

揮発性有機化合物の放散・吸脱着等のモデリングとその数値予測に関する研究 (その 16)

Small Test Chamber を用いた各種ペイントからの化学物質放散量測定

正会員 ○神 卓也*¹ 同 村上周三*²
同 加藤信介*² 同 伊藤一秀*³
同 近藤靖史*⁴ 同 朱 清宇*⁵

Small Test Chamber 化学物質放散量履歴 ペイント

1. 序 本報を含む一連の研究は、建材・施工材からの微量揮発性化学物質の放散、拡散、吸脱着等のモデリングを行い、室内の濃度分布並びに人体呼吸域レベルの汚染質濃度を正確に予測する数値予測手法の開発を最終目的としている^{1, 2)}。揮発性化学物質の放散、拡散、吸脱着等のモデリング、及びその数値予測手法の開発を行う上で、モデル係数を定め、予測モデルの精度を検証するための基礎データが必要不可欠となる。そのため、本報では建築生産の現場で頻りに使用される建材・施工材の中でペイント類に着目し、Small Test Chamber を用いてペイントからの化学物質放散性状を測定した結果を報告する。

2. 実験概要 本報及び次報(その 17)では、ペイントからの揮発性化学物質の放散速度と硬化したペイント内の有効拡散係数の測定結果を示す。化学物質の放散速度は換気量を制御した Small Test Chamber 法により chamber 排気口の濃度履歴より把握する。また、硬化したペイント内の拡散係数はカップ法により測定する。カップ法に関しては続報(その 17) 参照。ペイントからは多種の化学物質が放散されるため、そのすべての化学物質毎に物理パラメータを同定することは困難である。そのため、本報では代表物質として toluene 及びガスクロマトグラフィーにより定性・定量された全化学物質を toluene 換算した TVOC^{注1)}を用いて整理する。実験の概要を以下に示す。

2.1 対象とするペイント類 室内の内装仕上げ材としての使用が予想される水性エマルジョンペイントと、室外の外壁等に使用される油性ペイントの 2 種類を実験対象とする。測定対象ペイントは 260mm(x)×460mm(y)のアルミ板にローラで塗布し、その後、Small Test Chamber 測定胴内の建材設置位置(図 1 参照)に設置している。開缶後、ペイントを chamber 内に設置し測定を開始するまでの時間はすべてのケースにおいて 10 分以内であった。ペイント塗布量等の実験条件を表 1 に示す。

2.2 Small Test Chamber 法 筆者らの開発した Small Test Chamber の詳細な構成図を図 1 に示す。Small Test Chamber は inner chamber(図 1 上部)と outer chamber(図 1 下部)より構成される。全て sus304 で製作されている。inner chamber は outer chamber 内中心位置に設置される。inner chamber にはファンが設置されており、inner chamber 測定胴内(図 1 参照)は第 3 種機械換気により換気される。Inner chamber 内の建材設置面上部における平均風速は 0.10 m/s に制御している。inner chamber 内の風速は十分に均一で y 方向に 2 次元的な流れ場が得られることを確認している²⁾。

2.3 化学物質サンプリング及び分析法 Small Test Chamber を中心とした化学物質サンプリングの一連のフローを図 2 に示す。Chamber 内へは N₂:80%、O₂:20%の人工空気を換気回数 1.0 回/h で供給する。全ての配管はテフロンチューブを使用している。Chamber 内の空気は排気口位置で Tenax TA により

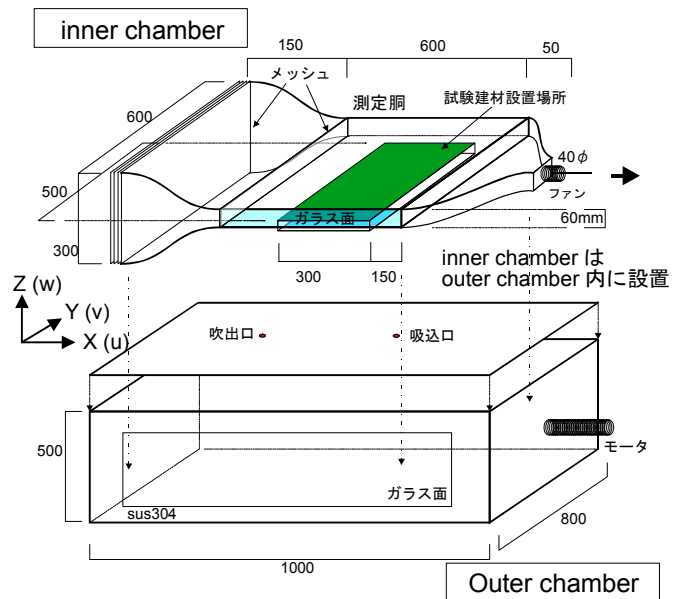


図 1 Small Test Chamber 詳細

表 1 small test chamber 法におけるペイント設置条件

	水性ペイント	油性ペイント
塗布面積	0.26 m × 0.46 m (0.12 m ²)	
塗布量	101.2 g/m ² (全 12.1 g)	66.1 g/m ² (全 7.9 g)
平均厚さ	5.0 × 10 ⁻⁵ m	9.0 × 10 ⁻⁵ m
温度	23.2 °C	

(塗布量はペイント塗布直後の重量、平均厚さは乾燥後の値)

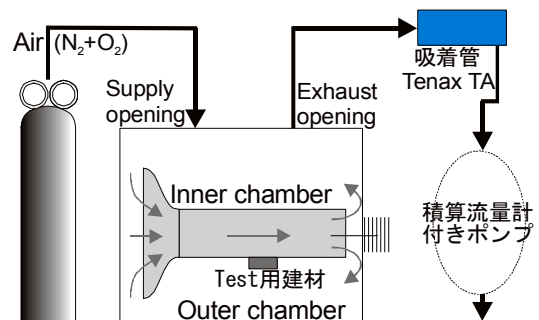


図 2 化学物質放散量測定システム

吸着捕集し、加熱脱着の後、GC/MS により分析を行う。Inner chamber の容積(m³)に対するペイント塗布面積(m²)の比である chamber loading は 5.53(m²/m³)である。ペイントは初期の放散速度が比較的大きく、放散開始後初期の chamber 内の平均濃度が高くなるため、Tenax TA への全サンプリング量を 500 ml~1.5 L 程度(100 ml/min のサンプリング速度とし、濃度レベルに合わせてサンプリング時間を変化させた)とした。表 2 に GC/MS の分析条件を示す。

3. 測定結果 水性エマルジョンペイント及び油性ペイントに関して化学物質放散量測定を行った結果を示す。両ケースにおいて測定は7日間(168時間)継続して行っている。

3.1 水性エマルジョンペイント Small Test Chamber 排気口で測定した濃度を基に算出した放散速度履歴を図3に示す。図3中のTVOCとは検出された全物質のtoluene換算値を示す。検出された主要な化学物質は、2-(1-methylethoxy)- ethanol (C5H12O2)、2-butoxy- ethanol (C6H14O2)、2-(2-Butoxy ethoxy) ethanol (C8H18O3)、Butane, 1,1'- [oxybis (2,1-ethanediylox)] bis- (C12H26O3)等であり、ほぼ全てアルコール類であった。当然の事ながら、いわゆる有機溶剤は検出されていない。7日間の測定期間中、水性エマルジョンペイントから放散される主要化学物質は上記のアルコール類のみであり、時間帯により検出される化学物質の構成(化学物質の種類)が変化することはない。chamber内に水性エマルジョンペイントを設置した直後にchamber内の濃度は最大となり、その後平均濃度(放散速度)は徐々に減衰していく。7日間の測定でchamber内の濃度は1/100以下に減衰する。この傾向は個々の化学物質、TVOCにおいて同様である。

3.2 油性ペイント 水性ペイントと同様に算出した放散速度履歴を図4に示す。主要放散物質であるDecane及びHexanalに関しては、初期15時間分の平均濃度履歴を拡大して図5に示す。Decaneは脂肪族系の化学物質であり典型的な有機溶剤である。またHexanalはアルコール類である。TVOCの値は測定開始直後に放散速度のピークを迎え、その後急激に減衰する。測定開始後約10時間で放散速度レベルは1/100以下となり、100時間経過後に放散速度は1 mg/m²h以下のオーダーとなる。また、今回使用した油性ペイントでは図5に示すように放散速度のピークが明らかに異なる物質が現れた。Decaneを含む脂肪族炭化水素の化学物質は測定開始直後の濃度が高く、その後、急激に濃度が減衰する傾向を示すが、Hexanalを含むアルコール類は測定開始より6時間後にピークを迎えており、明らかに放散性状が異なる。これは、油性ペイントの基本構成剤である油分(フタル酸、ベンゾール等)が比較的極性のある液相の役割をするため、炭化水素類より極性の高いアルコール類が液相に保持されて放散が遅れるものと考えられる。水性エマルジョンペイント及び油性ペイントの両ケースに関して、同条件の測定を繰り返し行っており、再現性を確認している。

3.3 純液のDecane溶液を用いた実験との比較 前報^(*)ではinner chamber内流れ性状等が同条件の下で純液decaneを用いて放散速度の測定を行っている。純液decaneの放散速度は4.6×10⁴ mg/m²hであり、ペイントからのdecaneの初期放散速度(測定開始後3時間時点で7.7×10¹ mg/m²h)と比較して、明らかに放散性状が異なる。両者の差がペイント内のdecaneの輸送抵抗を示すものと考えられる。

4. 結論 (1) 水性ペイントから放散されるTVOCの放散速度は、測定開始後3時間時点で約60 mg/m²h、油性ペイントからは1.1×10³ mg/m²hである。(2) 水性ペイント及び油性ペイントの両者ともに放散速度は急激に減衰し、100時間経過後には1 mg/m²h以下のオーダーとなる。

表2 GC/MSの分析条件

GC	HP6890
加熱脱着装置	Gestel TDS (Thermal Desorption System)
加熱脱着温度	20°C(5min)→60°C/min→280°C(2min)
CIS温度 ^{注2)}	-100°C(0.01min)→12°C/sec→300°C(3min)
カラム	HP5 (60m×0.25mm×1μm)
オープン温度	40°C(3min)→10°C/min→220°C(10min)
Split比	100:1
検出器(MS)	HP5973MSD

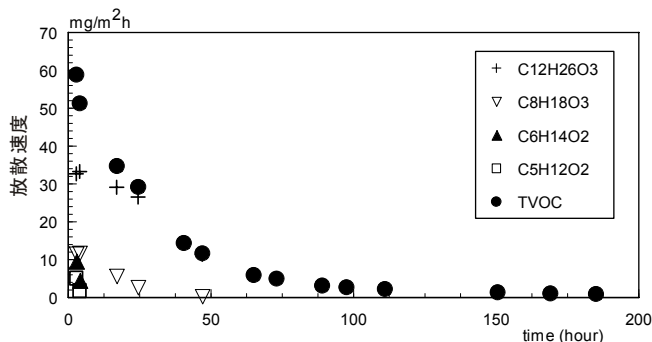


図3 放散速度履歴(水性エマルジョンペイント)

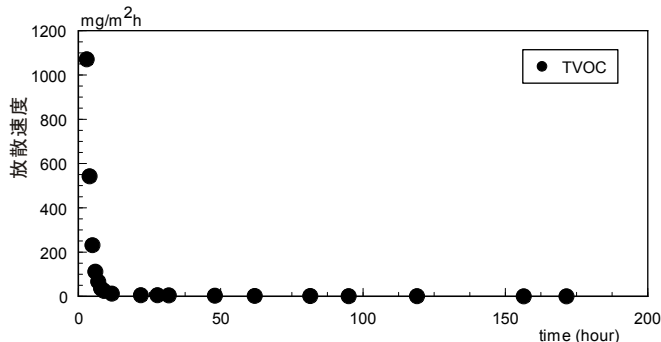


図4 放散速度履歴(油性ペイント)

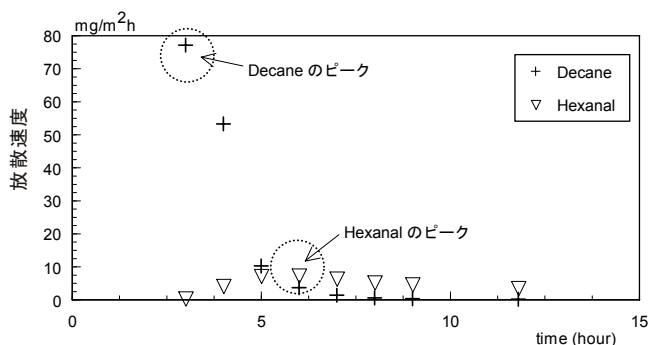


図5 初期15時間の放散速度履歴(油性ペイント)

謝辞 本研究の一部は、科学技術庁科学技術振興調整費(生活・社会基盤研究 生活者ニーズ対応研究「室内化学物質空気汚染の解明と健康・衛生居住環境の開発」)に基づいて設けられた建築学会学術委員会・室内化学物質空気汚染調査研究委員会(委員長:村上周三 東京大学生産技術研究所教授)の活動の一環として実施したものである。関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

注(1) 本報で定義するTVOC値とは、個々の化学物質を定量せず、得られたクロマトグラムのピークをすべてTolueneとみなして算出した値。(2) Cooled Injection Systemの略、冷却トラップ後注入。

参考文献 (1) 村上他, 揮発性有機化合物の放散・吸脱着等のモデリングとその数値予測に関する研究 その1~7, 日本建築学会年次大会、1999, (2) 伊藤他, 揮発性有機化合物の放散・吸脱着等のモデリングとその数値予測に関する研究 その8~14, 空気調和衛生工学会 1999,

*1 静岡ガス(株), *2 東京大学生産技術研究所 教授 工博, *3, 東京工芸大学 助手 工博
*4 武蔵工業大学 助教授 工博, *5 東京大学大学院