

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

特定建築物における
室内空气中化学物質の実態把握のための研究

令和2～3年度 総括研究報告書

研究代表者 小林 健一

令和2～3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

特定建築物における室内空気中化学物質の実態把握のための研究

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

建築物衛生法により特定建築物において測定が義務づけられている物質はホルムアルデヒドのみである。この測定は、新築、大規模模様替え後初めて来る夏期の6～9月に1回のみである。

本研究は、ホルムアルデヒド以外にも室内濃度指針値が設定されている12個別物質及びTVOC (Total Volatile Organic Compounds ; 総揮発性有機化合物) 等の実態調査を行うと共に、その他の化学物質の現状把握及び健康リスク評価による基準のあり方の検討、室内濃度指針値を超える状況が確認された場合はその原因分析と低減措置の手法を提案することを目的とする。

本研究では、

- ①特定建築物の報告統計
 - ②国内外における室内空気汚染物質の空気質ガイドラインの動向
 - ③全国調査の概要
 - ④拡散サンプラーを用いる空気中ガス状化学物質の分析
 - ⑤現場立入調査とアクティブサンプリング
 - ⑥特定建築物における室内空気中化学物質の健康リスク評価
 - ⑦建築・設備及び室内環境管理と室内空気中化学物質濃度の関係
- のようにサブテーマを設けて研究を実施した。

2ヶ年計画として、2020年度は56施設に対して冬期の空気質調査とアンケートを、そのうち29施設を対象に2021年夏期に2回目の測定を実施した。2021年度は更に、新たに手配した建物75施設を対象に夏期・冬期の拡散サンプラーによる空気質調査とアンケート調査を行った。拡散サンプラーによる室内空気中化学物質調査では計242ヶ所のサンプルを回収した。現場立入調査とアクティブサンプリングによる化学物質濃度測定は7物件(11ヶ所)に対して、冬期・夏期実測を行った。

今回の特定建築物を対象とした室内空気中化学物質の全国調査結果より、特定建築物における厚生労働省の13指針物質及びTVOC濃度の実態を把握することができた。また、新しい指針物質として議論されてきた2E1H(2-エチル-1-ヘキサノール)、TX(テキサノール)についても実態を調べることができた。これらの研究成果は、室内空気環境及び健康衛生の改善のため、保健衛生・建築・設備環境を考慮した工学的・衛生学的対策に繋いでいく。

研究組織

研究分担者

樺田 尚樹（産業医科大学）
東 賢一（近畿大学）
鍵 直樹（東京工業大学）
金 勲（国立保健医療科学院）
稲葉 洋平（国立保健医療科学院）

研究協力者

内山 茂久（国立保健医療科学院）
尾崎 貴之（全国ビルメンテナンス協会）

A. 研究目的

建築物衛生法により特定建築物において測定が義務づけられている物質はホルムアルデヒドのみである。さらにこの測定は、ホルムアルデヒドについては、新築または大規模模様替えを行った後、最初に来る6月から9月の間に1回測定する。

本研究は、ホルムアルデヒド以外にも室内濃度指針値が設定されている12個別物質及びTVOC（Total Volatile Organic Compounds；総揮発性有機化合物）等の実態調査を行うと共に、その他の化学物質の現状把握及び健康リスク評価による基準のあり方の検討、室内濃度指針値を超える状況が確認された場合はその原因分析と低減措置の手法を提案することを目的として実施した。

B. 研究方法

2ヶ年の研究として、以下の事項について調査研究を実施した。

B.1 特定建築物の報告統計（分担研究1）

厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた空気環境項目の不適合率の最新動向について整理を行った。

B.2 国内外における室内空気汚染物質の空気質ガイドラインの動向（分担研究2）

建築物衛生法の適用範囲の検討のために世界保健機関（WHO）のほか、ドイツ、フランス、カナダにおける室内空気質ガイドラインに関する評価文書、関連学会の資料、関連論文を調査、整理した。

B.3 全国調査の概要（分担研究3）

2020年度は56施設に対して冬期の空気質調査とアンケート、2021年度は75施設に対して夏期・冬期の空気質調査とアンケート調査を行った。拡散サンプラーによる室内空气中化学物質調査では242ヶ所のサンプルを回収した。アンケートでは、建物所在地・用途などの基本情報のほか、内装材の種類、消臭剤・防虫剤の使用有無、室内環境に対する執務者からの苦情の有無、新型コロナウイルス対策、建築物衛生法の環境衛生管理基準項目の測定有無等を設問とした。

B.4 拡散サンプラーを用いる空气中ガス状化学物質の分析（分担研究4）

特定建築物に対してガス状化学物質濃度の測定を4種類の拡散サンプラー（オゾン、カルボニル化合物測定用、VOC測定用、酸性ガス測定用、塩基性ガス測定用）を用いて夏期と冬期に分けて実施した。合計242ヶ所のサンプルを回収できた。

B.5 現場立入調査とアクティブサンプリング（分担研究5）

化学物質濃度の現状、建築物衛生管理状況など把握するため、7物件（11ヶ所）の事務所建築に対して、ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値に示されている物質を中心にアクティブ法を用いて実測調査を行った。

また、事務所室内空气中の2E1H発生特性の実測調査を行うほか、温度、相対湿度、二酸化炭素の連続測定のほか、浮遊粒子状物質の調査を行った。

B.6 特定建築物における室内空气中化学物質の健康リスク評価（分担研究6）

北海道、関東、中部、関西、九州に建つ特定建築物を対象に、2020年度は37件、2021年度夏期は111件、2021年度冬期は75件から取得された室内温湿度ならびに化学物質のデータを用いて統計解析を行った。得られた室内化学物質濃度の統計値と核物質のリスク評価値（RfC）を用い、暴露余裕度（MOE）を算出した。

B.7 建築・設備及び室内環境管理と室内空气中化学物質濃度の関係（分担研究7）

「全国調査の概要（分担研究3）」と「拡散サンプラーを用いる空气中ガス状化学物質の分析（分担研究4）」の結果を踏まえて、建築・設備、室内環境を説明変数、成分濃度を目的変数として有意差検定（Wilcoxon検定）を行った。今回の検定では季節特性は考慮せず、建物及び設備、室内環境要因だけを対象とした。統計解析にはSAS-JMP11を用いて、有意水準5%とした。

C. 研究結果

C.1 特定建築物の報告統計（分担研究1）

建築物衛生法に定められる特定建築物の各環境要素について、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率については、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。この要因としては、平成15年の建築物衛生法の改正による個別空調方式の建物が特定建築物の適用範囲となったこと、建築物省エネ法の改正などが挙げられる。一方で、浮遊粉塵、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドに関する不適率は低い値で推移している。なお、新型コロナウイルス感染症の対策の実施から、二酸化炭素濃度および温度に関する不適率についても影響を及ぼしていることが示唆された。

C.2 国内外における室内空気汚染物質の空気質ガイドラインの動向（分担研究2）

WHOは2016年に基準新設に関して優先順

位を4つの区分に分けている。喫緊に再評価若しくは改訂を要する物質（グループ1）から当面再評価が不要な物質（グループ4）を策定している。また、2021年には粒子状物質、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが改正された。諸外国においては、ドイツでは64、フランスでは15、カナダでは13の物質若しくは物質群に対して室内空気質ガイドラインが定められていた。

C.3 全国調査の概要（分担研究3）

アンケートの有効回答数は特定建築物126件となった。

空調方式は、個別式空調が48%、中央式と中央・個別併用式は49%となり、ほぼ半々の割合となっている。

また、建築物衛生法に定める環境衛生管理基準項目に対して測定の実施については、6項目の測定は約45~50%に留まった。なお、執務者の苦情要因としては、温度、湿度、気流が挙げられ、それぞれ20%、10%、7%で苦情があった。

においが気になる場所は無いとの回答が74%と最も多く、トイレ10%、執務室5%、廊下4%、共用空間2%、会議室2%の順であった。

生活用品としては、空気清浄機が最も多く、次に消臭剤、スプレー式消臭・消毒剤の使用が多かった。昨今の新型コロナウイルス感染症対策の影響と考えられる。

新型コロナ対策として、最も多く採用されているのはマスク97%、手指衛生80%、テレビ会議74%であった。換気は58%、空気清浄機を38%が挙げていることから、空気環境への関心が高くなっていることが窺われた。

C.4 拡散サンプラーを用いる空气中ガス状化学物質の分析（分担研究4）

242件の特定建築物に対してガス状化学物質濃度を測定したところ、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、ベンゼン、エタノー

ル、2,2,4,6,6-ペンタメチルヘプタンが特異に高濃度を示した建築物が見受けられた。ホルムアルデヒドについては、1施設で160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示しており、当該建築物ではアセトアルデヒドが100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトンが140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、トルエンが61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、d-リモネンが37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示すなど他の建築物と比較して特異に高濃度であった。また、新型コロナウイルス感染症対策としてエタノール系の消毒剤を使用する頻度が高いため、アセトアルデヒドの生成メカニズムを詳細に検討する必要性もうかがえた。

C.5 現場立入調査とアクティブサンプリング (分担研究5)

ホルムアルデヒドの調査結果によると、建築物衛生法の基準値(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)および厚生労働省指針値(48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)に対して超過する建築物は無かった。一方で、総揮発性有機化合物(TVOC)については暫定目標値(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超過する建築物が冬期に1件存在していたが、当該建築物は前年に倉庫を改修して事務所とした建築物であり、新しい内装材料を用いたことで濃度が高くなったと考えられる。

2E1Hについては、タイル地、金属製OAフロア、コンクリート・プラスチック製OAフロア、コンクリートスラブ下地別に2E1H濃度とTVOC濃度を測定したところ、コンクリート下地の建築物において濃度が高い傾向が見受けられた。

冬期測定については、温度は18 $^{\circ}\text{C}$ 以下となる建築が4件あるものの24~25 $^{\circ}\text{C}$ 程度を推移している建築物が多い。相対湿度は40%を超える建築物が1件のみであり、30%程度以下となる建築物が多い。二酸化炭素濃度については、1件のみ1000ppmを超える建築物があるものの、その他の建築物は600ppm程度以下であった。夏期測定については、温度は1件のみ28 $^{\circ}\text{C}$ を超える建築物があるもののその他の建築物は24~27 $^{\circ}\text{C}$ 程度を推移している。相対湿度は

概ね40~60%程度を推移しており、二酸化炭素濃度も概ね1000ppm以下であった。

浮遊粒子状物質については、外気濃度に対する室内濃度の比(IO比)に着目すると、小さな粒径の粒子においてIO比<1が多く、外気由来の粒子が室内では低く維持されている。一方、5 μm や10 μm の大きな粒子ではIO比>1の室内が増加している。大きな粒子は人工的に生成されることが多く、在室者密度が高く室内での活動が多くなると濃度が高くなることがある。

C.6 特定建築物における室内空气中化学物質の健康リスク評価 (分担研究6)

健康リスク評価の結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。また、アクロレイン、1,2-ジクロロエタン、トリクロロエチレン、アセトアルデヒド、トルエン、クロトンアルデヒド、クロロホルムでは、特定の事務所でリスクが高かったが、平均的にはそれほどリスクは高くなかった。その他、炭素数9~18の脂肪族炭化水素は冬期夏期ともに平均的にリスクが高く、ホルムアルデヒドは夏期でリスクが高い傾向にあった。

C.7 建築・設備及び室内環境管理と室内空气中化学物質濃度の関係 (分担研究7)

事務所、宿泊業、店舗における一部化学物質で業種による有意な濃度差が見られた。建築年数については、トルエンやテキサノールにおいては古い建物が高いことがあり、2E1Hは築年数20~30年の建物が40~50年の古い建物より高かった。エチルベンゼンと α -キシレン共に併用式空調が中央式より高く、2E1Hは併用式が中央式及び個別式より高いことが認められた。一方、テキサノールは個別式が中央式より高かった。

室内環境衛生管理項目6項目中、CO₂濃度測定の実施有無を代表因子として検定した結果、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、2E1H、p-ジクロロベンゼン、ドデカンが実施している

施設において濃度が高く、デカンにおいては実施している施設が低い結果となった。

壁材として木質系、ビニルクロス、紙クロスが一部成分に対して有意な濃度差を示した。ビニルクロスと紙クロスは成分濃度の傾向が逆に現れた。塗料やコンクリートむき出しに対して、有意差が認められた成分はなかった。

床材としては、木材・フローリングに対してデカン濃度が低い結果となった。カーペットはヘキサンとドデカン濃度が低く、コンクリート床材はデカンが有意に低かった。P タイルやタイルに対して有意差が認められた成分はなかった。床下地材に対しては、コンクリート OA フロア及びプラスチック OA フロアは 2E1H が高いことが示された。

スプレー式消臭・消毒剤の使用建物はホルムアルデヒド濃度が高く、オゾン発生器はデカンとテキサノール濃度が低かった。芳香剤、次亜塩素酸、空気清浄機は有意差が認められた成分はなかった。においが気になる場所が有り・無しについては、有ると答えた建物ではベンゼン濃度に有意に高いことが示された。

D. まとめ

本研究では、主に特定建築物の環境衛生管理基準項目と不適合の要因、建築・設備概要及び室内環境の管理運用などを調査すると共に、拡散サンプラーによる化学物質濃度測定、現場立入検査を行った。また、化学物質に対する国際的な動向及びリスク基準などを調べ、今回行われた調査結果から特定建築物における空気中化学物質のリスク評価を行った。

1) 建築物衛生法や建築物省エネ法の改正に伴い不適率が上昇する傾向があり、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率が高い傾向が続いている。

2) WHO は 2021 年 9 月に空気質ガイドライン

をアップデート（2005 年のガイドラインに対して）した。粒子状物質（PM2.5、PM10）、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。

3) 空調方式は、個別式空調が 48%、中央式と中央・個別併用式は 49%となり、ほぼ半々の割合となっていた。建築物衛生法に定める環境衛生管理基準項目に対して測定の実施については、6 項目の測定は約 45~50%に留まった。なお、執務者の苦情要因としては、温度、湿度、気流が挙げられ、それぞれ 20%、10%、7%で苦情があった。

新型コロナ対策として、最も多く採用されているのはマスク 97%、手指衛生 80%、テレビ会議 74%であった。換気は 58%、空気清浄機を 38%が挙げていることから、空気環境への関心が高くなっていることが視われた。

4) ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、ベンゼン、エタノール、2,2,4,6,6-ペンタメチルヘプタンが特異に高濃度を示した建築物が見受けられた。また、最近では新型コロナウイルス感染症対策としてエタノール系の消毒剤を使用する頻度が高いため、アセトアルデヒドの生成メカニズムを詳細に検討する必要性もうかがえた。

5) ホルムアルデヒド、TVOC、温湿度、二酸化炭素濃度、浮遊粒子状物質を調査し、一部基準値を超過する建築物があったものの、ほとんどの建築物は基準値以下であった。

6) 健康リスク評価の結果、冬期夏期ともに、二酸化窒素、塩化水素、ベンゼンのリスクが総じて高かった。二酸化窒素では、冬期夏期ともに RfC 超過率が 60%を超えていた。塩化水素では冬期の RfC 超過率が 70%を超えていた。ベン

ゼンでは夏期の RfC 超過率が 40%を超えていた。これら 3 つの物質のリスクは突出して高かった。

7) 建物用途、築年数、空調方式、室内環境衛生管理項目の測定の実施有無などが化学物質濃度に影響していることが示唆された。また、室内内装材も化学成分との関係が示唆されたが、特に床下地として使われる OA フロア及びプラスチック OA フロアは 2E1H 濃度が高いことが示された。においが気になる場所があると答えた建物ではベンゼン濃度に有意に高いことが示された。

E. 健康危険情報

該当なし。

F. 研究発表

「Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧」を参照。

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

1. 特許取得 該当なし。