

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等の安全性の向上に資する技術開発	課題名 ハウスダストによる健康負荷削減住宅に関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>可塑剤成分であるフタル酸エステル類やカビ・ダニはハウスダストに付着し、アレルギー、喘息、アトピーなどの原因と疑われている。省エネルギー性や温熱快適性を向上させるために住宅の高気密・高断熱化が推進される一方で、VOC・SVOCのような化学物質や微生物による室内空気汚染と居住者への健康障害は数多く報告されている。そこで、住宅の安全性向上のため、<u>ハウスダスト中SVOC濃度測定法の確立と実態調査、及びSVOCの挙動メカニズムの調査、カビ・ダニの繁殖状況及び居住者に与える影響調査、ハウスダスト防除のための高効率空調換気システムの開発</u>を行った。</p> <p>室内におけるSVOC測定方法及び分析方法の検討として、コンタミ影響を最小限に抑えるための新たなハウスダスト捕集装置の開発を行った。その装置を用いて測定を行ったところ、塩化ビニル系の建材を用いていた住宅、カーペットを敷いた住宅がハウスダスト中DEHP濃度が高い値を示した。ドイツの既往研究の50パーセンタイルを超える住宅が11軒、95パーセンタイルを超える住宅が1軒あった。築年数が長いほどハウスダスト中SVOC濃度は低くなる傾向が見られ、自然素材住宅では低い結果となった。精度の高いハウスダスト中SVOC濃度測定法が確立できた。ハウスダスト表面積とハウスダスト中SVOC濃度の検討として、試験箱、ガラス瓶、マイクロチャンバーを用いたSVOC付着量測定実験を行った。マイクロチャンバー法を用いた実験では放散面積を大きくし吸着面積を一定にするとDEHP放散量が大きくなり、放散面積一定で吸着面積を増加させた条件では放散量は一定となった。DEHPに関する放散と吸着挙動を把握することができた。</p> <p>カビ・ダニ、ハウスダストの実態把握と、建物仕様、室内環境、住まい方などの健康影響について分析するため、24軒の実住宅を対象に実測調査を行った。その結果、1) 自然換気の住宅の浮遊真菌数が機械換気の住宅よりも有意に多い、2) 築年数の長いカーペット敷きの住宅でダニ数が多い、3) ダニアレルゲンが多い住宅には喘息患者が居住しており、症状の発症や悪化の原因となっている可能性がある、4) 床面のダスト量は、ペットを室内で飼っている住宅やカーペットの面積が広い住宅で多い、5) フローリングの住宅では、床面に堆積したダストの再飛散による吸入曝露のリスクが高まる可能性がある、ことなどが明らかとなった。</p> <p>開発した空調換気システムのプロトタイプを設置した換気実験棟の一室を対象に、空調換気システムの性能検証を行った。ハウスダストに見立てた蛍光粒子による散布実験では、床面に堆積後、換気の気流では容易に再飛散しない粒子も、人の歩行により再飛散することが確認された。人の歩行による再飛散する粒子数は、天井排気とスリット排気で殆ど変わらないが、その後、スリット排気の方が、室内粒子数をより少ないレベルまで減衰し維持できることが確認された。数値計算では、1)天井排気よりもスリット排気、2) スリット高さは1cmよりも5mm、3) 天井と壁の取合部のスリット給気よりも天井給気、4) 給気方向は放散状よりも真下、5) 暖房機器についてはファンヒーターよりも温風暖房機、の方がハウスダスト除去率が高いことが分かった。</p> <p>(2) 実施期間 平成19年度～平成21年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 技術開発に係った経費 43,200千円、補助金の額 21,600千円</p> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <ul style="list-style-type: none">・国立大学法人東北大学大学院（工学研究科 都市・建築学専攻 教授 吉野博）・学校法人早稲田大学（理工学術院 創造理工学部建築学科 教授 田邊新一） <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等</p> <ul style="list-style-type: none">・取得した特許、申請中の特許	

なし

・原著論文

1. 平成 23 年 7 月 日本建築学会環境系論文集、No.665、pp.617-622（早稲田大学建築学科 金炫兌、田邊新一、ほか）
タイトル:韓国住宅におけるリフォーム前後のハウスダスト中 DEHP 濃度と床材からの SVOC 放散速度
2. 平成 22 年 8 月 日本建築学会環境系論文集、No.654、pp.713-720（早稲田大学建築学科 金炫兌、田邊新一、ほか）
タイトル:日本・韓国の住宅におけるハウスダスト中 DEHP 濃度の測定
3. 平成 22 年 6 月 International Journal of Ventilation 9(1)、pp.1-10（東北大学大学院工学研究科 呂陽、吉野博、ほか）
タイトル:A Study on Ventilation Systems for Removing Indoor House Dust

・学会論文発表、国際会議

1. 平成 21 年 8 月 日本建築学会 仙台（東北大学大学院工学研究科 吉野博、ほか）
タイトル:実在住宅 19 件を対象とした室内微生物とハウスダストの実測調査
2. 平成 21 年 8 月 その 1～2 日本建築学会 仙台（東北大学大学院工学研究科 吉野博、ほか）
平成 22 年 9 月 その 3～5 日本建築学会 富山（東北大学大学院工学研究科 吉野博、ほか）
平成 23 年 8 月 その 6～7 日本建築学会 東京（東北大学大学院工学研究科 吉野博、ほか）
タイトル:室内環境におけるハウスダスト除去に関する研究 その 1～7
3. 平成 20 年 9 月 その 7～8 日本建築学会 中国（早稲田大学建築学科 田邊新一、ほか）
平成 21 年 8 月 その 10～11 日本建築学会 仙台（早稲田大学建築学科 田邊新一、ほか）
平成 22 年 9 月 その 12～14 日本建築学会 富山（早稲田大学建築学科 田邊新一、ほか）
タイトル:半揮発性有機化合物(SVOC)の測定法に関する研究 その 7～8、10～14
4. 平成 20 年 8 月 空気調和・衛生工学会 草津（早稲田大学建築学科 田邊新一、ほか）
平成 22 年 9 月 空気調和・衛生工学会 山口（早稲田大学建築学科 田邊新一、ほか）
タイトル:準揮発性有機化合物 (SVOC) の測定・評価法の開発 その 4、6
5. 平成 21 年 5 月 ROOMVENT 2009 Busan, KOREA（早稲田大学建築学科 岡田厚太郎、田邊新一、ほか）
タイトル: Development of Measurement and Evaluation Method for SVOC in House dust
6. 平成 21 年 9 月 Healthy and Buildings 2009 Syracuse, America（東北大学大学院工学研究科 大学院生 安藤直也、吉野博、ほか）
タイトル:Field Survey on Indoor Microorganism in Twenty-Five Study of Removing House Dust in Indoor Environments.

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

ハウスダスト中 SVOC 濃度を放散源を含めて研究した例は少ない。実住宅における DEHP のような可塑剤成分の測定はバックグラウンドコンタミが多く精度よく測定することが難しかったが、本研究開発により精度よく測定することができたことは有意義である。また、対策のために開発した空調換気システムがハウスダスト防除に対して効果のあることが判明したことは先導的な成果である。更に、システムの性能評価を行うために、ハウスダストに見立てた蛍光粒子を室内に散布し、蛍光粒子を判別できる IMD (Instantaneous Microbial Detection, BioVigilant Systems 社製) により測定するという新たな手法を用いたことは先駆的である。

(2) 技術開発の効率性

平成 19 年度は、装置開発費と実住宅における実測に必要な機器の購入費に支出を集中させた。平成 20 年度は、設備備品費を若干減らし、その分を印刷・通信運搬・会議費等に充当して両機関の研究連携性を高めた。平成 21 年度は、設備備品購入を行わず、測定のための消耗品費を計

上すると共に取り纏め経費を使用した。実測・実験の根幹となる分析費・サンプラー購入費については、平成 19、20 年度は同一額を計上し、平成 21 年度はその半額を使用した。

室内空気質、換気、建材放散、温熱環境等の専門家として試験法の規格化等にも携わってきた研究代表者 2 名は平素から交流を続けており研究開発における効率的な連携が可能であった。空調換気システムの開発については、これまで様々な換気システムの開発に利用してきた実験棟を用い、排気スリット及び壁体内通気層を通して排気を行う換気システムを採用している地元メーカーの協力を得ることで開発費を抑え、短期間でのシステム構築を行うことができた。実験では、IMD と蛍光粒子の使用により、システムの性能評価の効率化を図ることができた。

(3) 実用化・市場化の状況

ハウスダスト捕集及び SVOC 分析法を公開することで、自然素材に関する研究や住宅汚染状況調査法などとして活用できる。自然素材住宅を扱う雑誌「チルチンびと（風土社）」でも取り上げられた。空調換気システムのダスト防除に対する効果が確認されたため、巾木に設けた排気スリット及び壁体内通気層を通して排気を行うシステム、床面の排気口及びダクトを通して排気を行うシステムを実住宅で採用しているメーカーに働きかけ、合同で低コスト化を検討し実用化を目指す。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

捕集装置・分析方法を確立し、実住宅実測結果から室内の床材種による汚染程度を示した。また、建材から放散される SVOC 測定試験を行い放散面積と吸着面積との関係を調べた。開発した捕集装置を用いて実住宅におけるハウスダスト中 SVOC 実態調査を継続して行っており、補助終了後である 2010 年度は 6 軒の結果を得ている。加えて、放散源調査を行うために米国の John Little 教授の協力を得て、日米欧の建材の SVOC 放散量測定と海外の測定方法との比較研究を行っている。

実住宅の実測でカビ・ダニ、ハウスダストの実態を把握し、実験・数値計算により開発した空調換気システムがハウスダスト防除に対して一定の効果を持つことが確認され、当初の目標を達成できた。補助終了後も実験・数値計算を継続し、1) スリット排気により、小さい粒子 ($0.5\sim 1.0\mu\text{m}$) ほど効果的に床面から除去されること、2) 排気口の位置、個数、形状、換気回数をパラメータとした多くの計算ケースで、床と壁の取合部において気流が弱まり、粒子が溜まりやすく、そこに排気スリットを設けた開発システムの除去粒子数は他のケースよりも多いこと、が確認された。

(5) 技術開発に関する結果

・成功点：ハウスダスト捕集装置の改良で捕集効率が向上し、SVOC の分析精度が上がった。実住宅におけるハウスダスト中 SVOC 濃度及び床材種類による汚染傾向が把握できた。更に、木質建材・自然素材住宅の室内空気汚染に対する優位性を示した。日本の技術であるマイクロチャンバー法を活用し、効率的な研究を行うことができた。

空調換気システムの開発については、前述したように、1) これまで様々な換気システムの開発に利用してきた実験棟にプロトタイプを設置したこと、2) 蛍光粒子と IMD を用いた実験により、ハウスダストに見立てた粒子の挙動を定量的に把握できたこと、3) 開発システムのハウスダスト防除に対する優位性が明らかになったこと、が成功点である。

・残された課題：ハウスダストの吸引と経口摂取によるリスク評価、放散面積・換気量と吸着面積による SVOC 放散速度性状の一般化には至っていない。空調換気システムの数値解析では、粒子と壁・床・天井面の間の摩擦や付着が考慮されていない。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

実住宅の測定データを蓄積し、SVOC 汚染源となる建材の排除と建材選定情報を配信すると共に、天然木材・自然素材住宅の優位性を示していく。SVOC 放散における放散面積・換気量・吸着面積の関係を究明すると共に、マイクロチャンバー法と他国の試験方法及び日米欧の建材比較試験を行う。空調換気システムについては、ダストの吸着や再飛散のモデル化、暖冷房設備を併用した場合の検証等を行い、実際の居住状態により近い解析を行う。今回使用した実大実験棟では、建物各部の隙間が不明確な上、外乱の影響を受けた。ダストの吸着や再飛散を把握するため、気密性能を高めたチャンバーを用いた実験を行う。