

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

4. 制度提案

研究代表者 林 基哉 国立保健医療科学院 統括研究官
研究分担者 開原 典子 国立保健医療科学院 主任研究官
研究分担者 樺田 尚樹 産業医科大学 教授

研究要旨

自治体及びビルメンテナンス実務者に対するヒアリング及びアンケート調査の基礎となる空気環境測定状況に関するアンケート予備調査、建築物衛生法建築衛生管理基準の行政報告データにおける不適率の状況把握のための分析として特に二酸化炭素濃度の不適率上昇要因に関する分析を行った。

首都圏の空気環境測定の実務者 56 名の協力を得て、アンケート調査を試行した結果、空気環境測定に関するアンケートの予備調査において、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できることが確認された。二酸化炭素濃度の不適率上昇の要因分析については、以下の知見が得られた。1999 年以降の上昇の要因に、外気濃度上昇、省エネルギー等に伴う換気量の削減、報告徴取率の増加があり、今後も不適率の上昇が続くことが予想される。報告徴取率が増大していない東京都等の一部の自治体では不適率が上昇していない。これらの自治体では、立入検査等による監視指導の効果によって、外気濃度の上昇や省エネルギーに伴う換気量の削減の影響が抑制されている可能性がある。

以上から、行政報告内容の明確化と監視指導の効率化のためのガイドラインの必要性が確認されつつある。

A. 研究目的

制度提案では、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、制度化の可能性を明らかにする。他の分担研究及び建築物衛生に関する既往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。

本報告では、自治体及びビルメンメンテナンス実務者に対するヒアリング及びアンケート調査

の基礎資料となる空気環境測定状況に関するアンケートに関する分析、建築物衛生法建築衛生管理基準の行政報告データにおける不適率の状況把握のための分析として、特に二酸化炭素濃度の不適率上昇要因に関する分析の結果を示す。なお、空気環境測定状況に関するアンケートの予備調査は、日本建築衛生管理教育センターが実施した調査結果を分析することによって行った。

B. 研究方法

B.1 空気環境測定に関する分析

特定建築物の空気環境測定の実態に関する本調査に先立って、空気環境測定者へのアンケート調査結果に関する分析を行った。

以下にアンケートの質問項目を記す。

[特定建築物の空気環境測定に関する調査]

1) 室内で測定する時に、通常の在室状況を代表する適切な測定点で測定していますか？

該当する記号に○を付けてください。

a.すべての場合ができる b.概ねできる c.できない場合がある d.できない場合がしばしばある

2) 適切な測定点で測定できなかった用途と原因はなんですか？

該当する記号すべてに○を付けてください。

- ① 興行所 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()
- ② 百貨店 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()
- ③ 集会所 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()
- ④ 図書館 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()
- ⑤ 美術館 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()
- ⑥ 遊技場 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()
- ⑦ 店舗 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()
- ⑧ 事務所 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()
- ⑨ 学校等 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請
- ⑩ 旅館等 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他 ()

3) 測定は、一日に2回以上、測定していますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.すべての場合ができる b.概ねできる c.できない場合がある d.できない場合がしばしばある

4) 一日に2回以上、測定できない原因はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.在室者への配慮 b.業務への配慮 c.依頼主からの要請 d.テナントからの要請 e.その他 ()

5) 在室者のいない居室や廊下などで測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

6) 在室者のいない居室や廊下などで測定する原因はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.在室者への配慮 b.業務への配慮 c.依頼主からの要請 d.テナントからの要請 e.その他 ()

7) 休日や祭日あるいは就業時間外など、空調が運転されていない日や時間帯に測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

8) 運転されていない時刻に測定する原因はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.在室者への配慮 b.業務への配慮 c.依頼主からの要請 d.テナントからの要請 e.その他 ()

9) 冬期、夏期、中間期(冷暖房が行われない時期)の測定時における個別方式空調の稼働、換気、窓の開放について、

①-1 冬期個別方式空調が運転されていない室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

①-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他 ()

②-1 夏期個別方式空調が運転されていない室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

②-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他 ()

③-1 中間期個別方式空調が運転されていない室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

③-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他 ()

④-1 冬期個別方式空調の換気装置が運転されていない室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

④-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他 ()

⑤-1 夏期個別方式空調の換気装置が運転されていない室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

⑤-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他 ()

⑥-1 中間期個別方式空調の換気装置が運転されていない室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

⑥-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他 ()

⑦-1 冬期一窓が開放されている室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

⑦-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で開放されている d.その他 ()

⑧-1 夏期一窓が開放されている室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

⑧-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で開放されている d.その他 ()

⑨-1 中間期一窓が開放されている室で測定する場合がありますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

⑨-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか？ 該当する記号すべてに○を付けてください。

a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で開放されている d.その他 ()

10) 法令検査(2ヶ月に1度)で問題(不適合項目)があった測定場所や施設について、原因追及のための測定を実施していますか？ 該当する記号に○を付けてください。

a.すべての場合ができる b.概ねできる c.できない場合がある d.できない場合がしばしばある

11) 原因追及のための測定を実施できない原因はなんですか？ 該当

する記号すべてに○を付けてください。

- a. 在室者への配慮 b. 業務への配慮 c. 依頼主からの要請
d. テナントからの要請 e. その他 ()

12) 法令検査 (2ヶ月に1度) で問題 (不適合項目) があつた測定場所や施設について、改善策を提示していますか? 該当する記号に○を付けてください。

- a. すべての場合できる b. 概ねできる c. できない場合がある
d. できない場合がしばしばある

13) 改善策を提示しない原因はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。

- a. 原因追及のための測定が未実施のため b. 依頼主から拒まれたため
c. テナントから拒まれたため d. その他 ()

14) 空気環境測定を実施する際、困っていることはありますか? 自由に記述してください。

15) 今後、追跡調査を実施する場合、ご協力の可否について、以下にお答え願います。アンケートの追跡調査に協力していただけますか?

- a. 協力する b. 協力しない

16) 空気環境測定を実施している主な 都道府県、市

都道府県 市

B.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する。行政報告例における建築衛生管理基準の空気環境に関する項目の不適率が1999年以降、持続的に上昇している。空気環境基準の内、相対湿度の不適率が最も高く、続いて温度と二酸化炭素の不適率が高い。

東京都の立入検査のデータを見ると、相対湿度と温度は、季節によって状況が異なる。相対湿度は主に冬期の不適率が高く、温度は夏期の不適率が主に高い。相対湿度と温度は、夏期と冬期で熱源が異なるなど空調運転の状況が異なるため、季節毎の分析が必要であると考えられる。二酸化炭素濃度については、季節による不適率の差が見られない。これは、空調設備が通年に渡って運転され窓開放が行われない場合が多いために、換気量の季節変化が少ないことが原因であると考えられる。

屋内の二酸化炭素濃度は、機械換気量と在室状況によって、基本的には決定されると考えられる。在室状況が1999年以降特に変化がないと考えられる。二酸化炭素濃度の不適率上昇の要因として、地球全体の外気濃度上昇、都市に

おける発生集中による濃度差、省エネルギーによる換気量削減、フィルター等のメンテナンス不備による換気量減少等が挙げられる。

行政報告例は、報告徴取及び立入検査によって自治体の環境衛生監視員が適合判断を行った結果を集計したものである。報告徴取は、ビルメンテナンス業者による年5回の空気環境測定データを聴取して適法判定をした結果である。立入検査は、自治体の環境衛生監視指導員が立入を行い、測定時の在室状況などを踏まえて、経験的な判断をする。行政報告例の分析及び自治体の環境衛生監視指導員に対するアンケート調査の結果では、報告徴取数が多い自治体では不適率が高い傾向があり、報告徴取では、年5回の複数点の結果全体を見て不適値があれば不適と判断するため、不適率が高くなることが明らかになった。

東、池田らは、行政報告例を分析し、学校と事務所の不適率が高いことを示し、個別空調の普及、省エネルギー意識の高まり、学校における換気頻度の減少等を要因として挙げた。また、中川らは外気の二酸化炭素濃度上昇を東京都における不適率上昇の要因として挙げた。本研究では、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。

C. 研究結果

C.1 空気環境測定に関する分析

首都圏(東京都、千葉県、神奈川県、埼玉県)の空気環境測定の実務者56名の協力を得て、アンケート調査を試行した結果を以下に示す。対象者の80%は東京都である。

各質問に対する回答は、以下の通りであった。

a) 測定点について

空気環境測定の測定点については、空調系統を中心に、吹出口や還気口の位置、室内の使用状況、家具類のレイアウト等を十分に考慮し、

測定点が偏ることのないように選定しなければならぬとされている。この質問に対し、すべての場合できる、又は概ねできる（a、b）という回答が74%、できない場合がある、又はしばしばある（c、d）という回答が26%であった。

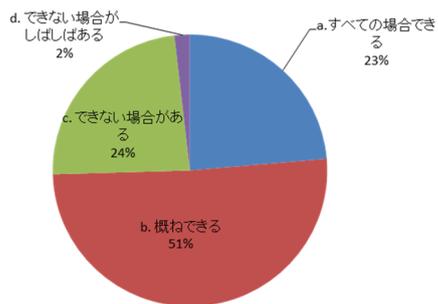


図 4-1 空気環境の測定点について

適切な測定点で測定ができなかった場合について、建築物の用途別では、⑧事務所において適切な測定点で測定が行えないという回答が最も多かった。測定時には室内の使用状況に応じて適切な測定点を選択する必要があるが、事務所においては机や家具、機材等の配置によっては、測定機器を居室の中央部付近に持つていくことができない、測定を行うことによって在室者の業務等を著しく妨害してしまう等の問題が生じてしまい、適切な測定点での測定が行えない場合が多いと考えられる。

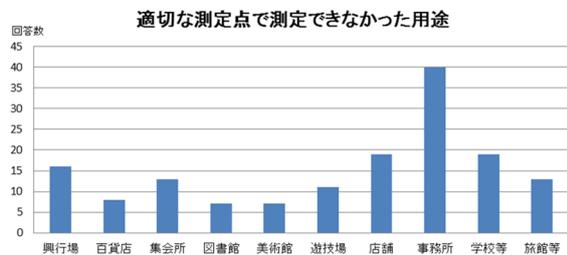


図 4-2 適切な測定点で測定できなかった用途

次に、適切な測定点で測定できなかった理由について、原因別に集計を行った。1) でc又はdと回答した人の他に、bと回答した人のうち、22人が回答した。①～⑩全体で集計すると、在室者への配慮（a）が47%、依頼主やテナントからの要請（b、c）が50%となった。このことから、適切な測定点で測定できないのは、測定者側が在室者に気を使って測定点を変更した場合と、依頼者やテナントの要請を受け、やむを得ず測定点を変更した場合が半々になっているということが明らかになった。回答数の多かった⑧事務所においては、在室者への配慮が47%、依頼主やテナントからの要請（b、c）が48%となり、全体の傾向に近かったが、依頼主からの要請よりもテナントからの要請、が多かった。⑦店舗や⑩旅館等においても全体の傾向に近い結果が得られた。その他の内容としては、「金融機関や経理部のために部外者の立ち入り禁止箇所があった」などの回答が得られた。

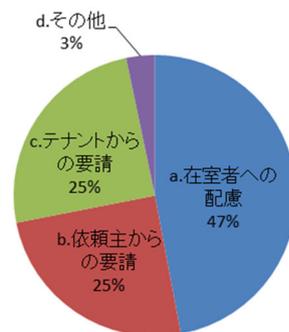


図 4-3 適切な測定点で測定できなかった理由

また、④図書館、⑤美術館、⑥遊技場、⑨学校等においては在室者への配慮の割合が55～58%と全体の傾向よりも多くなっていた。これらの施設では、学校の授業や美術品の鑑賞などの邪魔にならないようにしなければなら

ないため、施設の利用者に対する配慮が必要となり、測定点を変える場合が多いのではないかと考えられる。その他の回答としては、「授業中のため教室後方で測定した」という回答があった。

一方で、①興行場、②百貨店、③集会場においては依頼主やテナントからの要請（b、c）が6割以上を占めていた。こうした施設においては依頼主やテナントの理解を得られず、測定点を変えざるを得なくなっている可能性が高い。

b) 一日の測定回数について

浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流の6項目に関して、一日に2回以上の測定を行わなければならない。しかし、すべての場合で一日に2回以上測定を行うことができている（a）という回答が71%と大多数を占めたが、概ねできる（b）という回答が24%、できない場合がある（c）という回答が5%（3件）存在した。

3)でc又はdと回答した人の他に、bと回答した人のうち、6人が回答した。一日に2回以上、測定することができない原因としては、依頼主やテナントからの要請（c、d）が59%と多かった。このことから、依頼主やテナントに空気環境測定に対する十分な理解を得ることができずに、一日の測定回数を減らしてしまっている可能性が高い。また、その他の回答としては、「初めての測定場所だったため、測定の時間配分がわからずに2回目の測定が終わらなかった」という回答が得られた。

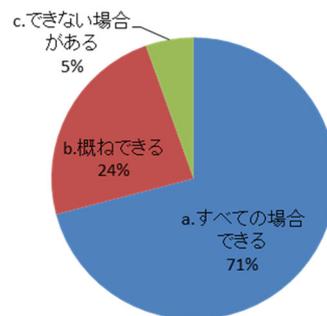


図 4-4 1日2回以上の測定実施

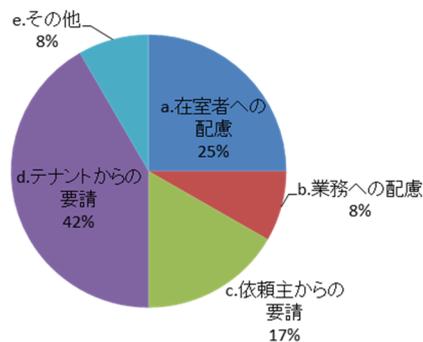


図 4-5 1日2回以上の測定できない理由

c) 測定時の状況について

空気環境測定を適切に行うためには、室の状況が代表的であると思われる時間帯で測定を行う必要がある。具体的には、就業時間内に測定を行うことは当然として、在室者がいる中で適切に空調や換気装置を運転させた状態で測定を行うべきである。不適切な状況での測定がどの程度行われているのか実態調査を行った。

この質問に対しては、まったくない、又は概ねない（a、b）の回答が28%と少なく、行う場合がある（c）が63%、しばしばある（d）が9%と多かった。このことから、7割以上の測定者において在室者のいない状況で測定を行ったことがあると推定される。

5)でc又はdと回答した人の他に、bと回答した人のうち、1人が回答に加わった。この原因としては依頼主やテナントからの要請（c、d）が55%と多く、次いで在室者や業務への配慮（a、b）が36%であった。このことか

ら、半数以上の測定者が依頼主やテナントからの要請によって、在室者のいない状況下での測定を強いられていると考えられる。その他(e)の回答としては、「大学等では2回測定可能な場所が空室や廊下に限られてしまうため」、「業務の都合で空室になってしまった」、「会議室での測定では、会議中に測定をする訳にもいかない」等の回答があった。

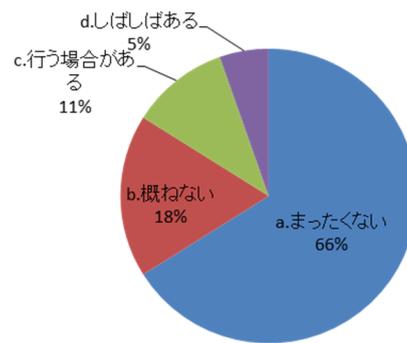


図 4-8 空調停止時の測定

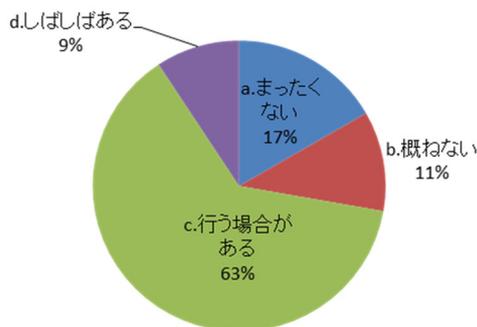


図 4-6 在室者のいない部屋や廊下での測定

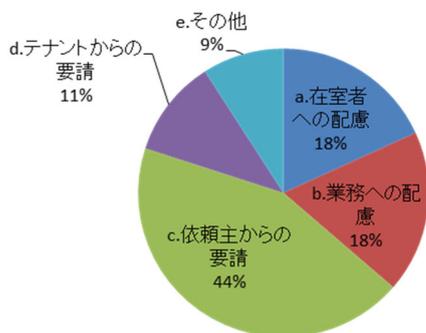


図 4-7 在室者のいない部屋や廊下で測定する原因

7)の質問に対しては、まったくない(a)が66%と最も多く、次いで、概ねない(b)が18%であった。対して、行う場合がある(c)が11%、しばしばある(d)が5%となり、c、dの回答を合わせて2割弱程度存在した。

7)でc又はdと回答した人の他に、bと回答した人のうち、5人が回答に加わった。この原因としては、依頼主からの要請(c)が56%と、半数以上を占めていた。依頼主が、測定が業務の妨げになると考えて空調が運転されていない日や時間帯に測定するように要請しているケースが多いのではないかと考えられる。その他(e)の回答としては、「契約上の仕様のため」という回答があった。

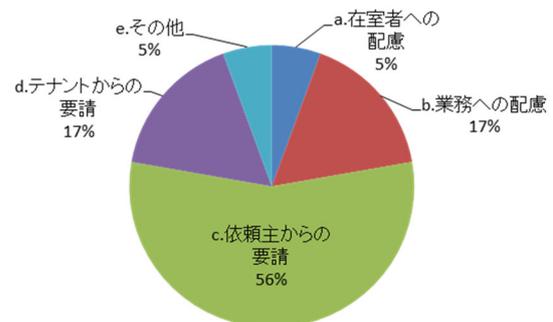


図 4-9 空調停止時の測定の原因

①～③冬期、夏期、中間期の測定時における個別方式空調の稼動状況について、「個別方式空調が運転されていない室で測定する場合がありますか?」という質問を行った。まったくない、又は概ねない(a、b)の回答が61%、行う場合がある、又はしばしばある(c、d)

の回答が39%であった。期間別に見てみると、冬期と夏期はまったくない、又は概ねない（a、b）の回答が多かったが、中間期では行う場合がある（c）の回答が多くなっていた。これは、冬期と夏期は空調を運転しているが、中間期には外気と室内の気温差が小さいため、空調を運転する必要がないと在室者が判断しているケースが多いことが考えられる。

個別方式空調が運転されていない室で測定する原因については、在室者の判断で運転されていない（c）が76%と多かった。その他（d）の回答としては、「在室者がいないため運転されていない」、「学校が休暇中のため運転されていない」、「レイアウト等で決まっている」、「省エネのために運転されていない」等の回答があった。なお、その他（d）の回答で「中央式空調のため」という回答が1例あったが、こちらは誤回答として除いた。

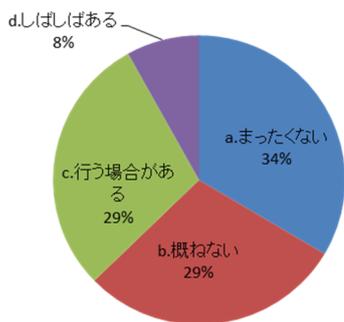


図 4-10 個別方式の空調停止時の測定

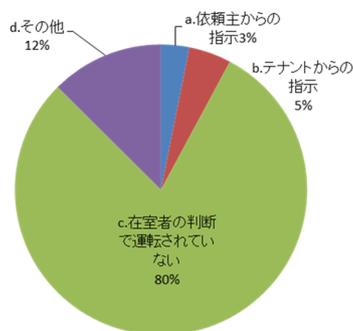


図 4-11 個別方式の空調停止時の測定の原因

④～⑥冬期、夏期、中間期の測定時における

個別方式空調の換気装置の稼働状況について、「個別方式空調の換気装置が運転されてない室で測定する場合がありますか？」という質問を行った。まったくない、又は概ねない（a、b）の回答が61%、行う場合がある、又はしばしばある（c、d）の回答が39%であり、①～③の個別方式空調と同様の結果が得られた。このことから、個別方式空調が運転されていない場合では、換気装置も同時に運転されていないと考えられる。一方で、期間別の回答数に大きな違いが見られなかった。

換気装置が運転されていない室で測定する原因については、在室者の判断で運転されていない（c）が88%と圧倒的に多かった。その他（d）の回答としては、「在室者がいないため運転されていない」、「共用部などのため」、「省エネのために運転されていない」等の回答があった。

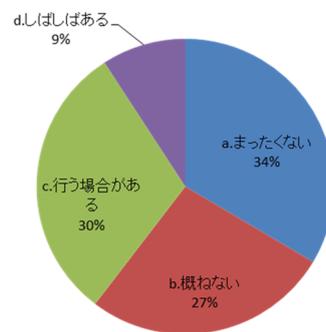


図 4-12 個別方式の換気停止時の測定

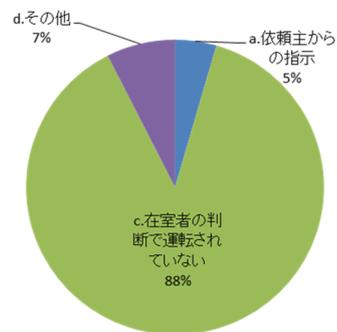


図 4-13 個別方式の換気停止時の測定の原因

⑦～⑨冬期、夏期、中間期の測定時における窓の開放について、「窓が開放されている室で測定する場合がありますか？」という質問を行った。まったくない、又は概ねない（a、b）の回答が64%、行う場合がある、又はしばしばある（c、d）の回答が36%であり、①～③の個別方式空調と、④～⑥の換気装置と同様の結果となった。これは、在室者が自然換気で窓を開け、空調や換気装置の運転をOFFにしている可能性がある。期間別では、①～③の個別方式空調と同様に中間期に窓が開放されていることが多かった。これは、冬期や夏期では外気と室内の温度差が大きいため空調を稼働していることが多いが、中間期では外気との温度差が小さいので、窓を開放することが考えられる。

また、窓が開放されている室で測定する原因も、在室者の判断で運転されていない（c）が88%と圧倒的に多かった。その他（d）の回答としては、「清掃中で窓が開放されていた」、「個別式空調の運転を停止しており、窓を開放していた」という回答があった。

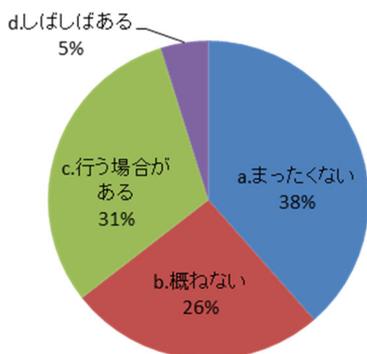


図 4-14 窓開放時の測定の原因

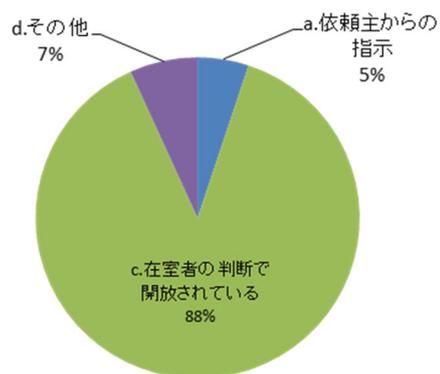


図 4-15 窓開放時の測定の原因

d) 原因追及の測定と改善策について

空気環境の測定は環境の状態を正しく把握するために行うものである。したがって、管理基準に適合しない項目があった場合には、得られた結果を基にして、なぜ不適合になってしまったのかの原因を追及し、改善を行うための助言を行うべきである。また、基準に適合している場合でも、測定値が余裕をもって基準に適合しているのか、上限で基準に適合しているのかなどの検討を行い、必要に応じて改善策等を提示することが望ましい。

ただし、空気環境の測定を行う、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流の6項目の測定結果だけでは、適切な改善策を立案するための資料として十分ではない場合がある。このため、追加で原因追及の各種調査（平面分布測定、経時変化測定、気積、在室人数、風量測定など）を行う必要があるとされているため、以下の項目についてアンケートを実施した。

10)の質問に対して、すべての場合できる、又は概ねできる（a、b）の回答が70%、できない場合がある、又はできない場合がしばしばある（c、d）の回答が30%であった。

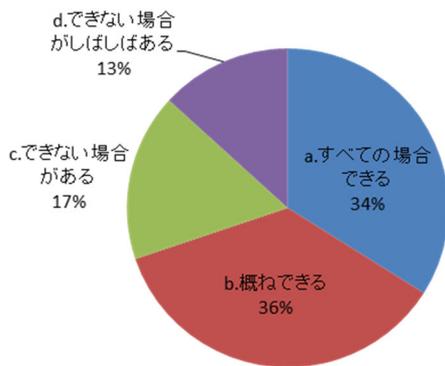


図 4-16 原因追及のための測定の実施

10) で c 又は d と回答した人の他に、b と回答した人のうち、4 人が回答に加わった。この原因としては、在室者や業務への配慮 (a、b) が 55% と半数以上を占めた。これは、不適合項目があった測定場所に追加で測定を行うことが迷惑になってしまうと判断してしまい、原因追及のための測定を実施しないケースが多いのではないかと考えられる。また、依頼主やテナントからの要請 (c、d) を受けて測定を実施できないという回答は 33% であった。このため、原因追及のための測定を提案しても、依頼者やテナントに断られてしまうケースも多く存在するようである。その他 (e) の回答としては、「別日程の再測定が契約上できない」、「管理者側が原因追及の測定を行っている」などがあつた。

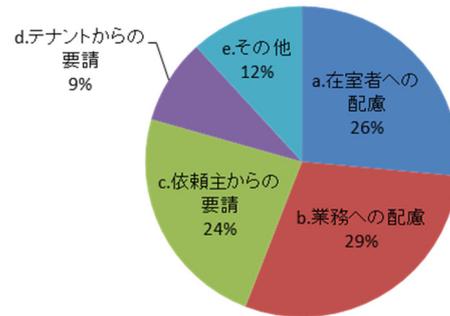


図 4-17 原因追及のための測定ができない原因

12) の質問に対しては、すべての場合できる、又は概ねできる (a、b) の回答が 87% と圧倒的に多かった。10) 原因追及の測定の実施において、すべての場合できる、又は概ねできる (a、b) と回答した数よりも、回答数が多かったことから、原因追及のための測定を行わずに、6 項目の測定結果のみを用いて改善策を提示しているケースがあると考えられる。

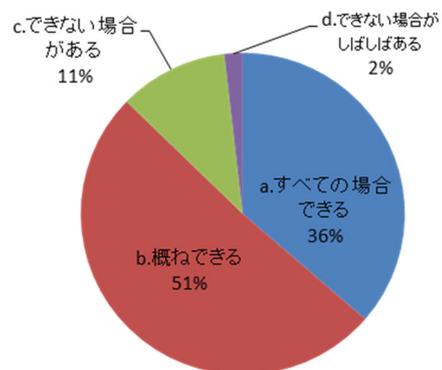


図 4-18 改善策の提示

12) で c 又は d と回答した人の他に、b と回答した人のうち、7 人が回答に加わった。改善策を提示しない原因としては、原因追及の結果から改善策が判明しないため (b) が 53% と半数以上を占めた。このことから、せつかく原因究明の測定を行っても、その結果から改善

策が判明しないというケースが多いことが明らかになった。この原因として、原因追及のためのデータ量が不完全な場合、あるいは原因追及のためのアプローチが適切でなかった場合や、原因究明の測定結果を正しく判断できていない場合などが考えられる。

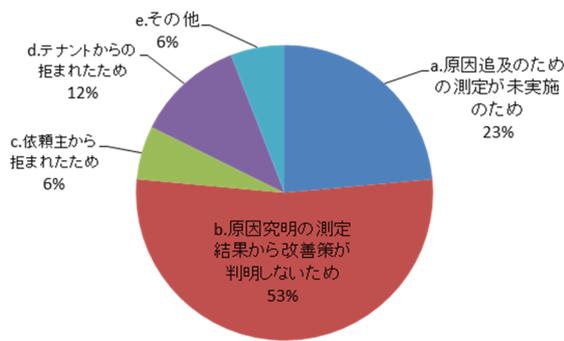


図 4-19 改善策を提示しない原因

e) その他

回答数：12回答（56回答中）

- ・ 在室者から測定頻度を増やし、毎月測定してほしいという要望がある。（1）
- ・ 機材が重い（1）
- ・ 室内利用人数より多い人数が使用し換気が不十分。（1）
- ・ 古いビルのため加湿機能がない。（1）
- ・ 指摘しても予算がない等で改善されないことが多い。（1）
- ・ 外気を加湿して供給しているため、湿度が外気に左右されてしまうこと。（1）
- ・ 良否判定の際、基準を多少超えた不適合判定を依頼者に嫌がられてしまうこと。（1）
- ・ 冬期に湿度を上げることが難しい上に、結露などが発生してしまうこと。（1）
- ・ テナント側にお客様がいる中で測定していると迷惑になるのでやめてと言われることがある。（2）

- ・ 在室者への配慮等で適切な測定点で測定できない場合がある。（2）
- ・ 換気のための注意に対し、省エネ等の問題を相談された。（1）
- ・ 営業所の測定で、在室人員数が変化してしまい結果が安定しないこと。（1）
- ・ 小規模全熱に加湿装置が付属する場合も湿度基準を適用するのか。（1）
- ・ 小規模全熱の運転は在室者に任せるしかなく、節約のため停止されている場合があること。（1）
- ・ 外気の二酸化炭素濃度が上昇しているので、基準値を超えてしまう場合があること。（1）

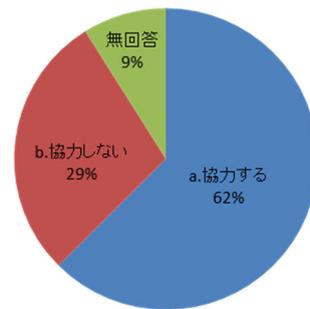


図 4-20 今後のアンケートへの協力

C.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

C.2.1 自治体の立入検査及び報告徴取の状況
行政報告例は、記載内容の刷新が随時行われている。不適率が示されている2007以降を対象に分析を行った。また、2009年以前は、立入検査数のみが記載されており、2010年以降は立入検査数と報告徴取数が記載されている。2009年以前は、報告徴取として扱うべき場合も立入検査数に含まれていた可能性がある。はじめに、2007～2017の行政報告例、2015の各自治体人口を利用して分析を行った。なお、立

入検査と報告徴取を合わせて調査と称することとした。

図 4-21 に示すように、人口が多い自治体の特定建築物数が多く、特定建築物 1000 件以上の自治体は 12 である。図 4-22 に示すように、特定建築物数が多い自治体の調査（報告徴取及び立入検査）数が多い傾向がある。特定建築物数に対する調査数の比は、埼玉県が最も低く、秋田県、岡山県が高い。

図 4-23 に、特定建築物数が 1000 件以上の自治体の調査（報告徴取及び立入検査）数の推移を示す。全国では、調査数は増加する傾向がある。立入検査が若干減少し、報告徴取は増加している。東京都は、2016 年まで全国と同様に推移したが、2017 に報告徴取数が急増した。大阪府は、2008 年に立入検査数が急増し、その後は顕著な傾向はない。神奈川県は、2010 年に調査数が急増した。愛知県は、2010 年に若干増加するなどの変化はあるが、顕著な増減傾向は見られない。北海道は、2009 年に立入検査数が急増し、その後 2012 年まで増加した。埼玉県では、2010 年以降は調査数が少なくなり立入検査がほとんどとなった。静岡県は、2010 年、2011 年のみに報告徴取があり調査数が多かった。福岡県は、2009 年に調査数が急増した。兵庫県は、2011 年に報告徴取数が急増し立入検査が急減した。千葉県は、2010 年以降報告徴取がほとんどない。宮城県は、2008 年に調査数が急減し、2010 年に急増した。秋田県は、調査数に顕著な変化がない。岡山県は、2011 年、2012 年に報告徴取数が増加した。

以上のように、2008 年～2010 年に大きな変化が見られる。報告徴取数、立入検査数の算定方法に自治体毎の差や変化があったことが推定される。従来、報告徴取と立入検査が行われているが、行政報告の算出において自治体間の不統一が一時的に発生したと考えられる。

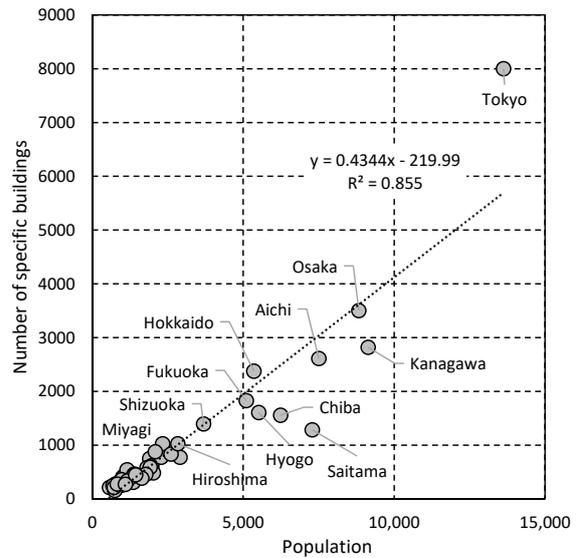


図 4-21 自治体の人口と特定建築物数

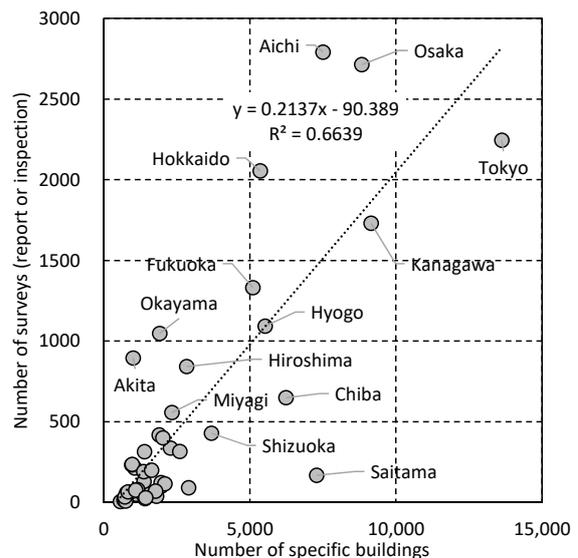


図 4-22 特定建築物数と調査（報告徴取と立入検査）数

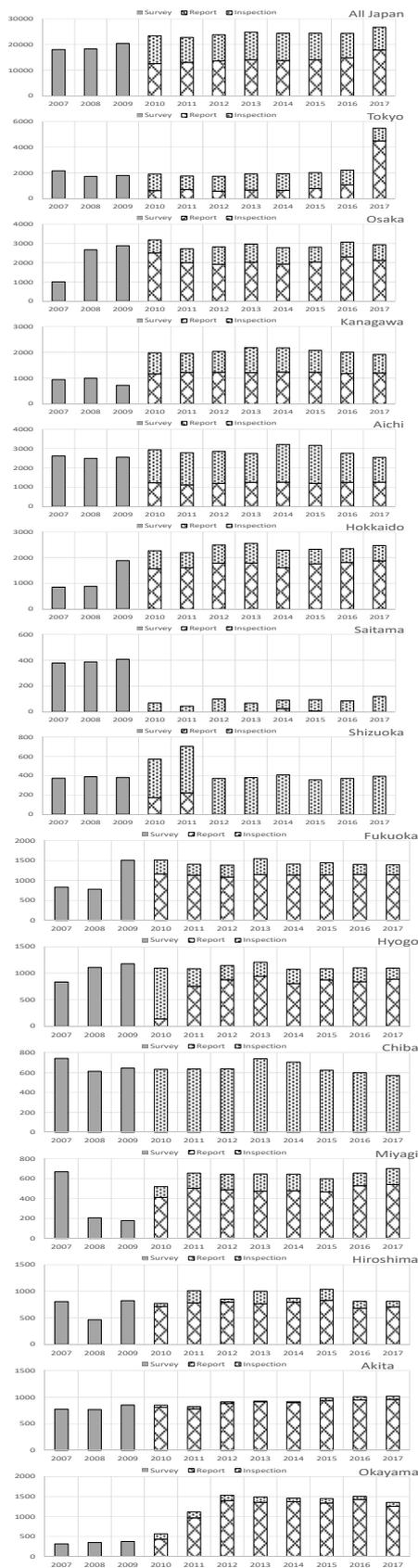


図 4-23 主な自治体（特定建築物及び調査数が多い自治体）の調査数の推移

C.2.2 二酸化炭素の基準不適率の推移

図 4-24 に、全国及び主な自治体の二酸化炭素濃度不適率の推移を示す。2007 年～2017 年の二酸化炭素濃度の不適率の全国平均は、1.1（%/年）の速度で上昇した。

図 4-25 に、2007 年～2017 年の不適率平均値と不適率上昇速度を示す。特定建築物数が多い 11 自治体（調査数が少ない埼玉県を除く。）の上昇速度は、-0.1～2.0（%/年）である。速度は、東京都：-0.1（%/年）が最も低く、北海道：2.0（%/年）と福岡：1.9（%/年）が高い。不適率平均値が高いと上昇速度が速い傾向が伺える。

図 4-26 に、調査数に占める報告徴取数の割合：報告徴取率と不適率の関係を示す。報告徴取率が高い自治体では、不適率が高い傾向がある。

図 4-27 に、報告徴取率の勾配と不適率の勾配の関係を示す。報告徴取率の勾配と不適率の勾配に顕著な関係が見られる。すなわち、報告徴取率が増加すると不適率が顕著に増加している。

人口が多く特定建築物が多い自治体は調査数が多い傾向があり報告徴取率が高くなっている。このような自治体では不適率は速く上昇している。

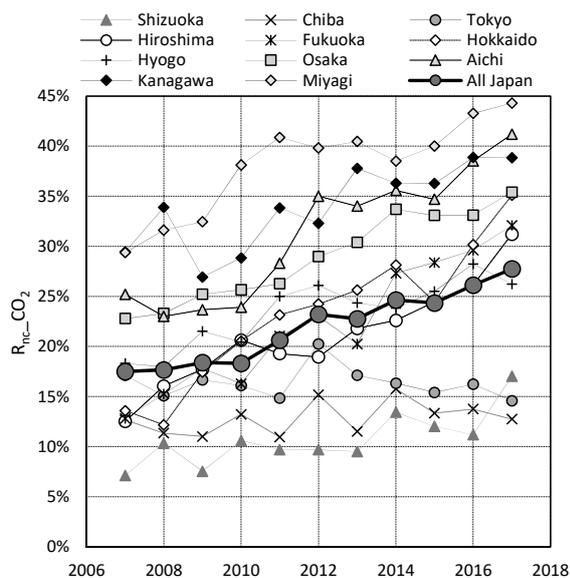


図 4-24 主な自治体の不適率:Rnc_CO2 の推移

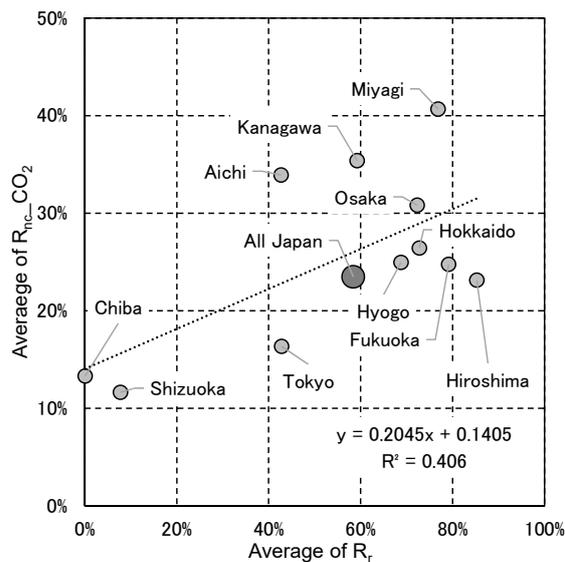


図 4-26 報告徴取率:Rr と不適率:Rnc_CO2

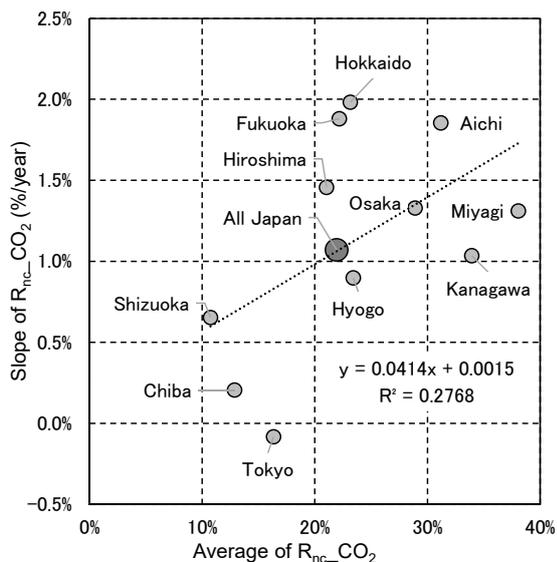


図 4-25 不適率:Rnc_CO2 の平均値と勾配

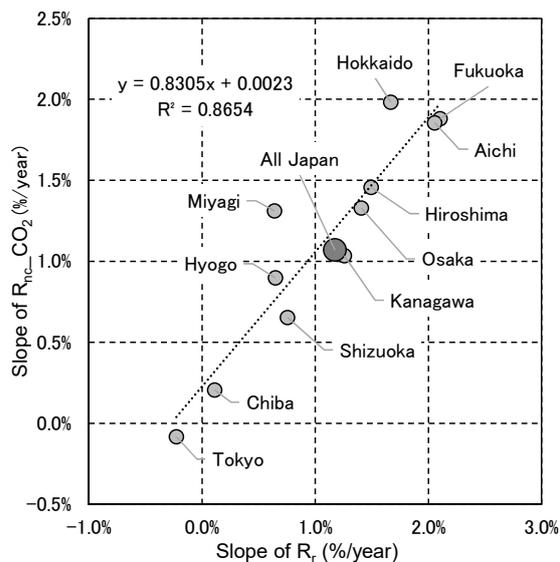


図 4-27 報告徴取率:Rr の勾配と不適率:Rnc_CO2 の勾配

C. 2. 3 外気濃度の推移

図 4-28 に示すように、気象庁が測定している大気濃度（綾里、南鳥島、与那国島）は、直線的に上昇している。

図 4-29 に示すように、首都圏及び名古屋の外気濃度（江東、浦和、新宿、騎西、町田、名古屋中心、名古屋郊外）は、気象庁の大気濃度

よりも 20~30ppm 高く推移している。また、東京の特定建築物(Specific building)における外気濃度 (Tokyo_SB) は、気象庁の大気濃度よりも 40~60ppm 高く推移している。

大都市の特定建築物の取入れ外気の濃度は、400ppm よりも高くなっていると考えられ、外気濃度の上昇によって室内濃度が高くなり、不適率上昇の要因となっている可能性がある。

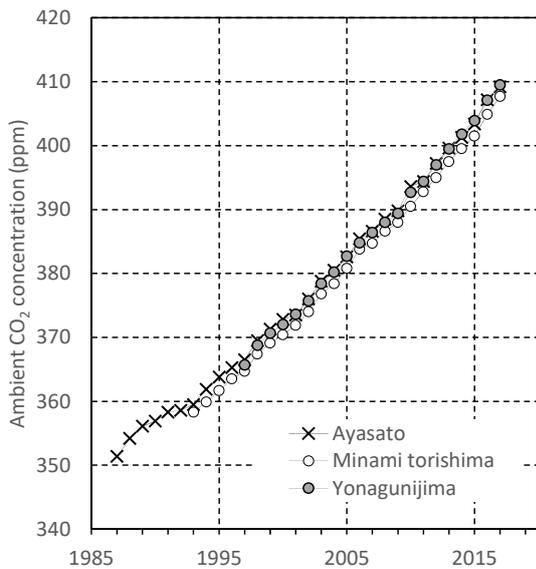


図 4-28 大気中の CO2 濃度の推移 (気象庁)

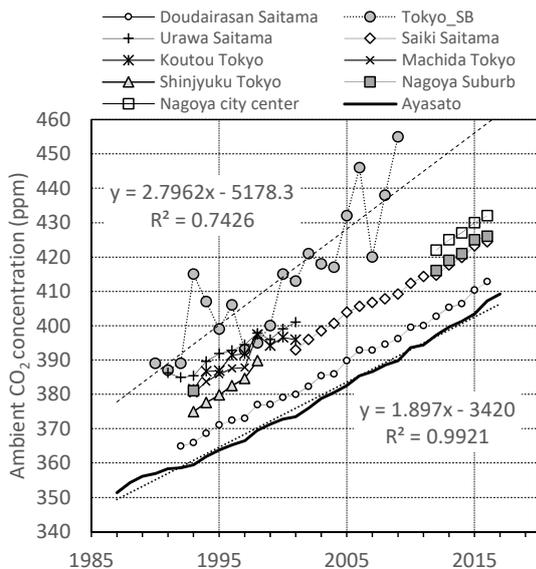


図 4-29 各地の CO2 濃度の測定結果

C.2.4 東京都の立入検査データ

2012 年の東京都の立入検査時の測定データを用いた。対象は 10000 m²以上の特定建築物で合計 211 件である。

図 4-30 に示すように、用途は事務所が多く、空調制御は、個別、全館、ゾーン毎の混合の 3 種類がある。また、熱回収は、個別、全館となしの場合がある。

図 4-31 に示すように、空調制御方式、熱回収によって、CO2 内外濃度差に有意差はない。濃度差の主な要因は、在室者数及び行為に影響される発生量、換気量である。この状況によって、対象毎の違いが生じて大きなばらつきが生じていると考えられる。

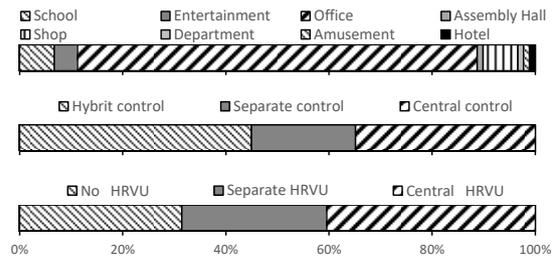


図 4-30 分析対象の用途、空調制御方式、換気方式

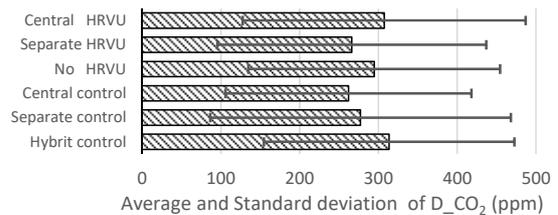


図 4-31 空調制御方式及び換気方式と CO2 内外濃度差

図 4-32 に示すように、外気濃度は 380~500ppm で平均が 432ppm であった。室内濃度は 480~1300ppm で平均が 769ppm であった。図 4-33 に示すように、内外濃度差は 10~900ppm で平均が 337ppm であった。基本的には通常の使用状態で測定が行われるが、立入検査時の発生

状況によって濃度差に影響が出る可能性がある。

空調制御については、個別制御の場合には換気が運転されていない部屋の影響を受けることで全体的に濃度差が大きくなる可能性がある。全体制御の場合には、省エネルギーのためにダンパー等で換気量を抑制することで濃度差が大きくなる可能性がある。いずれの制御方式においても、フィルターの目詰まりによって、換気量が減少し濃度差が大きくなる可能性がある。これらの複数の要因によって、測定時の濃度差にばらつきが生じると考えられる。

濃度差について、統計解析ソフト JMP を用いて正規分布、対数正規分布など分布のあてはめを行ったところ、図 4-33 に示すように Weibull 分布の適合性が高かった。なお、Weibull 分布の α は 324.1475、 β は 1.7581 であった。Weibull 分布は、物体の強度を統計的に記述するために W. ワイブル (Waloddi Weibull) によって提案された確立分布であり、機器の故障状況に関する分析に利用されている。

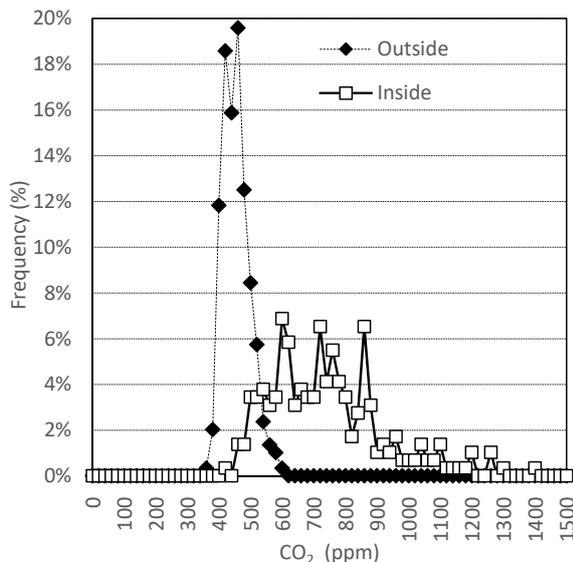


図 4-32 CO2 外気濃度及び室内濃度の頻度分布

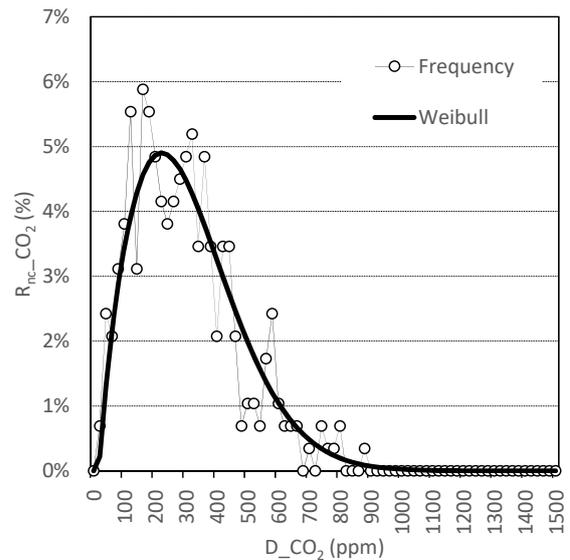


図 4-33 CO2 内外濃度差と Weibull 分布の適用

濃度差の分布を仮定すると、外気濃度から基準濃度: C_s (1000ppm) を超える率 (不適率) を算出することが出来る。外気濃度: C_{out} 、基準濃度: C_s と不適率: R_{nc} の関係は、Weibull の累積分布関数を用いると、次式となる。

$$R_{nc}(C_{out}) = \exp\left[-\left(\frac{C_s - C_{out}}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad \text{式 1}$$

外気濃度: C_{out} が上昇すると、不適率: R_{nc} が増加することとなる。

C.2.5 省エネルギーに伴う換気量削減の影響

省エネルギーのために換気量を削減すると、CO₂ 内外濃度差が増加して不適率が上昇すると考えられる。物質収支の基本式は以下のようになる。

$$C - C_{out} = \frac{m}{Q} \quad \text{式 2}$$

C : 室内濃度 (ppm)、 m : 発生量、 Q : 換気量 (外気量)、 C_{out} : 外気濃度 (ppm)

基準年の換気量に対する発生量の比を $\frac{m_0}{Q_0}$ とし、

ある年:yの比： $\frac{m_y}{Q_y}$ を以下のように定義する。

$$\frac{m_y}{Q_y} = \frac{1}{\gamma_y} \frac{m_0}{Q_0} \quad \text{式 3}$$

$$\gamma_y = \frac{Q_y m_0}{Q_0 m_y} \quad \text{式 4}$$

例えば、発生量 m が一定($m_y = m_0$)の場合、 γ_y は基準年の換気量 Q_0 に対する y 年の換気量 Q_y の比となり、換気量の削減率に相当することとなる。

y 年の外気濃度を $C_{out,y}$ とすると、 y 年の不適率: $R_{nc}(C_{out,y})$ は、以下のようになる。

$$R_{nc}(C_{out,y}) = \exp\left[-\left(\frac{\gamma_y(C_s - C_{out,y})}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad \text{式 5}$$

図 4-34 に、 γ が一定であると仮定した場合の、外気濃度と不適率の関係を示す。外気濃度が高いほど、換気量削減率が高い(γ が小さい)ほど、不適率が高くなることを示している。全国の不適率は、1999 年以降に顕著な上昇が見られる。図 4-35 に、綾里の外気濃度 (ppm)、東京都 23 区の特定建築物の外気濃度測定値による外気濃度推定値 Tokyo_23D (ppm)、式 2 で換気量一定とした場合の不適率: Ventilation_constant (%)、1998 年の換気量から年 1.8 % 減少し続けた場合の不適率: Ventilation_Reduction1.8%/year (%) を示す。同図に示す実際の全国不適率 ALL_J (%) は、Ventilation_Reduction1.8%/year (%) に近くなっている。外気濃度上昇に加えて、各特定建築物での換気量削減の強化や普及によって全体的に換気量削減が進み、不適率が上昇した可能性があることを示している。ただし、全国の濃度差分布が東京都 23 区の 2012 年の分布と同じであることを仮定していること、前述の行政報告の変化の影響を無視していることを踏まえる必要がある。

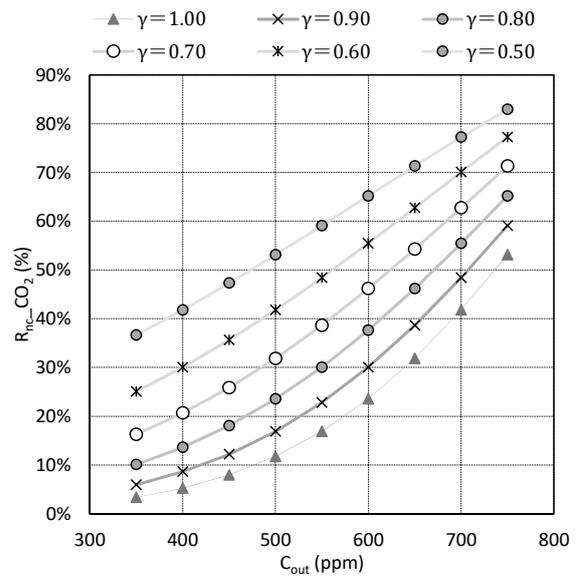


図 4-34 換気量削減率: γ と不適率: R_{nc}

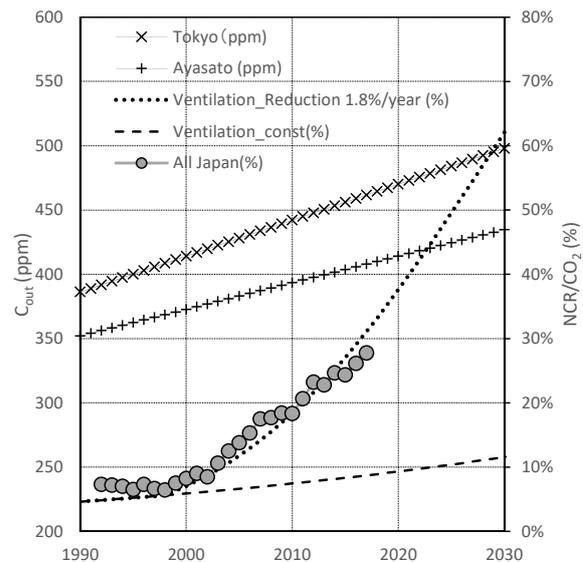


図 4-35 外気濃度と換気量削減を考慮した不適率推移

C.2.6 不適率上昇に関する総合分析

不適率上昇の主な要因として、外気濃度の上昇、報告徴取率の増加、換気量削減が挙げられる。これらの影響をモデル化して、その影響程度を明らかにする。

y 年の外気濃度を $C_{out}(y)$ とすると、式 5 は以下のようになる。

$$R_{nc}(y) = \exp \left[- \left(\frac{\gamma_y (C_s - C_{out}(y))}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad \text{式 6}$$

不適率は報告徴取よりも立入検査の方が低いと考えられるため、報告調査の不適率に対する立入検査時の不適率の比を立入検査不適率特性： e とする。また、調査数に対する報告徴取数の比を報告徴取率： R_r 、調査数に対する立入検査数の比を立入検査率： R_i とする。なお、 $R_i = 1 - R_r$ となる。 y 年の報告調査率を $R_i(y)$ とすると、3つの要因を考慮した不適率の式は以下ようになる。

$$R_{nc}(y) = \left(e + R_i(y) \cdot (1 - e) \right) \cdot \exp \left[- \left(\frac{\gamma_y (C_s - C_{out}(y))}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad \text{式 7}$$

また、1999年以降に省エネルギー等によって換気量削減率： γ_y が変化すると考えられるため、変化速度を dy とし次式を仮定する。

$$\gamma(y) = \gamma_{1998} - dy * (y - 1998) \quad \text{式 8}$$

式7に式8を導入すると以下ようになる。

$$R_{nc}(y) = \left(e + R_i(y) \cdot (1 - e) \right) \cdot \exp \left[- \left(\frac{(\gamma_{1998} - dy * (y - 1998))(C_s - C_{out}(y))}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad \text{式 9}$$

基準年（1998年）の換気量削減率： γ_{1998} 、換気量削減率の変化速度： dy 、立入検査不適率特性： e を変数として、報告情報が安定している2012年から2016年の全国不適率にも最も一致する解を最小二乗法によって求めた。 $\gamma_{1998} = 0.802$ 、 $dy = 0.0078$ 、 $e = 0.659$ となった。

図4-36に、最小二乗法により3つの係数を求め式9で算出した不適率：A+V+S（%）、外気濃度上昇と換気量削減のみ（ $\gamma_{1998} = 0.802$ 、 $dy = 0.0078$ ）を考慮した式2で算出した不適率：Ventilation_Reduction0.78%/Year（%）を示す。式9によるA+V+S（%）は、2010年から2017年の間、実際の不適率：All_Japanに

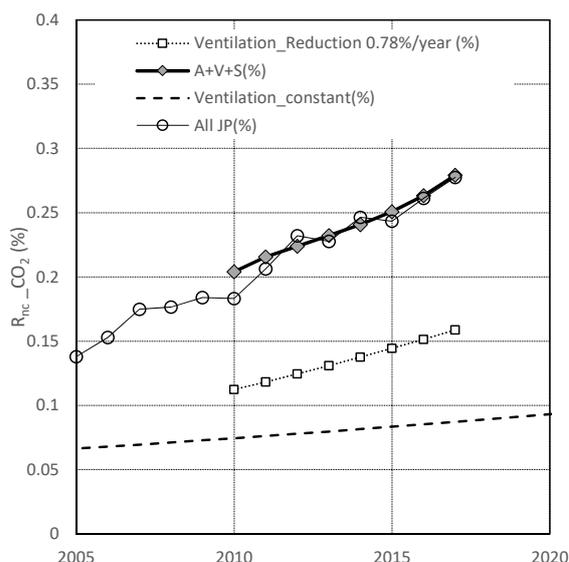


図 4-36 式 9 による不適率推定結果「A+V+S（%）」

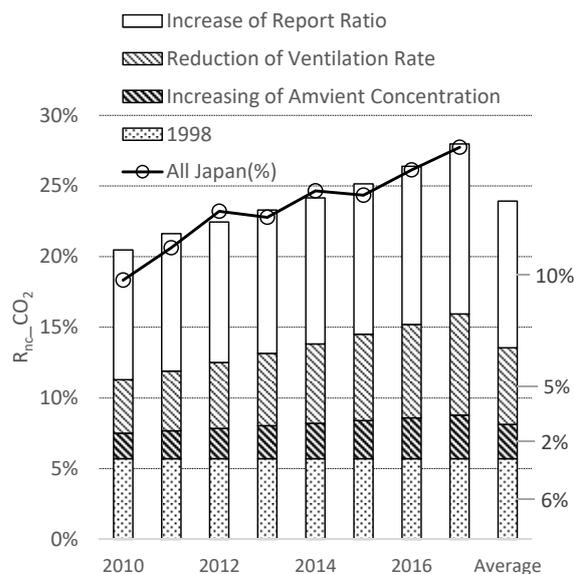


図 4-37 不適率上昇要因と影響量の推移

大略一致した。また、換気量削減率の変化速度： dy は、0.78%であり、図4-35で示す1.8%よりも小さいため、Ventilation_Reduction0.78%/Year（%）は、A+V+S（%）よりも低く推移した。

図4-37に、各不適率算出結果を用いて算出した、各要因の寄与率を示す。2010年から2017

年位かけて、各要因による不適率上昇幅が増加している。報告調査率が不明の2010年以前においても同様の变化があったと考えられる。2010年から2017年の各要素による不適率上昇幅の平均値は、1998年を基準として、外気濃度上昇が2%、換気量の削減が5%、報告徴取率の増加が10%となる結果であった。

D. 考察及び結論

D.1 空気環境測定に関する分析

空気環境測定に関するアンケートに関する分析において、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できることが確認された。

D.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

建築物衛生管理基準の不適率が持続的に上昇している二酸化炭素濃度に注目し、その要因分析を行った結果、1999年以降の上昇の要因に、外気濃度上昇、省エネルギー等に伴う換気量の削減、報告徴取率の増加がある。それらの影響は持続的に増大しており、今後も不適率の上昇が続くことが予想される。報告徴取率が増大していない東京都等の一部の自治体では不適率が上昇していない。これらの自治体では、立入検査等による監視指導の効果によって、外気濃度の上昇や省エネルギーに伴う換気量の削減の影響が抑制されている可能性がある。

以上の検討から、以下の改善が必要であると考えられる。行政報告の方法を明確にして、不適率の実態がより具体的に把握できるようにする。報告徴取及び立入検査の方法を改善し、より効率的で効果的な監視指導方法を確立し普及させる。以上によって、外気濃度上昇の中で、不適率を抑制しながら省エネルギーが実施されることとなると考えられる。

E. 研究発表

E.1 論文発表

- 1) 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 林基哉, 大澤元毅. 空気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. 2018.7;83(749):581-588.

E.2 学会発表

- 1) 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(第5報) 空気環境基準の不適率に関する詳細分析. 第77回日本公衆衛生学会総会;2018.24-26; 郡山. 抄録集. p.578.
- 2) 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. 学術講演論文集. p.1-4.
- 3) 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. 学術講演論文集. p.49-52.
- 4) 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. 学術講演論文集. p.109-
- 5) 林基哉. タスク・アンビエント空調/パーソナル空調の環境衛生管理の考え方. 第45回建築物環境衛生管理全国大会; 2018.1.19; 東京. 抄録集. p.27.
- 6) 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. 講演論文集. no.33 (4page)
- 7) 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 July; Philadelphia, USA; 2018. (Electronic file).
- 8) 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; 2018.5.17; 熊本. 同講演要旨集. (1page).
- 5) 埼玉県ホームページ、埼玉県における二酸化炭素濃度の観測結果について、平成 28 年度二酸化炭素濃度観測結果
(<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0502/nisankatanso.html>)
- 6) 立野英嗣 他、都市大気中の二酸化炭素濃度について、札幌市衛生研究所年報 23, 84-87, 1996
- 7) 大塚定男 他、神奈川県内の大気中二酸化炭素濃度の現状、神奈川県環境科学センター業務報告 2005, 73-77, 2005
- 8) 早福正孝 他、二酸化炭素濃度の地域格差に関する検討、東京都環境科学研究所年報 2002, 231-236, 2002
- 9) 海老名桜子 他、奈良県東吉野村における CO2 濃度の動態解析Ⅲ、ワールド・ワイド・ビジネス・レビュー 第 10 巻 地球環境計測特集号, 36-53, 2009
- 10) 名古屋市ホームページ、過去の二酸化炭素濃度結果(平成 24 年度から平成 28 年度まで)、平成 28 年度二酸化炭素濃度年報
(<http://www.city.nagoya.jp/kankyo/page/0000076866.html>)
- 11) 林基哉. 建築物環境衛生管理基準に関する研究. 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基準の検証に関する研究」(研究代表者: 林基哉. H29-健危一般-006), 平成 29 年度総括・分担研究報告書. 2018. p. 1-9.
- 12) 林基哉, 樺田尚樹, 開原典子. 維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出. 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基準の検証に関する研究」(研究代表者: 林基哉. H29-健危一般-006), 平成 29 年度総括・分担研

参考文献

- 1) 東賢一, 池田耕一, 大澤元毅, 鍵直樹, 柳宇, 齊藤秀樹, 鎌倉良太. 建築物における衛生環境とその維持管理の実態に関する調査解析. 空気調和・衛生工学会論文集 37 巻 (2012) 179 号, pp19-26
- 2) 中川晋也 他、特定建築物における二酸化炭素濃度不適率上昇の原因と対策、東京都健康安全研究センター研究年報 第 62 号, 247-251, 2011
- 3) 国土交通省気象庁ホームページ、二酸化炭素濃度の観測結果
(https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/obs/co2_monthave_ryo.html)
- 4) 埼玉県ホームページ、二酸化炭素濃度の観測結果
(<http://www.kankyou.pref.saitama.lg.jp/CO2/co2data.html>)

- 究報告書. 2018. p. 69-81.
- 13) 林基哉他. パーソナル空調を用いた空間の室内環境測定法に関する調査 公益財団法人日本建築衛生管理教育センター平成 28 年度建築物環境衛生管理に関する調査研究助成金「パーソナル空調を用いた空間の室内環境測定法に関する調査」(研究者代表者: 林基哉.) 平成 28 年度研究報告書; 2017. 3. p. 1-41.
 - 14) 林基哉, 開原典子. 建築物における空気環境の衛生管理の現状, 3-1 空気環境の不適率上昇傾向に関する分析と調査. 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」(研究代表者: 大澤元毅. H26-健危-一般-007), 平成 26~28 年度総括・分担研究報告書; 2017. 3. p. 20-2., p. 90-4.
 - 15) 林基哉, 開原典子. 建築物衛生管理の監視手法のあり方の提案. 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」(研究代表者: 大澤元毅. H26-健危-一般-007), 平成 28 年度総括・分担研究報告書; 2017. 3. p. 53-67.
 - 16) 開原典子, 林基哉, 樺田尚樹. 自治体等ヒアリングに基づく報告の現状. 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基準の検証に関する研究」(研究代表者: 林基哉. H29-健危-一般-006), 平成 29 年度総括・分担研究報告書. 2018.
 - 17) 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(第 5 報) 空気環境基準の不適率に関する詳細分析. 第 77 回日本公衆衛生学会総会; 2018 年 10 月; 郡山. 抄録集. p. 578.
 - 18) 金勲, 林基哉, 大澤元毅, 開原典子, 東賢一. 特定建築物の空気環境に関する研究(第 1 報) 空気環境の実態調査. 第 76 回日本公衆衛生学会総会; 2017. 10; 鹿児島. 抄録集 P-2103-6.
 - 19) 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.
 - 20) 開原典子, 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 東賢一. 特定建築物の空気環境に関する研究(第 3 報) 自治体を対象にした空気環境 6 項目の調査. 第 76 回日本公衆衛生学会総会; 2017. 10; 鹿児島. 抄録集 P-2103-8.
 - 21) 大澤元毅, 林基哉, 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 4 報) 空気環境管理の課題. 第 76 回日本公衆衛生学会総会; 2017. 10; 鹿児島. 抄録集 P-2103-9.
 - 22) 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. 2017 年 9 月; 高知. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集. pp. 81-4.
 - 23) Motoya Hayashi, Haruki Osawa, Kim Hoon, Yanagi U, Naoki Kagi, Noriko Kaihara. Analysis of Humidity and Carbon Dioxide Concentration to improve the Indoor Air Quality in Japanese Buildings, Indoor Air 2016 Proceedings, 2016.07; Ghent, Belgium. Electronic file.