

## 学位論文要旨 Dissertation Abstract

氏名： 石坂 閣啓  
Name

学位論文題目： 室内空气中総揮発性有機化合物(TVOC)のパッシブサンプリング法による分析技術の研究開発  
Title of Dissertation

学位論文要旨：  
Dissertation Abstract

シックハウス症候群は2000年前後に社会問題となり、2002年までに13種類の物質に対して室内濃度指針値が定められた。その結果、近年においてはこれらの指針値の定められたVOCs（以下、指針値VOCs）の室内濃度は低下し、シックハウス問題は改善されてきた。その一方で指針値VOCsの代替物質や生活用品、微生物由来のVOCsなどによる室内空気汚染が確認されておりシックハウス問題の完全な解決には至っていないのが現状である。このような未規制物質によるシックハウスの発生を防ぐために、室内空气中の化学物質の汚染状況を把握することが急務である。それらを調べる手法の一つに総揮発性有機化合物(TVOC)測定がある。一般的なTVOCの測定方法は、アクティブサンプリング後、加熱脱着(TD) / ガスクロマトグラフ(GC) / 質量分析装置(MS)によって実施される(以下、TD\_アクティブ法)。しかしながら加熱脱着には専用の装置や吸着剤を充填した捕集管の購入など、高額な初期投資が必要であり、これらを所持している分析機関や研究機関は少ない。またサンプリングの為に作業者が居住空間に出入することに対して抵抗感を持つ人が多いことやサンプリングポンプ動作音などの騒音が日常生活妨げになり空気測定は敬遠されやすい。一方、パッシブサンプラーは空間中に吊るしておくだけで誰にでも簡単に取扱うことができるという手軽さから注目が高まっている。

そこで本研究では溶媒抽出(SD)法によるTVOCのパッシブ法(SD\_パッシブ法)を開発し、誰にでも簡単に安価に室内空気の汚染状況を把握する方法として提案することを目的とした。

パッシブサンプラーは吸着剤とそれを覆う通気性の多孔質チューブからなる。TVOCs測定に適した吸着剤の細孔構造とVOCsの吸脱着特性の把握の為に、24種類の吸着剤を用いたVOCsの吸脱着試験を行った。試験に供した38種のVOCsには、芳香族炭化水素、脂肪族炭化水素、エステル、テルペン、アルデヒド、ケトン、ハロゲン化炭化水素が含まれる。得られた結果より、マイクロ孔面積1000 m<sup>2</sup>/g以上の吸着剤は、沸点100°C以下のVOCsに対して十分な吸着力を持つこと、細孔径2 nm以上の吸着剤は極性を有するVOCsの脱着率が良好であること、メソ孔含有率が30~70%の吸着剤では、活性炭と親和性の大きいスチレンやトリメチルベンゼンなどのVOCsの脱着率が良好となることが明らかとなった。

分析対象の化合物の取り込み速度であるサンプリングレート(SR)は、サンプラーの構造に因る。TVOC用のサンプラーはアクティブ法と同等の高いSRを持つように、気孔率は70%程度と高く、厚みは0.5 mmと薄いテフロン製の多孔質チューブを使用した。市販のパッシブサンプラーのトルエンのSRは、高いものでも50 mL/min程度であったが、開発したサンプラーは122 mL/minと高くアクティブ法の捕集速度100 mL/minと同等であった。

次に作成したTVOCパッシブサンプラーとTVOC測定の標準法であるTD\_アクティブ法との並行サンプリングを実施し、定量および定性性能を比較した。サンプリングを行った15軒の住宅のTVOC濃度は15~3500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であった。そして、多くの結果において、TVOCは主要な10成分によってそのほとんどが構成されていた。また一部の結果においてSD\_パッシブ法がやや過小に評価された。パッシブ法でTVOC濃度を求める際はトルエンのSRを用いてパッシブサンプラーの吸着量から空気中の濃度に換算するが、一部の物質や高沸点のVOCsはトルエンのSRと異なることがあり、これが過少評価の原因であった。より正確な定量値を得るには、適切なSRを使用する必要があると考えられた。そこで、既存住宅の空気中から高頻度・高濃度に検出されやすいノナールや環状シロキサンなどの特定のVOCには個別のSRを適用し、それ以外のSRは、トータルイオンクロマトグラムのリテンションタイムからSRを推定した（ $(\text{SR} = 96 - 3.2R_t)$  ( $R_t < 25$ )、 $(\text{SR} = -3.2R_t + 150)$  ( $R_t \geq 25$ )）。その結果、定量性能が向上し両手法で同等の結果が得られるようになった。また定性性能の評価においても、SD\_パッシブ法はTD\_アクティブ法と同等の定性結果が得られた。

以上より開発したTVOCパッシブサンプラーは次のような特徴を持つ。使用した吸着剤の吸着容量は大きく吸着力が強い為、サンプリング中の破過や逆拡散が起こりにくく、細孔構造は様々な物性のVOCsに対して高い吸脱着効率を持つ。またトルエンのSRは、市販のパッシブサンプラーのものよりも高くアクティブサンプラーの捕集速度と同等であった。さらに定量および定性性能は、SRの補正計算によってTD\_アクティブ法と同等となった。