規模による濃度の違いが見られ、特定建築物が中小規模建築より全体的に濃度が低い傾向が見られ、最大値（検出濃度範囲）においても中小規模建築の方が高く、環境に偏差がより大きかった。

空間容積に対する各面面積の割合、在室密度、空調方式の違いによると考えられ、特に中小規模建築に比べて特定建築物には中央式空調の割合が高く、中央式空調の利点が現れていると考えている。今後、相関分析を行い明確は相関があるかを検証する必要がある。

E. 参考文献

1) 厚生労働省、医薬・生活衛生局 医薬品審査管理課 化学物質安全対策室：シックハウス対策 HP—シックハウス関連化学物質の室内濃度指針値、

<http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/situnai/hyou.html> (accessed on 2019.5.10)

2) 厚生労働省：シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会、第11回～第17回議事録、<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi> (accessed on 2018.6.20)

表 2-3-2 2017 年度調査のアルデヒド類濃度[μg/m³]

Carbonyls	2017年8月(北海道)						2018年1月(東京)						2018年3月(大阪)			
	H01		H02		H03		E01		E02				W01		W02	
	In	OA	In	OA	In	OA	In	OA	1F	2F	3F	OA	In	OA	In	OA
Formaldehyde	20	4	14	7	15	2	12	2	5	6	6	1	14	3	31	
Acetaldehyde	14	4	11	5	8	3	12	4	5	6	7	4	12	3	23	
Acetone	24	4	15	4	20	5	23	3	11	17	17	3	28	3	68	
Propionaldehyde	3	3	4	3		3	10	6	8	9	9	7				
Crotonaldehyde													15	18	38	
2-Butanone								4								
Methacrolein		3				3						8			5	
n-Butyraldehyde														4		
Benzaldehyde																
Valeraldehyde																
m-Tolualdehyde																
Hexaldehyde																

表 2-3-3 2017 年度調査の VOCs 濃度[μg/m³]

VOCs	2017年8月(北海道)						2018年1月(東京)						2018年3月(大阪)			
	H01		H02		H03		E01		E02				W01		W02	
	In	OA	In	OA	In	OA	In	OA	1F	2F	3F	OA	In	OA	In	OA
2-Butanone																
Hexane																
Ethyl Acetate							7								14	26
Benzene																
Methyl Isobutyl Ketone																
Toluene	12		7		11		9	4		4	4	3	11	8	14	16
Ethylbenzene	8				9		3						4	2	3	4
Xylene					32		6									5
Styrene																
Nonane	12				12								5		5	
α-Pinene																
1,2,3-Trimethylbenzene					28										4	
p-Dichlorobenzene																
D-Limonene	8				5		3						3			
Undecane					18		2								5	
Nonanal					6		3			3			7		9	
Dodecane	4				3		1									
Tridecane					3											
Tetradecane					3		1								2	
Hexadecane															2	
TVOC	161	-	11	-	303	15	120	9	11	41	4	6	87	26	109	66

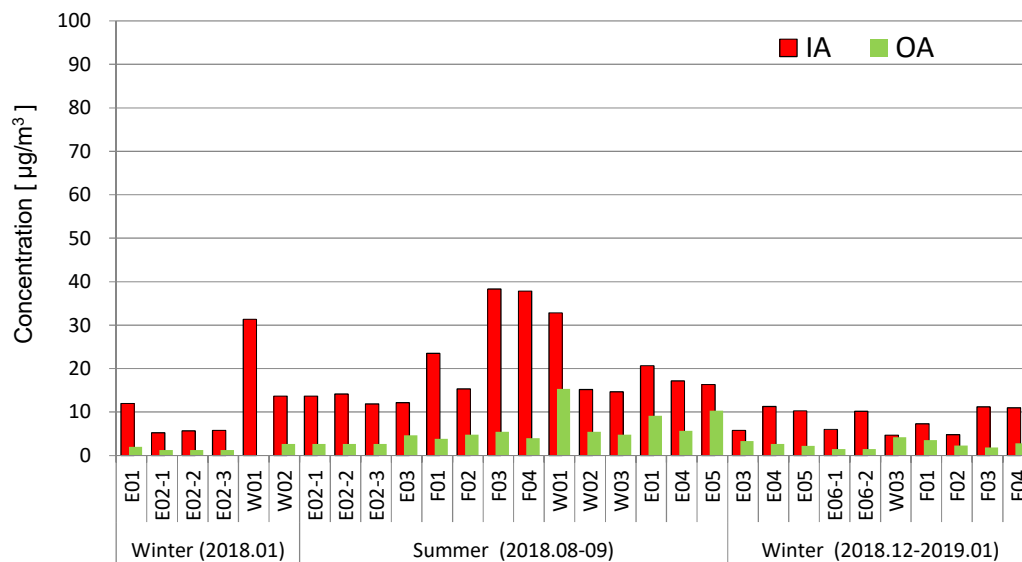


図 2-3-1 ホルムアルデヒドの空气中濃度 (2018 年度)

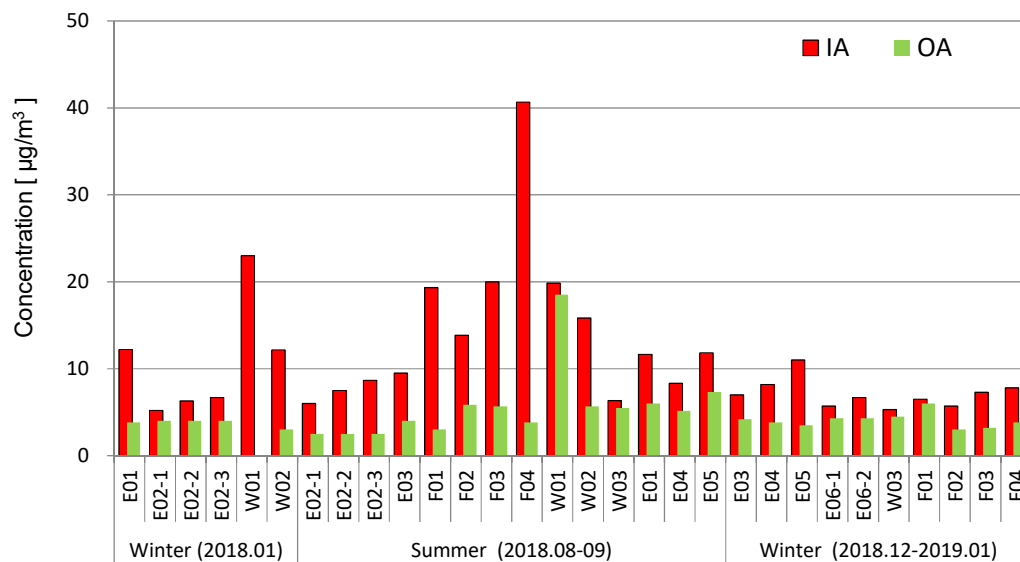


図 2-3-2 アセトアルデヒドの空气中濃度 (2018 年度)

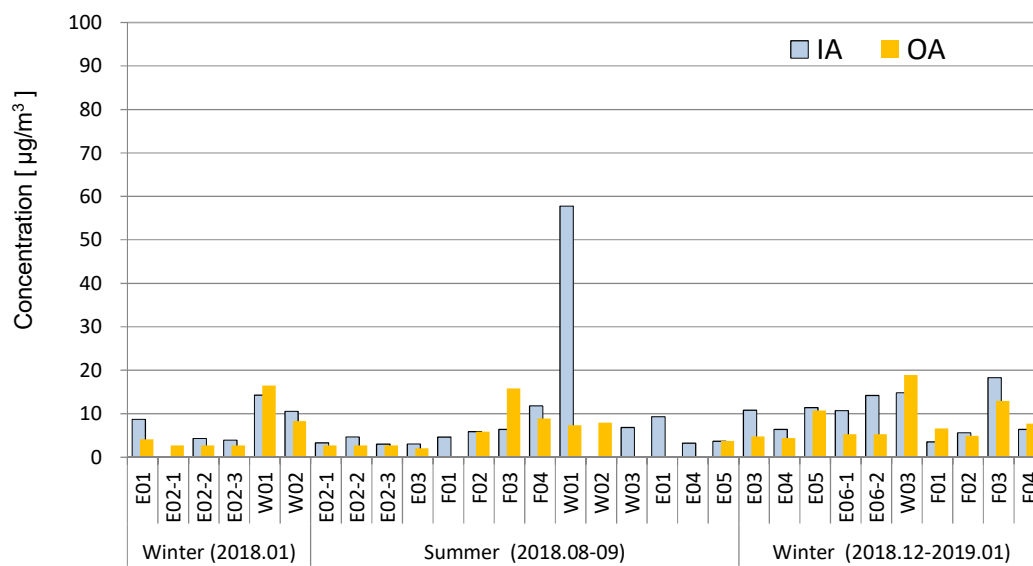


図 2-3-3 トルエンの空气中濃度 (2018 年度)

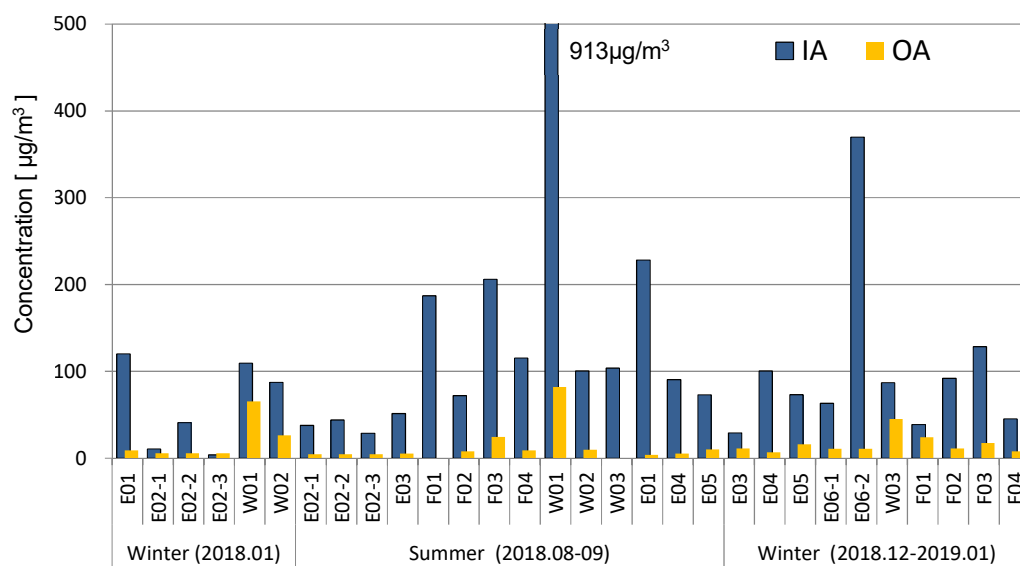


図 2-3-4 TVOC 空气中濃度 (2018 年度)

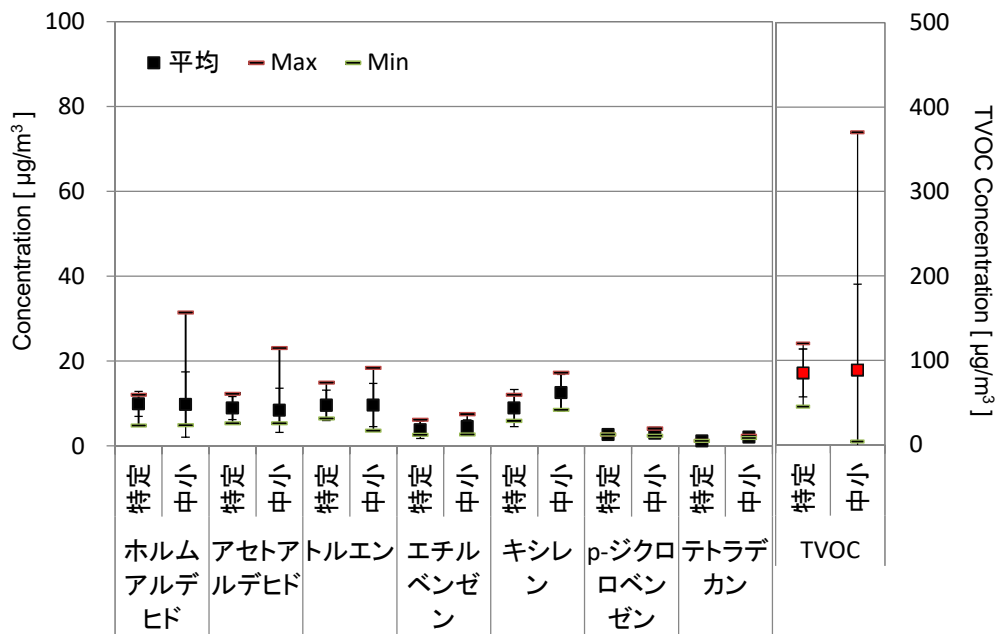


図 2-3-5 冬期の化学物質濃度 (2018 年度)

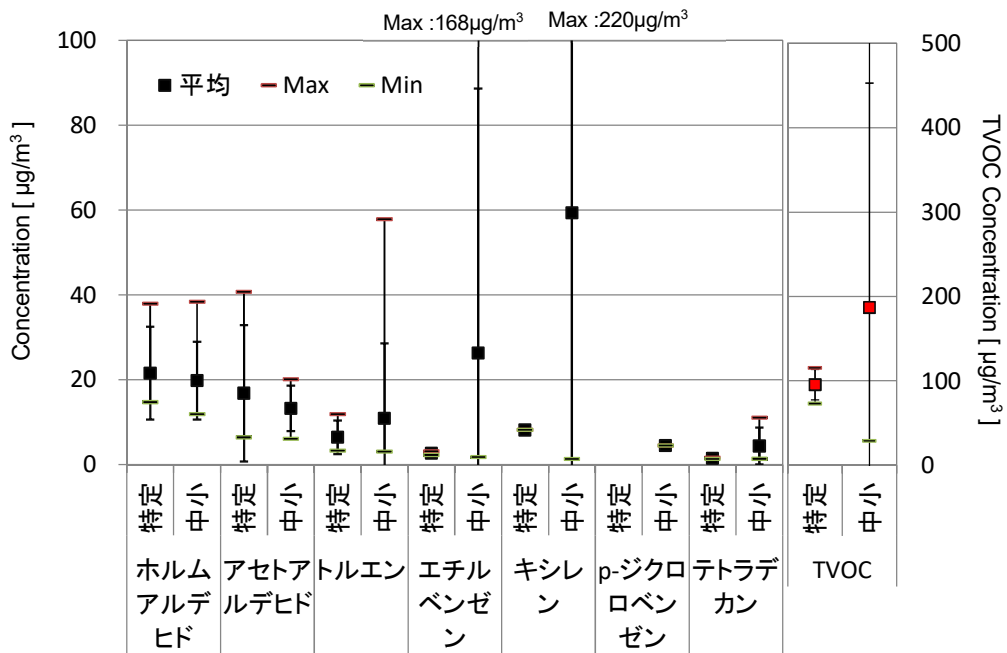


図 2-3-6 夏期の化学物質濃度 (2018 年度)

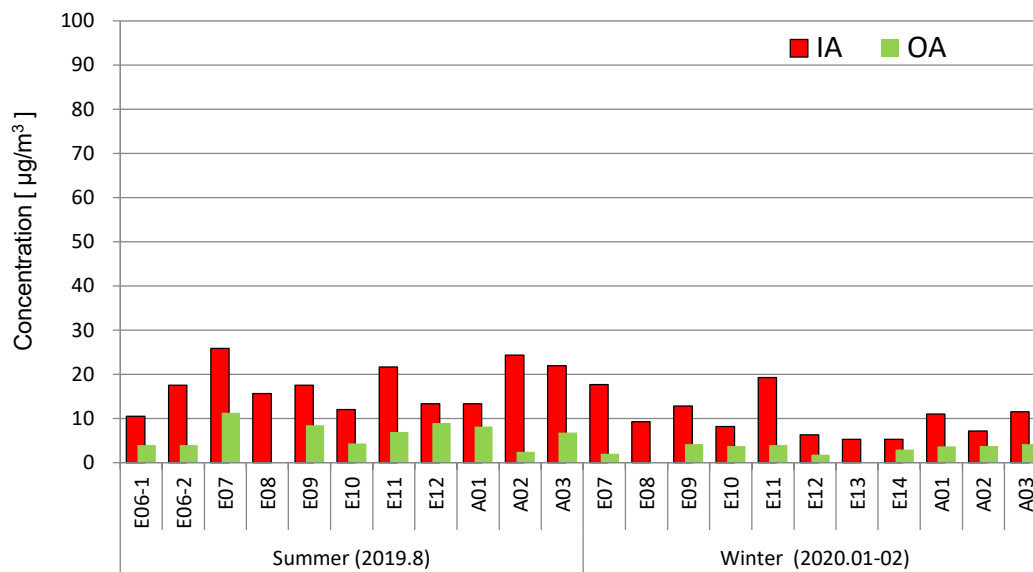


図 2-3-7 ホルムアルデヒドの空气中濃度 (2019 年度)

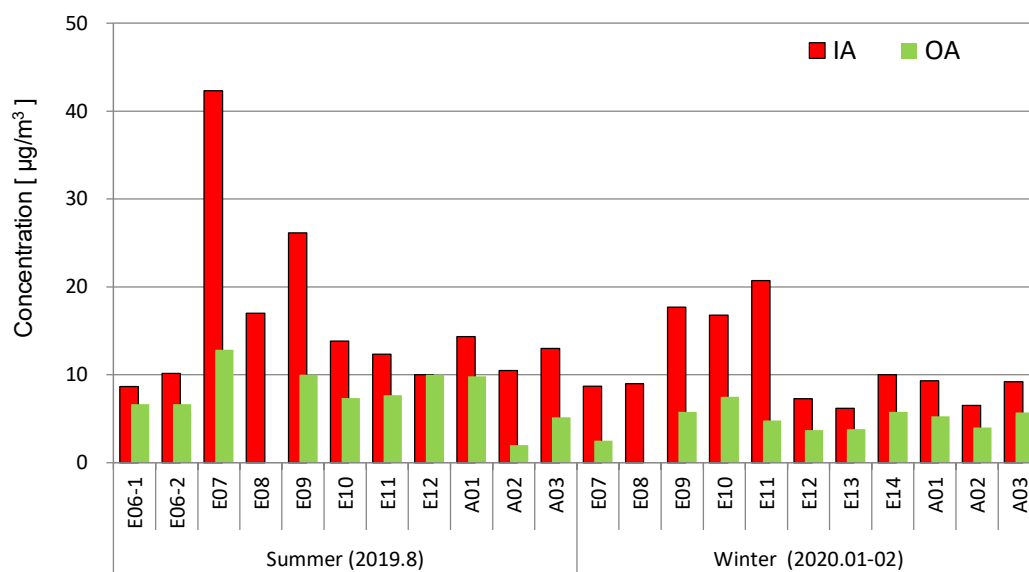


図 2-3-8 アセトアルデヒドの空气中濃度 (2019 年度)

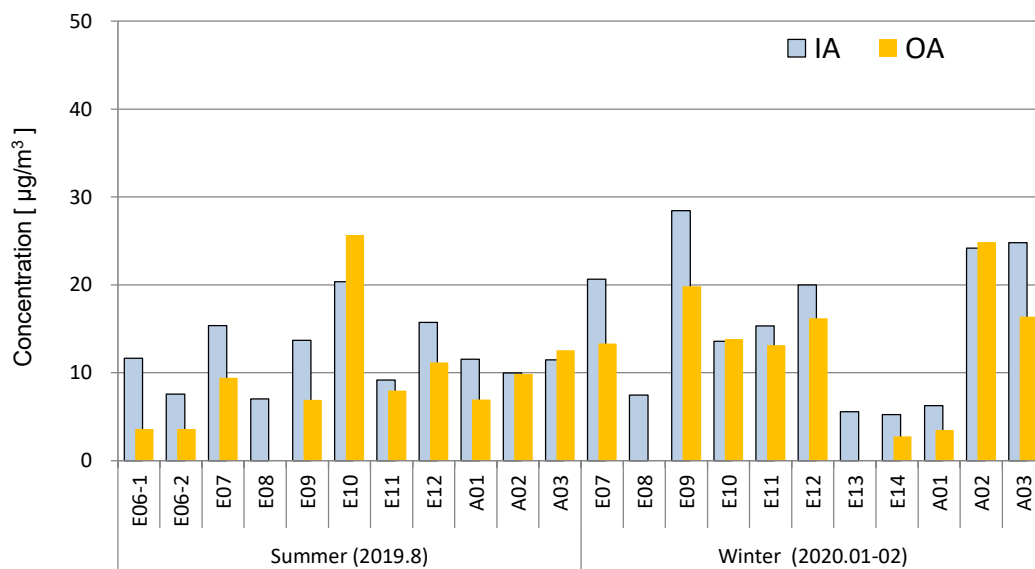


図 2-3-9 トルエンの空气中濃度 (2019 年度)

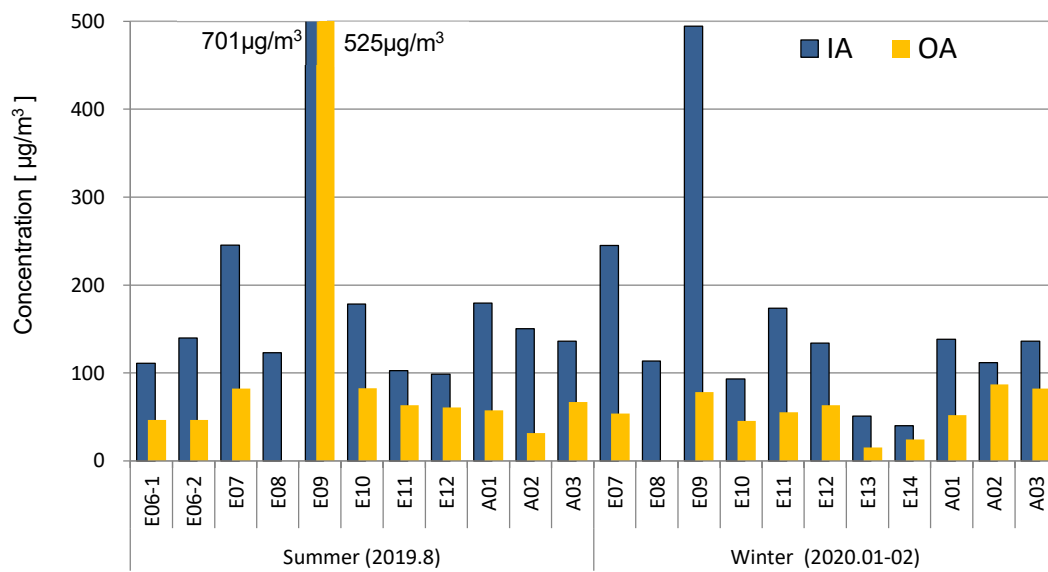


図 2-3-10 TVOC 空气中濃度 (2019 年度)

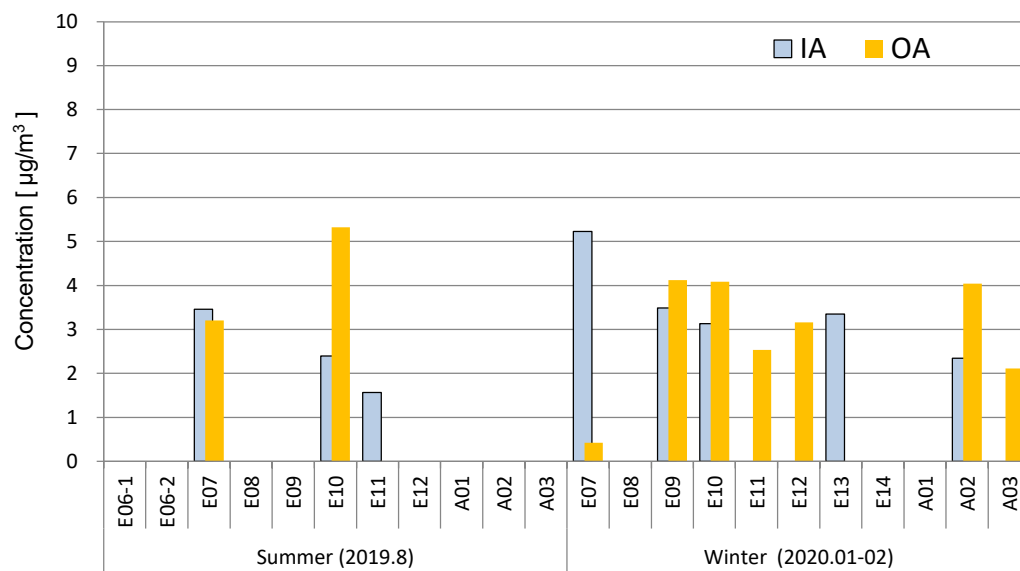


図 2-3-11 ベンゼンの空気中濃度 (2019 年度)

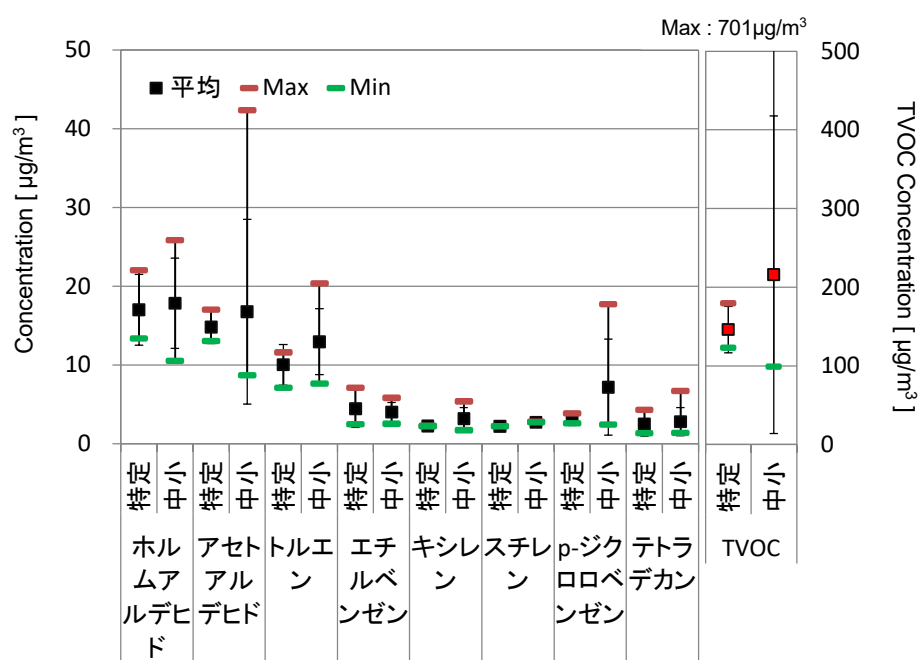


図 2-3-12 夏期の化学物質濃度 (2019 年度)

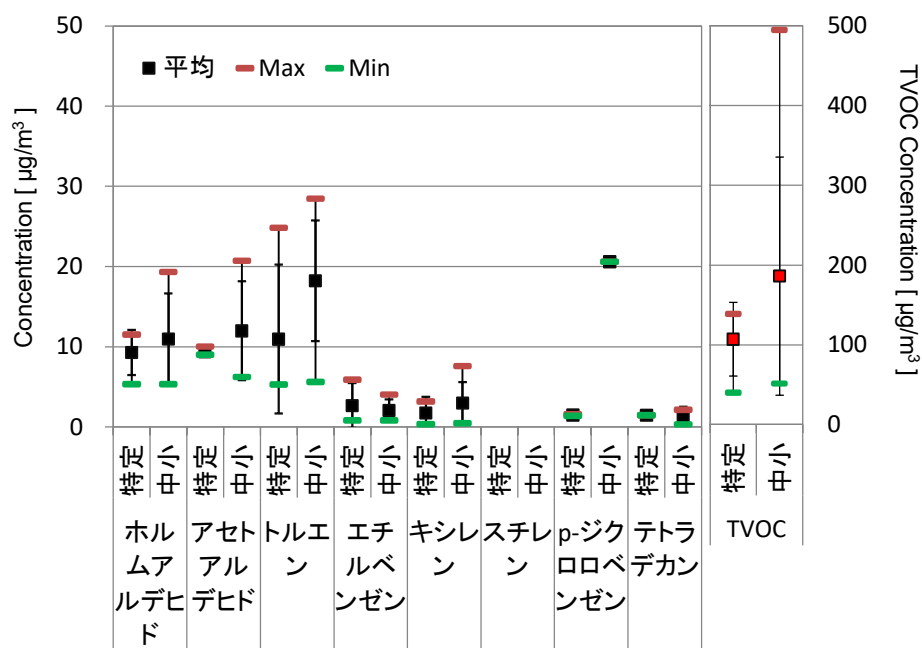


図 2-3-13 冬期の化学物質濃度 (2019 年度)

2-3-2 2-エチル-1-ヘキサノールの実態

A. 研究目的

揮発性有機化合物（VOC）の一つである 2-エチル-1-ヘキサノール（2E1H）は、塩ビ建材、接着剤、塗料などの建材から発生し、健康被害をもたらすことが指摘されている¹⁾。また、2E1H は特異臭があるため、建物内での悪臭の原因にもなり得る。これまで 2E1H は室内では未規制であったが、多くの建物で検出されるようになり、中には高濃度で検出される室内も存在することから、厚生労働省は平成 29 年 4 月に、2E1H を揮発性有機化合物の室内濃度に関する指針値に追加する改定案を示し、その後もパブリックコメントなどの意見を踏まえ、指針値を定めることを検討している^{2,3)}。なお、この議論においては、主に住宅における室内濃度を基に検討しており、建築物については情報が少ないことが課題である。よって、建築物における室内 2E1H 濃度の実態把握を行い、今後の建築物における低減対策を進めることが必要であると考えられる。

建材からの 2E1H 発生には、一次発生と二次発生が知られている。一次発生は建材の製造中に含有された 2E1H が発生することを示す。二次発生は、コンクリートなどの下地に施工した塩ビ建材や接着剤に含まれる可塑剤のフタル酸ジ-2-エチルヘキシル（DEHP）がコンクリートに含まれるアルカリ水溶液によって加水分解されることで 2E1H を生成し、発生することを示す^{4,5)}。タイルカーペット及び塩化ビニルがコンクリート下地に直接敷かれている部屋では、2E1H の濃度が高いと報告されている⁶⁾。近年では事務所建築物において、フリーアクセスフロアが多用され、直接コンクリート下地に接触する機会は少ないものの、コンクリート製フロアパネルを利用したフリーアクセスフロアも存在しており、このような建材からの二次発生が促進される可能性が高い。よって、建築物における床仕様に着目することで、上述のような発生機構による 2E1H の室内空気質の影響を把握することが重要であり、対策についても検討が可能となる。

そこで本報告では、事務用途の特定建築物及び非特定建築物における室内の実測によっ

て、2E1H の実態を把握することとした。

B. 研究方法

室内 2E1H 濃度の実態調査については、表 2-3-4 に示す東京・埼玉、大阪、福岡の事務所建築物（建築物 E、W、F）に加え、他の建物（建築物 A）を含めて表 2-3-4 に示す建築物において 2018 年度の夏期と冬期及び 2019 年度の夏期を対象とした。

2E1H の発生源として、床材からの発生が考えられることから、それぞれの居室の床仕上げについても確認した。各部屋とも床にタイルカーペットが敷かれていた。床の仕様として、タイルにカーペットを置いたもの、コンクリートスラブにカーペットを置いたもの、OA フロアで金属製フロア、コンクリート製フロアと分類を行った。

測定対象室内では、VOC 濃度の他、温湿度・CO₂ 濃度の測定を行った。また、温湿度、CO₂ 濃度については、外気においても測定を行った。測定方法として、温湿度、CO₂ 濃度については、CO₂ Recorder TR-76Ui（T&D 製）を、VOC については、Tenax TA 管（0.3 L/min、30 分捕集）により捕集、GC/MS（島津製作所、GC/MS-QP5050 又は GC/MS-QP2010SE）により分析を行った。

なお、当日室内の換気回数 N [回/h] は在室者数と室内・外気の CO₂ 濃度から以下の式で算出した。また、換気量は、換気回数に室容積 V を乗じて求めた。

$$N(\text{回/h}) = \frac{M}{(C_{in} - C_{out}) \times 10^{-6} \times V}$$

M : CO₂ 発生量[m³/h] = 0.02 × 在室者数

C_{in} : 室内 CO₂ 濃度 [ppm]

C_{out} : 外気 CO₂ 濃度 [ppm]

V : 室容積 [m³]

C. 結果及び考察

C.1 建築物における実測調査

図 2-3-14 に 2E1H 濃度と TVOC 濃度に対する比を示す。2E1H は冬期の E02 を除いた全ての建物で検出された。最も高かったのは夏期の E01 で 122.6 µg/m³ であった。E01 はコンクリートスラブにタイルカーペットを直貼りにして

表 2-3-4 事務所建築物の実測調査における調査対象室の概要

Building ID	Location	Sampling places	Floor material	Summer	Winter
E01	Tokyo	-	Concrete+Carpet	○	○
E02		1F	OA (Steel) +Carpet	○	○
		2F		○	○
		3F		○	○
E03		Saitama	-	Tile+Carpet	○
E04	-	Concrete+Carpet	○	○	
E05	-	OA (Steel) +Carpet	○	○	
W01	Osaka	-	Tile+Carpet	○	○
W02		-	Concrete+Carpet	○	○
W03		-	Tile+Carpet	○	○
F01	Fukuoka	-	Concrete+Carpet	○	○
F02		-	Concrete+Carpet	○	○
F03		-	Concrete+Carpet	○	○
F04		-	OA (Steel) +Carpet	○	○
A01	Tokyo	-	OA (Steel) +Carpet	○	○
A02		roomA	Tile+Carpet	-	○
		roomB		-	○
A03		1F	Concrete+Carpet	-	○
		5F	OA (Steel) +Carpet	-	○
A04		-	OA (Steel) +Carpet	-	○
A05		-	OA (Concrete) +Carpet	○	○
A06		-	Concrete+Carpet	○	-
A07		-	Concrete+Carpet	○	-

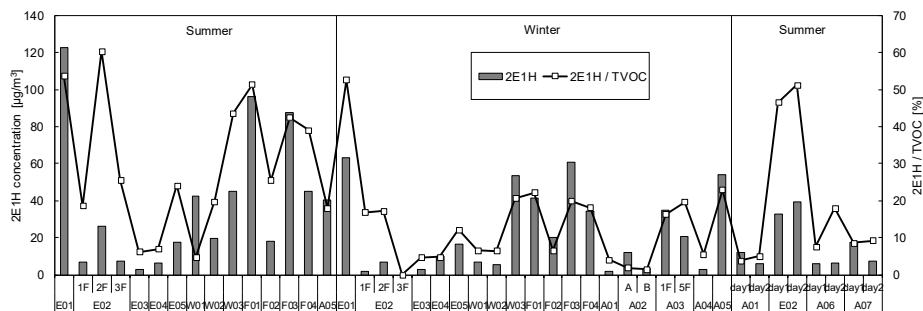


図 2-3-14 夏期と冬期における 2E1H 濃度と 2E1H / TVOC 比

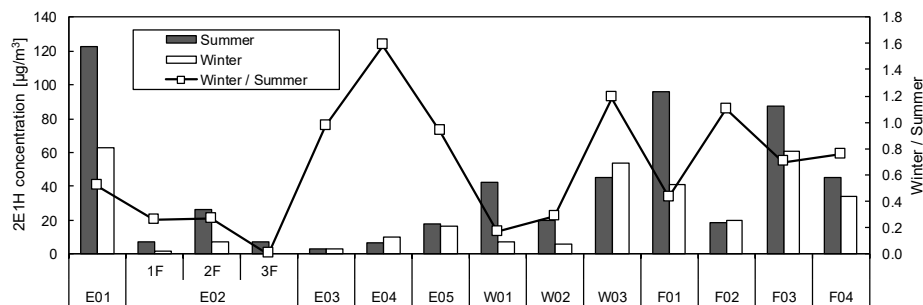


図 2-3-15 夏期と冬期の 2E1H 濃度の比較

いる建物であるため、二次発生が主な要因として考えられ、指針値として提案されていた $130\mu\text{g}/\text{m}^3$ に近い値であった。

2E1H 濃度と TVOC 濃度に対する比 (2E1H / TVOC 比) については、建物によりばらつきは

あるものの、2E1H 濃度の高い建物は TVOC も高い値を示す傾向にあり、TVOC に対して 50% を上回る濃度の建物もあった。これより、2E1H が事務所室内の空気質汚染の主な化学物質であり、室内空気質に影響を与えていることが明

らかとなった。多くの建物で夏期から冬期にかけて減少する傾向が見られた。これにより、2E1H の発生は季節の変化に影響を受けるものと推測される。

夏期と冬期に測定を行った E01, E02, E03, E04, E05, W01, W02, W03, F01, F02, F03, F04 における 2E1H の濃度と夏期と冬期の濃度比を図 2-3-15 に示す。多くの建物で夏期から冬期にかけて減少する傾向が見られた。これにより、2E1H の発生は季節の変化に影響を受けるものと推測される。

図 2-3-16 に CO₂ 濃度により算出した換気量と 2E1H 濃度の関係について示す。換気量が大きくなるにつれて 2E1H が低濃度となる傾向となった。これより、換気が室内空気中の 2E1H 濃度の低減に一定の効果があると考えられる。今回 1 棟のみであったコンクリート製フロアパネルを使用している建物(図 2-3-16 中の●)においては、換気量が多いにもかかわらず、比較的高い濃度で 2E1H が検出された。

床の仕様別に 2E1H 濃度をまとめたものを図 2-3-17 に示す。コンクリートスラブにカーペットを直貼りにした一部の建物では、2E1H が高濃度で検出された。一方で、金属製フロアパネルを使用している建物の多くは 2E1H 濃度が低い傾向にあった。

また、図 2-3-18 に室内の絶対湿度と 2E1H 濃度の関係を示す。2E1H の二次生成には、水分の影響が大きいこと知られているが、空気中の湿気の絶対量が多い方が、2E1H の濃度が高い傾向となった。よって、二次生成においても、環境中の湿度も 2E1H 濃度に影響を与えていることが示唆される。

以上より、床の仕様が 2E1H の発生に影響を与えている可能性があり、コンクリートスラブに直貼りをしている建物及び、コンクリートフロアパネルを使用した OA フロアにおいては二次発生の可能性が高い傾向となった。さらには、絶対湿度との関係も見られ、室内濃度低減の為に、換気以外にも発生源の対策を講じる必要があると考えられる。

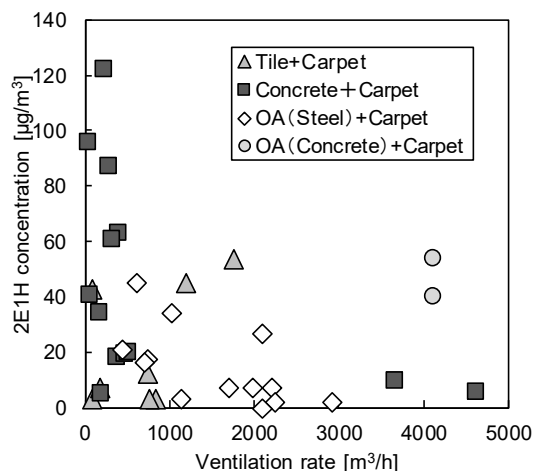


図 2-3-16 換気量と 2E1H 濃度の関係

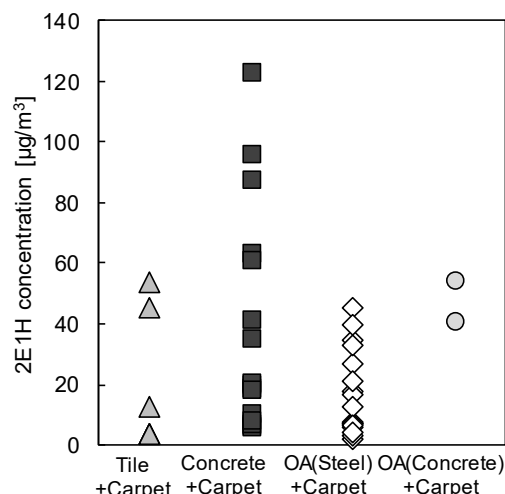


図 2-3-17 床仕様別の 2E1H 濃度のまとめ

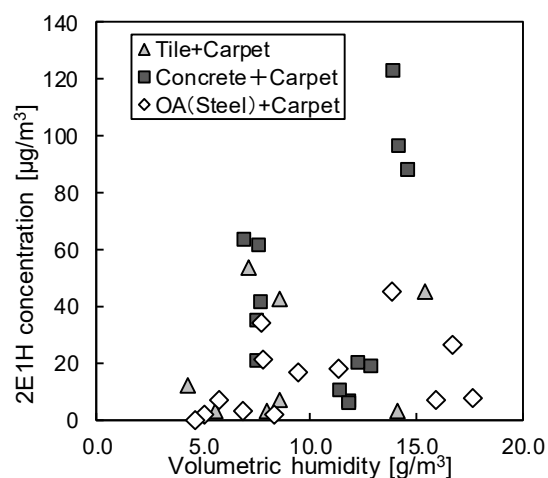


図 2-3-18 容積絶対湿度と 2E1H 濃度の関係

D. まとめ

建築物室内における 2E1H 濃度の実態を把握するために、夏期及び冬期の 19 件の事務所用途の特定建築物及び非特定建築物において実測を行った。結果として、2E1H は多くの室内で検出され、TVOC に占める 2E1H の濃度が 50% を超える建物もあり、2E1H が室内環境の汚染に影響を与えていることが明らかとなった。また、コンクリートが床下地である室内では、2E1H 濃度は高く、金属製のフリーアクセスフロアの室内では低い傾向が見られた。さらに絶対湿度と 2E1H 濃度との関係も見られ、対策を講ずるためには、換気の他にも、床仕様、環境湿度などが 2E1H の発生に影響を与えていることが示唆された。

E. 参考文献

- 1) 東賢一, 池田耕一, 久留飛克明, 中川雅至, 長谷川あゆみ, 森有紀子, 山田裕巳: 建築に使われる化学物質事典, 株式会社風土社, 2006.5.1.
- 2) 厚生労働省 医薬・生活衛生局医薬品審査管理課化学物質安全対策室: 第 21 回シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会 議事録, 2017.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000166151.html> (参照 2019.2.14)
- 3) 厚生労働省 医薬・生活衛生局医薬品審査管理課化学物質安全対策室: シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会 中間報告書 - 第 23 回までのまとめ, 2019.1.
<https://www.mhlw.go.jp/content/000470188.pdf> (参照 2019.2.14)
- 4) 千野聡子, 加藤信介, 徐長厚: 塩化ビニル床材からの可塑剤分解物質等の放散メカニズムの解明(その 7)床材内での VOCs の拡散と放散性状, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(仙台), 493-496, 2007.
- 5) 長尾 聡子, 加藤 信介, 徐 長厚, 安宅 勇二: 塩化ビニル床材からの可塑剤分解物質等の放散メカニズムの解明(その 4)床材接着剤からの化学物質放散性状に関する検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(長野), 515-518, 2006.
- 6) 上島通浩, 柴田英治, 酒井潔, 大野浩之, 石原伸哉, 山田哲也, 竹内康浩, 那須民江: 2-エチル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染室内濃度, 発生源, 自覚症状について, 日本公衛誌 52(12), 1021-1031, 2005.

2-4 室内 PM_{2.5}

A. 研究目的

浮遊粒子に関する建築物室内の基準は、建築物衛生法で粒径 10 μm 以下の粒子を対象として 0.15 mg/m³ 以下と設定されている。一方、大気環境では PM_{2.5} を対象として 1 年平均が 15 μg/m³ 以下、1 日平均が 35 μg/m³ と設定されている¹⁾が、建築物室内の PM_{2.5} に関する基準はない。

平成 28 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）「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」²⁾では、特定建築物において室内 PM_{2.5} の実測調査を行った。結果として、室内 PM_{2.5} 濃度は 2～30 μg/m³ 程度となり、大気の基準である「1 日平均値が 35 μg/m³ 以下」は下回った。また、I/O 比（室内濃度/外気濃度の比）については、同一建物内の濃度は概ね同様の値を示しており、室内での発生源のほか、浮遊粒子の粒径分布、空調方式の種類より検討することで、外気からの侵入する微粒子を処理する空調機（フィルタ）の特性が関係しているものと示唆された³⁾。

本研究では、中規模建築物においても、同様に室内 PM_{2.5} 濃度の実測を行うことで、建築物における室内 PM_{2.5} 濃度のデータの蓄積と共に、特定建築物・非特定建築物の比較、中央式・個別空調方式の比較を行うことで、その特徴について検討した。更に I/O 比の観点から、室内 PM_{2.5} 濃度は外気濃度に影響を強く受ける。よって、日本全国の PM_{2.5} 濃度の傾向について整理し、特徴の把握を行った。

B. 研究方法

B.1 建築物における実測調査

対象とした建築物は、表 2-1-1 に示すとおり事務用途となっている。2018 年度、2019 年度の夏期及び冬期において、東京、埼玉、神奈川、大阪、福岡、群馬における建築物にて行った。建物は、表 2-4-1 に示す延床面積 3000 m² 以上の特定建築物、延床面積 3000 m² 未満の中規模の非特定建築物となっていた。各建築物の空気調和方式については、外調機を有する中央方式、ビルマル及び換気設備による個別方式に分類した。また、換気設備が当日稼働されていない建物もあった。

PM_{2.5} の測定には、多くの既往の研究において用いられている可搬型の PM_{2.5} 計（TSI DustTrak DRX 8533）を用いることとした。この装置は、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。ただし、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、この係数を大気で通常用いられている 0.38 として表示する。測定については、各対象部屋において 30 分程度の計測を行った。また、外気においても同様に測定を行った。

さらに、同時に浮遊粉じんの測定に使用されるデジタル粉じん計（LD-5）を用いて、この粉じん計の標準採気口に PM_{2.5} 用サイクロン式分級装置を装着することで PM_{2.5} の測定を行った。上述の PM_{2.5} 計と値を比較することで、室内測定において粉じん計適用の可能性について検討を行った。

B.2 日本全国大気 PM_{2.5} 濃度

日本全国の大気中 PM_{2.5} 濃度については、国立環境研究所で公開されている環境数値デ

表 2-4-1 実測対象建物の概要

ID	E01	E02	E03	E04	E05	E06	T01	W01	W02	W03	F01	F02	F03	F04	E07	E09	E10	E11	E12	E13	E14	A01	A02	A03
City	Tokyo / Saitama / Kanagawa							Osaka			Fukuoka				Tokyo / Kanagawa / Gunma							Aichi		
Type ¹⁾	N	N	N	S	S	N	S	N	N	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	S	S	N	S	
AC ²⁾	I	I	I	C	I	C	C	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	C	I	I	C	C	I	I
Summer	2018					2019	2018								2019									
Winter	2018									2019					2019									

1) S: Specific building, N: Non-specific building

2) C: Central air conditioning, I: Individual air conditioning

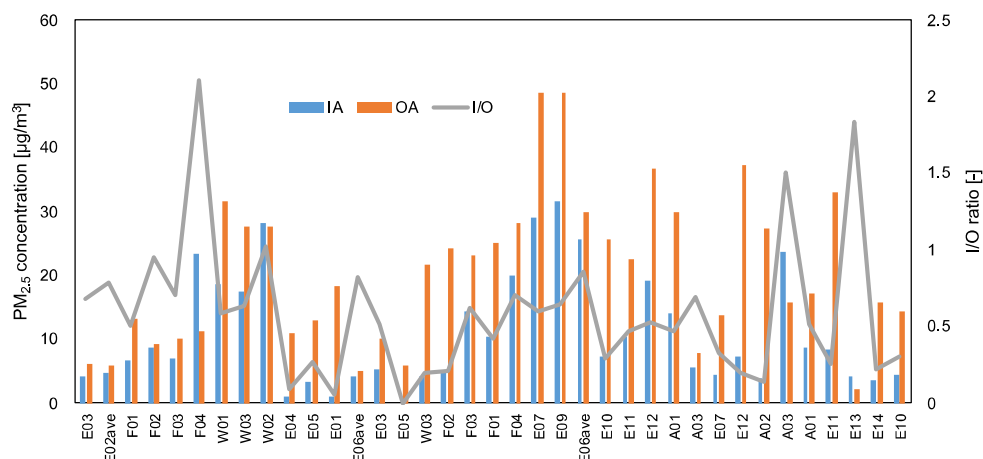


図 2-4-1 各建築物の PM_{2.5} 濃度と I/O 比 (DustTrak)

データベースを元に、都道府県別の PM_{2.5} 濃度についてまとめた (<http://www.nies.go.jp/igreen/index.html>)。なおここでは、各都道府県における一般環境大気測定局（一般局）及び自動車排出ガス測定局（自排局）における平成 27 年度（平成 27 年 3 月～平成 28 年 4 月）のデータを使用した。

C. 結果及び考察

C.1 建築物における室内 PM_{2.5} 濃度と特徴

図 2-4-1 に DustTrak により測定した各室内 (IA) 及び外気 (OA) における PM_{2.5} 濃度の測定結果及び室内と外気濃度の比である I/O 比を示す。今回の室内濃度については、全ての室内において 35 µg/m³ 以下となっており、大気の基準値の「1 日平均値が 35 µg/m³ 以下」を下回る結果となった。なお、外気については、室内よりも高い値になっており、大気の基準値である「1 日平均値が 35 µg/m³ 以下」となった。同一建物である例えば E02 においては 3 部屋とも室内濃度及び I/O 比が同じ値になった。I/O 比は、1 以下となること、同一建物においては同様の傾向となることについては、特定建築物における調査結果と同じ傾向であり、建築物の外調機及び換気装置に含まれるエアフィルタなどの設備による影響が大きいものと考えられる。夏期の F04 では居室に隣接する喫煙室により、室内の濃度が高く検出され、I/O 比も 2.0 付近と非常に高くなった。しかし冬期には喫煙室の使用をやめ

ており、室内濃度は外気よりも低い濃度となった。よって、不完全な喫煙室によるたばこ煙により、非喫煙居室であっても室内 PM_{2.5} 濃度は非常に高くなることが明らかになった。E13 については、外気濃度が非常に低く、室内も低濃度であるものの、室内での発生が小さくても、I/O 比としては大きくなった。その他の建物においては、概ね I/O 比が 1 を下回っていた。よって、室内に支配的な粒子発生源が無い場合、室内の PM_{2.5} 濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響していると考えられる。

なお、暖房期に使用されている卓上超音波加湿器の使用により、光散乱方式の粉じん計及び PM_{2.5} 計はこのミストを検出することがあり、特異に高濃度に表示される場合があるため、注意が必要である。

測定機器の比較として、夏期と冬期それぞれの PM_{2.5} 濃度の結果について、PM_{2.5} 濃度計の DustTrak と粉じん計に PM_{2.5} 分級器を装着した LD-5 の相関関係を図 2-4-2 示す。両者には良い相関があり、絶対値も概ね同じ値を示した。両者とも光散乱方式を用いていることから、室内における PM_{2.5} の適切な係数値を用いることで、分級器を装着した粉じん計も十分使用できるものと考えられる。

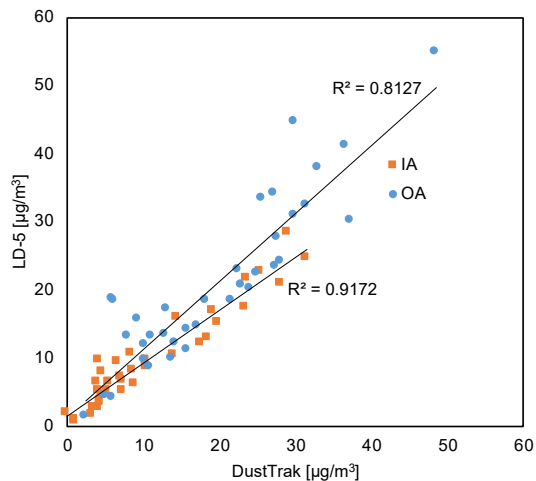


図 2-4-2 DustTrak と LD-5 による PM_{2.5} 濃度の相関

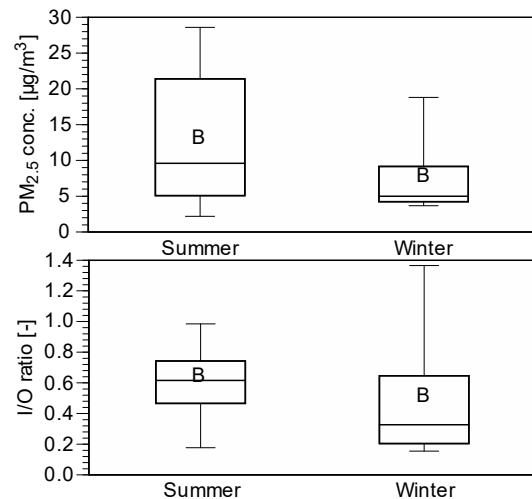


図 2-4-3 季節別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比

図 2-4-3 に、測定季節別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。なお、先述の理由により喫煙室を有した夏期 F04 の結果は除外している。PM_{2.5} 濃度と I/O 比共に、平均値は夏期より冬期の方が低い値となった。特に PM_{2.5} 濃度については、最大値が非常に高く、大気の PM_{2.5} 濃度は夏期の方が高いと推測される。I/O 比の方が季節の差は PM_{2.5} 濃度に比べれば小さいことが確認できる。

図 2-4-4 に、測定地域別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。東京（神奈川、埼玉、群馬を含む）の PM_{2.5} 濃度は大阪や福岡に比べかなり低く、大気濃度の地域差が影響しているものとなった。しかし、I/O 比は地域差が少なく、各地域の平均値は 0.3~0.6 程度となり、1 以下となった。

以上のことより、PM_{2.5} 濃度は季節や地域により変動するものの、I/O 比はそれらによらず、平均して 0.5 程度であることが分かった。逆に、I/O 比の差は、季節や地域ではなく、建物固有の特性である空調方式及び空調機内部のフィルタ性能の違いに由来すると予測できる^{4,5)}。

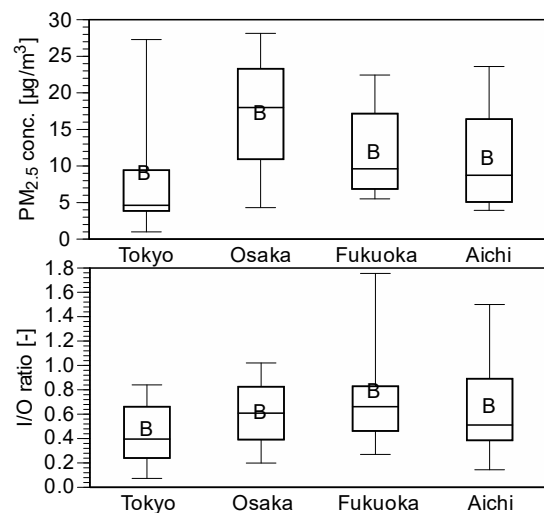
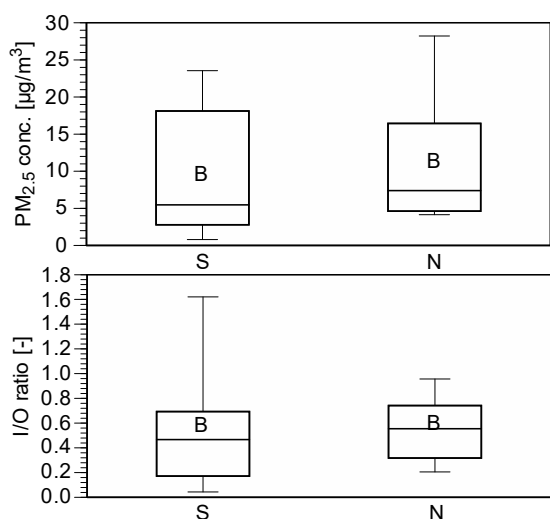


図 2-4-4 地域別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比

図 2-4-5 に、建築規模別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。なお、先述の喫煙室の影響により夏期 F04 の結果は除外している。また図 2-4-6 に、空調方式別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。特定建築物、非特定建築物の PM_{2.5} 濃度及び I/O 比の平均値は、共に同様の値を取り、違いがないことがわかる。一方、空調方式別では、中央方式の方が個別方式より低くなった。

以上より、粗じんフィルタに加えて中性能フィルタを設置していることが多い中央方式の建物では、低く抑えられることが分かった。



S:特定建築物, N:非特定建築物

図 2-4-5 建物規模別の PM_{2.5}濃度と I/O 比

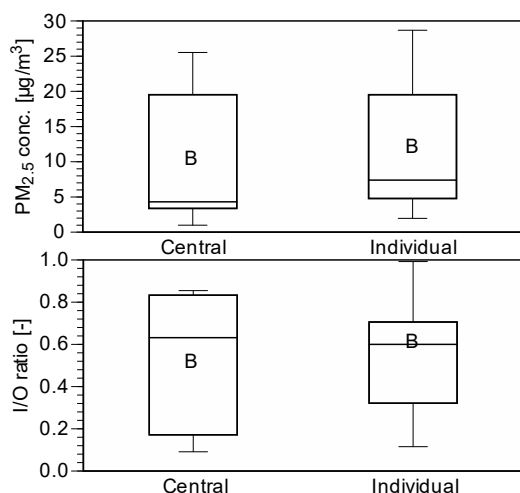


図 2-4-6 空調方式別の PM_{2.5}濃度と I/O 比

C.2 日本全国大気 PM_{2.5}濃度

図 2-4-7 に大気における PM_{2.5} の年平均値 (µg/m³) を都道府県別に表したものを示す。北海道、宮城県、秋田県、長崎県は濃度が低く、10 µg/m³であった。一方、岡山県、香川県、佐賀県、長崎県は比較的濃度が高く、16 µg/m³であった。概ね、北東部では濃度が低く、南西部では濃度が高い傾向が確認できた。瀬戸内地域においては、瀬戸内工業地域や瀬戸内海に面するため、濃度が高くなったものと考えられる。また、九州地方は大陸からの偏西風などによる越境大気汚染により、広域で高濃度現象が発生したものである。

図 2-4-8 に各都道府県において日平均値が 35 µg/m³ を超えた日数及びその割合を示す。比較すると香川県で最大 18 日、広島、愛媛、福岡でも 10 日以上であった。日平均値が 35 µg/m³ を超えた日数に関しても、南西部の方が多かった。しかし、その割合は最大日数の香川県でも 5%で、基本的には日平均値以下の濃度であることがわかった。超過した日数に関しても、南の地域の方が多いことがわかる。

図 2-4-9 及び図 2-4-10 には、各地域の月別の大気中の PM_{2.5} 濃度を示す。季節にかかわらず、南西側の地域の PM_{2.5} 濃度が高い傾向が確認できた。特に、10 月から 3 月にかけては九州地方の濃度が他の地域と比較して高い。中国からの PM_{2.5} の越境汚染は黄砂と同じ時期で 2 月～4 月に多いことから、同様の傾向が確認できた。また 5 月から 7 月は中国地方の濃度が高い。日本全体の PM_{2.5} 濃度では、4 月及び 5 月が高く、9 月、11 月、12 月の濃度は低いことがわかった。

10 月の濃度が前後の月よりも特異に高いため、図 2-4-11 及び図 2-4-12 に、10 月及び直近の 9 月における各地域の月平均及び日平均 PM_{2.5} 濃度を示す。両者を比較しても、地域によらず、全国的に 10 月の濃度が高い傾向であることがわかった。10 月においては、中国においても石炭による暖房需要のため、大気汚染が悪化することが多く、その影響が現れたものと考えられている。

図 2-4-13 には、関東地方の月平均値の月別 PM_{2.5} 濃度変化であるが、概ね 15 µg/m³ 以下であった。

なお、PM_{2.5} の経年変化は、図 2-4-14 に示す大気汚染のモニタリングを行う一般環境大気測定局（一般局）及び自動車排出ガス測定局（自排局）の年平均値から、平成 25 年度以降緩やかな改善傾向にある⁶⁾。平成 28 年度においては、夏季に梅雨前線や多発した台風影響により、各地で降水量が多く、光化学反応により生成された二次粒子が蓄積し、高濃度現象が発生しなかった。冬季には全国的に暖冬となり気象条件による高濃度現象が発生しにくい気象状況であった。そのため、この年度は気象条件の影響により、低い濃度傾向であ

ったことと考えられる。

また、近年の低減傾向は、観測値と化学輸送モデルによる解析により、中国国内のPM_{2.5}濃度レベルの低減傾向より、PM_{2.5}高濃度越境汚染が急速に改善に向かうことによるものが原因であるとしている⁷⁾。しかしながら、中国の大気汚染物質の年平均濃度は低下傾向にあるが、PM_{2.5}濃度に影響を与える様々な要因は気象条件など時期や地域によって異なること、今後は日本国内における大気汚染発生の寄与が相対的に増大することから、引き続き注視していく必要があると考えられる。

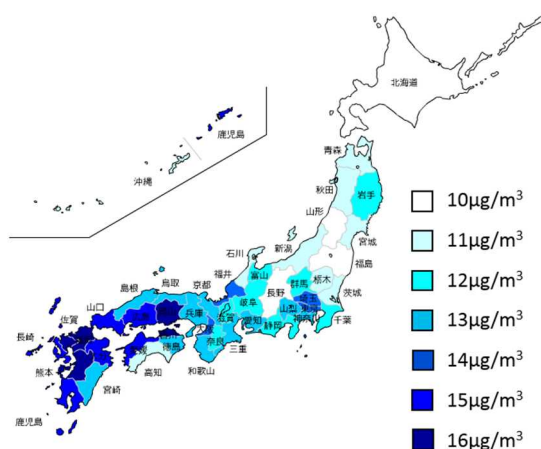


図 2-4-7 PM_{2.5}濃度地図

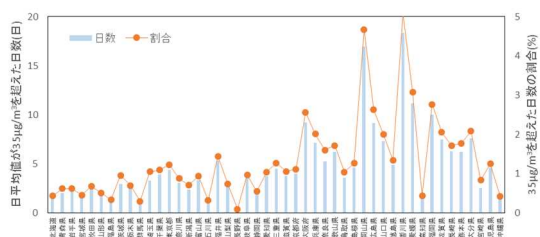


図 2-4-8 日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日数とその割合

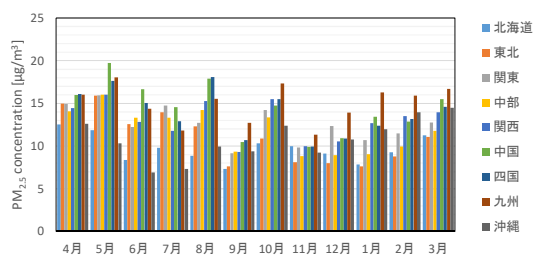


図 2-4-9 地域別月別の PM_{2.5}濃度

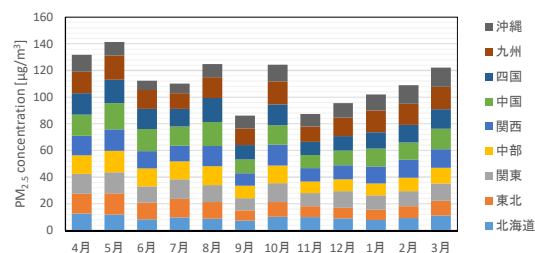


図 2-4-10 各月の各地域 PM_{2.5}濃度の積み上げ

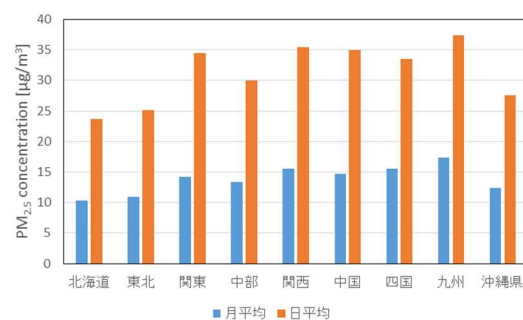


図 2-4-11 10 月の各地域月・日平均 PM_{2.5}濃度

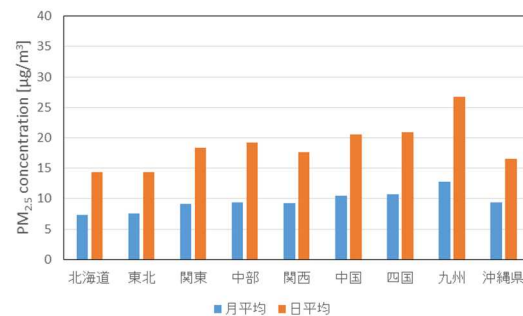


図 2-4-12 9 月の各地域月・日平均 PM_{2.5}濃度

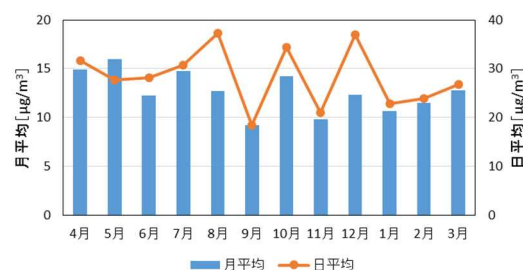


図 2-4-13 関東地方の各月の月平均・日平均

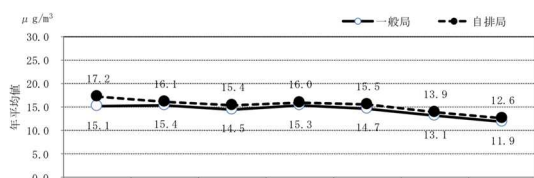


図 2-4-14 PM_{2.5}の年平均値の推移

D. まとめ

特定建築物及び非特定建築物である中規模建築物における室内PM_{2.5}濃度の測定の結果、全ての室内において35 μg/m³以下となっており、大気基準値の「1日平均値が35 μg/m³以下」を下回る結果となった。I/O比については、概ねI/O比が1を下回っていた。よって、室内に支配的な粒子発生源が無い場合、室内のPM_{2.5}濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響していると考えられた。

また、測定方法として、粉じん計にPM_{2.5}分級器を装着した計測器であっても、従来のPM_{2.5}計測器と良い相関が得られており、室内での適用可能性を示した。

建築規模、空調方式別に室内PM_{2.5}濃度、I/O比を比較すると、中央方式の空調機を有する建築物の方が低い値を示し、空調に使用されているフィルタの性能に影響されていることによるものであると示唆された。

大気におけるPM_{2.5}の傾向を調査した結果、近年は減少傾向にあるものの、地域ごとでは、北東部では濃度が低く、南西部では濃度が高い傾向が確認できた。更に冬季における九州地方の濃度が他の地域と比較して高い。しかしながら、ここ数年でPM_{2.5}濃度は減少する傾向となっていることを確認した。

参考文献

- 1) 環境省：微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書 粒子状物質の特性について、2008
- 2) 大澤元毅ほか：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）、2017
- 3) 鍵直樹：事務所建築物におけるPM_{2.5}濃度の実態と室内外濃度比、空気清浄、54(4),

258-262, 2016

- 4) 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, 613-616, 2012
- 5) 鍵直樹, 並木則和：建築物の空調機及びエアフィルタの超微粒子捕集特性, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 84, No. 755, 65-71, 2019
- 6) 環境省水・大気環境局：平成28年度大気汚染の状況, 2018.3
- 7) 鶴野伊津志ほか：PM_{2.5}越境問題は終焉にむかっているのか?, 大気環境学会誌, 52(6), 177-184, 2017

2-5 エンドトキシン（細菌内毒素）

A. 研究目的

エンドトキシン（Endotoxin、以下 ET）は微生物（グラム陰性菌）の細胞壁成分であり、細胞壁の破壊により放出される。ET は内毒素、リポ多糖（LPS）、外因性発熱物質（Exogenous pyrogen）とも知られる。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、グラム陰性菌には大腸菌、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ため、実質的に ET は水、空気、土壌などあらゆる生活環境に存在する。

微生物汚染度の同定のために ATP（adenosine triphosphate；アデノシン三リン酸）法や個数濃度測定機なども紹介されているがまだ確立した方法とは言えず、最近は PCR 法を用いた DNA 解析など先端技術も導入されつつある。分野、目標とする結果、費用や現場適用など目的によって何を選ぶかが決まるが、例えば換気指標の CO₂ 濃度や化学物質汚染指標の TVOC のように、微生物に関してもそのような指標の存在は室内環境における汚染状況や環境改善の面で大変有意義であり、空气中細菌濃度や汚染度の指標として ET 濃度に着目している。

B. 研究方法

B.1 調査対象

2017 年度は北海道（記号 H、3 件）、関東（記号 E、2 件）、関西（記号 W、2 件）の中小規模事務所ビルを対象に、2017 年 8 月（夏期）及び 2018 年 1 月及び 3 月（冬期）に測定を行った。

2018 年度の調査対象は東京、大阪、福岡のオフィスビル計 12 件であった。なお、E01、E04、E05、F04、W03 は特定建築物に分類されるが、中小規模建築との比較のために一緒に示している。2018 年 1 月（冬期）、2019 年 8 月～9 月（夏期）及び 2018 年 12 月 2019 年 1 月（冬期）に測定を行った。

2019 年度は、関東、中部地域のオフィスビル計 11 件であった。なお、E08、E14、A01、A03 は特定建築物に分類されるが、中小規模建築との比較のために一緒に示している。測定期間は 2019 年 8 月、2020 年 1 月～2 月である。

B.2 調査方法

B.2.1 空気サンプリング

図 2-5-1 に捕集用フィルター及び現場測定風景を示す。空気試料として微生物の培地吸引では 100L を用いることが多い。本研究における ET サンプルングでは、直径 47mm の MCE フィルター（Mixed Cellulose Ester Membrane Filter）に 100L（30min at 3.3L/min）を吸引・捕集した。捕集したフィルターは γ 線滅菌試験管に保管、蒸留水（注射用水；ET フリー）を添加し、ボルテックスミキサーで攪拌した後、上澄み液を分注・分析した。



図 2-5-1 MCE フィルター及び測定風景

B.2.2 濃度分析

分析装置として Toxinometer ET-5000（和光純薬）を用いて、吸光比濁法による定量計測を行った。リムルステスト（Limulus test）ではライセート（Limulus amoebocyte lysate）試薬と反応させた ET 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、検量線に基づいて定量した。ET 濃度が高いとゲル化反応が速く、低いと遅くなることを原理としている。

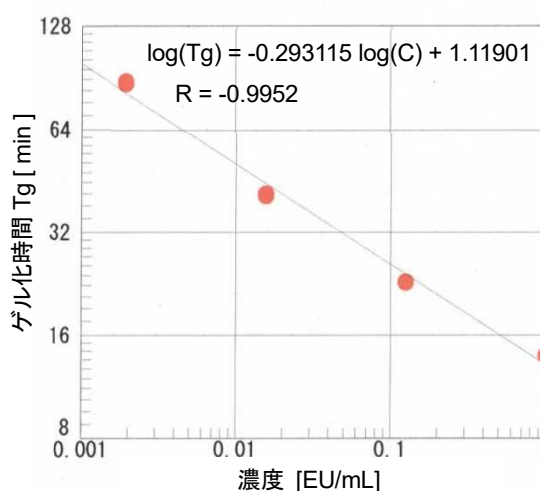


図 2-5-2 検量線例（4 点、8 倍希釈）

ゲル化に伴う透過光量比変化を計測し測定開始から設定閾値（94.9% at 37.0℃）に達するまでの時間（T_g：ゲル化時間）で ET 濃度が決定される。定量のために、1.0、1/8、1/64、1/512(=0.00195) EU/mL の 4 段階の濃度標準を用いて検量線例を図 2-5-2 に示す。

濃度単位としては、「EU/m³」：空気単位容積当たり濃度、EU は Endotoxin Unit（ET 活性値）のことである。

C. 結果

C.1 2017 年度測定結果

2017 年度の ET 濃度測定結果について図 2-5-3 に示す。棒グラフは ET 濃度であり、図中の●印は I/O 比（Indoor air concentration/Outdoor air concentration：外気濃度に対する室内空気濃度の比）である。

空气中エンドトキシンに関する指針値は存在しないが既往研究^{1)、2)}から、オフィスにおける濃度は 1 EU/m³ 以下が多く、高齢者施設など発生源（人体）が多く存在する場合や冬期加湿器による水の汚染がある場合は数 EU/m³ から 70 EU/m³ を超えることも観察される。

今回の実測では在室者が少ない中小建築物だったこと、外気の直接導入による換気が想定される時期だったことから濃度は低い水準となっていた。

また、本研究グループによる既往研究³⁾から、外気 ET 濃度は夏・冬より中間期の方が高く、室内は冬期の加湿器の使用によって濃度が高くなる場合があることが示されている。

今回の測定では 3 月の大阪実測物件は ET 濃度がやや高い傾向を示しており、偶然性、地域的特性、測定当日の気候（晴天、雨天）の影響などが考えられるが、既報告では大阪と東京との地域による濃度の差はさほど大きくなかった。今回の 3 月測定日は雨天となっていたが、雨滴が土壌菌を飛散させ遠くまで運ぶことを示している論文⁴⁾もあり、雨の影響の可能性も考えられる。

C.2 2018 年度測定結果

図 2-5-4 に空气中 ET 濃度の測定結果を、図 2-5-5 に季節及び建物規模で比較したグラフを示す。

外気濃度（OA）は多くが 1.0 EU/m³ 以下であったが、夏期 E02、E04、冬期 E04 で高い濃度が示された。E02 は冬期と夏期の外気濃度が明らかに異なるため、測定日の条件による違いと考えられる。一方、E04 は夏期、冬期共に外気としては高い濃度を示している。排気口や冷却塔などが集まっている屋上で外気測定をしていることからこれらの影響を受けている可能性がある。

室内濃度では 1.0 EU/m³ を下回る建物が殆どであり、1.0 EU/m³ を超える 4 件においても 1～2 EU/m³ と比較的低い水準であった。

I/O 比が 1.0 を超える結果は 30 件中 11 件と 37% であり、多くの建物で外気より低い水準が保たれていた。

特定建築物と中小規模建築の比較では、冬期の室内平均濃度は同水準であり、夏期は中小規模での濃度がやや低い結果となった。しかし、いずれも平均値としては 1.0 EU/m³ 未満と低い水準となっている。

一方、最高値は冬期に中小規模の方が高く、夏期は特定建築物の方がやや高くなっている。

C.3 2019 年度測定結果

図 2-5-6 に空气中 ET 濃度の測定結果を、図 2-5-7 に季節及び建物規模で比較したグラフを示す。

外気濃度（OA）は多くが 1.0 EU/m³ 以下であり、夏期 E07、E10、A03、冬期 A02 で 1.0 EU/m³ を超えていたが、さほど高い濃度ではなかった。外気として夏期、冬期共に有意に高い濃度を示しているところはなかった。

室内濃度では 1.0 EU/m³ を下回る物件が多く、1.0 EU/m³ を超えても 1～2 EU/m³ と比較的低い水準が殆どであった。1 件のみ、E09 の冬期室内濃度が 8.5 EU/m³ と高く、IO 比も 18 を超えている。また夏期と冬期の室内濃度が明らかに異なることから冬期だけ室内に汚染源が存在していることが分かる。この建物では、家庭用の中型加湿器を複数台使っている。

培養法による細菌濃度の測定結果でも高い濃度が観察されていることから、当該オフィスでは加湿器による微生物汚染が起きていると判断される。

I/O比が1.0を超える結果は22件中8件(36%)であり、多くの建物で外気より低い水準が保たれていた。

特定建築物と中小規模建築の比較では、夏期の室内平均濃度は同水準であり、冬期は中小規模での濃度が高い結果となった。

D. まとめ

中小規模オフィスにおける室内 ET 濃度は室内濃度では 1.0EU/m³ を下回る物件が多く、1.0EU/m³ を超えても 1~2EU/m³ と比較的低い水準が殆どであった

一方、冬期に 8.5 EU/m³ と高く IO 非も 18 を超える物件が存在していた。室内で家庭用加湿器を複数台使っていたことから加湿器と加湿水による影響と考えられる。

外気濃度 (OA) は多くが 1.0EU/m³ 以下であったが、夏期・冬期共に高い濃度が示すところが存在した。同一測定点で季節による濃度差があるところは雨など気候による影響と考えられる。一方、夏・冬期共に外気としては高い濃度を示しているところもあり、排気口や冷却塔などが集まっている屋上で外気測定をしていることからこれらの影響を受けている可能性が考えられた。

高齢者施設や一般住宅では数~数十 EU/m³ を超える濃度も観察されることから中小規模のオフィス濃度は低いと言える。

特定建築物の場合は在室密度が低いことに加え、空調による換気とフィルターリングで ET 濃度が低いことが示されているが、中小規模建築に対しても測定を継続し、冬季の加湿器使用による微生物汚染も視野に入れ、中小規模建築物で起こりうる環境を想定しながら、引き続き室内 ET 濃度の実態を把握していく必要がある。

E. 参考文献

- 1) 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 大澤元毅, 林基哉: 室内環境中エンドトキシンに関する研究 その 1 空気中エンドトキシン濃度と培養法による浮遊細菌濃度との関係、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.613-4、2017.9.
- 2) 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, Lim Eunsu, 大澤元毅, 林基哉: エンドトキシンの室内環境濃度、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.719-22、2016.8.
- 3) 金勲: 2. 健康危機に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討—2-5 エンドトキシン、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わる行政監視等に関する研究」(研究代表者: 大澤元毅、課題番号: H26-健危-一般-007) 平成 26~28 年度総括・分担総合研究報告書、p.40-44、2017.3.
- 4) Young Soo Joung, Zhifei Ge and Cullen R. Buie: Bioaerosol generation by raindrops on soil, Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms14668, pp.1-10, 2017.3.

室内濃度		OA		I/O	
Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
0.6	0.7	0.5	0.4	0.9	0.5

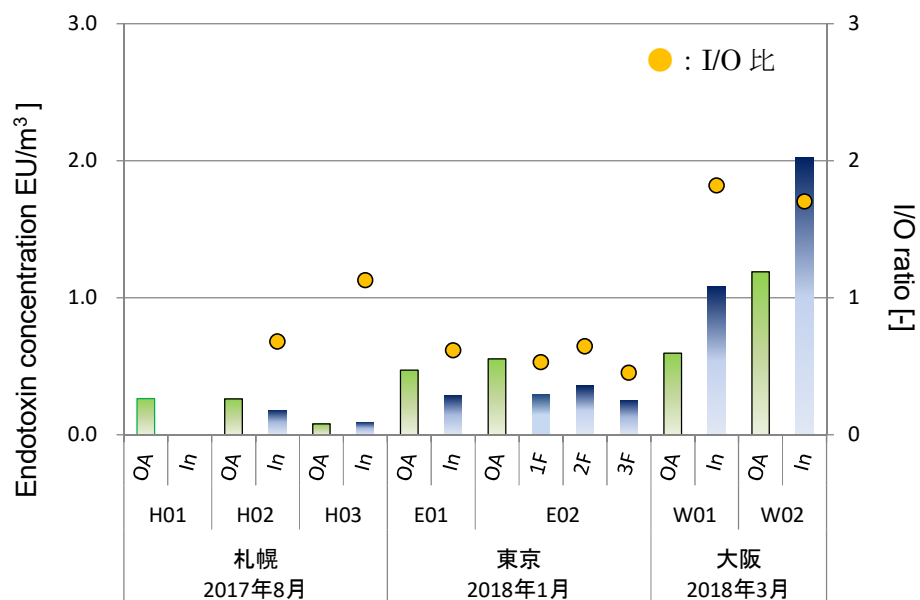


図 2-5-3 中小規模オフィスの ET 測定結果 (2017 年度)

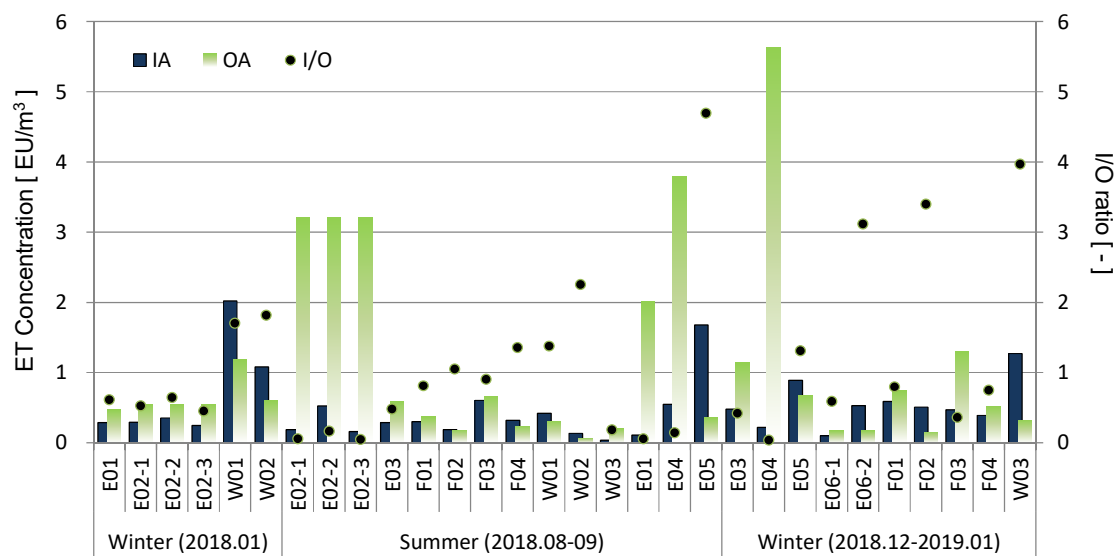


図 2-5-4 ET 濃度測定結果 (2018 年度)

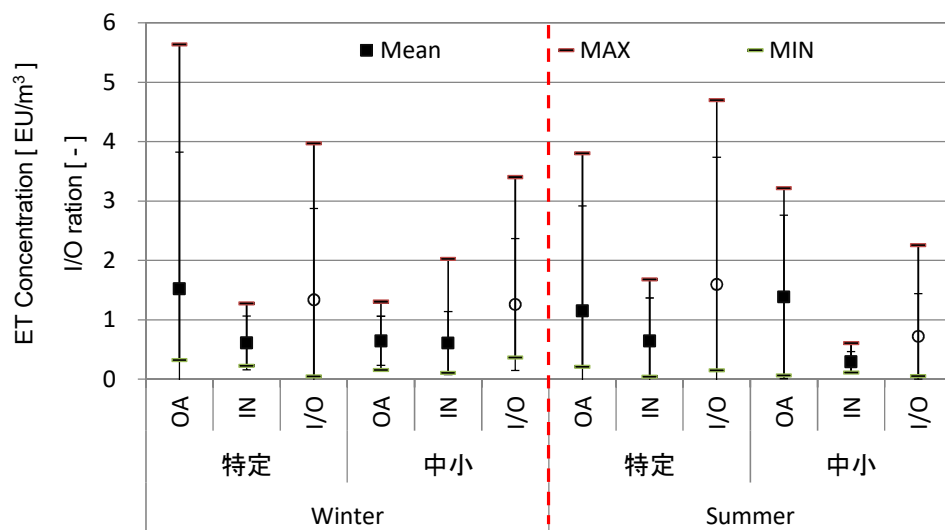


図 2-5-5 季節及び建物規模による ET 濃度 (2018 年度)

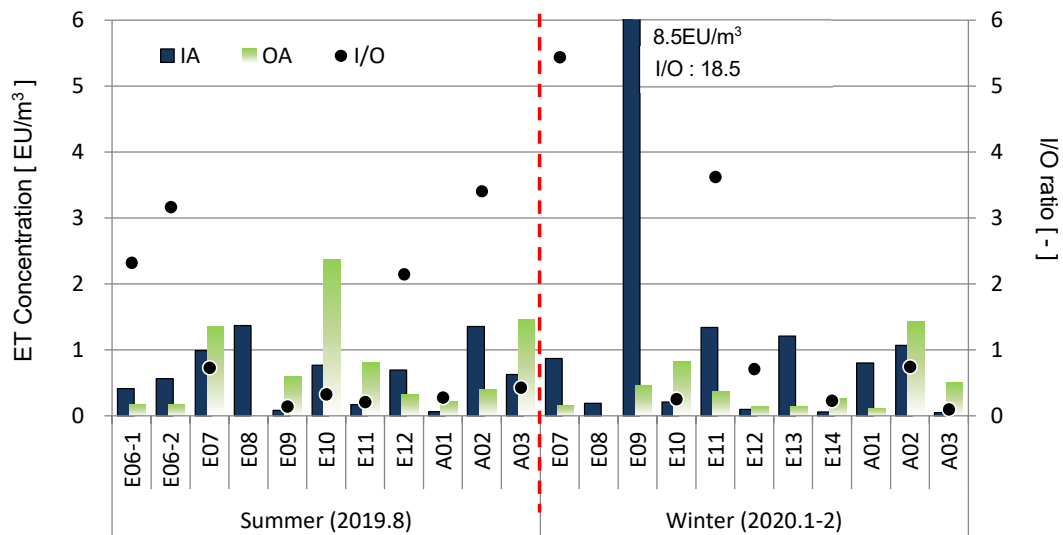


図 2-5-6 ET 濃度測定結果 (2019 年度)

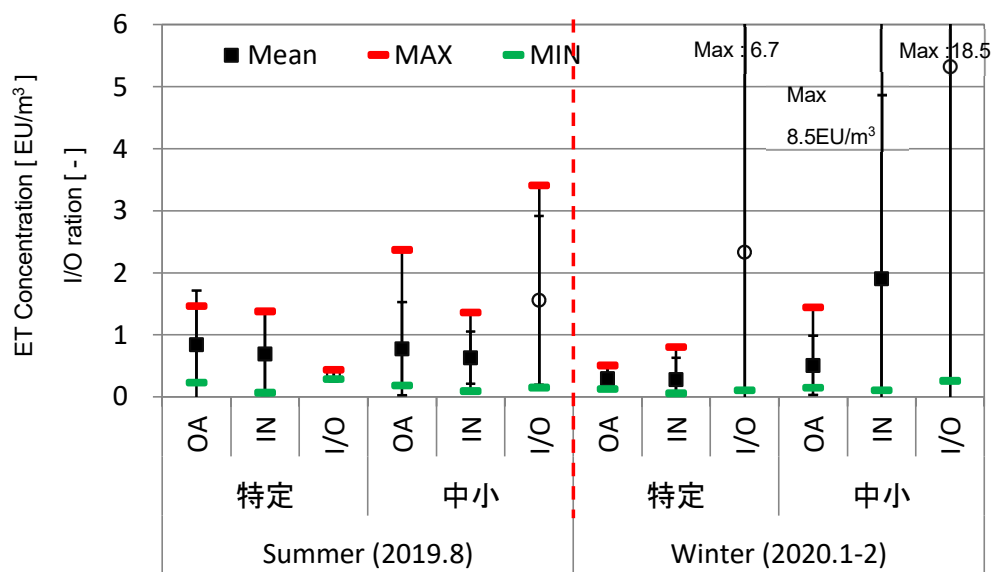


図 2-5-7 季節及び建物規模による ET 濃度 (2019 年度)

3. 事務所建築物における CO2 濃度の全国実態調査－Phase2 調査－

分担研究者	金 勲	国立保健医療科学院 上席主任研究官
分担研究者	東 賢一	近畿大学医学部 准教授
分担研究者	鍵 直樹	東京工業大学情報理工学研究所 准教授
分担研究者	柳 宇	工学院大学建築学部 教授

研究要旨

特定建築物に関しては法律による2ヶ月以内に1回の測定と結果の報告が義務化され、統計報告もされているが、3000m²未満の中小規模建築に関しては室内環境や衛生管理に関する情報が乏しい状態である。そこで、2018～2019年度に掛け、全国の特定建築物及び中小規模建築を対象に冷房・暖房期に2週間の温度、湿度、CO₂濃度の連続測定（研究計画のPhase2）を行った。5分間隔で約2週間測定を行った後、郵送で回送してもらった。

2018年度の夏期・冬期にオフィス用との中小規模ビル45件、2019年度は25件を対象に測定を依頼し、有効測定数としてそれぞれ42件、22件から回収できた。

2018年度は1000ppmを超える建物は、夏期36%、冬期33%、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期67%、冬期69%あった。2019年度22件の測定では、1000ppm超は夏期23%、冬期26%、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期68%、冬期70%であった。

1回でも基準値を超える割合はほぼ同じ7割程度であるが、平均濃度としては1000ppmが守られている建物が増える結果となった。対象が異なるため一律な比較はできないが、2018年度よりも全体で特定建築物が占める割合が増えたことも一因と考えられた。

濃度区間別出現頻度からは、2018・2019年度共に季節間の差より物件ごとの特徴が強かった。2018年度の不適合頻度の平均は夏期32%、冬期31%であり、完全適合（不適合0）を除いた平均は夏期47%、冬期44%であった。一方、2019年度の不適合頻度の平均は夏期25%、冬期22%であり、完全適合（不適合0）を除いた平均は夏期37%、冬期31%と2019年度の結果が低く、更に2000ppm超はわずか3例でその割合も低かった。

2018年度、2019年度ともに夏期及び冬期濃度に強い相関が示されたが、2018年度は夏期濃度が冬期濃度より高い建物の割合は2：1、2019年度は1：1と顕著な違いが見られた。

2019年度は特定建築物の割合が高いことが一因と考えられるが、その他に空調方式、建物性能、築年数、地域なども影響する可能性があり、今後詳細解析を続ける必要がある。

研究協力者

小林健一 国立保健医療科学院
林 基哉 国立保健医療科学院
島崎 大 国立保健医療科学院
開原典子 国立保健医療科学院
渡邊康子（公社）全国ビルメンテナンス協会

A. 研究目的

特定建築物を対象にしている建築物衛生法ではCO₂濃度1000ppmを管理基準としている。これは、CO₂の直接的な人体影響からではなく換気基準として定まったものであり、人間活動が行われる空間は必ずCO₂が発生するため、適切な換気が行われCO₂濃度が適切に管理されていれば、他の空気汚染物質もある程度コントロールできるという考え方を基にしてい

る。

1000ppm に関してはその設定根拠をはじめ、大気濃度上昇と換気量制御、省エネルギー、純CO₂の健康影響など設計基準や管理基準の緩和や強化への議論は未だに続いている。

2017年現在、相対湿度の不適合率は55%以上、温度30%以上、CO₂は30%に近接し、上昇傾向が続いてる(図3-1)。原因としては建築物衛生法の改正(H14)、幾度に渡る省エネ法の改定(H15、H17、H25、H29)、東日本大震災(H23)による節電要求などに加え、社会的な要因以外にも設備の管理・運用上の問題、省コスト、立入検査や報告徴収の方法、定点測定の代表性など明らかになっていない問題があることを指摘した¹⁾²⁾。

特定用途3000m²以上を対象とする建築物衛生法では換気基準としてCO₂濃度1000ppmを管理基準にしている。近年、地球環境保全や省エネ傾向により相対湿度、温度、CO₂濃度にて不適合が顕著に表れ、全国平均としてCO₂濃度の不適合率は30%近いと報告されている²⁾。特定建築物は環境衛生の維持・管理・測定における根拠法が存在するため、十分とは言えないもののある程度の全体図は把握されていると考えられる。

一方、3000m²未満の中小規模建築には労働環境の維持管理のための事務所衛生基準規則があり、室内空気環境基準5000ppm、空調・換気設備による供給空気の濃度を1000ppm以下にすることを定めている(表3-1)。しかしながら、中小規模建築における室内環境の現状や設備の運用・管理状況などは明らかになっていない。

特定建築物に関しては法律による2ヶ月以内に1回の測定と結果の報告が義務化され、統計報告もされているが、3000m²未満の中小規模建築に関しては室内環境や衛生管理に関する情報が乏しい状態である。

そこで、2018～2019年度に掛け、全国の特定建築物及び中小規模建築を対象に冷房・暖房期に2週間の温度、湿度、CO₂濃度の連続測定(研究計画のPhase2)を行った。

B. 研究方法

B.1 研究デザイン

本研究においては、調査に関する依頼意向を含めた500社に対するアンケート調査をPhase1とし、その中から建物を選別して連続測定用のセンサーを送付して2週間程度の測定(温度、湿度、二酸化炭素)を実施する室内環境測定Phase2としている。本章で報告する温度・湿度・CO₂濃度の2週間の連続測定はPhase2となる。

依頼対象は、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、建築物衛生法が適用されない中規模建築物と比較のために特定建築物も対象に含め事務所500社の紹介を得た。

アンケートは自記式調査票を研究対象の会社等に配付し、郵送にて回収した。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)を実施している。アンケートに関する詳細は本報告書の「5. 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査」で説明している。

Phase1の回答者の中からPhase2へ協力可能と回答があった事務所30～50件程度選定して調査を実施した。また、事務所内への立ち入りを行って詳細な室内環境(化学物質、微生物、粉じん等)を測定する室内環境調査をPhase3とし、Phase1の回答者の中から10～15件程度(Phase3へ協力承諾が得られた事務所)選定して実施している。

B.2 測定対象及び実施期間

2018年8月～9月にPhase2及びPhase3の夏期調査として、Phase2(44件)およびPhase3(12件)を実施した。また、冬期調査としてPhase2(42件)およびPhase3(9件)を2018年12月から2019年3月の間に実施した。

続いて、2019年8月～9月にPhase2及びPhase3の夏期調査としてPhase2(25件)およびPhase3(10件)を実施した。また、冬期調査としてPhase2(24件)およびPhase3(11件)を2019年12月から2020年3月の間に実施した。

B.3 温度・湿度・CO₂濃度の連続測定

温度・湿度・CO₂用の連続測定小型センサー(T&D TR-76Ui)を郵送により配布、設置依頼をした。5分間隔で約2週間測定を行った後、郵送で回送してもらった。

有効データとして2018年度42件、2019年度に22件の回収数が得られた。

今回の報告内容は、連続した5勤務日(月～金)以上、勤務時間帯(09:00～17:00)のデータを抜粋し、整理した結果である。

また、2018年度と2019年度調査の対象物件は基本的に異なるため、図表中の記号はセンサー番号で現しており、年別の記号にデータ整合性はない。

B.3.1 2018年度測定

2018年8月～9月に夏期調査として44件を対象に、冬期調査として42件を対象に2018年12月から2019年3月に郵送による実測依頼を行った。

ただし、設置期間のずれや電源の未接続による欠測などで、必ずしも計測期間が一致しているわけではない。

B.3.2 2019年度測定

また、2019年8月下旬～9月中旬に25件を対象に、2020年1月下旬～2月中旬の間に24件を対象に2週間の測定を依頼した。夏期22件、冬期23件の有効な測定が行われた。

ただし、設置期間のずれや電源の未接続による欠測などで、必ずしも計測期間が一致しているわけではない。

C. 研究結果および考察

C.1 2018年度の測定結果

C.1.1 CO₂平均及び集計値

図3-2に夏期のCO₂濃度を、図3-3に冬期のCO₂濃度結果を示す。月曜日～金曜日までの連続した5勤務日における勤務時間帯09時～17時までのデータを纏めたものである。紫色の陰影が中央式空調、橙色が中央・個別式併用、陰影無しが個別方式である。

平均濃度が1000ppmを超える建物は、夏期15件(36%)、冬期14件(33%)であり、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期28件(67%)、冬期29件(69%)となった。平均濃度が

2000ppmを超える建物は夏期1件(N5)、冬期1件(Y24)あった。

特にN5は夏期に一瞬も1000ppmを下回ることがなく、劣悪な環境であり、冬期もほぼ同じ状況にあった。

また、Y24は夏期平均1040ppm、最大1455ppm、最小537ppm、冬期は平均5826ppm、最大9392ppm、最小492ppmと冬期の環境が極端に悪く、期間中1000ppm超過の不適頻度は98.5%に上り、勤務時間帯の84%が3000ppmを超えていた。室内で換気を行わずに燃焼系器具などを使用していると推察される。

当建物は夏期においても1000ppm超過の不適頻度が60.8%と換気に対する意識が低いと考えられる。そのため、図3-5の回帰式ではY24の濃度データは除いている。

季節による違いは殆どなく、物件(建物)によって環境の善し悪しが決まる傾向にあった。平均値として不適合を判断すると特定建築物の現状とほぼ同等もしくは若干高い数値となるが、定点測定として判断すると70%に近い不適率となる。

C.1.2 CO₂濃度1000ppm超過頻度

図3-4にCO₂濃度1000ppm以下、1000～2000ppm、2000～3000ppm、3000ppm超過の区間別出現頻度の割合を示す。

結果、評価期間全体における不適合の出現割合は区々であり、季節間の違いが見られる建物も一部ある。

しかし、季節間の差よりは物件ごとの特徴が強いことが読み取れる。42件全体の期間中、不適合頻度の平均は夏期31.6%、冬期30.5%であった。

これは、全測定対象の平均であり、完全適合(不適合0)を除いた平均は夏期47.4%、冬期44.2%と計測期間中一度でも不適合濃度を経験したところでは勤務時間帯の半分近くの時間が不適合状態になっている。

C.1.3 季節による濃度差

図3-5に夏期と冬期におけるCO₂の平均濃度の相関図を示す。統計的には $a=0.69$ 、 $|R|=0.81$ 、 $p=0.035<0.05$ と有意な強い相関が示された。

同一物件における季節間濃度関係では夏期濃度>冬期濃度の物件が28:14と夏期に平均濃

度が高い建物が2倍と多い。Y24の結果を入れると、平均値で夏期942ppm、冬期1011ppmと冬期濃度がやや高くなるが、Y24を除くと940ppm、893ppmと夏期濃度が若干高くなる。

一方、回帰式から、平均濃度が791ppm以下の建物では夏期濃度<冬期濃度と、年間通じてCO₂濃度を低いレベルで保っている建物では冬期濃度が高い結果となる。

空調設備及び建物性能が関わってくることが推察されるが、調査対象の地域的特徴と偏重が影響しているかも知れ、詳細解析が必要である。

C.1.4 空調方式による違い

中央式空調はN1、Y12、Y18-6、Y18-7、Y18-8、中央・個別併用型はN11、N16、Y18、Y26、Y31、他は個別方式を導入している。

N1、N16、Y12、Y31のように必ずしも1000ppmを満足しているわけではないが、傾向として中央式、併用型の方が低いCO₂濃度を示している。

一方、最も悪い環境となっているN5、Y24は共に個別方式であり、Y24は建築年が1990年代であるが、N5は1960年代と最も古く建物性能が環境悪化の原因と考えられる。

C.2 2019年度の測定結果

C.2.1 CO₂濃度の集計結果

図3-6に夏期のCO₂濃度測定結果を図3-7に冬期の結果を示す。

特定建築物7件(N9、N10、N16、N20、N24、N25、N26)、中規模5件(N11、N22、N30、N31、N32)、小規模10件(N12、N13、N14、N17、N18、N21、N23、N27、N33、N34)、未詳2(N1、N2)である。一部物件は温湿度あるいはCO₂データが欠測しているため、夏期22件、冬期23件の結果となっている。

平均濃度が1000ppmを超える建物は、夏期5件(23%)、冬期6件(26%)であり、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期15件(68%)、冬期16件(70%)あった。両季節ともに平均濃度が1500ppmを超える建物はなかった。

赤線で囲っている対象が特定建築物であるが、N9を除けば中小規模建築より平均CO₂濃度が低い傾向にあり、特定建築物の平均は夏期807ppm、冬期804ppm、中小規模では925ppm、

912ppmと特定建築物が平均100ppmほど低い。

対象全体の季節平均は夏875ppm、冬868ppmとほとんど差がないが、最大値が2000ppmを超える物件は夏1件、冬5件と冬期に換気条件が悪化する事例がやや多かった。

季節による違いは殆どなく建物によって環境の善し悪しが決まると推察される。

平均値として不適合を判断すると特定建築物の現状とほぼ同等となるが、定点測定として判断すると70%に近い不適合率となる。

C.2.2 濃度1000ppmの超過頻度

図3-8にCO₂濃度1000ppm以下、1000~2000ppm、2000~3000ppm、3000ppm超過、の区間別濃度の出現頻度の割合を示す。

N16、N17、N27は一つの季節だけ欠測となっている。不適合の出現割合は区々であり、一部建物では季節間の違いが見られたが、その差は大きくない。N9は特定建築物であるが夏・冬期ともに不適合の頻度が高い。最も不適合頻度が高かったのはN18の冬期で84%、夏期はN34で80%であった。1000ppm超の頻度が高い物件では季節関係なくその頻度が高い傾向が見られる。

常に1000ppm以下で維持している建物では季節を問わずおおそ基準が守られている。今回の測定では2000ppm超はわずか3例であり、その出現頻度の割合も低かった。

季節間の差よりは物件ごとの特徴が強いことが読み取れる。24件全体の期間中、不適合頻度の平均は夏期25%、冬期22%であった。これは、全測定対象の平均であり、完全適合(不適合0)を除いた平均は夏期37%、冬期31%と計測期間中一度でも不適合濃度を経験したところでは勤務時間帯の3割以上の時間が不適合状態になっている。

C.2.3 季節による濃度差

図3-9に夏期と冬期におけるCO₂の平均濃度の相関図を示す。統計的には $a=1.07$ 、 $|R|=0.82$ 、 $p<0.0001$ と有意な強い相関が示された。

同一物件における季節間濃度関係では冬期濃度>夏期濃度の物件が11:10とほぼ同数となっている。平均値としても夏・冬期ともに870ppm前後とほぼ同じであった。

C.3 考察

2018 年度の 42 件の測定結果と比較すると、2018 年度は 1000ppm を超える建物は、夏期 36%、冬期 33%、1 回でも 1000ppm を超えた建物は夏期 67%、冬期 69%あった。2019 年度 24 件の測定では、1000ppm 超は夏期 23%、冬期 26%、1 回でも 1000ppm を超えた建物は夏期 68%、冬期 70%であった。

1 回でも基準値を超える割合はほぼ同じ 7 割程度であるが、平均濃度としては 1000ppm が守られている建物が増える結果となった。対象が異なるため一律な比較はできないが、2018 年度よりも全体で特定建築物が占める割合が増えたことも一因と考えられる。

また、2018 年度は平均濃度 2000ppm を超える建物も夏期・冬期 1 件ずつあり、冬期には平均値で 5000ppm 以上、最大 9000ppm を超えるところがあったが、今年は両季節ともに平均濃度が 1500ppm を超える建物はなかった。

濃度区間別出現頻度からは、2018 年度は季節間の差より物件ごとの特徴が強かったが、今回も同様の結果が示された。2018 年度の不適合頻度の平均は夏期 32%、冬期 31%であり、完全適合（不適合 0）を除いた平均は夏期 47%、冬期 44%であった。一方、2019 年度の不適合頻度の平均は夏期 25%、冬期 22%であり、完全適合（不適合 0）を除いた平均は夏期 37%、冬期 31%と 2019 年度の結果が低く、更に 2000ppm 超はわずか 3 例でその割合も低かった。

2018 年度、2019 年度ともに夏期及び冬期濃度に強い相関が示されたが、2018 年度は夏期濃度が冬期濃度より高い建物の割合は 2 : 1、今回は 1 : 1 と顕著な違いが見られた。

2019 年度の対象建物は季節を問わず均一な濃度（換気）条件を維持していた。今回は特定建築物の割合が高いことが一因と考えられるが、その他に空調方式、建物性能、築年数、地域なども影響する可能性があり、今後詳細解析が必要である。

D. まとめ

2018 年度は全国 42 件のオフィス用建物を対象に行った冷暖房期における CO₂ 濃度の連続測定から以下の知見が得られた。

平均濃度で 1000ppm を超える建物は、夏期 36%、冬期 33%であり、1 回でも 1000ppm を超えた建物は夏期 67%、冬期 69%あった。

平均濃度 2000ppm を超える建物も夏期・冬期 1 件ずつあり、冬期には平均値で 5000ppm 以上、最大 9000ppm を超えるところがあった。また、測定期間中一瞬も 1000ppm を下回らない物件が存在した。

濃度区間別出現頻度からは、季節間の差より物件ごとの特徴が強かった。全体物件の期間中、不適合頻度の平均は夏期 31.6%、冬期 30.5%であり、完全適合（不適合 0）を除いた平均は夏期 47.4%、冬期 44.2%であった。

夏期濃度が冬期濃度より高い建物の割合は 2 : 1 であった。回帰式から、平均濃度 791ppm 以下の CO₂ 濃度を低いレベルで保っている建物では夏期より冬期濃度が高い傾向を示した。

中央式、併用型空調の方が個別式より低い CO₂ 濃度を示していた。最も悪い環境となっていた建物は共に個別方式であったが、その一軒は 1960 年代に建てられ、建物性能が環境悪化の原因と考えられた。

2019 年度は全国 24 件のオフィス用建物を対象に CO₂ 濃度の連続測定を行った。

平均値としては 1000ppm を超える建物は 2 割程度であったが、1 回でも 1000ppm を超える割合はほぼ 7 割あった。

また、昨年度とは異なり期間中ずっと 1000ppm を下回らない、3000ppm を超える高濃度を示すなど、著しく悪い環境にある物件はなかった。

特定建築物における立入検査の定点測定を仮定すると 7 割ほどが管理基準を超えることになるが、常に悪い環境にあるではなく、平均としては基準を守れる建物が多い。在室時間を通して 1000ppm 以下に維持するのは、健康衛生上望ましいが設備や建物性能を考えると、連続測定の濃度平均値を用いるなどより柔軟かつ合理的な考え方が必要である。

特定建築物における CO2 濃度の不適率増加は、換気不足と空気衛生環境の悪化に繋がるリスクを内在している。外気濃度が上昇している昨今、CO2 の管理基準や設計基準に関する議論は避けられないが、その基準レベルの問題であるだけで屋内を望ましい環境に維持することに異論はないはずである。

特定建築物とは異なり、中小規模の建物は中央管理方式の空調システムよりは個別式空調が導入されることが多い。また、換気システムにおいても個別に管理され、その上、管理者もいない場合が多い。今回の調査でも、立入検査の定点測定を仮定すると、悪い場合は 70% 近く不適率が出てくる結果が示された。勤務時間を通して 1000ppm 以下に維持するのは、健康リスク面から望ましいが、設備水準・建物性能を考えると、現実的には連続測定の濃度平均値や複数測定点の平均など柔軟な対応が必要になると考えられる。

また、少数ではあるが、計測時間中に一度も 1000ppm を下回らない建物も存在しており、これは設備や建築の問題ではなく在室者の換気に対する認識の問題と考えられる。

特定建築物が中小規模建築より CO2 濃度(換気)制御で 1000ppm を超える例が少なく有利な結果が示されたが、中小規模建築は建物性能や設備性能が劣ることが多いことから室内環境の悪化が懸念されるところである。

中小規模建築は特定建築物に比べ、設備や建物性能の制限に起因する環境制御の制約がある場合があるが、より小さな空間を対象にしており自由度の面では有利になる可能性もあるため、換気と室内環境の維持に関するリテラシー涵養と教育が重要である。

E. 参考文献

1) 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に関する分析、日本建築学会環境系論文集、Vol.84 No.765、2019.11、pp.1011-1018.

2) 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、pp.53-56.

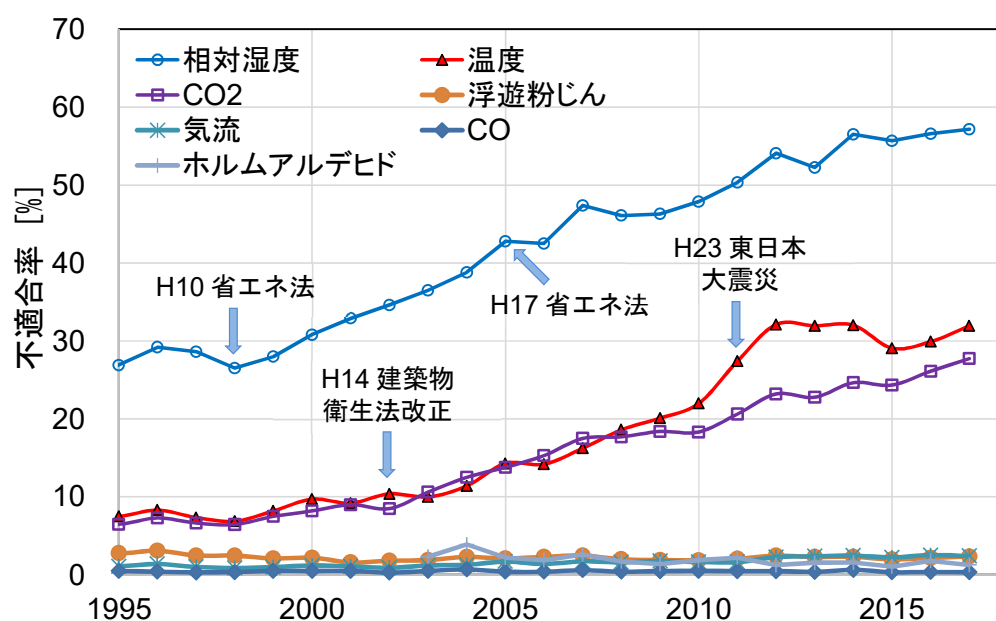


図 3-1 空気環境衛生管理基準に対する不適率の推移

表 3-1 国内外の代表的な CO2 濃度基準

	法律・規準 等	基準値(ppm)	備 考
一般環境	建築基準法、ビル衛生管理法	1000	空調設備有り
	学校環境衛生基準	1500	
	WHO Indoor Air Quality	920	
	ASHRAE	700ppm (内外濃度差)	
労働環境	事務所衛生基準規則	1000	空調・換気設備による供給濃度 室内空気的环境基準
		5000	
	日本産業衛生学会許容濃度	5000	

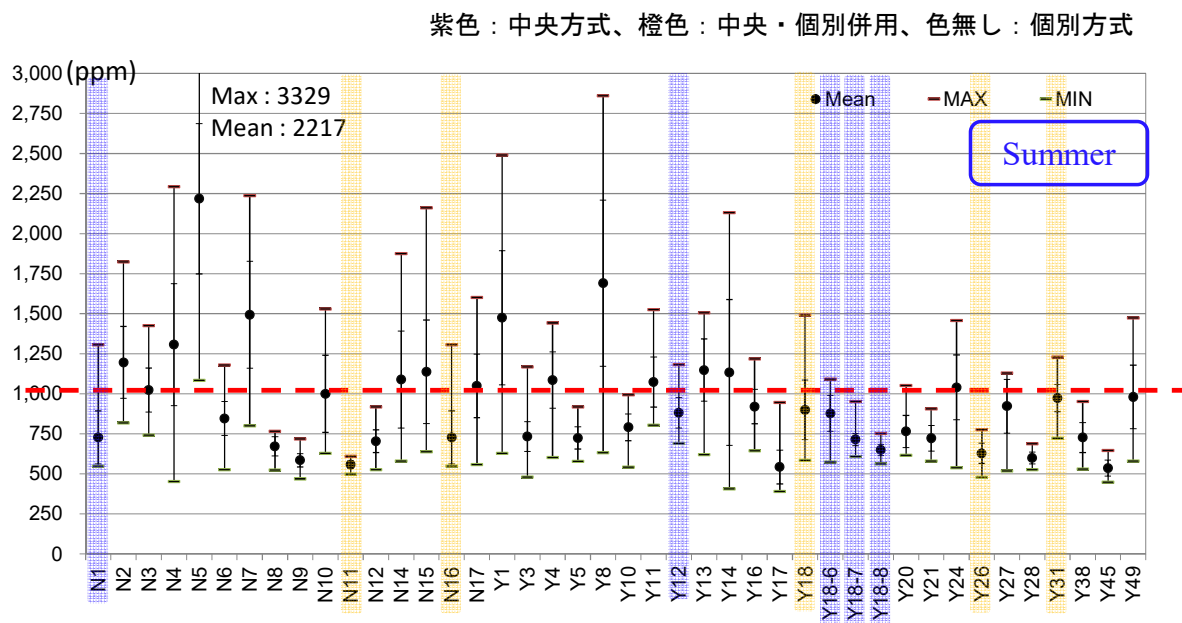


図 3-2 2018 年度夏期の CO2 濃度（勤務日 5 日間、勤務時間帯 09～17 時の統計値）

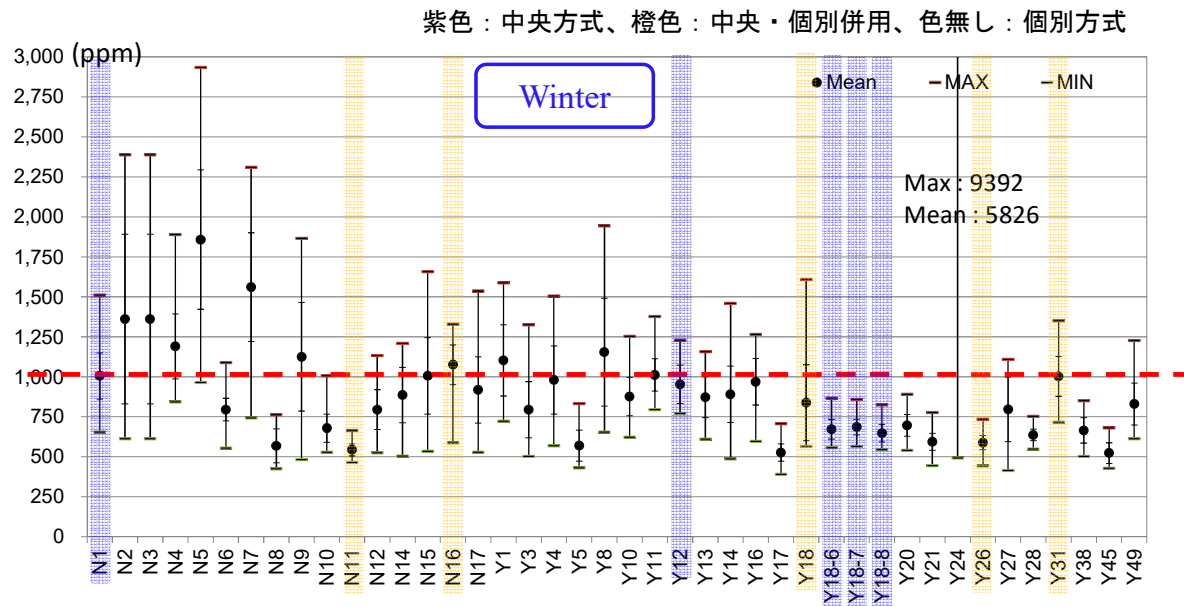


図 3-3 2018 年度冬期の CO2 濃度（勤務日 5 日間、勤務時間帯 09～17 時の統計値）

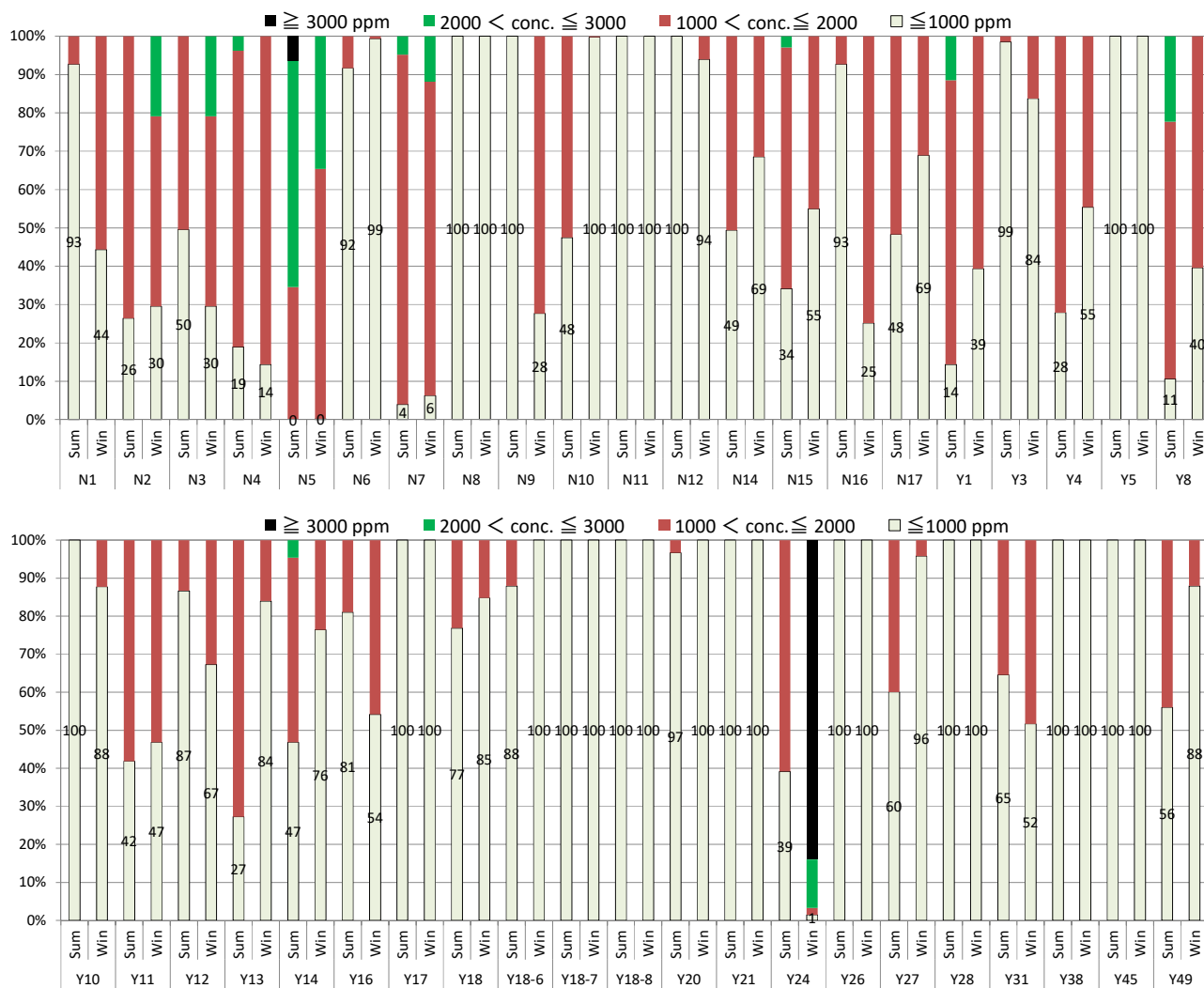
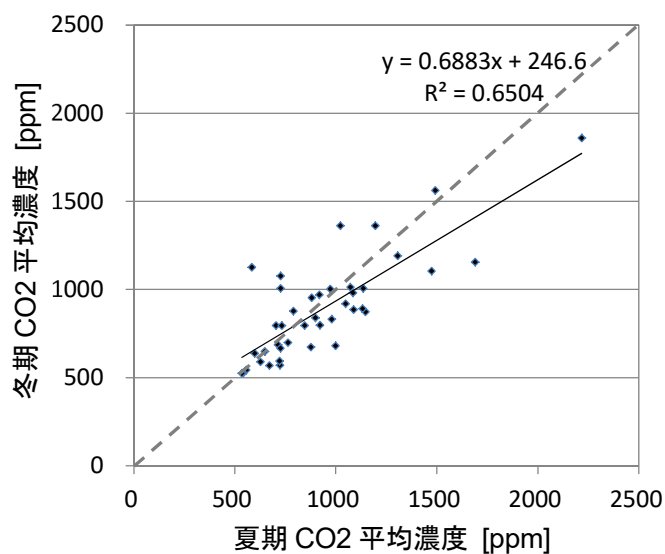


図 3-4 2018 年度の濃度区間別の出現頻度 [%] (グラフ中の数字は 1000ppm 以下の適合頻度の割合)



* Y24 の冬期濃度は極端に高いためグラフ及び回帰式からは除いて

図 3-5 2018 年度の夏期と冬期の平均 CO2 濃度の関係

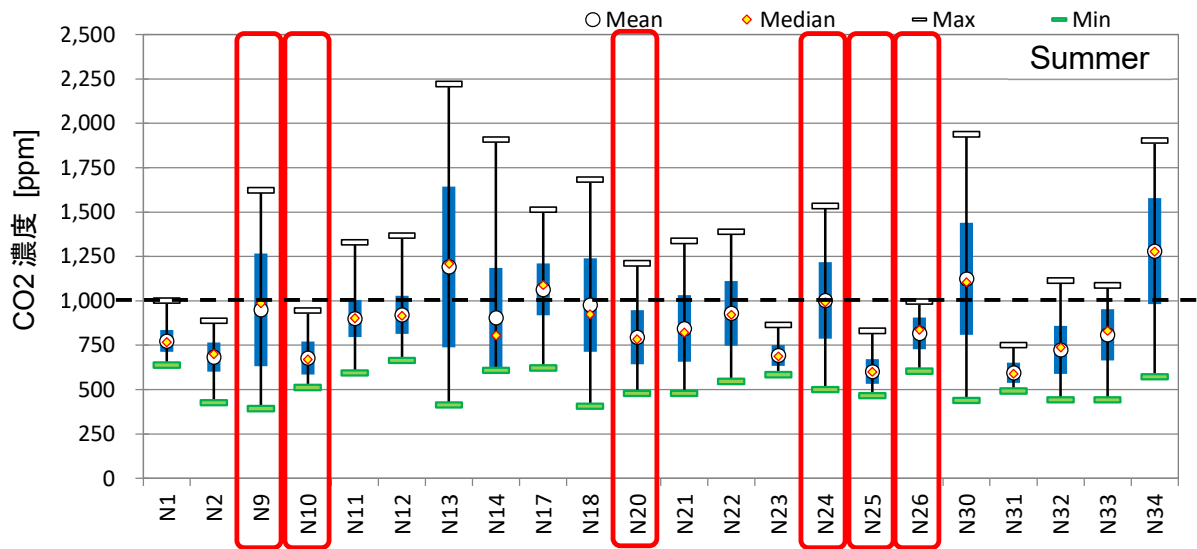


図 3-6 2019 年度夏期測定 of CO₂ 濃度（勤務日 5～10 日間、勤務時間帯 09～17 時の統計値）

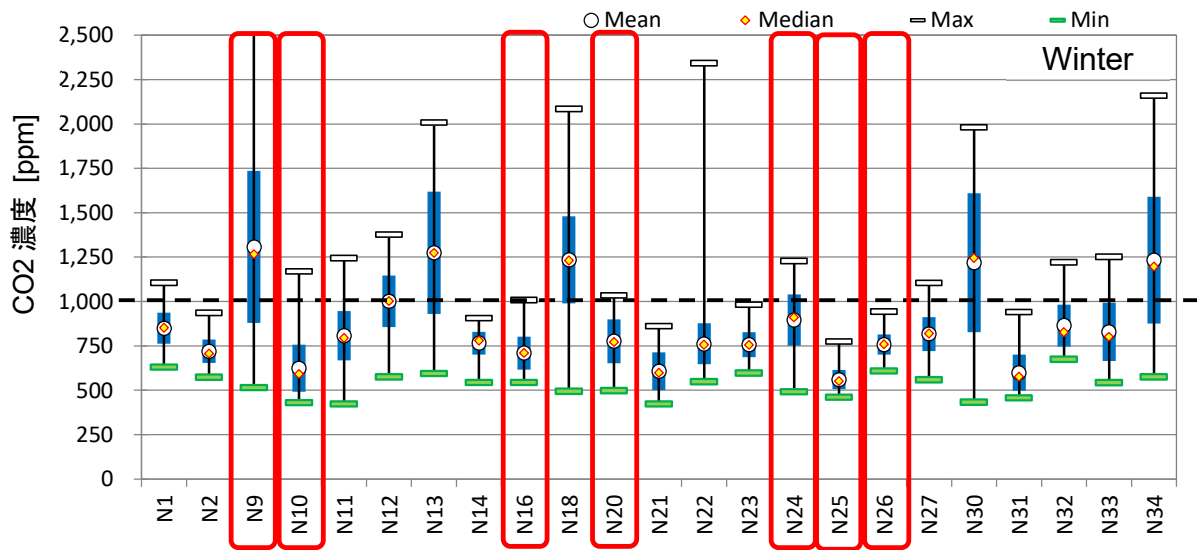


図 3-7 2019 年冬期測定 of CO₂ 濃度（勤務日 5～10 日間、勤務時間帯 09～17 時の統計値）

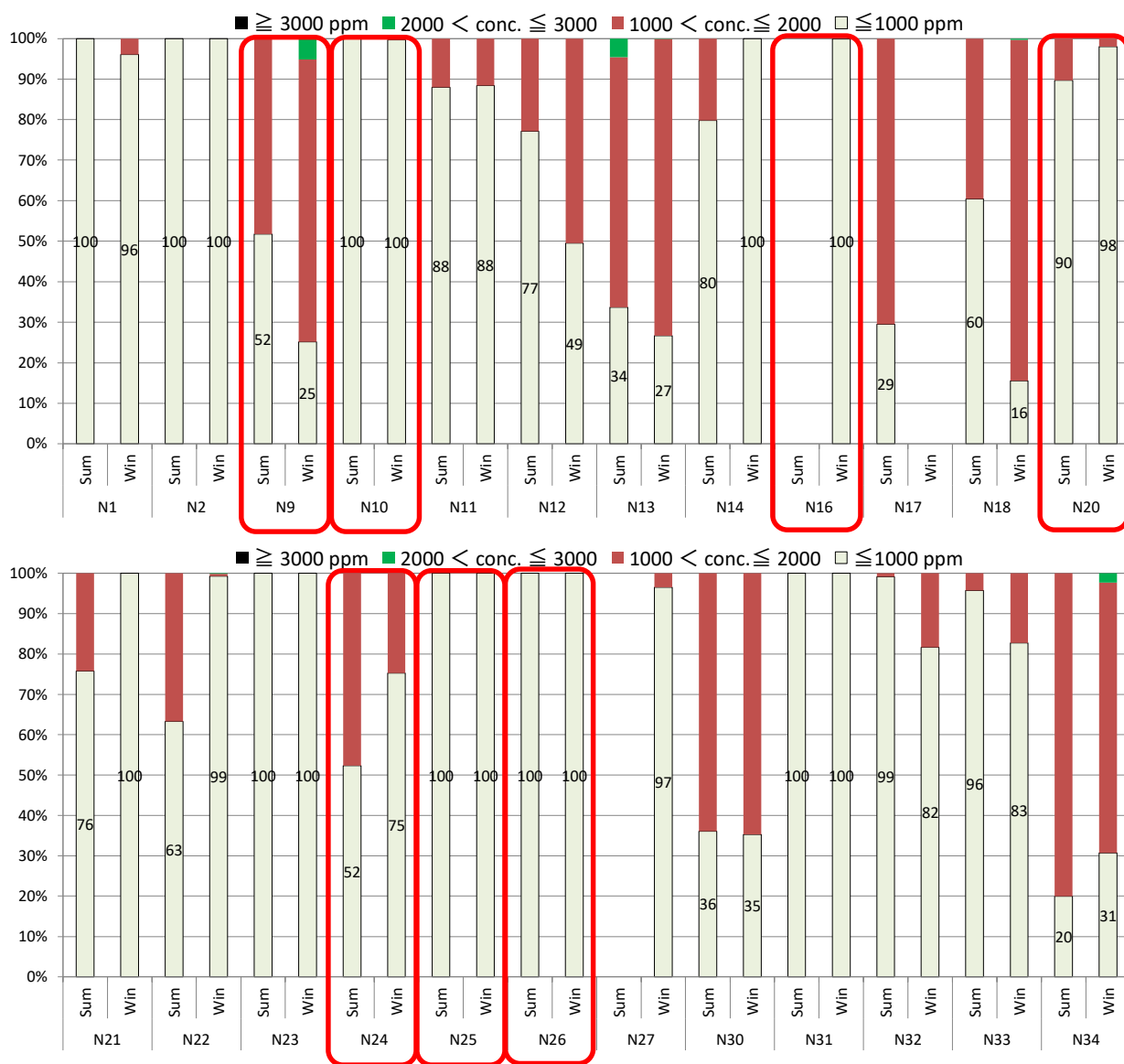


図 3-8 2019 年度の濃度区間別の出現頻度 [%] (グラフ中の数字は 1000ppm 以下の適合頻度の割合)

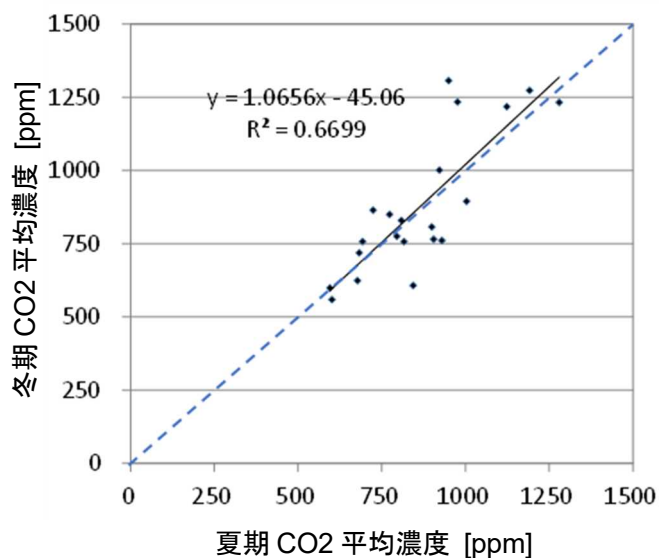


図 3-9 2019 年度夏期と冬期の平均 CO2 濃度の関係

6. 貯水槽衛生管理および飲料水水質管理の課題

分担研究者 島崎 大 国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官

研究要旨

既往の特定建築物を対象とした給水設備の衛生管理状況について、厚生労働省による衛生行政報告例より抽出されたデータを元に整理と考察を行った。また、水道法に基づく簡易専用水道施設や、水道法適用外の小規模貯水槽水道施設の衛生管理や水質管理に関する状況と比較することで、中規模建築物における給水水質管理および貯水槽衛生管理の課題について考察した。さらに、（公社）全国ビルメンテナンス協会会員企業を対象に、中規模建築物の衛生状態に関するアンケート調査を実施し、中規模建築物における給水（飲料水、雑用水、貯水槽）の管理状況と課題を明らかにした。

平成29年度の衛生行政報告例を参照したところ、全国45,679施設の特定建築物のうち、遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は1.5%、水質検査が未実施であった施設は2.7%であり、いずれも過去10年間で最も低い割合であった。特定建築物の遊離残留塩素の含有率については、平成29年度において1.5%が不適合となり、過去10年間で最も低い値であった。用途別では学校のみ2.7%と高く、要因として学校施設における夜間や休日の滞水が考えられた。貯水槽の清掃については、平成29年度に未実施であった施設は1.0%であり、過去10年間で最も低い割合となった。

中規模建築物の衛生状態に関するアンケート調査により、413社より全国の中規模建築物886件の管理状況に関する情報を得た。飲料水の水質検査は、368件で実施されており、うち6ヶ月に1回が134件、1年に1回が222件であった。

水質検査の項目数は、多くの場合11項目以上であったものの、建築物環境衛生管理基準に示された検査項目よりも少ない状況であった。遊離残留塩素の検査頻度は、週1回が165件であり、毎日の実施も3件あった。一方、2週間に1回未満は31件、未実施は191件に上り、遊離残留塩素の検査は十分でないと判断された。貯水槽の清掃は431件、点検・検査は204件（ただし第2回調査の476件中）で年1回以上実施されており、過半数の建築物は未実施または未回答であった。

雑用水は、飲料水よりも各検査や点検の実施頻度が大幅に少ない状況であった。また、主たる特定用途ごとの管理状況に特段の差異は見られなかった。

中規模建築物における給水に関する管理は、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。わが国では過去に不適切な給水の衛生管理による健康被害が発生していることより、中規模建築物に対しても、特定建築物に準じる形で、定期的な遊離残留塩素検査ならびに水質検査、貯水槽清掃を義務づけるなど管理水準を向上することが、飲料水に係る安全性の確保の面から望ましいと考えられた。

6. 貯水槽衛生管理および飲料水水質管理の課題

6-1 特定建築物における給水管理に係る不適合状況等の確認

A. 研究目的

中規模建築物においては、建築物衛生法に規定される「建築物環境衛生管理基準」に従って貯水槽の衛生管理および飲料水の水質管理を行う義務は課せられていないものの、多数の者が使用、利用するものについては努力義務が課せられており、当該基準に従って維持管理をするように努めなければならないとされている（建築物衛生法第4条第3項）。しかしながら、中規模建築物における貯水槽の衛生管理や水質管理についての管理状況は明確でない。

ここでは、既往の特定建築物を対象とした給水設備の管理状況について、厚生労働省による衛生行政報告例より抽出されたデータを基に、整理と考察を行った。

B. 研究方法

厚生労働省が公開する衛生行政報告例^{1,2)}より、給水管理に係る以下5項目を対象として、平成20年度～29年度の10年間ににおける不適合率を抽出した。また、建築物の用途別における不適合率を比較した。

- (21)遊離残留塩素の含有率の検査実施
- (22)遊離残留塩素の含有率
- (25)水質検査実施
- (26)水質基準
- (29)貯水槽の清掃

C. 結果

C.1 遊離残留塩素の検査実施ならびに含有率

平成20年度～29年度における特定建築物の給水末端を対象とした遊離残留塩素の検査実施ならびに遊離残留塩素含有率の不適合率を表6-1に示す。平成29年度における特定建築物届出件数は全国で45,679施設あり、そのうち遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は1.5%、遊離残留塩素の含有率が不適合（百万分の0.1未満）であった施設は1.5%であり、いずれも過去10年間で最も低い値となった。平成28年度以前においては、前者は2.4～4.2%、後者は1.9～3.1%の範囲

となっており、平成29年度は例年より大幅に改善された。

なお、平成29年度における用途別の不適合率を比較すると、遊離残留塩素の検査が未実施であった施設の割合は興行場0.5%、百貨店1.2%、店舗2.5%、事務所0.7%、学校1.4%、旅館2.9%、その他2.6%であった。また、遊離残留塩素の含有率が不適合であった施設の割合は興行場1.0%、百貨店1.3%、店舗1.1%、事務所1.5%、学校2.7%、旅館1.5%、その他1.3%であった。

表 6-1 特定建築物における遊離残留塩素の検査実施ならびに含有率の適合状況

年度	遊離残塩検査の 未実施率[%]	遊離残塩含有率 の不適合率 [%]
H20	3.7	2.6
H21	4.2	3.1
H22	3.3	2.3
H23	2.6	2.2
H24	2.7	2.7
H25	2.6	2.0
H26	2.6	1.9
H27	2.4	1.9
H28	2.7	2.0
H29	1.5	1.5

C.2 水質検査の実施ならびに水質基準の保持

平成20年度～29年度における特定建築物の給水末端を対象とした水質検査実施ならびに水質基準の不適合率を表6-2に示す。平成29年度に水質検査が未実施であった施設は2.7%、水質基準が不適合であった施設は0.5%であり、いずれも過去10年間で最も低い値となった。平成28年度以前においては、前者は5.3～7.1%、後者は0.6～0.9%の範囲となっており、特に水質検査の実施状況は例年より大幅に改善された。

なお、平成29年度における用途別の不適合率を比較すると、水質検査が未実施であった施設の割合は興行場2.6%、百貨店2.1%、店舗3.5%、事務所1.8%、学校1.7%、旅館5.6%、その他3.5%であった。また、水質基準が不適合であった施設の割合は興行場0.3%、百貨店0.7%、店舗0.6%、

事務所 0.4%、学校 0.2%、旅館 0.8%、その他 0.5%であった。

表 6-2 特定建築物における水質検査の実施ならびに水質基準の適合状況

年度	水質検査の 未実施率 [%]	水質基準の 不適合率 [%]
H20	6.8	0.6
H21	7.1	0.8
H22	5.8	0.9
H23	5.4	0.6
H24	5.3	0.6
H25	5.6	0.6
H26	6.2	0.7
H27	6.0	0.7
H28	5.3	0.6
H29	2.7	0.5

C.3 貯水槽の清掃

平成 20 年度～29 年度における特定建築物の貯水槽を対象とした清掃の不適合率を表 6-3 に示す。平成 29 年度に貯水槽清掃が未実施であった施設は 1.0%であり、過去 10 年間で最も低い値となった。平成 28 年度以前においては 1.6～2.7%の範囲となっており、例年より大幅に改善された。

なお、平成 29 年度における用途別の不適合率を比較すると、貯水槽清掃が未実施であった施設の割合は興行場 0.3%、百貨店 0.5%、店舗 1.2%、事務所 0.8%、学校 0.4%、旅館 2.5%、その他 0.7%であった。

表 6-3 特定建築物における貯水槽清掃の実施状況

年度	貯水槽清掃の 未実施率 [%]
H20	1.9
H21	2.0
H22	2.4
H23	2.7
H24	2.4
H25	1.9
H26	2.0

H27	2.0
H28	1.6
H29	1.0

D. 考察

平成 29 年度において、全国 45,679 施設の特定建築物のうち遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は 1.5%、水質検査が未実施であった施設は 2.7%であり、いずれも過去 10 年間で最も低い割合であった。単純な比較はできないものの、前項の簡易専用水道における未受検率は、定期的な法定検査の受検が義務づけられているにもかかわらず 20%超となっており、特定建築物の給水管理に係る各検査の実施は、簡易専用水道よりも望ましい状況にあると言える。特定建築物の用途別に比較すると、遊離残留塩素検査および水質検査の未実施率が平均より高かった施設は共通しており、店舗が 2.5%および 3.5%、旅館が 2.9%および 5.6%、その他が 2.6%および 3.5%であった。各用途の施設に対する、遊離残留塩素検査および水質検査実施のさらなる向上にむけた取り組みが必要と思われる。

一方、遊離残留塩素の含有率については、平成 29 年度において、検査を実施した特定建築物施設のうち 1.5%が不適合であった。これは過去 10 年間で最も低い値であったものの、簡易専用水道検査における不適合内容のうち、残留塩素に係る不適合率は 0.5%～0.9%の範囲（平成 25～29 年度）³⁾であることから、特定建築物の給水末端における残留塩素の保持に関して課題があると考えられる。なお、小規模貯水槽水道における残留塩素に係る不適合率は 1.5%～3.0%の範囲（平成 25～29 年度）³⁾であった。用途別の不適合率を比較すると、学校のみ 2.7%と高く、他の用途は 1.5%以下であった。学校施設においては夜間や休日に給水設備が未使用となり、長時間の水の滞留によって、遊離残留塩素が低減ないし消失しやすい状況にあると推定される。

また、水質検査結果の不適合率については、平成 29 年度において 0.5%であった。これも過去 10 年間で最も低い値であったものの、簡易専用水道検査における不適合内容のうち、残留塩素以外の水質項目に係る不適合率は、臭気が 0.00～0.07%、

味が0.00～0.06%、色が0.01～0.08%、色度が0.07%～0.24%、濁度（濁りを含む）が0.03～0.23%の範囲（いずれも平成25～29年度）³⁾となっている。今回参照した衛生行政報告例では、どの水質基準項目が不適合であったか明記されていないため、特定建築物の給水管理において課題となる水質項目について精査する必要があると考えられる。

貯水槽の清掃については、平成29年度に未実施であった施設は1.0%であり、過去10年間で最も低い値となった。平成28年度以前は1.6～2.7%の範囲となっており、例年より大幅に改善された。用途別の不適合率を比較すると、平均より高かった施設は店舗が1.2%、旅館が2.5%であった。旅館業においては先述のように遊離残留塩素および水質検査の未実施率も高い状況にあるため、さらなる改善が必要であると考えられる。

E. 結論

本邦の45,679施設の特定建築物のうち、平成29年度において遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は1.5%、水質検査が未実施であった施設は2.7%であり、いずれも過去10年間で最も低い割合であった。店舗・旅館・その他の用途における未実施率が比較的高いため、各施設に対して遊離残留塩素検査および水質検査実施のさらなる推進が必要である。特定建築物の遊離残留塩素の含有率については、平成29年度において1.5%が不適合となり、過去10年間で最も低い割合であった。用途別では学校のみ2.7%と高く、他の用途は1.5%以下であり、要因として学校施設における夜間や休日の滞水が考えられた。貯水槽の清掃については、平成29年度に未実施であった施設は1.0%であり、これも過去10年間で最も低い割合となった。このように、既往の特定建築物においては、遊離残留塩素検査および水質検査といった給水水質の管理状況、ならびに、貯水槽の清掃状況はいずれも良好であった。

F. 参考文献

- 1) 厚生労働省：衛生行政報告例
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/36-19.html>
- 2) 総務省統計局：衛生行政報告例
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450027&tstat=000001031469>

- 3) 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課：貯水槽水道及び飲用井戸等に係る衛生管理状況調査（平成29年度）

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000494569.pdf>

謝辞

衛生行政報告例の参照にあたっては、東京工業大学 鍵 直樹 准教授が取りまとめられたエクセルデータを活用させていただきました。この場にて御礼申し上げます。

6-2 貯水槽水道における受検状況の確認

A. 研究目的

中規模建築物においては、建築物衛生法に規定される「建築物環境衛生管理基準」に従って貯水槽の衛生管理および飲料水の水質管理を行う義務は課せられていないものの、有効容量10m³を超える貯水槽を有する建築物においては、水道法に規定される簡易専用水道管理基準に従って貯水槽の衛生管理、水質管理を行うこと（水道法第34条の2第1項）、年1回登録検査機関の検査を受けること（水道法第34条の2第2項）が義務づけられている。さらに、有効容量10m³以下の貯水槽についても、自治体によっては条例等により簡易専用水道に準じた維持管理を管理者に求めている場合がある。しかしながら、中規模建築物における貯水槽の衛生管理や水質管理についての管理状況は明確でない。

ここでは、水道法に基づく簡易専用水道施設や、水道法適用外の小規模貯水槽水道施設の衛生管理や水質管理に関する状況と比較することで、中規模建築物における給水水質管理および貯水槽衛生管理の課題について考察を行った。

B. 研究方法

厚生労働省医薬・生活衛生局水道課より近年の簡易専用水道（有効容量10m³超）ならびに小規模貯水槽水道（有効容量10m³以下）を対象とした登録検査機関による検査の受検率等の情報¹⁾を入手し、受検状況の推移について把握、課題点を取りまとめた。

C. 結果

平成 20 年度～29 年度の 10 年間における簡易専用水道の法定検査受検率および検査指摘率を表 6-4 に、小規模貯水槽水道の検査受検率および検査指摘率を表 6-5 にそれぞれ示す。平成 29 年度における簡易専用水道の施設数は全国で 207,808 施設、うち検査を実施した施設数は 162,565 施設であり受検率は 78.2%となった。これは直近の平成 27,28 年度と同程度ではあるものの、平成 17 年度以降、継続して 8 割以下の受検率にとどまった。検査における指摘率（管理基準逸脱等の指摘があった施設の割合）は 22.4%となり、過去 10 年間を通じて漸減する傾向が継続していた。

一方、平成 27 年度における小規模貯水槽水道の施設数は全国で 829,524 施設、うち検査を実施した施設数は 27,677 施設であり受検率は 3.3%となり、過去 10 年間でほぼ横ばいであった。検査指摘率は 24.3%であり、過去 10 年間で最も低い割合となった。

表 6-4 簡易専用水道における法定検査受検ならびに検査指摘の状況

年度	検査受検率[%]	検査指摘率[%]
H20	80.0	34.7
H21	79.0	27.7
H22	79.8	27.3
H23	79.4	25.3
H24	78.7	26.2
H25	76.5	25.5
H26	76.4	24.2
H27	78.3	23.8
H28	78.4	23.3
H29	78.2	22.4

表 6-5 小規模貯水槽水道における検査受検ならびに検査指摘の状況

年度	検査受検率[%]	検査指摘率[%]
H20	2.6	31.1
H21	3.0	34.6

H22	3.2	32.1
H23	3.0	32.4
H24	3.2	29.3
H25	3.0	28.4
H26	3.1	28.3
H27	3.2	26.9
H28	3.1	25.4
H29	3.3	24.3

D. 考察

有効容量 10m³ を超える貯水槽水道は水道法により簡易専用水道と位置付けられ、定期的な法定検査の受検が義務づけられているものの、受検率は 8 割を下回っている状況にあり、法定検査を受けていない施設が全国で 45,243 施設存在することが確認された。また、受検施設における指摘率は漸減傾向にあるものの、直近では 22.4%の施設が衛生管理状況に関する指摘を受けており、各施設における日常的ならびに定期的な管理水準の向上が課題である。とりわけ、衛生行政担当部局と水道事業者の間で簡易専用水道施設の所在地情報の共有が行われていない自治体が散見されるため、各関係組織における情報共有を促進し、衛生行政担当部局による法定検査の受検指導等を効果的に行うことで、受検率ならびに管理水準の向上をはかることが望まれる。

一方、法定検査の受検義務が水道法上は定められていない小規模貯水槽水道（有効容量 10m³ 以下）については、3%程度の受検率で推移していること、指摘率は簡易専用水道と同様に漸減傾向にあるものの、簡易専用水道よりも高い値であること、施設数が簡易専用水道の 4 倍以上存在することから、衛生管理上の課題が大きいものと考えられた。多くの自治体において条例や要綱を制定し小規模貯水槽水道に対する指導を行っており、その割合は都道府県では 89%、保健所設置市では 98%、特別区では 100%に上った。一方、保健所未設置市での制定は 56%にとどまった。各条例や要綱においては、努力義務となっている場合が少なくないものの、各自治体において貯水槽の衛生管理水準の向上に向けた取組みをさらに推進することが望まれる。

E. 結論

中規模建築物に対しても、特定建築物に準じる形で、定期的な遊離残留塩素検査ならびに水質検査、貯水槽清掃を義務づけることが、飲料水に係る安全性の確保の面から望ましいと考えられる。一方、水質検査の項目数については、上流側である公共水道あるいは専用水道において水道法に基づいた定期的な水質検査が行われていることを考慮すれば、建物内の給水装置に由来して増加する可能性がある項目（鉛・鉄・銅）、ヒトの急性的な健康影響に関連する項目（一般細菌、大腸菌、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素）、水道水の基本的な性状に関連する項目（有機物（TOC）、pH 値、味、臭気、色度、濁度）等に限定することも一案であろう。なお、東京都福祉保健局による簡易専用水道を対象とした水質検査の指導では、毎日検査（色、濁り、におい、味）、毎週 1 回以上（残留塩素濃度）、毎年 1 回以上（一般細菌、大腸菌、塩化物イオン、有機物（TOC）、pH 値、味、臭気、色度、濁度）を上乗せで設定している²⁾。これらは、中規模建築物における水質検査項目としても参考になると思われる。

F. 参考文献

- 1) 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課：貯水槽水道及び飲用井戸等に係る衛生管理状況調査（平成 29 年度）
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000494569.pdf>
- 2) 東京都福祉保健局：簡易専用水道の情報
<https://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kankyo/suido/jouhou.html>

6-3 中規模建築物における給水に係る衛生管理のアンケート調査

A. 研究目的

中規模建築物においては、建築物衛生法に規定される「建築物環境衛生管理基準」に従って貯水槽の衛生管理および飲料水の水質管理を行う義務は課せられていないものの、多数の者が使用、利用するものについては努力義務が課せられており、当該基準に従って維持管理をするように努めなければならないとされている（建築物衛生法

第 4 条第 3 項）。しかしながら、中規模建築物における貯水槽の衛生管理や水質管理についての管理状況は明確でない。

そこで令和元年度においては、中規模建築物における給水（飲料水、雑用水、貯水槽）の管理状況と課題を、実際に給水の衛生管理に関わる業者へのアンケート調査により明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

厚生労働科学研究厚生労働科学研究費補助金「建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究」（研究代表者 国立保健医療科学院 林基哉）との合同により、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会会員企業を対象として、平成 30 年 9 月および令和 2 年 1 月において、中規模建築物の衛生状態の実態把握に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査を配付した企業は、事前の予備調査により中規模建築物の衛生管理に関する業務受託の実績があると回答した全国の 1047 社とした。

当該のアンケートでは、①各会員企業が受託している建築物数と受託業務、②受託業務が多い中規模建築物の諸元（所在地、延床面積、主たる特定用途、建築物環境衛生管理技術者の関与、業務の受託状況）③各受託業務における衛生管理状況（実施の有無、頻度等）、④衛生状態に関するクレーム有無を回答項目とした。なお、③のうち給水の管理については、飲料水および雑用水ごとに水質検査の項目数と頻度、遊離残留塩素の検査頻度、貯水槽の清掃頻度、貯水槽の点検・検査の実施頻度（令和元年調査のみ）に関する回答を求めた。有効回答を集計し、中規模建築物における給水の管理状況を把握、課題点を抽出した。

C. 結果および考察

C.1 アンケートの回収状況および中規模建築物の件数と用途

公益社団法人全国ビルメンテナンス協会会員企業を中心に、1 回目および 2 回目の調査を合わせて、全国の 413 社より回答を得た。アンケートの回収率は 39.4%であった。各社が業務を受諾する中規模建築物は、全国合計で 886 件に上った。

C.2 飲料水・水質検査の実施項目数

図6-1に飲料水を対象とした水質検査の実施項目数を用途別に示す。多くの建築物において10-14項目の水質検査が実施されており（253件）、特に11項目の実施が多かった（173件）。特定建築物を対象とした建築物環境衛生管理基準¹⁾では、6ヶ月以内に1回、16項目の水質検査一般細菌、大腸菌、鉛及びその化合物※、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、亜鉛及びその化合物※、鉄及びその化合物※、銅及びその化合物※、塩化物イオン、蒸発残留物※、有機物（全有機炭素（TOC）の量）、pH値、味、臭気、色度、濁度）が義務づけられている。なお、※を付した5項目については、水質基準に適合していた場合は、その次の回の水質検査時に省略可能とされている。このため、特定建築物に準じて、11項目の水質検査が多く行われていたと考えられる（ただし、建築物環境衛生管理基準に沿えば、検査を省略した回の次の検査時には当該項目の検査を実施する必要がある）。

次に多かったのが15-19項目の実施（60件）であり、その大半は16項目であった（48件）。20項目以上が実施されている建築物は33件であり、大部分は28項目を実施していた（23件）。上記の16項目に加えて、1年以内に1回、6月1日から9月30日の期間に実施が求められている消毒副生成物等12項目（シアン化物イオン及び塩化シアン、塩素酸、クロロ酢酸、クロロホルム、ジクロロ酢酸、ジブromクロロメタン、臭素酸、総

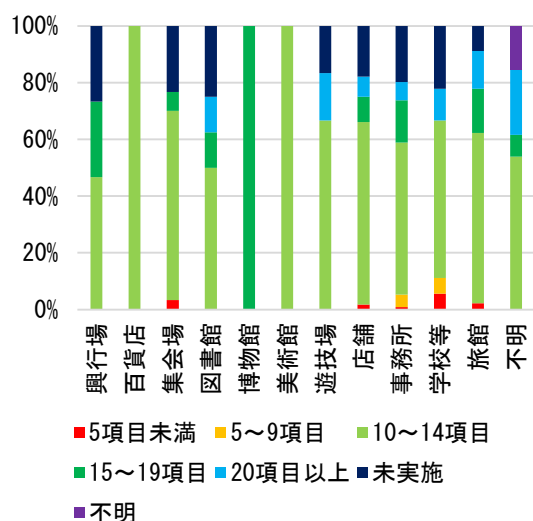


図6-1 飲料水の水質検査項目数

トリハロメタン、トリクロロ酢酸、ブromジクロロメタン、ブromホルム、ホルムアルデヒド）の水質検査が、特定建築物と同様に実施されていたと推察される。

一方、検査項目が10項目未満、あるいは未実施となる建築物も多く見受けられた。特に一部の学校等や事務所、店舗において検査項目が十分でない件数が多い点に留意が必要である。

C.3 飲料水・水質検査の実施頻度

図6-2に飲料水を対象とした水質検査の実施頻度を用途別に示す。ほとんどの場合、12ヶ月に1回（222件）あるいは6ヶ月に1回（134件）の実施であった。前項にて記したように、特定建築物の場合は16項目を6ヶ月以内に1回実施することが求められており、中規模建築物においては、同程度またはそれ以下となる頻度で検査が行われていた。ただし、水道法に定める簡易専用水道（貯水槽の有効容量の合計が10m³超）の法定検査として水質検査を実施する場合には、実施頻度は年1回以上となる²⁾。また、前項とも関わるが、5項目（臭気、味、色、色度、残留塩素）の水質検査を行うこととされている。当該の中規模建築物の給水に関する衛生管理が、特定建築物に準じているのか、あるいは、水道法の簡易専用水道に沿っているのか、さらに確認する必要があると考えられる。

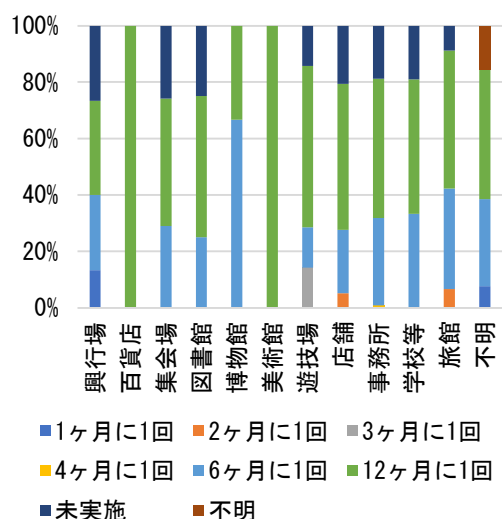


図6-2 飲料水の水質検査頻度

C.4 飲料水・遊離残留塩素の検査頻度

図6-3に飲料水を対象とした遊離残留塩素の検査頻度を用途別に示す。多くの場合、特定建築物を対象とした建築物環境衛生管理基準に示され

る 7 日以内ごとに 1 回の検査頻度にて実施されていた (168 件)。うち 3 件は、毎日検査が行われており、自治体による上乘せの指導、あるいは、水道法に定める専用水道に該当する可能性が考えられた。一方、検査頻度が週 1 回未満である建築物も見受けられた。また、貯水槽がないため遊離残留塩素の検査を実施していない建築物も多く報告された (188 件)。

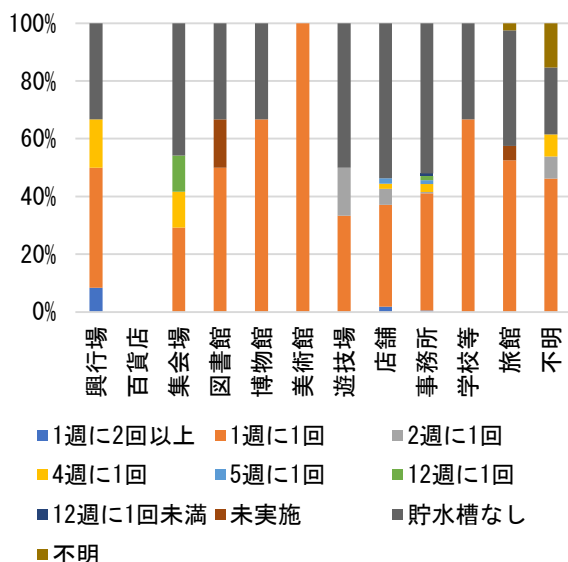


図 6-3 飲料水の遊離残留塩素の検査頻度

C.5 貯水槽の清掃頻度

図 6-4 に飲料水用貯水槽の清掃頻度を用途別に示す。ほとんどが 12 ヶ月に 1 回の実施であり

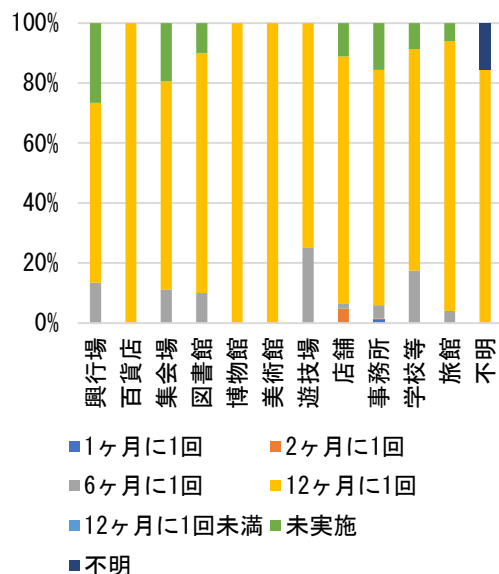


図 6-4 飲料水用貯水槽の清掃頻度

(396 件)、一部は 6 ヶ月に 1 回以上の頻度であった (35 件)。環境衛生管理基準では貯水槽の清掃を 1 年以内ごとに 1 回実施することが示されており、それに準じた管理が行われていた。ただし、一部の建築物において未実施であり (67 件)、貯水槽の衛生管理を周知徹底する必要が認められた。

C.6 貯水槽の点検・検査頻度

図 6-5 に飲料水用貯水槽の点検・検査頻度を用途別に示す。貯水槽の点検・検査は、建築物環境衛生管理基準には実施が位置づけられていないものの、空気調和設備等の維持管理及び清掃等に係る技術上の基準³⁾において、定期的に点検し必要に応じて補修を行うことが求められている。

貯水槽の点検・検査は中規模建築物のうち 204 件 (ただし令和 2 年調査の 476 件中) で年 1 回以上実施されており、その大半は 12 ヶ月に 1 回 (120 件) であったが、1 ヶ月に 1 回実施も 60 件に上った。自治体によっては 1 ヶ月に 1 回程度、貯水槽およびその周囲の点検実施を指導している場合があり、その取組みが反映された可能性がある。一方、過半数の建築物は未実施または未回答であり、貯水槽の損傷や経年劣化など、水の汚染防止に必要な措置が定期的に講じられていない状況にあることが推察された。

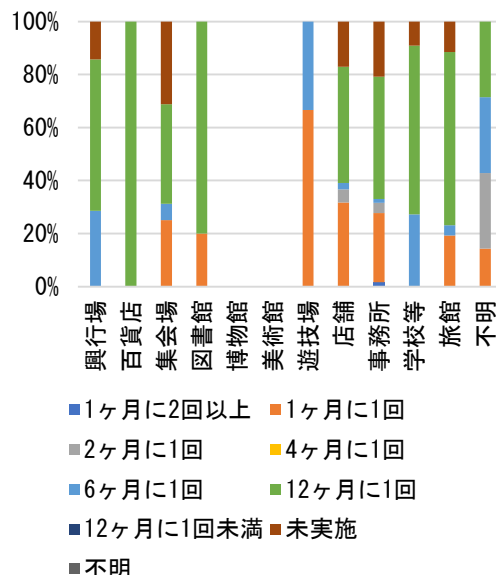


図 6-5 飲料水用貯水槽の点検検査頻度

C.7 雑用水における給水の衛生管理状況

飲料水と比較して、雑用水を対象とした給水の衛生管理の実施件数は大幅に少なかった。アンケート調査とした中規模建築物のうち、雑用水の給水系統を所有する件数が限られていたと推察された。

水質検査の実施は計 41 件であり、検査頻度は 2 ヶ月に 1 回 (19 件) あるいは 12 ヶ月に 1 回 (16 件) が大部分であった。前者は、建築物環境衛生管理基準にて 2 ヶ月以内に 1 回の実施が求められている、大腸菌および濁度が該当すると考えられた。

遊離残留塩素の検査は、多くの場合建築物環境衛生管理基準に沿って 1 週間に 1 回 (22 件、31 件中) 実施されていたものの、検査頻度が少ない、あるいは未実施の場合も見受けられた。

雑用水槽の清掃の実施は、建築物環境衛生管理基準には明示されておらず、また、点検など水が汚染されるのを防止するため必要な措置の実施は、随時とされている。前者は 53 件にて実施され、12 ヶ月に 1 回 (38 件)、後者は 15 件にて実施され、1 ヶ月に 1 回から 12 ヶ月に 1 回まで、実施頻度は様々であった。

雑用水は人の飲用に供するものではないものの、散水やトイレ用水、修景用水などとして用いられ、利用者がその飛沫に曝露される可能性も想定されることから、遊離残留塩素の検査や貯水槽の点検など、適切な衛生管理の実施が求められる。

D. 結論

中規模建築物における給水に関する管理は、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。

わが国では過去に不適切な給水の衛生管理による健康被害が発生していることより、中規模建築物においても管理水準を向上することが必要であると考えられた。

謝辞

アンケートのデータ入力、データ精査ならびに整理を実施いただいた開原典子先生 (国立保健医療科学院生活環境研究部) に御礼申し上げます。

E. 参考文献

- 1) 厚生労働省：建築物環境衛生管理基準について
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>
- 2) 東京都福祉健康局：簡易専用水道の情報
<https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/smph/kanryo/suido/jouhou.html>
- 3) 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課：貯水槽水道及び飲用井戸等に係る衛生管理状況調査 (平成 29 年度)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000494569.pdf>

F. 研究発表

1. 論文発表
(該当なし)
2. 学会発表
 - 1) 島崎大, 開原典子, 金勲, 小林健一, 林基哉, 齋藤敬子, 中野淳太, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 柳宇, 樺田尚樹. 建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 9 給水の管理状況と課題. 第 79 回日本公衆衛生学会総会; 2020.10.20-22; 京都(Web 開催). 同抄録集. (発表予定)

中央環境審議会大気環境部会
微小粒子状物質環境基準専門委員会報告

平成21年9月

5. 環境基準の設定に当たっての指針値に関する検討

環境基準の設定に当たっての指針値について、長期曝露及び短期曝露による健康影響に関する知見の定量的評価の作業を踏まえ、次のとおり検討を行った。

5.1. 長期基準及び短期基準の必要性

微小粒子状物質リスク評価手法専門委員会報告において示されているように、微小粒子状物質等の大気汚染物質の濃度と人口集団の健康影響指標との関連において、長期曝露では、より低濃度で慢性影響が起こり、短期曝露では、より高濃度で急性影響が起こると考えられる場合には、それぞれの健康影響について環境基準を定めることが妥当であると考えられる。

微小粒子状物質については、長期曝露による健康影響と短期曝露による健康影響の両者が示されている。長期曝露による健康影響については、国内外で実施された 10 年以上の観察期間を持つコホート研究において、長期曝露に伴って発現する循環器疾患や呼吸器疾患の死亡リスクの上昇や症状、機能変化等の種々の健康影響の存在が示されている。短期曝露による健康影響についても、同様に微小粒子状物質への短期的な曝露に伴って発現すると考えられる健康影響が疫学知見や毒性学知見から示されている。

一般に、地域における微小粒子状物質の長期平均濃度(年平均値等)と短期平均濃度(日平均値等)の高濃度出現頻度の間には、経験的に高い相関がみられる。すなわち、長期平均濃度又は短期平均濃度の高濃度出現頻度に関する一方の基準を定めて、一方の平均濃度をその基準以下に低減する対策を図ることにより、もう一方の平均濃度に関しても低減効果が一定程度作用し、濃度分布全体が引き下げられることが期待される。しかしながら、発生源、地理的条件及び気象条件等の違いにより、同じ長期平均濃度でも、短期平均濃度の変動が少ない地域や大きい地域がある。図 5.1 に概念的な説明を示したように、曝露濃度分布全体を平均的に低減する意味での長期平均濃度に関する基準(以下「長期基準」という。)のみを設定した場合には、変動が大きい地域では高濃度出現時に健康への悪影響が観察される可能性がある(図の点線囲み部分)ので、曝露濃度分布のうち、高濃度領域の濃度出現を減少させる意味での短期平均濃度に関する基準(以下「短期基準」という。)を長期基準と併せて設定することによって、微小粒子状物質の長期曝露及び短期曝露に関して地域の人口集団の健康の適切な保護が図られるものとする。

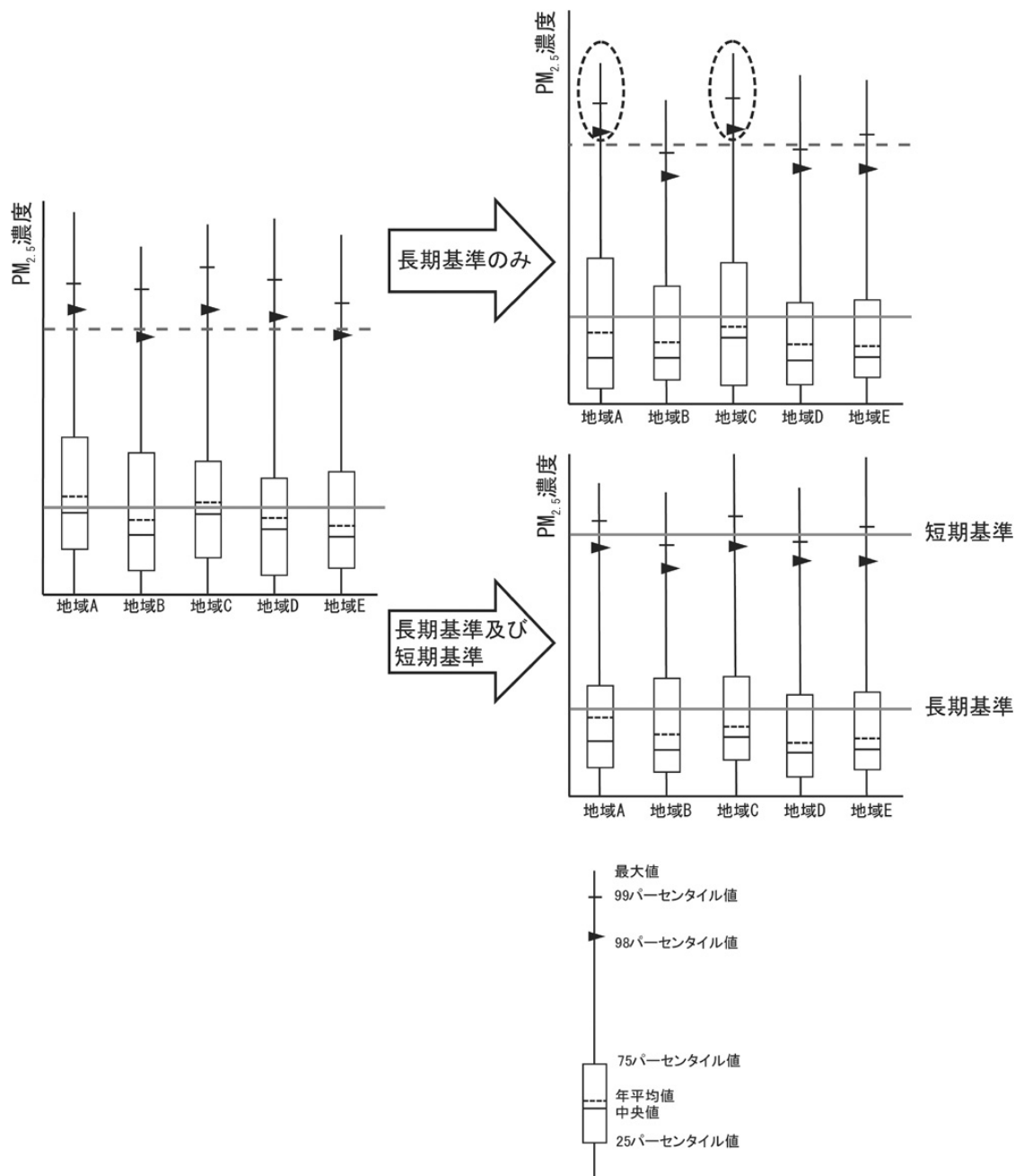


図 5.1. 長期基準のみの場合と長期基準と短期基準両者の場合の濃度分布概念図(箱ひげ図は各仮想地域の微小粒子状物質濃度日平均値の分布を表す。点線は短期基準値に相当する水準を示す。)

5.2. 長期基準の考え方と知見の評価

先に述べたように、長期平均濃度と短期平均濃度の高濃度出現頻度の間には高い相関が観察されることから、長期基準は短期曝露による健康影響に関しても一定の低減効果を持つことが期待できるが、長期曝露による健康影響を低減することが第一義的な役割である。

これまで行われてきた微小粒子状物質への長期曝露影響に関する疫学研究では、数年か

ら十数年という調査期間における曝露と健康影響との関連性が検討されてきた。どの程度の長さの曝露によってどのような性質の健康影響が生ずるのか明確とはなっていない。しかしながら、長期基準として年平均値を採用した場合には、1年を超える期間の累積的な曝露による健康影響についても保護することができると考えられる。一方、長期基準として1年よりも長い平均化時間を採用することは、大気汚染状況の評価に時間的な遅れを生じさせることになる。また、1年よりも短い季節や数ヶ月間の曝露による健康影響に関する知見は現時点では限られており、長期基準として1年よりも短い平均化時間を採用することは困難である。したがって、長期基準としては年平均値を採用することが妥当であると考えられる。

今般、統計学的に有意な相対リスクを示す疫学知見において、対象地域の濃度の平均値又は濃度範囲の中央値付近の領域は、研究対象のデータが最も集中するため、最も健康影響が確からしい水準と考えられるが、これらの水準と併せて、濃度－反応関係の統計学的信頼区間の幅の広がりや相対リスクの上昇についても留意して、複数の知見において健康影響が確からしい濃度を見いだすための評価を行った。

なお、日米の疾病のリスクファクター分布等の相違の特徴や大気中濃度の相違の特徴に関する次の考察から、国外の疫学知見も含めて評価することは公衆衛生の観点からも妥当と考え、評価を進めることとした。

- 循環器疾患については、国内知見と国外知見の結果が異なっている可能性が示されているが、リスクファクターの分布、虚血性心疾患が全死因の中に占める割合及び罹患率の違い等の疾病構造の違いによって結果に差が生じていると解釈できる。現時点において、国内では長期曝露影響が明確ではないものの、国外の疫学知見の結果や種々の毒性学知見の結果(循環器系や呼吸器系等の機能的、生化学的、形態学的な変化等)を踏まえれば、心疾患に関するリスクが高い者に関して、微小粒子状物質による影響を受けている可能性を否定するものではない。さらに、短期曝露と死亡に関する疫学知見では、国外知見と同じように国内でも急性心筋梗塞による死亡リスク上昇がみられている。
- 肺がん死亡については、国外知見において統計学的に有意な影響がみられる知見と有意ではないが影響がみられる知見の両者があるが、いずれの場合も単位濃度当たりのハザード比の大きさは国内の疫学知見の結果と類似していた。死亡以外

の呼吸器系に対する影響については国内外の知見に大きな相違はみられていない。

- 日本と米国では、硫酸塩濃度等の粒子状物質中の成分にはやや違いがみられることが報告され、硫酸塩が微小粒子状物質の健康影響に関して重要な成分である可能性を示唆する知見も存在するものの、現在の知見では特定の成分が健康影響と関連していることを示す明確な証拠はない。

まず、環境基準の設定に当たっての指針値を検討するための出発点として、「4. 微小粒子状物質の健康影響に関する定量的評価」で示した死亡やその他の種々のエンドポイントについて $PM_{2.5}$ への長期曝露との関連性を報告している個々の疫学研究(コホート研究等)における対象地域の平均濃度や濃度－反応関係に関する情報に基づいて、健康影響が観察される濃度水準を整理した。

死亡をエンドポイントとするコホート研究のうち、米国6都市研究のオリジナル研究における6都市全体の全調査期間の $PM_{2.5}$ 平均濃度は $18.0 \mu g/m^3$ (6都市の濃度範囲 $11.0 \sim 29.6 \mu g/m^3$) であった。米国6都市拡張研究の第1期では6都市全体の $PM_{2.5}$ 平均濃度(1980～1985年)は $18.1 \mu g/m^3$ (6都市の濃度範囲 $11.4 \sim 29.0 \mu g/m^3$)、第2期では $PM_{2.5}$ 平均濃度(1990～1998年)は $14.8 \mu g/m^3$ (6都市の濃度範囲 $10.2 \sim 22.0 \mu g/m^3$)、全調査期間の $PM_{2.5}$ 平均濃度は $16.2 \mu g/m^3$ (6都市の濃度範囲 $10.8 \sim 24.6 \mu g/m^3$) であった。ACS研究のオリジナル研究では、全体の $PM_{2.5}$ 平均濃度は $18.2 \mu g/m^3$ (各都市の濃度範囲 $9.0 \sim 33.5 \mu g/m^3$)、その再解析結果では全体の $PM_{2.5}$ 平均濃度は $20.0 \mu g/m^3$ (各都市の濃度範囲 $10 \sim 38 \mu g/m^3$) であった。ACS拡張研究では、1979～1983年の $PM_{2.5}$ 平均濃度は $21.1 \mu g/m^3$ (濃度範囲 $9 \sim 34 \mu g/m^3$)、1999～2000年の $PM_{2.5}$ 平均濃度は $14.0 \mu g/m^3$ (濃度範囲 $5 \sim 20 \mu g/m^3$)、1979～1983年と1999～2000年の期間を合わせた平均では $PM_{2.5}$ 平均濃度は $17.7 \mu g/m^3$ (濃度範囲 $7.5 \sim 30 \mu g/m^3$) であった。米国6都市研究及び米国6都市拡張研究では、対象地域数が少ないために濃度－反応関係について精密な検討を行うことに制限があるが、 $PM_{2.5}$ 濃度がおおむね $15 \mu g/m^3$ 以下の地域と比較して、 $20 \mu g/m^3$ を超える地域で死亡リスクの上昇がみられているとみなすことができる。ACS拡張研究では、 $PM_{2.5}$ 濃度と相対リスクの関係について平滑化された濃度－反応関係とその信頼区間が示されている。米国EPA等の健康影響評価文書(U.S.EPA, 2005; WHO, 2006)では、この図に基づいて濃度－反応関数の信頼区間の幅が広がることが示されたのは、 $12 \sim 13 \mu g/m^3$ を下回る領域からであった

とされている。

WHI 研究は 1994～1998 年に参加者を登録して、平均約 6 年間の追跡を行ったコホート研究であるが、PM_{2.5} の曝露濃度の解析には 2000 年の年平均値を用いており、対象地域の PM_{2.5} 平均濃度は 13.5 µg/m³、濃度範囲は 3.4～28.3 µg/m³ であった。

日本における三府県コホート研究では、調査期間 10 年(1984～1993 年)の 6 地域の SPM 平均濃度は 35.5 µg/m³(濃度範囲 22～45 µg/m³)であり、PM_{2.5}/SPM の比を 0.7 として推計された PM_{2.5} 平均濃度は 24.9 µg/m³(濃度範囲 15～32 µg/m³)であった。調査期間 15 年(1984～1998 年)の 6 地域の SPM 平均濃度は 35.2 µg/m³(濃度範囲 21～44 µg/m³)であり、PM_{2.5}/SPM の比を 0.7 として推計された PM_{2.5} 平均濃度は 24.6 µg/m³(濃度範囲 14～31 µg/m³)であった。三府県コホート研究においては SPM 濃度に基づいた PM_{2.5} 濃度推計の誤差を約 5 µg/m³と見積もっていることから、対象地域の PM_{2.5} 平均濃度は 20～30 µg/m³と考えることができる。三府県コホート研究では対象地域数が少ないために、米国 6 都市研究と同様に濃度－反応関係について精密な検討を行うことに制限があるが、PM_{2.5} 濃度が 27～31 µg/m³を超える地域で死亡リスクの上昇がみられているとみなすことができる。三府県コホート研究における PM_{2.5} 推計濃度の誤差を考慮すれば、おおむね 22～36 µg/m³と考えられる。

死亡以外のエンドポイントに関する疫学研究のうち、肺機能の変化に関するカリフォルニア子供研究からいくつかの報告があり、対象 12 地域の 1994 年の PM_{2.5} 平均濃度は 15.3 µg/m³(濃度範囲 6.7～31.5 µg/m³)、1996～1999 年の PM_{2.5} 平均濃度は 13.8 µg/m³(濃度範囲 5.5～28.5 µg/m³)、1994～2000 年の PM_{2.5} 平均濃度は 13.8 µg/m³(濃度範囲 5.6～28.5 µg/m³)であった。

呼吸器症状に関する米国 6 都市研究において、子供の呼吸器症状との関連性に関する報告では、対象地域の PM_{2.5} の調査前 1 年平均値(1980～1981 年)は 21.1 µg/m³(濃度範囲 11.8～36.7 µg/m³)であった。呼吸器症状に関する米国・カナダ 24 都市研究では 1988～1991 年の PM_{2.1} 平均濃度は 14.5 µg/m³(濃度範囲 5.8～20.7 µg/m³)であった。

我が国における呼吸器症状に関する微小粒子状物質曝露影響調査の全国 7 地域の PM_{2.5} 濃度は、ベースライン調査時で平均濃度 25.2 µg/m³(濃度範囲 19.2～28.4 µg/m³)であった。

次に、上述した疫学知見から抽出された濃度水準について検討を加えた。

PM_{2.5} への長期曝露との関連性を報告している死亡に関するコホート研究や死亡以外の呼吸器系への影響に関する横断研究における対象地域の濃度範囲のうち、PM_{2.5} 濃度が 20

μg/m³以上の範囲については、国内外の多くの疫学知見において対象地域の濃度範囲の平均を超える水準であり、濃度－反応関係に関する検討においても健康影響が観察される濃度水準である。

PM_{2.5}への長期曝露との関連性を報告しているコホート研究の中で、対象地域のPM_{2.5}平均濃度が15 μg/m³を下回っているものにWHI研究があるが、この研究の対象集団における心血管疾患死亡率は日本における一般集団とは大きく異なっており、リスクファクターの分布も異なっている。また、曝露濃度として2000年のPM_{2.5}濃度のみを用いていることから、曝露濃度に関する不確実性が大きいと考えられる。

ACS拡張研究では、PM_{2.5}濃度と相対リスクの関係について平滑化された濃度－反応関係とその信頼区間が示されており、米国EPA等の健康影響評価文書では、濃度－反応関数の信頼区間の幅が広がることが示されたのは、12～13 μg/m³を下回る領域からであったとされている。しかしながら、この濃度領域における信頼区間の幅の広がり、対象地域数にも依存するものであり、濃度－反応関係の統計学的信頼性のみを反映するものではない。

カリフォルニア子供研究では、対象12地域の全体的な傾向として、PM_{2.5}濃度と肺機能の成長の遅延に関連がみられているが、平均濃度が10 μg/m³を下回る複数の地域と、平均濃度が15 μg/m³付近の地域において肺機能の成長に差があると結論づけることは困難である。

15 μg/m³を下回る濃度領域に関するその他の疫学知見も非常に限られており、現時点では健康影響が観察される濃度水準とみなすことはできない。

国外知見において、死亡以外の呼吸器症状や肺機能変化等のエンドポイントの健康影響に関して関連を報告している知見の平均濃度は、おおむね年平均値15 μg/m³を超えており、死亡をエンドポイントとする知見とおおむね同じ濃度領域において健康影響が観察されていた。疫学研究においては、呼吸器症状や肺機能変化等の健康影響が、常に死亡より早期に又は低濃度で検出できるとは限らない。これはエンドポイントを評価する手法の精度等にも関連することである。今回の評価では、死亡をエンドポイントとして見いだされた健康影響が観察される濃度水準よりも低い濃度で、死亡以外の健康影響が生じている確かな知見はなかった。

国内知見については、国外知見と比較して限られた情報であるが、死亡及び死亡以外のエンドポイントのいずれにおいても推計誤差も含めて20 μg/m³以上の濃度水準で影響がみられ、20 μg/m³を下回る濃度領域において、現時点では健康影響がみられていない。しかしながら、PM_{2.5}への曝露による健康影響に関して、人種差や微小粒子状物質の成分の違いによって影響が異なることは明らかでないことから、平均濃度20 μg/m³以下の濃度領域において健康影

響を示している国外知見も含めて評価することは妥当と考える。

5.3. 短期基準の考え方と知見の評価

微小粒子状物質への高濃度の短期曝露に伴って発現すると考えられる呼吸器系や循環器系における死亡、入院・受診及び機能・症状の変化等様々な健康影響が示されている。短期基準は、これらの健康への影響の防止が第一の役割と考えられる。そのため、長期平均濃度と短期平均濃度の高濃度出現頻度に関する統計学的な関連性を考慮したうえで、長期基準のみでは十分に低減することが困難である短期的な高濃度曝露による健康影響を防止する観点で、短期基準を設定することが考えられる。

多くの微小粒子状物質への短期曝露の疫学研究では日平均値、若しくは数日平均に基づいた関連性が報告されている。24 時間よりも短い 1 時間から数時間の曝露による影響を報告している疫学研究も存在するが、これらの知見は限定的であり、かつ、日平均値基準によっても、それより短い平均化時間の曝露による健康影響からも一定程度保護できると考えられる。さらに、気象条件等により数日間高い濃度が持続するエピソードによる健康影響についても、日平均値基準によって保護することが可能である。したがって、短期基準として日平均値の高濃度出現頻度を採用することが妥当であると考えられる。

日本の 20 都市研究の結果において、98 パーセンタイルを超える濃度領域でリスクがより大きく上昇している傾向がみられる等、長期基準のみでは十分に低減することが困難な高濃度出現時において健康リスクが上昇することが考えられる。その一方、統計学的な安定性をみると、年平均値と 98 パーセンタイルを超える濃度領域との関係は不安定となる。全国の大気測定局における PM_{2.5}濃度の解析結果によると、98 パーセンタイル値と年平均値との関連性については、すべての年度で決定係数が 0.8 以上となり、パーセンタイルが小さくなるにしたがって関係が安定してくる(参考1)。環境基準の評価において、地域における大気汚染に対する施策の効果等を的確に判断することが求められることから、統計学的な安定性の観点は重要である。したがって、これらの健康リスクの上昇や統計学的な安定性を踏まえれば、短期基準は 98 パーセンタイルの高濃度領域の濃度出現を低減することを目的に設定することが適切であると考えられる。すなわち、長期基準(年平均値)を設定することによって濃度分布の大部分の濃度を低減するとともに、健康リスクの上昇のみられる高濃度領域の濃度を低減するために 98 パーセンタイル値を目安として短期基準を設定することによって、長期及び短期曝露による健康影響をそれぞれ適切に防止することができると考えられる。

その観点から、まず短期曝露影響に関する健康影響がみられる疫学知見において 98 パーセンタイル値を算出した。次に年平均値の指針値に対応する 98 パーセンタイル値を算出し、この値を下回る濃度領域で健康影響がみられるか検証することによって日平均値の指針値を定めることが考えられる。

米国の $\text{PM}_{2.5}$ の日平均値の基準値は、 $\text{PM}_{2.5}$ への短期曝露影響に関する疫学知見を検討し、有意な関係を報告した疫学研究では、98 パーセンタイル値が約 $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回る研究が多数を占め、 $30 \sim 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲内では有意な関係を示す疫学知見は少数で、この濃度範囲を下回る水準における研究は極めて限られていることから、24 時間基準値を $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ としている。

これらの知見のみならず最近の国内外の知見も含めて、同様の評価を行うと、日死亡及びその他のエンドポイントと $\text{PM}_{2.5}$ への短期曝露に関して有意な関連を示した国外の複数都市研究において、各都市の年平均値はおおむね $13 \sim 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であり、対応する 98 パーセンタイル値は $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。日死亡について有意な関係を示す単一都市研究における 98 パーセンタイル値は $32 \sim 59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であった。死亡以外のエンドポイントについて、有意な関係を示す単一都市研究における 98 パーセンタイル値は $47 \sim 69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であった。

日本における日死亡に関する疫学知見においても、各対象地域の調査期間中の 98 パーセンタイル値は $31 \sim 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、地域別にみた場合に、統計学的に有意な日死亡リスクの上昇を示した地域の調査期間中の 98 パーセンタイル値はおおむね $44 \sim 47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。多くの地域で、これらの濃度を超える領域において死亡リスクの上昇が示されていた。毒性学知見において、低濃度領域においても呼吸器系及び循環器系への影響に関する曝露量－影響関係を示す結果から、これらの濃度を超える領域において各種指標の影響がみられていた。

年平均値と 98 パーセンタイル値との統計学的な関連性は地域によって異なり、米国における両者の関係が日本においても保たれているという保証はない。また、両者の関係は経年的にも変動する等、発生源やエピソード的な高濃度出現の影響を受けていることも考えられることから、年平均値の指針値に対応する 98 パーセンタイル値の算出に当たっては、日本の大気環境を反映することが妥当である。具体的には、気象等の要因による年ごとの変動やその他の誤差

要因も考慮して、これまで日本国内の各地で実測されてきた $\text{PM}_{2.5}$ 濃度に関する測定値をすべて用いて算出された回帰式に基づいて、統計学的な信頼区間も考慮することによって、最も安定した 98 パーセンタイル値を見いだすことができると考えられる。

2001～2008 年までの国内の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度測定値に基づき、年平均値 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に対応する 98 パーセンタイル値は、年平均値の測定誤差及び回帰式の 95 % 信頼区間も考慮すると $35 \sim 38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった(参考1)。また、個々の 98 パーセンタイル値の 95 % 信頼区間で推定すると、年平均値 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に対応する 98 パーセンタイル値は $28 \sim 44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となっており、相当程度の変動があることが示されている。このことは、長期基準のみの設定では 98 パーセンタイル値が高濃度領域に広がる状況があり得ることを示している。

5.4. 長期基準及び短期基準の指針値

5.4.1. 主要な観点

次に、長期基準及び短期基準の指針値を導出するに当たっての主要な観点を示した。

- $\text{PM}_{2.5}$ の健康影響については閾値の有無を明らかにすることができない状況であり、そのため多くの疫学研究の対象地域における濃度範囲の下限付近やそれを下回る濃度領域における健康リスクの大きさは、一般人口集団及び感受性の高い者・脆弱性を有する者を含む集団においても明確ではない。
- 我が国の人為起源由来粒子の影響が少ないと考えられる地域の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度測定結果は、年平均 $6 \sim 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、この濃度領域においても閾値の有無は明らかではないことからいくらかの健康リスクが存在する可能性は否定できないが、その健康リスクの存在を明確にすることはできない。この点に関して、現時点までの疫学知見において存在することが示唆される健康リスクを低減する観点から指針値を導くことが適切である。
- 疫学研究における濃度範囲全域をみた場合に、 $\text{PM}_{2.5}$ への長期曝露による死亡及び死亡以外のエンドポイントに関するリスク上昇は相対リスク($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇当たり)としてほとんどが 1.5 以下であり、多くは 1.1～1.4 程度であった。
- また、 $\text{PM}_{2.5}$ への短期曝露による死亡及び死亡以外のエンドポイントに関するリスク上昇は超過リスク($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇当たり)として、多くが数パーセントである。
- この相対リスクは他の曝露要因・リスクファクターと比較して必ずしも大きくはなく、集団を構成する個人の個別的な因果関係を推測できるものではないが、公衆衛生の観点から低減すべき健康リスクを示すものである。大気汚染による曝露は、人の嗜好や生活パターンに

よらずすべての者に健康影響を及ぼしうるものであって、避けることが困難である。

- 公衆衛生の観点からは、大気汚染物質の影響に対してより敏感であり、また、より大きな健康リスクを生じうると考えられる感受性の高い者や脆弱性を有する者の健康影響にも慎重に配慮することが必要である。
- 指針値の検討において、その根拠となる疫学研究で示されている微小粒子状物質の健康影響に関しては、想定されるメカニズムに関連する毒性学研究やその他の多くの疫学知見によって支持されるものであり、近年それらの知見は更に充実している。定量的評価の対象となりうる疫学知見は必ずしも多くはないが、それを支持する多くの毒性学知見と疫学知見が存在する。
- 循環器疾患への影響に関しては、国内知見では関連が必ずしも明確ではない等日米の疫学研究の結果が異なる可能性も示されている。この相違については、日本と米国のリスクファクターの分布や疾病構造の違いによって結果に差が生じているものと解釈できる。短期曝露と死亡に関する疫学知見では国外知見と同じように急性心筋梗塞死亡リスク上昇がみられること、将来の日本の疾病構造やリスクファクターの分布が米国に近づく可能性があることから、現時点で発現している健康リスクの大きさは異なるものの、国内外の疫学知見や種々の毒性学知見を踏まえ、国内でも同様の影響が生じる可能性がある。
- 大気汚染の人及び人口集団の健康への影響は各種の段階の健康影響として観察されうるが、大気汚染物質と健康影響は両者とも多様性があり、その関係は複雑である。微小粒子状物質と共存大気汚染物質の濃度は相関する場合があるために、疫学知見において両者の影響を明確に分離することが困難な場合が多い。一方で、微小粒子状物質と共存大気汚染物質の影響を区別できる知見が存在する。これらの点について、微小粒子状物質濃度を低減することによって微小粒子状物質の健康リスクが低減するだけでなく、微小粒子状物質の原因物質である共存大気汚染物質の濃度の低減も期待できることから、これらの大気汚染物質の健康リスクを低減させる効果をもたらすことが期待される。
- コホート研究における曝露評価においては、調査期間のうちのどの期間を曝露期間とするかによっても、濃度－反応関係に関わる検討結果が変わりうる。しかしながら、現時点では、どの期間の曝露が最も健康影響と関係するかについて明らかとなっていない。また、長期曝露に関する国内外の疫学調査に関する多くの対象地域において、微小粒子状物質を含めた大気汚染物質濃度が低下傾向にある。このことが、長期曝露による健康影響が観察される濃度の評価を更に不確かにする。

- 微小粒子状物質の濃度には測定誤差や推計誤差が含まれる。また、疫学研究の対象集団の曝露量には大気環境中濃度の空間分布や種々の曝露量を規定する要因に関わる変動が加わる。

なお、長期基準及び短期基準の指針値における微小粒子状物質とは、第1章における検討を踏まえて $\text{PM}_{2.5}$ のことをいう。

5.4.2. 長期基準の指針値

長期基準の知見の評価に基づき、国内外の長期曝露研究から一定の信頼性を持って健康リスクの上昇を検出することが可能となる濃度を、健康影響が観察される濃度水準として、次に示すように整理した。

国内の死亡に関するコホート研究からは、 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度推計誤差も考慮して、 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を健康影響が観察される濃度水準とみなせる。

国外、特に米国における死亡に関するコホート研究からは、 $15 \sim 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度範囲を超える領域では健康影響が観察される。

国内の死亡以外の疫学研究からは $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を健康影響が観察される濃度水準であると考えられる。

国外の死亡以外の疫学研究からは $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を健康影響が観察される濃度水準であると考えられる。

コホート研究においては、調査観察期間のうちのどの期間を曝露期間とするかによっても、濃度－反応関係に関わる検討結果が変わりうる。各コホート研究で示されている濃度の経年変化の傾向等から推測すると、観察期間中の最も濃度が高い期間と最も濃度が低い期間の平均濃度を比較すると、曝露期間選択の違いによって $\text{PM}_{2.5}$ 濃度としておおむね $2 \sim 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の変動幅を考慮する必要がある。

我が国における微小粒子状物質の健康影響が観察されるとみなせる濃度水準は $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、現時点では循環器疾患に対する健康リスクの状況は米国とは異なっているものの、人種差や微小粒子状物質の成分の差によって健康影響が異なることは明らかではない。また、微小粒子状物質の健康影響は、想定されるメカニズムに関連する多くの毒性学知見や疫学知見によって支持されるものであり、その知見の質や量から科学的信頼性は年々増している。し

たがって、国内知見を重視して考えると指針値を検討するための出発点となる濃度は 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるが、知見が充実している国外知見から見いだされる健康影響が観察される濃度水準は 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、この濃度水準にも考慮すべきである。

その上で、主要な観点として前述した内容と健康影響が観察される濃度水準に加えて疫学知見に特有な不確実性が存在することにも考慮して総合的に評価した結果、長期基準として年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が最も妥当であると判断した。

5.4.3. 短期基準の指針値

短期曝露による健康影響がみられた国内外の複数都市研究から導かれた 98 パーセンタイル値は 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えると考えられた。

日死亡、入院・受診、呼吸器症状や肺機能などに関して、有意な関係を示す単一都市研究における 98 パーセンタイル値の下限は 30～35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲と考えられた。

健康影響がみられた疫学研究における 98 パーセンタイル値は、年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対応する国内の $\text{PM}_{2.5}$ 測定値に基づく 98 パーセンタイル値の推定範囲に含まれていた。

以上のことから、長期基準の指針値である年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と併せて、日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を短期基準の指針値とすることが最も妥当であると判断した。

5.4.4. 指針値の提案

本専門委員会は、現時点で収集可能な国内外の科学的知見から総合的に判断し、地域の人口集団の健康を適切に保護することを考慮して微小粒子状物質に係る環境基準設定に当たっての指針値としての環境濃度を次のように提案する。

長期基準の指針値 年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下

短期基準の指針値 日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下

長期基準及び短期基準の指針値としての環境濃度は、様々な重篤度の健康影響に関して、現時点では我が国における人口集団の健康の保護のために維持されることが望ましい水準である。

5.5. 参考文献

- U.S.EPA. (2005) Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter: Policy Assessment of Scientific and Technical Information.EPA-452/R-05-005a
- WHO. (2006) Air Quality Guidelines, Global update 2005 World Health Organization Regional Office for Europe. Copenhagen.
- 中央環境審議会大気環境部会 微小粒子状物質リスク評価手法専門委員会. (2008) 微小粒子状物質の定量的リスク評価手法について.

微小粒子状物質の健康リスクに関する近年の知見と国際的な動向

東 賢一*

近畿大学医学部環境医学・行動科学教室 〒589-8511 大阪狭山市大野東377-2

Recent scientific knowledge and political aspect on health risk due to fine particulate matter

Kenichi AZUMA*

Department of Environmental Medicine and Behavioral Science, Kindai University Faculty of Medicine

要 旨

1990年代に発表された米国の疫学研究以降、微小粒子状物質(PM_{2.5})への曝露と循環器疾患等による死亡の関係が明らかとなり、国際機関や各国で気中濃度の基準値が定められてきた。そこで本報では、PM_{2.5}の健康リスクについて、近年の知見を踏まえて概説する。世界保健機関(WHO)が2005年に年平均値10 µg/m³の空気質ガイドラインを公表して以降、PM_{2.5}がヒトの健康に及ぼす影響は、このレベルより低濃度でも生じることが近年の疫学研究で明らかとなっており、その量反応関係は、線形で閾値がみあたらないと考えられている。今後、WHOと米国環境保護庁は、低濃度域における近年の疫学的知見を踏まえて空気質ガイドラインと環境基準値を再検討する予定となっている。WHOは2018年10月末にジュネーブで開催した「空気汚染と健康に関する世界初会合」において、各国における速やかな取り組みを促しており、PM_{2.5}への曝露で深刻で不可逆的な健康影響が生じることを鑑みた予防的な取り組みが必要である。

Abstract

Many studies have found associations between fine particulate matter [PM with aerodynamic diameter ≤ 2.5 µm (PM_{2.5})] and increased mortality. Biological evidence has been established for plausible mechanisms between PM_{2.5} and mortality. Based on evidence from epidemiological and toxicological studies, air quality guidelines or standards were established for PM_{2.5}. This article reviews the recent scientific knowledge and political aspect on health risk due to PM_{2.5}. Many recent epidemiologic studies reported consistent positive associations between short- and long-term exposure to fine particulate matter (PM_{2.5}) and respiratory and cardiovascular effects and mortality. Many key studies reported positive and significant associations for PM_{2.5} air quality distributions characterized by overall mean concentrations around 8.0 µg/m³, which is below 10.0 µg/m³ of existing World Health Organization air quality guideline. Although the evidence for associations at lower concentrations (i.e., means < 8.0 µg/m³) is more limited, recent studies provided evidence of linear, no-threshold relationships between long-term exposure to PM_{2.5} and all-cause and cause-specific mortality. For protecting public health, urgent action by health and other sectors to reduce the serious adverse health effects due to PM_{2.5} is required, based on the precautionary principle.

Key words: 空気質ガイドライン(air quality guideline), 呼吸器疾患(respiratory disease), 死亡率(mortality), 循環器疾患(cardiovascular disease), 超微小粒子(ultrafine particle), 微小粒子状物質(fine particulate matter), 量反応関係(dose-response relationship)

1. はじめに

近年、大気汚染物質の中でもとりわけ微小粒子状物質(Fine particulate matter: PM_{2.5})の健康影響に関する関心が高まり、日本では2009年9月にPM_{2.5}の大気環境基準が設定された。また、中国でのPM_{2.5}による

深刻な大気汚染の発生や日本でも一時的にPM_{2.5}の濃度上昇が観測されたことなどにより、大気中のPM_{2.5}の濃度が上昇した場合における注意喚起の暫定指針が2013年2月に設定された。大気中の粒子状物質には、物体の燃焼等で直接大気中に排出される

*Corresponding author (責任著者) E-mail: kenazuma@med.kindai.ac.jp, Tel: 072-366-0221

受付: 2020年3月23日 (Received: 23 March 2020)

受理: 2020年4月24日 (Accepted: 24 April 2020)

ものと、ガス状の大気汚染物質が大気中で化学反応を生じて粒子化したものがあり、その発生源には、燃焼ガスを排出する移動手段とばい煙を排出する固定施設などの人為起源、また砂塵や火山等の自然起源がある。

PM_{2.5}は室内空気を汚染する燃焼等を発生源とする粒子であり、発展途上国では燃焼生成物による循環器疾患や呼吸器疾患が公衆衛生上の大きな問題となっている。世界保健機関(WHO)の推計によると、世界中で約30億人の人々が、調理、暖房、照明などで、クリーンな燃料や技術が利用できない状態にあり、住居内の空気汚染が原因で2012年に全世界で430万人¹⁾、2016年には380万人が死亡し²⁾、そのほとんどが東アジアやアフリカの低中所得の国々と推定されている¹⁾²⁾。また、これらの死因は2016年の推計で、虚血性心疾患27%、肺炎27%、慢性閉塞性肺疾患(COPD)20%、脳卒中18%、肺がん8%とされており、これらの疾患の主要な原因として、室内での固形燃料(木、木炭、石炭、動物の糞、農作物の廃棄物等)の燃焼によるPM_{2.5}や一酸化炭素への曝露があげられている³⁾。

これらのことを踏まえ、本報では、PM_{2.5}の健康リスクに関する近年の知見と国際機関や諸外国の動向について概説する。

2. 粒子状物質の特性

大気中の粒子状物質は、燃焼によって生成される

もの、機械的な破碎によって生成されるもの、気体が核形成あるいは凝集して粒子に変化したものなど、さまざまな過程によって生成される。これらの粒子状物質は、4つの大きな分布を有している(図1)³⁾。粒径1 μm付近より大きな粒径分布が粗大粒子、小さい粒径分布が微小粒子に相当する。

大気中の粒子状物質は、その粒径に応じて、粒径が10 μmより小さい粒子が粒子状物質PM₁₀、粒径が2.5 μmより小さい粒子が微小粒子状物質PM_{2.5}に分類されている。但し、空気力学を利用した測定方法に基づき定義されており、厳密にはPM₁₀とPM_{2.5}にはそれぞれ10 μmや2.5 μmより大きい粒子がわずかに含まれている。日本では浮遊粒子状物質SPMに対して大気環境基準が定められているが、SPMは10 μmを越える粒子が100%カットされている。従って、SPMとPM₁₀は異なる粒径のものであり、粒径分布からはPM₁₀ > SPM > PM_{2.5}ということになる。PM₁₀は、ヒトの上気道に侵入することが十分可能な大きさであり、粗大粒子が含まれる。PM_{2.5}は、微小粒子を規制対象とするために設定されたものである。微小粒子と粗大粒子は、粒径が異なるだけでなく、生成機構、発生源、化学的・物理的・生物学的な性質が異なる。また、気道における沈着や滞留、毒性、疫学研究における健康影響なども異なる。

ヒトの呼吸器は、上気道領域、下気道領域、肺泡領域の大きく3つに分けることができる(図2)³⁾⁴⁾。これらの領域において、10 μm以上の粒径のものは、

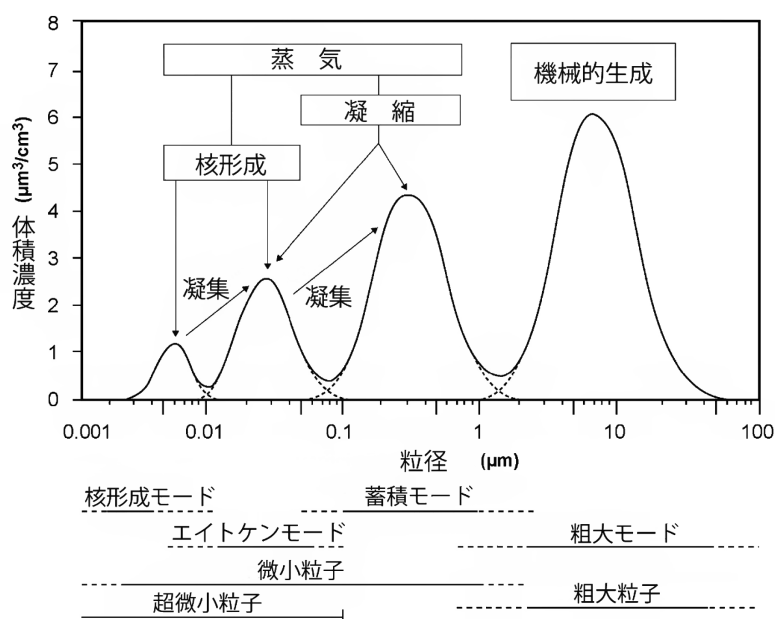


図1 粒子状物質の理想的な粒径分布と生成機構³⁾を引用・和訳

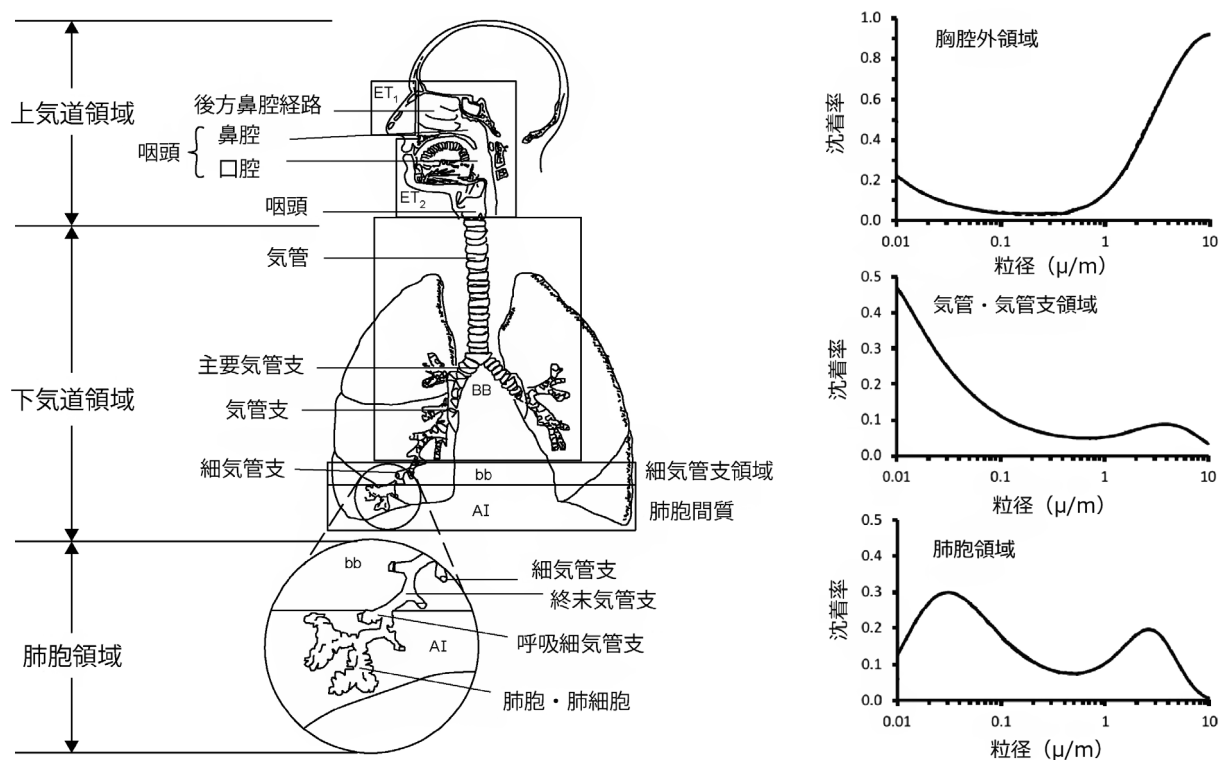


図2 ヒトにおける呼吸器系の構造と粒子の粒径別沈着率^{3,6)}を引用・和訳

表1 粒子状物質の特性

項目	PM ₁₀	PM _{2.5}	UFP
比表面積	+	++	+++
全炭素に対する相対含有率	+	++	+++
有機性炭素	+	++	+++
多環芳香族炭化水素	+	+	+++
金属類	+++	++	+
酸化還元活性	+	++	+++
肺胞中での活性酸素種の生成	+	+	+++
ミトコンドリアへの影響	なし	小	大
活性化合物の生物学的利用率	+	++	+++
肺壁の通過性	+	++	+++

上気道領域に沈着し、それ以上奥深くまでは沈着しない。しかし、数 μm 程度になると肺の奥深くまで侵入し、沈着しやすくなる。そして、ナノサイズになれば、さらにその沈着率は高くなる。また、粒径がさらに小さくなると、粒子の運動がガス状物質同様に拡散律速となるため、上気道領域や下気道領域へ沈着しやすくなる。しかし、PM_{2.5}に相当する粒径数 μm 以下の粒子の沈着は、下気道領域、肺泡領域のいずれにおいても高く、深部の呼吸器への影響が懸

念される³⁻⁶⁾。

表1に粒径別の粒子状物質の特性を示す^{7,8)}。UFP(Ultrafine particle)は、粒径が0.1 μm より小さいナノサイズの超微小粒子である。UFPを含めると、粒径分布では、PM₁₀ > SPM > PM_{2.5} > UFPということになる。表1から明らかなように、粒径が小さくなるにつれて、酸化還元活性や活性酸素種の生成が高くなり、発がん性を有する多環芳香族炭化水素を含む割合が多くなる。

3. 粒子状物質の健康影響

化学物質の健康影響を検討する場合、曝露から影響発現までの潜伏期間、曝露時間の長さとの関係が重要になる。粒子状物質では、これらの関係から、日単位の短期曝露と年単位の長期曝露について検討されてきた。表2に米国環境保護庁が2019年12月に公表した粒子状物質によるヒトの健康影響とその因果関係の確かさを示す⁶⁾。PM_{2.5}について、短期曝露による健康影響で取り上げられているものは、死亡、循環器系への影響(虚血性変化、不整脈、心拍変動等)、呼吸器症状や肺機能変化などである。この中でも、日死亡については、多くの研究でPM_{2.5}濃度との関係が示されている。また、最近では特に循環器系への影響との関係に関する疫学研究が報告されている。これらの影響は、PM_{2.5}の毒性学的研究によって、心室性不整脈や血栓症リスクの増加、循環器や呼吸器系における炎症反応や酸化ストレスの増加、血圧の増加、血管内のプラーク安定性の低下などによって生じると考えられている⁹⁻¹⁴⁾。

長期曝露による健康影響では、死亡、循環器系への影響、呼吸器系への影響、発がん、中枢神経システムへの影響(脳の形態学的変化、認知力低下、認知症、自閉症スペクトラム障害)がある。米国やカナダで大規模なコホート研究が実施され、PM_{2.5}濃度と死亡との間に有意な関係が認められている。死因別では、特に循環器系疾患による死亡との関係が示さ

れている。中枢神経システムへの影響は、2009年以降に疫学研究や動物実験での報告が増えており、PM_{2.5}への長期曝露との関係が高いと近年判断されている。なお、UFPについても、中枢神経システムへの影響に関する可能性が近年示唆されている。UFPは、動物実験によって、脳の炎症、脳の多領域における酸化ストレス、神経変性やアルツハイマー病や自閉症スペクトラム障害に特徴的な脳の形態学的変化を生じることが示唆されており、ヒトの疫学調査では注意や記憶に対する影響が示唆されている。

以上より、PM_{2.5}による健康影響については、特に死亡と循環器系疾患について十分な証拠があると判断されており、中枢神経システムへの影響については、その因果関係の可能性を示すヒトや動物の知見が近年増えている。さらにその可能性はUFPでも近年示唆されている。なお、発がん性について、WHOの国際がん研究機関(IARC)は、2013年10月に開催された専門家会合において、粒子状物質はヒトで肺がんを引き起こす十分な証拠があると判断し、粒子状物質を発がん性分類でグループ1(ヒトに対して発がん性がある)に分類した¹⁵⁾。発がん性についてもPM_{2.5}はヒトで十分な証拠があると判断されている。

4. 気中濃度のガイドラインや基準値

環境中のガイドラインや基準値を設定する際には、ヒトを対象とした疫学的知見や動物実験などによる

表2 粒子状物質によるヒトの健康影響に関する因果関係^{6,15)}をもとに作成

健康影響	曝露	PM _{10-2.5} *	PM _{2.5}	UFP
死亡	短期	可能性あり	あり	不十分
	長期	可能性あり	あり	不十分
循環器系	短期	可能性あり	あり	可能性あり
	長期	可能性あり	あり	不十分
呼吸器系	短期	可能性あり	可能性高い	可能性あり
	長期	不十分	可能性高い	不十分
代謝系	短期	不十分	可能性あり	不十分
	長期	可能性あり	可能性あり	不十分
生殖・発生系	長期	不十分	可能性あり	不十分
発がん	長期	可能性あり	あり**	不十分
中枢神経システム	短期	不十分	可能性あり	可能性あり
	長期	可能性あり	可能性高い	可能性あり

* PM_{10-2.5}: PM₁₀とPM_{2.5}の間の粒径の粒子, ** IARCの発がん性分類に基づく, *** 表中の用語の区分: あり, 因果関係を有する証拠が十分ある; 可能性高い, 因果関係を有する可能性が高い; 可能性あり, 因果関係を有する可能性はあるが証拠が限定的; 不十分, 因果関係を示す証拠が不十分

表3 粒子状物質の空気質ガイドラインと大気環境基準

国や機関	制定	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		24時間	年間	24時間	年間
WHO	2005	50*	20*	25*	10*
米国環境保護庁	1997	150	50	65	15
	2006	150	—**	35	15
	2012	150	—	35	12
	2009	100***	—	35	15

* 空気質ガイドライン, ** 2006年に削除, *** 浮遊粒子状物質SPM(1973年制定)

毒性学的知見をもとに量反応関係を評価し、不確実係数を考慮して設定される。PM_{2.5}は、炭素、硫黄化合物、窒素化合物、金属類等の多種類の物質で構成され、さまざまな大きさをもつ粒子の複合体である。しかし、厳密にその構成成分や粒径を考慮して評価するには疫学的知見や毒性学的知見が乏しいとともに、環境モニタリング等のリスク管理が困難となる。そのため粒子状物質の粒径に応じたガイドラインや基準値の設定がなされてきた。

表3に国内外における粒子状物質の空気質ガイドラインと大気環境基準を示す。以下では米国環境保護庁、WHO、日本の環境省におけるPM_{2.5}のガイドラインや基準値の設定経緯を概説し、その後、諸外国における室内空気質ガイドラインを概説する。

4.1 米国環境保護庁

Dockeryらが1993年に発表したハーバード6都市研究では、PM_{2.5}濃度が長期間相対的に高い都市では、呼吸器や循環器に起因する死亡が増加した。死亡リスクのみられない都市の濃度は11~13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であったが、15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える都市では全死亡リスクが上昇していた¹⁶⁾。この結果から、米国環境保護庁は1997年に長期曝露を対象とした年平均の環境基準値を15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に設定した¹⁷⁾。この基準値は、その後、アメリカがん協会(ACS)の疫学研究¹⁸⁾の知見などを踏まえて公表された2006年9月の改訂版でも据え置かれた¹⁹⁾。この基準値に対し、医学界からは、12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にすべきとの意見が多数寄せられていた。そしてその後、引き続き検討を行った結果、2012年には12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に引き下げられた²⁰⁾。

短期曝露については、明確な影響レベルや最小影響濃度が確認できなかったため、PM_{2.5}への短期曝露が重篤な健康影響と関連していることが合理的に認められている地域では、一般に大気質をどの程度改

善すれば良いかという視点から基準値が検討された。その結果、短期曝露研究で報告されている複数のデータを評価すると、日死亡、入院・受診、呼吸器症状がみられた研究から導出された98パーセンタイル値は39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超え、これらに関して有意な関係を示す98パーセンタイル値の下限は30~35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲とされた。そこで、24時間平均の環境基準値として35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が2006年9月に設定された¹⁹⁾。これについても、25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下にすべきとの意見が医学界から寄せられているが、変更はなされなかった²⁰⁾。

米国環境保護庁は、PM_{2.5}を含む粒子状物質の環境基準の見直しを2015年以降進めており²¹⁾、健康影響に関する科学的知見のレビューを2019年に終了し⁶⁾、政策的な評価の検討結果を2020年1月にとりまとめている²²⁾。

4.2 世界保健機関(WHO)

WHOは、ハーバード6都市研究では平均濃度18.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (範囲11.0~29.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)¹⁶⁾、ACS研究では平均濃度18.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (範囲9.0~33.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)¹⁸⁾の長期間におけるPM_{2.5}曝露濃度と死亡との間に有意な関係がみられたことから、これらの範囲の下限から年平均で10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の空気質ガイドラインを設定した²³⁾。

ACS研究では、リスク計算における統計的不確実性は、約13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度で明らかになり、それ以下では信頼区間の幅が有意に広がった。ハーバード6都市研究では、リスクの増加は平均14.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度(範囲11~15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)の都市で明らかとなった。従って、年平均10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の指針値であれば、それまでの知見で影響がみられたレベルを下回ると判断されている。ただし、健康への影響は、このレベル以下でも完全には排除できないが、年平均10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の指針値であれば、高度先進国の大都市地域で達成可能で、そのことによって健康リスクを効果的に減少させる

ことが期待されると判断されている。24時間平均値について、WHOでは99 パーセンタイル値と米国環境保護庁よりも厳しい基準で設定された²³⁾。

WHOは、空気質ガイドラインを今後アップデートするにあたり、近年のエビデンスのレビューを2015年に実施し、10月にボンで開催された専門家会合での評価結果を公表した²⁴⁾。粒子状物質、特にPM_{2.5}は、喫緊に再評価が必要と評価された。その後、2017年に公表されたWHOのガイドラインに関する資料の中で、PM₁₀とPM_{2.5}に関する短時間曝露と長時間曝露のガイドラインのアップデートを今後実施すると報告している²⁵⁾。

4.3 日本の環境省

国内外の知見を総合的に評価し、年平均値15 µg/m³、24時間平均値35 µg/m³の大気環境基準を2009年9月に設定した²⁶⁾。設定にあたっては、米国環境保護庁の評価が主として参考にされている。また、2013年2月には、PM_{2.5}の濃度が上昇した場合における注意喚起の暫定指針が24時間平均70 µg/m³、それに対応する1時間値が85 µg/m³に設定された²⁷⁾。これは急性影響を防止するための指針である。

4.4 諸外国における粒子状物質の室内空気質ガイドライン

WHOの空気質ガイドラインは、大気と室内の両方に適用される²³⁾。一方、米国環境保護庁と日本の

環境省の環境基準値は、大気に適用される。WHOの空気質ガイドラインの設定を受けて、2005年以降にPM_{2.5}の室内空気質ガイドラインを検討する諸外国が増え始めた。ドイツでは2008年に24時間値で25 µg/m³が設定され²⁸⁾、フランスは2010年にWHOのガイドラインの活用を推奨すると発表している²⁹⁾。カナダは1989年に40 µg/m³の室内空気質ガイドラインを設定していたが、WHOの空気質ガイドラインを受けて、2012年には可能な限り低く保つよう勧告している³⁰⁾。また、台湾では、2012年に35 µg/m³の室内空気質ガイドラインが設定された³¹⁾。その他の諸外国³²⁾も含めて粒子状物質の室内空気質ガイドラインを表4に示す。

5. 粒子状物質による健康影響の量反応関係に関する近年の知見

WHOはPM_{2.5}に関する疫学研究において、長期間におけるPM_{2.5}への曝露濃度と死亡との間に有意な関係がみられたことから、この影響が観察された範囲の下限をもとに年平均で10 µg/m³の空気質ガイドラインを2005年に設定した。しかしながら、PM_{2.5}による健康影響がこのレベル以下で生じたとする研究報告がその後相次いでいる。そこで、WHOのガイドラインレベルよりも低濃度で健康影響との間に有意な関係がみられた近年の疫学研究をWHOの空気質ガイドラインの設定根拠となった2つの研究^{16),18)}とともに表5にまとめた。

表4 諸外国における粒子状物質の室内空気質ガイドライン

国や機関	設定	PM ₁₀ (µg/m ³)		PM _{2.5} (µg/m ³)	
		24時間	年間	24時間	年間
WHO	2005	50	20	25	10
日本	1970	150*	—	—	—
ドイツ	2008	—	—	25	—
フランス	2010	WHOのガイドラインの活用を推奨			
カナダ	2012	1989年に長期指針値としてPM _{2.5} 40 µg/m ³ を公表したが、2012年に可能な限り低く保つよう勧告			
ノルウェー	1999	—	—	20	—
台湾	2012	75	—	35	—
韓国(公共施設)	2003	150	—	—	—
中国	2002	150	—	—	—
シンガポール(オフィス)	1996	150(SPM)	—	—	—

* 特定建築物に適用される浮遊粉じんの基準、浮遊じんは大気環境基準が定められている浮遊粒子状物質(SPM)と同義

PM_{2.5}への長期曝露において、大気中の平均濃度10 µg/m³未満でも死亡との有意な関係が報告されており、8 µg/m³前後の平均濃度で調査された研究が多い。また、短期曝露であっても、循環器や呼吸器の症状で救急搬送されるリスクが同レベルの濃度で報告されている。これらの研究の多くは、さらに低濃度から高濃度にわたる濃度範囲で死亡や救急搬送に関する量反応関係を推算しており^{35,36,38-41,43-46}、その関係は、線形で閾値がみあたらないと考えられている^{6,22}。このような量反応関係については、米国環境保護庁が1997年に環境基準を設定した際にもその可能性が示唆されていたが、より低濃度域における近

年の疫学研究でさらに明確になってきた⁶。

近年の研究において、8 µg/m³未満の濃度域では健康リスクの信頼区間の幅が大きくなることから、この濃度域における量反応関係の不確実性は増加していくのではあるが、量反応関係が線形で閾値がみあたらないことや、WHOの空気質ガイドラインの設定経緯を踏まえると、現在の空気質ガイドラインよりも低い領域に維持管理の目標とすべき気中濃度があると考えられる。今後、WHOと米国環境保護庁は、低濃度域における近年の疫学的知見を踏まえて空気質ガイドラインと環境基準値を再検討する予定となっている^{22,24,25}。

表5 低濃度のPM_{2.5}への曝露と健康影響で有意な関係がみられた近年の疫学研究

	研究(公表年)	調査地域(調査期間)	PM _{2.5} への曝露濃度(µg/m ³)		健康影響
			方法	平均濃度(範囲)	
短期 (24時間) 曝露	Szyszkowicz (2009) ³³	カナダ6都市 (1992-2003)	観測	8.3*	狭心症による救急搬送
	Stieb et al. (2009) ³⁴	カナダ6都市 (1992-2003)	観測	8.2 (6.7-9.8)*	心不全による救急搬送
	Shi et al. (2016) ³⁵	米国ニューイングランド6州 (2003-2008)	モデル	8.12 (0.8-20.22)*	全死亡
	Weichenantha et al. (2016) ³⁶	オンタリオ州15都市 (2004-2011)	観測	7.1 (<1-56.8)*	喘息とCOPDによる救急搬送
長期 曝露	Dockery et al. (1993) ¹⁶	米国6都市	観測	18.0 (11.0-29.6)	全死亡, 心肺疾患死亡
	Pope et al. (1995) ¹⁸	米国50都市	観測	18.2 (9.0-33.5)	全死亡, 心肺疾患死亡
	Zegar et al. (2008) ³⁷	米国全体 (2000-2005)	観測	10.7 (四分位9.8-12.2)	全死亡
	Crouse et al. (2012) ³⁸	カナダ全体 (1991-2001)	モデル 観測	8.7 (1.9-19.2) 11.2	全死亡, 循環器疾患死亡
	Crouse et al. (2015) ³⁹	カナダ全体 (1991-2006)	モデル	8.9 (0.9-17.6)	全死亡, 循環器疾患死亡, 呼吸器疾患死亡, 肺がん死亡
	Villeneuve et al. (2015) ⁴⁰	カナダ全体 (1980-2005)	モデル	9.1 (1.3-17.6)	循環器疾患死亡, 虚血性心疾患死亡
	Shi et al. (2016) ³⁵	米国ニューイングランド6州 (2003-2008)	モデル	8.12 (0.8-20.22)	全死亡
	Pinault et al. (2016) ⁴¹	カナダ全体 (2000-2011)	モデル	6.3 (1.0-13.0)	全死亡, 循環器疾患死亡, 呼吸器疾患死亡
	Weichenantha et al. (2016a) ⁴²	オンタリオ州 (1991-2009)	観測	9.8 (4.74-13.62)	全死亡
	Pinault et al. (2017) ⁴³	カナダ全体 (2001-2011)	モデル	7.4 (0.01-20.0)	全死亡, 循環器疾患死亡, 循環代謝病疾患死亡, 虚血性心疾患死亡, COPD死亡
	Vodanos et al. (2018) ⁴⁴	北米, 欧州, アジア	メタ分析	10未満	全死亡
	Pope et al. (2019) ⁴⁵	米国全体 (1999-2015)	観測, モデル	10.7 (2.5-19.2)	全死亡, 心肺疾患死亡, 肺がん
	Wang et al. (2020) ⁴⁶	米国全体 (2000-2008)	モデル	10.32 (SD, 3.15)	循環器疾患死亡, 呼吸器疾患死亡, 全がん死亡
	Pope et al. (2020) ⁴⁷	北米, 欧州, アジア (過去の25年の研究)	メタ分析	—	全死亡, 循環器疾患死亡, 心肺疾患死亡, 肺がん死亡

* 24時間値の長期間平均値, COPD: 慢性閉塞性肺疾患, SD: 標準偏差

6. 室内環境におけるPM_{2.5}について

国際的な公衆衛生上の問題となっている室内空気中のPM_{2.5}の主要な発生源は、燃料を用いた暖房や調理等に伴い発生する燃焼生成物である^{1,2)}。しかし日本では、優れた換気設備や燃焼器具が普及していることもあり、調理や暖房時におけるPM_{2.5}の濃度はアジアの発展途上国に比べて低い水準であったと報告されている⁴⁸⁾。

大阪市内の幹線道路沿道にある住宅の屋内外でPM_{2.5}の濃度を1996年～2004年の期間に調査したところ⁴⁹⁾、道路に面した住宅では外気濃度33.3 µg/m³、室内濃度24.0 µg/m³と報告されている。また、沿道から50 mから100 mの距離にある住宅では、外気濃度24.7 µg/m³、室内濃度19.9 µg/m³と報告されている。この調査において、非喫煙の住宅における外気濃度と室内濃度の相関関係は0.804と高く、室内濃度は外気濃度の影響を強く受けていたことが報告されている。従って、日本の住宅の室内におけるPM_{2.5}では、換気による外気からの侵入が室内濃度を上昇させている。タバコの煙はPM_{2.5}の濃度を上昇させるが、室内にこのような発生源があると、さらにPM_{2.5}の室内濃度は上昇する⁴⁹⁾。

日本では1970年に制定された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)において、同法が規定する事務所等の特定建築物のうち、空気調和設備を設けている場合の空気環境の調整に関する基準として、表4に示すように浮遊粉じんの環境衛生管理基準が規定されている。建築物衛生法が検討された当時、浮遊粉じんについては、空気調和設備が適切に使用されると粉じん濃度が外気濃度よりも下回ることが多いことが、建築物衛生法が制定される根拠の1つとなっていた⁵⁰⁻⁵²⁾。当時は大気汚染による公害が大きな問題となっていた。しかしながら、事務所ビルの空気調和設備に利用されている中性粒子フィルタは、PM_{2.5}より粗大な粒子の捕集を目的としている。従って、空気調和設備が設置されていても、建築物室内ではPM_{2.5}の濃度上昇に寄与する粒径0.1 µm前後の微小粒子が十分除去されず、大気と同様に室内でPM_{2.5}の影響が大きくなる要因になっている可能性が指摘されている⁵³⁾。

著者らが福岡市内の空気調和設備を有する特定建築物の実態調査を行ったところ、粒径0.3～5 µmの範囲において、粒子数の外気に対する室内の比率(I/O比)は、粒径が小さくなるほど大きくなり、室内

の比率が高くなっていた⁵⁴⁾。

日本におけるPM_{2.5}の主要な発生源は室内よりも屋外にある。日本の大気では、全測定局の年平均値が平成29年度の一般局で11.6 µg/m³、自排局で12.5 µg/m³であり、平成22年度の一般局15.1 µg/m³、自排局17.2 µg/m³以降緩やかな改善傾向となっている⁵⁵⁾。しかしながら、平成29年度の環境基準達成率は、一般局で89.9%、自排局で86.2%となっており、引き続きPM_{2.5}濃度の長期的傾向を継続的に把握し、環境基準の達成に向けて国内の排出抑制策と国際協力の双方を進めていく必要がある⁵⁵⁾。

7. おわりに

PM_{2.5}がヒトの健康に及ぼす影響は、従来の知見より低濃度でも生じることが近年の疫学研究で明らかとなり、その量反応関係は、線形で閾値がみあたらないと考えられている。WHOは、2018年10月30日から11月1日にかけて、「空気汚染と健康に関する世界初会合：First Global Conference on Air Pollution and Health: Improving Air Quality, Combatting Climate Change - Saving Lives」をスイスのジュネーブで開催し、健康影響に関する近年の科学的知見、空気汚染と健康影響のモニタリング方法、効果的な対策の評価と実施方法等について議論を行い、各国における速やかな取り組みを促している⁵⁶⁾。PM_{2.5}の低濃度長期間曝露による慢性疾患の発症や症状増悪において、一般の居住者が、PM_{2.5}が原因だと気づくことはほとんどないであろう。深刻で不可逆的な健康影響が生じることを鑑みた予防的な取り組みが必要である。

引用文献

- 1) WHO: Burden of disease from Household Air Pollution for 2012. World Health Organization, Geneva, (2014).
- 2) WHO: Household air pollution and health. Fact sheets, World Health Organization, Geneva, (2018).
- 3) U.S. EPA: Air Quality Criteria for Particulate Matter. Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC (2004).
- 4) ICRP (International Commission on Radiological Protection): Human respiratory model for radiological protection. *Annals of the ICRP*, 24, 1-300 (1994).

- 5) Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J: Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ Health Perspect*, 113, 823-839 (2005).
- 6) U.S. EPA: Integrated Science Assessment for Particulate Matter. EPA/600/R-19/188, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC (2019).
- 7) Araujo JA, Nel AE: Particulate matter and atherosclerosis: role of particle size, composition and oxidative stress. *Particle and Fibre Toxicology*, 6, 1-19 (2009).
- 8) Weichenthal S, Dufresne A, Infante-Rivard C: Indoor ultrafine particles and childhood asthma: exploring a potential public health concern. *Indoor Air*, 17, 81-91 (2007).
- 9) Gurgueira SA, Lawrence J, Coull B, Murthy GK, González-Flecha B: Rapid increases in the steady-state concentration of reactive oxygen species in the lungs and heart after particulate air pollution inhalation. *Environ Health Perspect*, 110, 749-755 (2002).
- 10) Suwa T, Hogg JC, Quinlan KB, Ohgami A, Vincent R, van Eeden SF: Particulate air pollution induces progression of atherosclerosis. *J Am Coll Cardiol*, 39, 935-942 (2002).
- 11) Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, McConnell R, Kuenzli N, Lurmann F, Rappaport E, Margolis H, Bates D, Peters J: The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *New Engl J Med*, 351, 1057-1067 (2004).
- 12) Yue W, Schneider A, Stölzel M, Rückerl R, Cyrus J, Pan X, Zareba W, Koenig W, Wichmann HE, Peters A: Ambient source-specific particles are associated with prolonged repolarization and increased levels of inflammation in male coronary artery disease patients. *Mutat Res*, 621, 50-60 (2007).
- 13) Brook RD, Urch B, Dvornch JT, Bard RL, Speck M, Keeler G, Morishita M, Marsik FJ, Kamal AS, Kaciroti N, Harkema J, Corey P, Silverman F, Gold DR, Wellenius G, Mittleman MA, Rajagopalan S, Brook JR: Insights into the mechanisms and mediators of the effects of air pollution exposure on blood pressure and vascular function in healthy humans. *Hypertension*, 54, 659-667 (2009).
- 14) Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F, Hong Y, Luepker RV, Mittleman MA, Peters A, Siscovick D, Smith SC Jr, Whitsel L, Kaufman JD: Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121, 2331-2378 (2010).
- 15) Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Baan R, Mattock H, Straif K; International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group IARC: The carcinogenicity of outdoor air pollution. *Lancet Oncol*, 14, 1262-1263 (2013).
- 16) Dockery DW, Pope CA 3rd, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG Jr, Speizer FE: An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med*, 329, 1753-1759 (1993).
- 17) U.S. EPA: National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule. *Federal Register*, 62 (138), 38652-38760 (1997).
- 18) Pope CA 3rd, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath CW Jr: Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J Respir Crit Care Med*, 151 (3 Pt 1): 669-674 (1995).
- 19) U.S. EPA: National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule. *Federal Register*, 71 (200), 61144-61233 (2006).
- 20) U.S. EPA: National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule. *Federal Register*, 78 (10), 3086-3287 (2013).
- 21) U.S. EPA: Integrated Review Plan for the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter. EPA-452/R-16-005, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC (2016).
- 22) U.S. EPA: Policy Assessment for the Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter. EPA-452/R-20-002, Office of Research and Development, U.S. Environmental

- Protection Agency, Research Triangle Park, NC (2020).
- 23) WHO Europe: WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen (2005).
 - 24) WHO Europe: WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report. Bonn, Germany, 29 September-1 October 2015, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen (2016).
 - 25) WHO Europe: Evolution of WHO air quality guidelines: past, present and future. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen (2017).
 - 26) 環境省: 微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書. 環境省, 東京 (2008).
 - 27) 環境省: 最近の微小粒子状物質 (PM_{2.5}) による大気汚染への対応報告書. 環境省, 東京 (2013).
 - 28) Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" aus Mitgliedern der Innenraumlufthygienekommission (IRK) des Umweltbundesamtes sowie der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG): Gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz*, 51, 1370-1378 (2008).
 - 29) Afsset: Relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour les particules, AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, Paris (2010).
 - 30) Health Canada: Guidance for fine particulate matter (PM_{2.5}) in residential indoor air, Health Canada, Ottawa (2012).
 - 31) Tsai WT: Overview of Green Building Material (GBM) policies and guidelines with relevance to indoor air quality management in Taiwan. *Environments*, 5, 4 (2019). doi:10.3390/environments 5010004.
 - 32) 東 賢一: 諸外国の室内空気質規制に関する研究 -室内空気質ガイドラインと汚染源対策-. 日本建築学会環境系論文集, 597, 89-96 (2005).
 - 33) Szyszkowicz M: Air pollution and ED visits for chest pain. *Am J Emerg Med*, 27, 165-168 (2009).
 - 34) Stieb DM, Szyszkowicz M, Rowe BH, Leech JA: Air pollution and emergency department visits for cardiac and respiratory conditions: a multi-city time-series analysis. *Environ Health*, 8, 25 (2009). doi: 10.1186/1476-069X-8-25.
 - 35) Shi L, Zanobetti A, Kloog I, Coull BA, Koutrakis P, Melly SJ, Schwartz JD: Low-Concentration PM_{2.5} and Mortality: Estimating Acute and Chronic Effects in a Population-Based Study. *Environ Health Perspect*, 124, 46-52 (2016).
 - 36) Weichenthal SA, Lavigne E, Evans GJ, Godri Pollitt KJ, Burnett RT: Fine particulate matter and emergency room visits for respiratory illness: Effect modification by oxidative potential. *Am J Respir Crit Care Med*, 194, 577-586 (2016).
 - 37) Zeger SL, Dominici F, McDermott A, Samet JM: Mortality in the Medicare population and chronic exposure to fine particulate air pollution in urban centers (2000-2005). *Environ Health Perspect*, 116, 1614-1619 (2008).
 - 38) Crouse DL, Peters PA, van Donkelaar A, Goldberg MS, Villeneuve PJ, Brion O, Khan S, Atari DO, Jerrett M, Pope CA, Brauer M, Brook JR, Martin RV, Stieb D, Burnett RT: Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. *Environ Health Perspect*, 120, 708-714 (2012).
 - 39) Crouse DL, Peters PA, Hystad P, Brook JR, van Donkelaar A, Martin RV, Villeneuve PJ, Jerrett M, Goldberg MS, Pope CA 3rd, Brauer M, Brook RD, Robichaud A, Menard R, Burnett RT: Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ exposures and associations with mortality over 16 years of follow-up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environ Health Perspect*, 123, 1180-1186 (2015).
 - 40) Villeneuve PJ, Weichenthal SA, Crouse D, Miller AB, To T, Martin RV, van Donkelaar A, Wall C, Burnett RT: Long-term exposure to fine particulate matter air pollution and mortality among Canadian women. *Epidemiology*, 26, 536-545 (2015).
 - 41) Pinault L, Tjepkema M, Crouse DL, Weichenthal S, van Donkelaar A, Martin RV, Brauer M, Chen H,

- Burnett RT: Risk estimates of mortality attributed to low concentrations of ambient fine particulate matter in the Canadian community health survey cohort. *Environ Health*, 15, 18 (2016). doi: 10.1186/s12940-016-0111-6.
- 42) Weichenthal S, Crouse DL, Pinault L, Godri-Pollitt K, Lavigne E, Evans G, van Donkelaar A, Martin RV, Burnett RT: Oxidative burden of fine particulate air pollution and risk of cause-specific mortality in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environ Res*, 146, 92-99 (2016).
 - 43) Pinault LL, Weichenthal S, Crouse DL, Brauer M, Erickson A, Donkelaar AV, Martin RV, Hystad P, Chen H, Finès P, Brook JR, Tjepkema M, Burnett RT: Associations between fine particulate matter and mortality in the 2001 Canadian Census Health and Environment Cohort. *Environ Res*, 159, 406-415 (2017).
 - 44) Vodonos A, Awad YA, Schwartz J: The concentration-response between long-term PM_{2.5} exposure and mortality; A meta-regression approach. *Environ Res*, 166, 677-689 (2018).
 - 45) Pope CA 3rd, Lefler JS, Ezzati M, Higbee JD, Marshall JD, Kim SY, Bechle M, Gilliat KS, Vernon SE, Robinson AL, Burnett RT: Mortality risk and fine particulate air pollution in a large, representative cohort of U.S. adults. *Environ Health Perspect*, 127, 77007 (2019). doi: 10.1289/EHP4438.
 - 46) Wang B, Eum KD, Kazemiparkouhi F, Li C, Manjourides J, Pavlu V, Suh H: The impact of long-term PM_{2.5} exposure on specific causes of death: exposure-response curves and effect modification among 53 million U.S. Medicare beneficiaries. *Environ Health*, 19, 20 (2020). doi: 10.1186/s12940-020-00575-0.
 - 47) Pope CA 3rd, Coleman N, Pond ZA, Burnett RT: Fine particulate air pollution and human mortality: 25+ years of cohort studies. *Environ Res*, 108924 (2020). doi: 10.1016/j.envres.2019.108924.
 - 48) Shimada Y, Matsuoka Y: Analysis of indoor PM_{2.5} exposure in Asian countries using time use survey. *Sci Total Environ*, 409, 5243-5252 (2011).
 - 49) 宮崎竹二, 船坂邦弘, 神浦俊一, 山本 攻: 沿道周辺住宅における浮遊粉塵濃度の測定. *生活衛生*, 52, 13-25 (2008).
 - 50) 小林陽太郎: ビル衛生管理法の成立背景の事情. *ビルの環境衛生管理*, 1, 5054 (1978).
 - 51) 金光克己: ビル管理法制定の経緯と背景. *空気清浄*, 33, 31-35, (1995).
 - 52) ビル管理教育センター: ビルの環境衛生管理. 厚生大臣指定建築物環境衛生管理技術者講習会・テキスト, ビル管理教育センター, 東京 (1971).
 - 53) 鍵 直樹, 西村直也, 柳 宇: 事務所ビルにおける室内浮遊粒子の特性とPM_{2.5}濃度の実態調査. *日本建築学会技術報告集*, 18, 613-616 (2012).
 - 54) 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).
 - 55) 環境省: 平成29年度大気汚染状況報告書. 環境省水・大気環境局, 東京 (2019).
 - 56) WHO: First WHO Global conference on air pollution and health: improving air quality, combatting climate change - saving lives, 30 October - 1 November 2018. Conference concept note, World Health Organization, Geneva (2019).

事務連絡
令和3年4月28日

各〔都道府県
保健所設置市
特別区〕衛生主管部局 御中

厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課

建築物環境衛生管理技術者の兼任状況等の調査について（第2回）

平素より、建築物衛生行政の推進に御協力をいただき、厚く御礼申し上げます。

令和3年2月に御協力いただいた調査結果につきましては、「建築物衛生管理に関する検討会」において、建築物環境衛生管理技術者の兼任要件等の検討資料として活用させていただいております。

今般、本検討会の審議において、建築物環境衛生管理技術者の県境を越えての兼任の実態等の確認が必要となったことから、改めて調査をさせていただきたく存じます。別紙のとおり調査票を作成いたしましたので、令和3年5月24日（月）までに、下記担当者まで御回答いただきますよう、御協力をよろしくお願いいたします。

（添付資料）

- ・（別紙）第2回調査回答様式
- ・（参考）第1回調査結果概要

【担当者】

厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課

北村、古賀

電話番号：03-5253-1111（内線2432, 2939）

電子メール：birukanri@mhlw.go.jp

【回答を記入する際の注意事項】

- ・黄色のセルは必須回答項目ですので、必ず記入をお願いします。
 - ・集計作業に支障が生じますので、本調査票の様式変更(例:行の追加など)は行わないでください。
 - ・回答いただく際には、表紙等は添付せず、この調査票のみを以下の宛先に電子メールで送付してください。
- (調査票送付先)厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課 建築物衛生担当係あて birukanri@mhlw.go.jp

建築物環境衛生管理技術者兼任状況等調査(第2回)

自治体名	
Q1: 県境を越えて、建築物環境衛生管理技術者の兼任を認めている事例はありますか。	
Q2: 県境を越えた兼任に限らず、現在兼任を認めている特定建築物と兼任していない特定建築物と比較した場合、衛生管理状況に違いはありますか。	
Q3: Q2で「ある」とした場合、具体的な内容を記載してください。 (例) 管理技術者が兼任している特定建築物の方が不適合率が比較的高い など。	
Q4: 建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則第2条に規定する一酸化炭素の含有率の特例を適用した事例はありますか。 ※過去に遡って事例を確認していただく必要はなく、現時点で把握されている限りの回答で差し支えありません。	
Q5: Q4で「ある」とした場合、具体的な内容を記載してください。 (例) 交通量の多い交差点付近の地下街にある店舗について、大気のコ濃度がおおむね10ppmを超えていたことから、特例を適用した など	

＜調査の概要＞

調査対象：都道府県、保健所設置市、特別区（計155自治体）

調査期間：令和3年2月1日～8日

＜質問項目＞

Q1：建築物環境衛生管理技術者の兼任を認めていますか。（はい／いいえ）

Q2：Q1で「はい」とした場合、兼任を認めている特定建築物は最大何棟までですか。（学校除く。）（2棟／3棟／4棟以上）

Q3：兼任を認めるにあたって、条例・要綱等で具体的な解釈を定めていますか。（はい／いいえ）

Q4：Q3で「はい」とした場合、具体的な内容を記載してください。

Q5：建築物環境衛生管理技術者が複数兼任している特定建築物において、公衆衛生上の問題が生じた事案はありますか。（ある／ない）

Q6：Q5で「ある」とした場合、具体的な内容を記載してください。

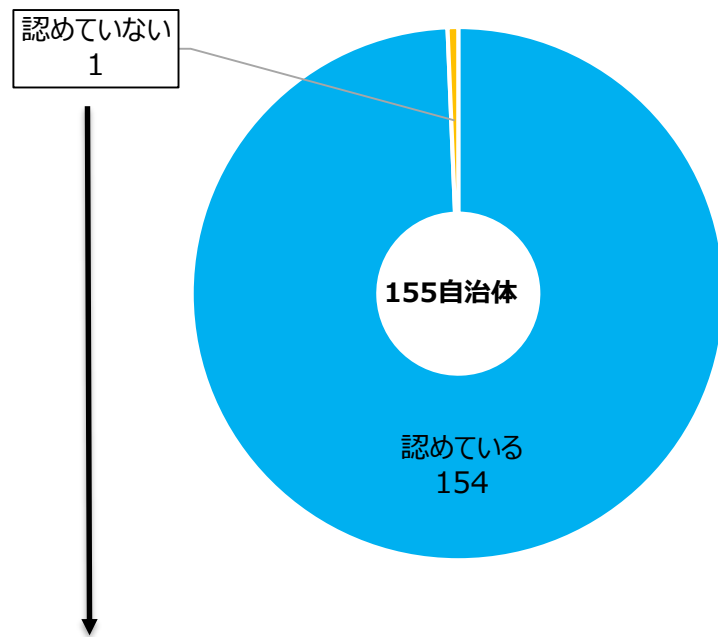
Q7：兼任の要件を、現在の基準よりも、さらに具体的に示す必要があるとお考えでしょうか。（示してほしい／国が一律の判断基準を示すのは望ましくない／どちらでも構わない）

Q8：その他

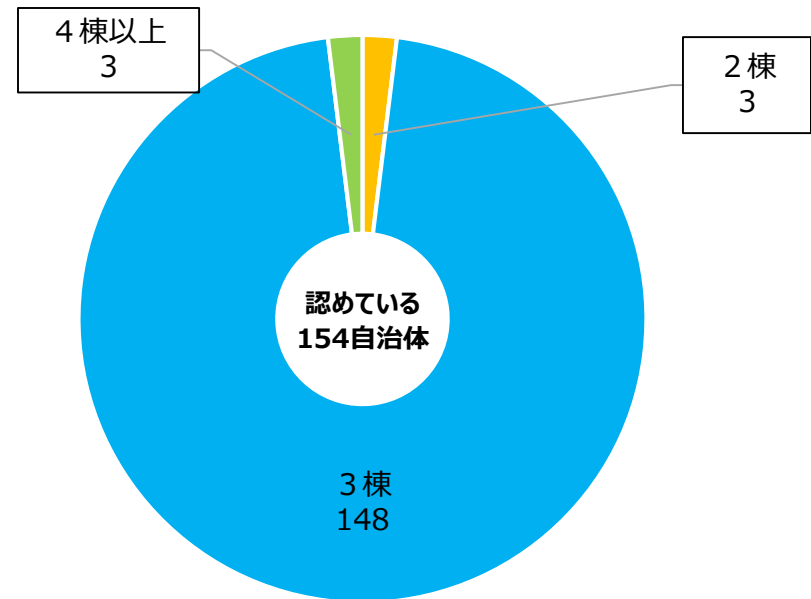
調査の結果① 建築物環境衛生管理技術者の兼任の容認状況

- 特定建築物において建築物環境衛生管理技術者の兼任を認めているのは、154の自治体であり、1の自治体においては兼任を認めていなかった。
- 兼任を認めている154の自治体のうち、通知に準じ3棟まで兼任を認めているのは148の自治体であり、2棟までとしているのは3の自治体、4棟以上としているのは3の自治体であった。

建築物環境衛生管理技術者の兼任



兼任を認めている特定建築物の最大数
(学校除く)

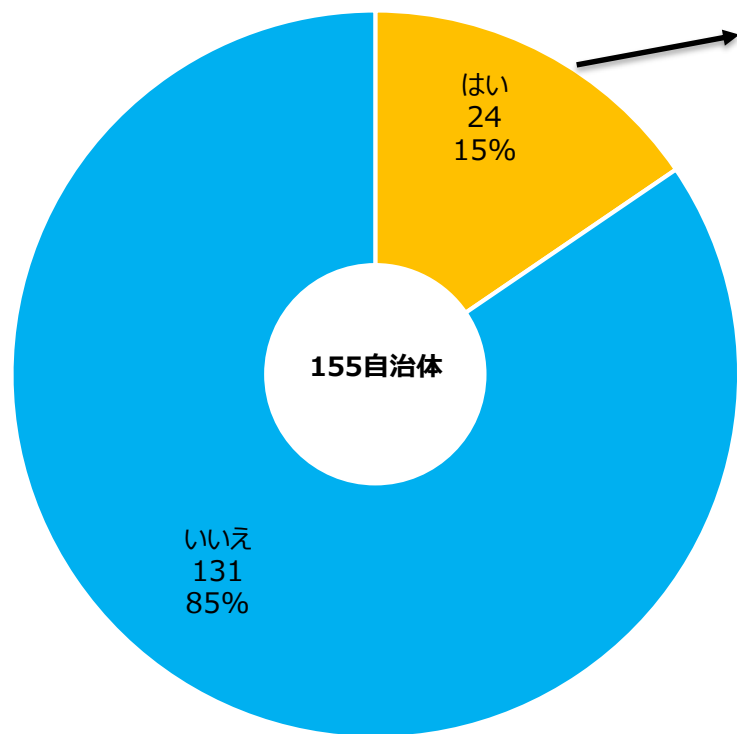


※ 原則認めていないが、厚生労働省の通知(健発第0326015号)に基づき検討し、認めた事例はある。

調査の結果② 兼任の条例・要綱等の策定状況

- 兼任を認めるにあたって条例・要綱等で具体的な解釈を定めているのは、24の自治体であった。また、調査時点において、6自治体はHPで解釈を公表していた。

条例・要綱等で兼任の具体的な解釈を定めている



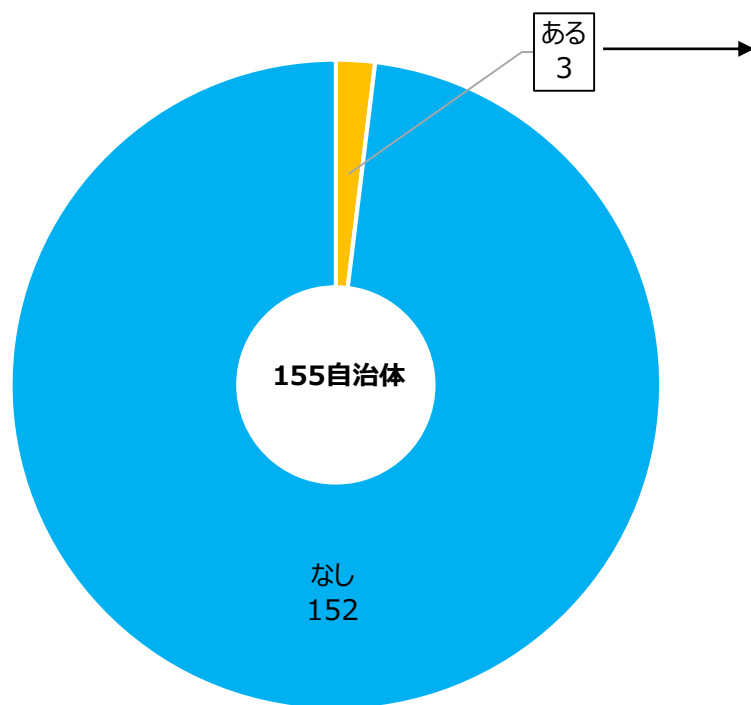
具体的な内容としては、

- 17の自治体：兼任する特定建築物間の距離で規定
例) 自動車等で●時間以内に移動可能、同一県(市)内、直線距離10km以内
 - 5の自治体：兼任する特定建築物の合計延べ床面積で規定
例) 2万㎡未満、5万㎡未満、10万㎡以下等
 - 2の自治体：新規竣工の特定建築物ではないこと
 - 1の自治体：兼任が可能な旨の文書の提出
 - 5の自治体：兼任通知と同様の基準を条例・要綱等に規定
- 等が規定されていた。

※一部重複計上あり

- 建築物環境衛生管理技術者が複数兼任している特定建築物において、公衆衛生上の問題があったと回答したのは3の自治体であり、152の自治体においては問題が生じていなかった。

公衆衛生上の問題が生じた事案



具体的な内容としては、

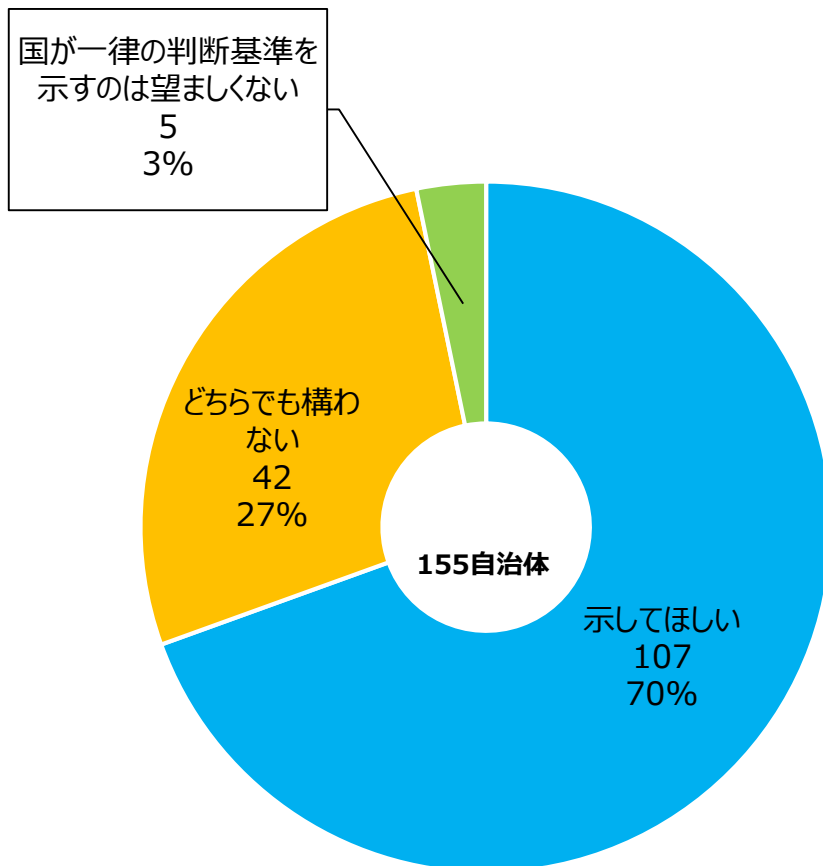
- 建築物環境衛生管理基準の不適（ただし、複数兼任していることが理由で不適が多いわけではない。）。（3棟まで兼任可）
- 管理技術者が所管地域外で兼務していることが確認できたが、管理技術者と連絡を取ることができず、管理している建築物において公衆衛生上の問題についての調査が困難な事例があった。（3棟まで兼任可）
- 兼任のあった2棟とも、二酸化炭素の基準超過や冬季における加湿不足等の空気環境に不備が見られたが具体的対応策が講じられず、建築物の維持管理を怠っていた事例があった。（兼任不可）

の回答があった。

調査の結果④ 兼任要件を具体的に示す必要性

- 兼任の要件を現在の基準よりもさらに具体的に示す必要があると考えているのは、107の自治体であった。他方、国が一律の基準を示すのは望ましくないとしたのは、5の自治体であった。

兼任要件を具体的に示す必要性



○「示してほしい」とする具体的な内容としては、

- 兼務の可否を合理的に判断できる。
- 近隣の都市で管理技術者の兼任についての要件が異なることがあり、事業者の負担を減らすため。
- 施設管理を行う建築物衛生管理技術者がICTを活用して、どのように兼務が可能なのか具体的に示してほしい。

等の意見であった。

○「国が判断基準を示すのは望ましくない」とする具体的な内容としては、

- 技術者が不足していることもあり、国で具体的な基準を設けず、兼務となる特定建築物の所有者又は維持管理権原者の承諾をもって兼務を認めてほしい。
- 維持管理権原者が同一であることや設備が類似形式であることを兼務の条件とすることについては、その根拠が不明確であり、各都道府県及び市が事例ごとに判断するのがよい。
- 等の意見であった。

調査の結果④ その他（自由記載）

- 30自治体：兼務状況を把握する仕組みの構築が必要
 - 選任状況を全国的に確認できる仕組みがなく、所管外での兼任状況が把握できない。
 - 全国的に兼任状況を確認することができる体制を構築してほしい 等
- 10自治体：兼任要件を緩和した場合であっても衛生管理を担保する仕組みの構築が必要
 - 管理技術者が形式的な選任（名義貸し）の状態となっている施設も散見されることから、測定結果の評価、改善の提案等の管理技術者の業務が適切に行われるような枠組みの検討が必要。
 - 所有者等選任する側と選任される管理技術者側との合意（兼務であっても職務遂行が可能との判断）が重要。 等
- 3自治体：管理技術者の資格要件についても見直すべき
 - 管理技術者が少ないため、免許取得方法を見直せないか（試験回数の増加、講習会を受講する場合の時間・費用の軽減など。）。
 - 管理技術者についても、登録業作業監督者と同様に定期的に資格を更新する講習会の受講等を行うことが望ましいのではないかと（選任後、同一者が長年継続されている場合において、不適切な衛生管理状況になっている事例が見受けられるため。） 等

- ほとんどの自治体において、厚生労働省の通知内容と同様に、3棟まで兼任を認めていた。
- 条例・要綱等で具体的な解釈を定めているのは、24の自治体であり、その内容としては、厚生労働省の通知に定めるものの他、兼任する特定建築物間の距離や兼任する特定建築物の合計延べ床面積で判断している自治体がみられた。
- 兼任できる上限は3棟までという現状において、建築物環境衛生管理技術者が複数兼任している特定建築物において、公衆衛生上の問題があるという状況は、ほとんど生じていなかった。
- 過半数の自治体が、兼任の要件を現在の基準よりもさらに具体的に示す必要があると考えていた。
- この他、兼務状況を把握する仕組みの構築、兼任要件を緩和した場合であっても衛生管理を担保する仕組みの構築、管理技術者の資格要件についても見直すべき等の意見が寄せられた。

第2回検討会における企業ヒアリングの概要

1 建築物衛生管理に関する ICT の現状について

- (1) 空気環境の自動測定では、温度、湿度、二酸化炭素は導入されている事例が多い。
- (2) 測定データ等の情報が容易に共有されることから、遠隔監視が可能である。
- (3) 自動測定で日々のデータを蓄積し、不具合を事前に予知・早期発見にすることによって、管理基準値を超過することなく、良好な状態を維持することが可能である。
- (4) 既存の計器類であっても、IoT カメラを設置することで、点検頻度の向上させることが可能である。
- (5) 空調システムの全体を分かりやすく表示するような機能があり、建物全体のシステム把握が容易である。
- (6) 現在の建築物の維持管理の質は管理技術者個人の能力・経験による部分が多いが、クラウド上に蓄積されるデータを、用途、規模、設備種別ごとに分析することで、今後の建築物の維持管理の向上につながる。

2 課題について

- (1) 一酸化炭素、粉じんを測定するセンサも存在するが、実際に一酸化炭素、粉じんまで自動測定している例は少なく、すべての測定項目に対応したセンサを導入するのは、費用対効果に課題がある。
- (2) 空気環境の自動測定はセンサが壁または天井に設置されていることから、建築物衛生法に則った測定箇所(居室の中央部の床上75cm以上150cm以下の位置で測定)と同水準の値を示すかについて、確認が必要である。
- (3) 自動測定のセンサ類は建築設備内に組み込まれることが多く、現在の手動による測定機器と比較すると定期的な較正が困難である。
- (4) 既存施設に ICT を導入するには、新規施設に導入する場合と比較するとコストがかかる。

3 現在の管理技術者の兼任要件に対する企業からの意見

- (1) ICT により測定データ等の情報共有が容易になることから、距離、棟数、延べ床面積の制限について緩和は可能である(延べ面積は上限を設定すべき、という意見もあり。)。
- (2) ICT により建物全体のシステムの把握が容易になることから、設備の類似性、建築物の用途、建築物維持管理権原者が同一であること、という条件について緩和は可能である。