

論文の内容の要旨

論文題目 室内の家電製品から放散する準揮発性有機化合物
(SVOC: Semi Volatile Organic Compounds) の放散量測定試験法の開発

氏名 徐 長厚

近年、化学物質による室内空気汚染が起因とされる「シックハウス症候群 (Sick Building Syndrome、Sick House Syndrome)」や「化学物質過敏症 (Multiple Chemical Sensitivity)」が大きな社会問題となっている。シックハウス症候群は、新築・改築後の住宅やビルにおいて住宅の高気密化や化学物質を放散する建材・内装材の使用などにより、居住者に様々な体調不良が生じる症状を示すものである。一方、化学物質過敏症は最初にある程度の量の化学物質に暴露されるか、あるいは低濃度の化学物質に長期間反復暴露された場合、その後極めて微量の同系統の化学物質に対して過敏症状を来すものである。それらの症状は様々な複合要因が考えられ、未解明な部分が多い。これらの問題に対し、建材を始めとした各種材料から放散する揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds: VOC) に関する試験法及び対策法の開発が精力的に行われ、対策が施されている。

一方、VOC より沸点が高い準揮発性有機化合物 (Semi Volatile Organic Compounds: SVOC) は、居住者の持ち込み品である家具や家電製品から放散するが、VOC よりも沸点が高く、室内での濃度が低いにもかかわらず、室内の空気質に少なくない影響を与えていると言われている。特に、テレビやパソコンなど家電製品からは、トルエン (Toluene) などの VOC だけではなく、SVOC であるフタル酸ジエチル (Diethyl phthalate) やフタル酸ジ-n-ブチル (Dibutyl phthalate) が放散され、内分泌系に対して有害性があるのではないかと懸念があるなど、注意を払う必要である。

日本では、マイクロチャンバー法等 SVOC 放散量測定に関する試験法が提案されているが、チャンバーの大きさの制限により、実物大スケールの家電製品から放散する SVOC の放散量の測定が不可能である。

本研究では、従来の SVOC 放散量測定法の問題点を鑑み、実物大スケールの家電製品から放散する SVOC の放散量測定法を提案し、液晶テレビ、ラジカセ、プリンター及びパソコンから放散する SVOC 及び VOC 放散量を測定した。

本論文は以下に示す 9 章による構成されている。

第 1~3 章では、本研究の背景、目的および研究内容の概要を述べ、本論文の構成を示している。

本研究に関わる基礎理論と既往の研究に関して解説し、室内空気汚染化学物質と室内空気汚染問題に関する日本の室内空気質政策と建築的対応について説明している。また、建材や家電製品から放散する化学物質の放散量測定法、化学物質の分析法及びチャンバー法など既往の化学物質放散量測定法について解説を行っている。

本研究で提案した SVOC 放散量測定法は、チャンバー内の気流の下流側で位置する濃度測定点の選定することが重要であり、そのため、物質伝達の基礎ならびに流体の数値シミュレーション等流体の数値解析手法に関して解説を行っている。また、VOC、SVOC のスカラー量の輸送方程式による室内汚染質濃度分布予測法に関しても説明している。

第 4 章では、本研究で提案した家電製品からの SVOC 放散量測定法の測定原理について概説している。現在まで提案されている SVOC 放散量測定法の問題点と空気中の SVOC の放散特性について述べ、本 SVOC 放散量測定法に対する考え方について記述している。CFD 解析を用いて、チャンバー内の床全面吹出し・天井全面吸込み換気方式を検討し、実験サンプル簡易モデルによる SVOC 放散量測定法の可能性を確認している。床全面吹出し・天井全面吸込み換気方式のチャンバーにおける試験体から十分離れたところの気流の下流側では、放散した化学物質が混合される。チャンバー内に家電製品を設置し、下流側で測定した SVOC 濃度から求めた PFR^* を用いると家電製品からの SVOC 放散量は測定が可能であった。

第 5 章では、超音波風速計を用いて、鉛直層流換気が行われるチャンバー内の風速及び乱流強度を測定し、気流性状を検討している。また、トルエン及び DEP を対するチャンバー内の PFR^* 測定を行い、提案の試験法による SVOC 及び VOC 放散量の同時測定の可能性を検討している。

チャンバー内の濃度測定点において、実験により求めた VOC のトルエン及び SVOC の DEP に対する PFR^* はほぼ同じであり、CFD 解析により求めた PFR^* は実験値と良く対応する結果を得た。チャンバー内壁面吸着損失による VOC のトルエン及び SVOC の DEP に関する PFR^* には大きな差が見られなかった。これより、本試験法による SVOC 及び VOC 放散量の同時測定は可能であり、ある特定の化学物質の PFR^* が検討出来れば、その PFR^* を用いて SVOC の放散量測定が可能であると提案している。

第 6 章では、CFD 解析を用いたチャンバー内の PFR^* の分布を検討し、チャンバー内の気流の下流側の濃度測定点を定義している。また、チャンバー内の実験サンプルの形状が濃度測定点の選定に及ぼす影響について述べ、内部標準物質を用いたチャンバー内の PFR^* 分布の検討を行っている。

液晶テレビを対象として、SVOC 放散量予測に必要な PFR^* を CFD 解析により算出した。濃度測定点では、放散面が全面の時と比較して部位別に放散させた時の PFR^* の値の最大 35%程度の差が存在し、一点での濃度測定による放散強度予測にはやや問題があったが、このことはチャンバーの天井高がより高ければ解消されると判断した。

プリンターの操作部のように突起がある場合は、実験サンプルを床面に直接設置すると、その突起部により流れ場が影響を受け、本研究の特定点では、放散面毎の PFR^* の値に大きな差が生じた。しかしながら、床面に乱流生成格子を設置するなど流れの乱流強度を高めることと実験サン

プルを台に載せるなど床面の影響を排除できるような方策を用いると濃度測定点において、バラツキが小さい *PFR** を求められると判断した。また、必要であれば出口において最高濃度となるような地点を前もって決定し、その点を特定点とするような対策を取ることを推奨している。

第 7 章では、微量の *SVOC* の濃度が測定可能なロート型サンプラーについて概説している。また、実際のチャンバー実験で使用できるように、ロート型サンプラーの *SVOC* に対する回収率を測定し、さらに、ロート型サンプラーに吸着した *SVOC* の最適分析方法について述べている。

ロート型サンプラーに対し、2E1H、D6、C16、C20 及び DEHP の回収率は 80% 以上となり良好であったが、TBP、TPP のリン酸系物質については、ロート型サンプラーの回収率が 50% 程度であった。回収率を向上させるために、ロート型サンプラーのフィルター表面のシラン処理の検討が必要であった。また、回収率が低い物質の分解の可能性及び 2 次分解生成物を定量的に評価可能な分析方法を調べる必要があった。

第 8 章では、チャンバー内に実験サンプルに近接して内部標準物質を入れた *D-tube* を設置し、そこから発生する内部標準物質に対する *PFR** を測定し、さらに CFD 解析により検証を行っている。求めた内部標準物質に対する *PFR** を用いて、液晶テレビ、ラジカセ、プリンター及びパソコンより放散する *SVOC* の放散量測定実験を行い、提案する *SVOC* 放散量測定法の有効性について検討している。

内部標準物質を用いて求めた *PFR** とチャンバー内で測定した *SVOC* 濃度より、家電製品から放散する *SVOC* 放散量を測定することは可能であった。本実験の濃度測定点のように試験体から十分離れたところでは、放散した化学物質の混合が卓越し、試験体の放散面位置に関わらず、濃度測定点における *PFR** は大きく変わらないことが確認した。ただし、熱源がある試験体は、発生する熱により、濃度測定点における *PFR** のバラツキが見られた。

第 9 章では、本論文のまとめ、並びに今後の課題を示している。