

**平成20年度国土交通省補助事業**

**建材から発散するVOCの各種測定法  
の関連性に関する調査研究**

**平成21年3月**

**社団法人 日本建材・住宅設備産業協会**

# 目 次

はじめに	1
委員会名簿および活動	2
1. 目的	
1.1 背景	4
1.2 「建材からのVOC放散速度基準」の概要	
1.3 建材からのVOC放散に関する表示制度	
1.4 建材からのVOC放散に関する表示と品質管理	
1.5 建材からのVOC簡易測定法に関する既往の研究概要	
2. 事業実施概要	18
2.1 調査研究の内容	
2.2 調査の実施計画および運営体制	
2.3 日程	
3. 簡易測定法に関する予備的検討	
3.1 試験の目的	22
3.2 試験の方法	22
3.2.1 試験体用化粧板の製作および試験体の作製	
3.2.2 試験体及びその構成材料と実験用補材からのVOC放散の確認	
3.2.3 4Lバケツと捕集管を用いた測定装置構成・仕様について	
3.2.4 VOC捕集量の試料負荷率依存性及び内部攪拌効果の確認試験	
3.2.5 4Lバケツ内への捕集管の差し込み深さとVOC捕集量の確認試験	
3.2.6 捕集管への吸着剤の充填量とVOC捕集量の確認試験	
3.2.7 捕集管の違いによるVOC捕集量の確認試験	
3.2.8 4Lバケツ内のVOC気中濃度変化の把握	
3.3 試験結果	34
3.3.1 試験体及びその構成材料と実験用補材からのVOC放散に関する試験結果	
3.3.2 4Lバケツによる試験体からのVOC(トルエン)捕集量の測定結果	

3.3.3	4 L バケツ内への捕集管の差し込み深さと VOC 捕集量の測定結果	
3.3.4	捕集管への吸着剤の充填量と VOC 捕集量の測定結果	
3.3.5	捕集管の違いによる VOC 捕集量の測定結果	
3.3.6	4 L バケツ内のトルエン気中濃度変化	
3.4	考察	41
3.4.1	4 L バケツ内での試験体からのトルエンの放散挙動	
3.4.2	測定結果からの VOC 放散速度の算出	
3.4.3	密閉系における VOC 放散に関する置論計算と試験結果での検証	
3.4.4	試料負荷率およびバケツ内攪拌有無の影響	
3.4.5	捕集管差し込み深さの影響	
3.4.6	捕集管への吸着剤の充填量	
3.4.7	捕集管の違いによる影響	
3.4.8	結論（本調査研究で判明したこと）	
3.4.9	今後の課題	
	むすび	61

参考文献

はじめに

「安全・安心で質の高い社会の構築」は国の科学技術政策の重要目標であり、化学物質等による環境リスクの評価・管理等に資する研究開発が推進されている。商業的に生産、使用されている多様な化学物質のなかには、微量でも長期間摂取されると人体や生態系に有害な影響を及ぼすこと（環境リスク）が懸念されるものもある。化学物質のリスクは、毒性の強さと暴露量（人、動物等が摂取する量）を掛け合わせた値であり、長時間、人が滞在する室内空気質の管理はリスクの回避・低減に重要である。シックハウス（ビル、スクールなど）症候群に対処するために、建材などから発散されるホルムアルデヒド、トルエン等の揮発性有機化合物（VOC）の室内濃度に指針値が厚生労働省により定められている。室内空気質の保全には VOC 放散量の小さな建材、設備類の使用が不可欠であり、サプライチェーンを通じた建材の VOC 放散に関する評価と管理および情報開示による適正な材料、設備の選択が重要である。

日本建材・住宅設備産業協会は平成 13 年度から、国土交通省の補助金を得て建築物の内装仕上げ等に使用される建築材料等から放散される VOC の種類と量を測定、評価する調査を進めてきた。平成 13～16 年度の間に、接着剤、塗料が使用される化粧板などの建材から放散されるホルムアルデヒド、トルエン、キシレンなどの量、天然素材からのアセトアルデヒド放散量、さらに木質系以外の材料からのエチルベンゼン、スチレンの放散量を小形チャンバー法により測定した。平成 18 年度には、小形チャンバー法で 3 種類の構成の異なる化粧板の VOC 放散量を測定し、建材を構成する材料（基材、接着剤、化粧材料、塗料塗装）からの VOC 放散量をベースとして、建材からの VOC 放散の有無や放散量を判断できることを示唆する結果を得た。平成 19 年度には、建材、化粧材で箱物試験体を製作し、その VOC 放散量を大形チャンバー法で測定した。小形チャンバー法で測定した個々の建材と化粧材の VOC 放散量から積み上げることで、試験体の VOC 放散量を判断できる結果が得られた。

建材等の VOC 放散量を測定する方法として小形チャンバー法は有用であるが、多額の費用と測定時間が必要であり、事業者が品質管理のためにすべての建材製品を定期的にこの方法で測定するには限界がある。このため、平成 17 年度には、化粧板（MDF - 接着剤 - オレフィン系シート）の VOC 放散量を簡易測定法であるパッシブフラックス法を小形チャンバー法と比較、評価した。

平成 20 年度の調査事業では、簡易測定法としてバケツ法を用いて昨年度と同様に作成した化粧板サンプルの VOC 放散を測定する。VOC 用のパッシブサンプラー（捕集管）を保持した約 4 L のバケツ中に化粧板サンプルを置き、サンプルから放散される VOC を捕集管に捕集し、溶媒抽出後、個々の VOC 濃度を GC-MS で求める。主としてトルエンの放散挙動をもとに、種々の要因の放散への影響を検証するとともに、小形チャンバー法による VOC 放散データとの関連性を調査する。

平成 21 年 3 月 建材から発散する VOC の各種測定法の関連性に関する調査研究委員会  
委員長 指宿 堯嗣

建材から発散するVOCの各種測定法の関連性に関する調査研究委員会委員名簿

委員名簿

(平成21年3月現在)

委員長	指宿 堯嗣	(社)産業環境管理協会	常務理事
委員	井上 明生	(独)森林総合研究所 複合材料研究領域	積層接着研究室
"	井上 雅雄	日本接着剤工業会 VOC委員会(コニシ(株))	副委員長
"	中村 清誠	永大産業(株) 総合研究所	第一研究室長
"	沢田 知世	大建工業(株) 情報業務部	企画担当係長
"	鈴木 昭人	(株)INAX 品質技術研究所(前任)	
"	徳島 俊吾	(株)INAX 総合技術研究所 IBA推進室(後任)	
"	藤田 清臣	松下電工(株) 住建事業企画室	
"	松田 俊一	YKK AP(株) 技術開発センター 技術開発推進室	
"	奈良 義幸	日本繊維板工業会	業務部長
オブザバ 事務局	佐藤 努	経済産業省 製造産業局 住宅産業窯業建材課	課長補佐
"	富田 育男	(社)日本建材・住宅設備産業協会	専務理事
"	佐藤 正紀	(社)日本建材・住宅設備産業協会	建材事業部長
"	宮崎 久美	(社)日本建材・住宅設備産業協会	

ワーキング委員名簿

委員長	藤田 清臣	松下電工(株) 住建事業企画室	
委員	井上 雅雄	日本接着剤工業会 VOC委員会(コニシ(株))	副委員長
"	沢田 知世	大建工業(株) 情報業務部	企画担当係長
"	須藤 康弘	日本接着剤工業会 VOC委員会(アロンエバークリップリミット)	委員
"	高橋 富雄	(株)トッパン・コスモ 商品本部 商品技術部	課長
"	田中 浩史	(株)三菱化学アナリティック 分析事業部	
"	藤田 淑子	大日本印刷(株) 住空間マテリアル研究所 第5グループ	リーダー
"	宮本 康太	(独)森林総合研究所 積層接着研究室	
"	奈良 義幸	日本繊維板工業会	業務部長部長
"	海福 雄一郎	(株)ガステック 技術部	主任
事務局	富田 育男	(社)日本建材・住宅設備産業協会	専務理事
"	佐藤 正紀	(社)日本建材・住宅設備産業協会	建材事業部長
"	宮崎 久美	(社)日本建材・住宅設備産業協会	

## 建材から発散するVOCの各種測定法の関連性に関する調査研究委員会活動

平成20年	6月 2日	第1回委員会
	6月12日	第1回ワーキング委員会
	7月 3日	第2回委員会・ワーキング合同委員会
	8月28日	第3回ワーキング委員会
	10月30日	第4回ワーキング委員会
	11月 6日	第3回委員会
	12月17日	第5回ワーキング委員会
平成21年	1月30日	第4回委員会・ワーキング合同委員会
	2月19日	第7回ワーキング委員会
	3月10日	第5回委員会

## 1. 目的

### 1.1 背景

シックハウスが社会問題となり、厚生労働省が化学物質の室内濃度指針値を策定してから、建材から放散されるホルムアルデヒドを規制する建築基準法の改正が平成 15 年に施行され、また住宅性能表示制度においても特定のVOCの室内濃度測定が導入されている。VOCに関する建材の法的な規制は行われていないものの、住まい手の健康や安全への関心の高まりと共に、建材からのVOC放散に関してもメーカーなどへ問い合わせが増えている状況にある。

この建材から放散されるVOCの情報開示に際しては、実測値のみを公表してもその判断の拠り所がなく、誤解を招きかねない状況にあった。そこで、「建材からのVOC放散速度の基準化」の検討が進められ、その成果が平成 20 年 4 月 1 日「建材からのVOC放散速度基準」として制定された。また、この基準化の動きを受けて、建材からのVOC放散に関する表示制度の導入も、関連事業者団体の間で検討が進められ、いくつかの事業者団体で表示制度の運用が始まっている。

建材からのVOC放散に関する表示を行う場合、その製品については日常的な品質管理の下で、そのVOC放散性能について担保していく必要があり、そのための簡易的な測定法が求められる状況が生じている。

ここでは、これらの一連の流れについて、記述する。

### 1.2 「建材からのVOC放散速度基準」の概要

(財)建材試験センターでは、平成 17 年 7 月、学識経験者、生産者、使用者等の業界関係者で構成される「建材からのVOC放散速度基準化研究会(委員長:村上周三慶応義塾大学教授 当時)」を設置し、「基準検討WG(主査:田辺新一早稲田大学教授)」および「表示・運用検討WG(主査:吉野博東北大学教授)」からなる検討体制のもとで、建材からのVOC放散速度の基準化および表示のあり方について検討を進めた。

検討結果案は平成 19 年 8 月 2 日に公表され、平成 20 年 4 月 1 日に、「建材からのVOC放散速度基準」が制定された。

#### 1.2.1 基準制定の背景

建築基準法によるシックハウス対策規制以後、公共住宅等ではホルムアルデヒド以外のVOCについて室内濃度測定を要求している。また、住宅の品質確保促進等に関する法律の住宅性能表示制度でも、VOCの現場測定が盛り込まれている。しかしながら、各種建材からのVOCの放散については、試験法 JIS により測定できるものの、測定結果の判断基準がない状態にあり、建材メーカー、設計・施工者などからは、資材からのVOCに関する判断の拠り所となる基準化を望む声が多く寄せられた。

このような背景を踏まえて、これまでにホルムアルデヒド・VOCに関する JIS 原案作成並びにVOC測定法に関する調査研究を行ってきた(財)建材試験センターを事務局として「建材からのVOC放散速度基準化研究会」が組織された。

## 1.2.2 基準制定の社会的性格

本基準は、製造・販売者並びに使用・購入者が共通の認識で材料の選択・判断ができる共通の「ものさし」として、当研究会で自主的に定め、公表・公開したものである。本基準では、放散速度基準値のほかに、運用にあたり基本となる表示方法、試験方法、判断方法等についても制定した。なお、本基準は、各種団体の自主基準等への引用も可能とする。

この基準値は；後述の算定法により、通常想定される使用状態において、対象VOCの室内濃度が指針値以下になることを目標に定めたものである。

## 1.2.3 基準の概要

### (1) 対象の資材

対象の資材は、居室に使用される資材のうち、建築用ボード類、壁紙、床材、接着剤、塗料、建築用仕上材、断熱材およびその他、対象VOCを使用している資材のうち当該基準で評価することが合理的なものとする。

### (2) 対象VOCと基準値

対象VOCと基準値は、表 1-1 に示す通りである。

表 1-1 対象VOCと放散速度基準値

対象VOC	略記号	基準値 ( $\mu\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$ )
トルエン	T	38
キシレン	X	120
エチルベンゼン	E	550
スチレン	S	32

### (3) 試験方法

JIS A 1901 に基づき、3-2.の「試験体の選定方法並びに試験片の作成方法」に従って作製した試験片によって行う。試験体の選定は、原則として各種建材の JIS に基づき行う。試験条件は、試験片の数：1 条件につき、2 体とする。試料負荷率：標準として  $2.2 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ 、ただし、接着剤の場合は  $0.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$  を選択しても良い。空気捕集間隔：試験開始後 1 日目 3 日目、7 日目とする。試験報告書には、JIS A 1901 の“13 報告書”で定める事項を記載する。

### (4) 基準値設定の根拠

対象VOCについては、JIS A 1901 にて測定できる化学物質、公共住宅や住宅性能表示制度にて濃度測定対象としている化学物質、建材に使用されると考えられる化学物質を対象として選定した。

基準値は、建築基準法のシックハウス対策技術的基準の根拠を参考に、VOC 放散の程度、使用実態等をもとに、次の考え方により計算した。このため、当該基準値は想定条件 (28 ) 下におけるひとつの目安であり、高温下等での環境を満たす指針値ではない。



- ・想定条件は、建築基準法のシックハウス対策技術的基準の根拠と同様とした。
- ・対象資材が室内全面に施工され、床面積の3倍の家具が設置されている状況を想定し、試料負荷率は $3.4(3.4=2.2+0.4 \times 3) \text{ m}^2 / \text{m}^3$ として算定した。
- ・換気回数は0.5回/h、気温は28℃を想定した。

表 1-2 厚生労働省指針値と放散速度基準の関係

化学物質名	指針値	試料負荷率	換気回数	放散速度
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			$\text{m}^2 / \text{m}^3$
トルエン	260	$2.2+0.4 \times 3=3.4$	0.5	38
キシレン	870			120
エチルベンゼン	3800			550
スチレン	220			32

放散速度の値は有効数字3桁以下を切り捨てた。なお、測定は安全側での測定となるように、試料負荷率 $2.2 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ （接着剤は $0.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ ）にて行う。

#### (5) 基準適合の証明・表示

付属書（参考）の中で、当基準に適合している旨の表示を行う際には、原則として次の事項を記載する。

- 1) 基準適合性を保証する機関名と認証等の交付日および連絡先
- 2) 基準名（建材からのVOC放散速度基準  
・・・建材からのVOC放散速度基準化研究会）
- 3) 基準に適合している旨の記述または記号
- 4) 建材名
- 5) 商品名
- 6) 製造者名および連絡先

#### (6) 表示方法について

基準への適合性の確認については、共通のルールに基づく統一的な表示を行うことが重要である。しかし、現時点ではホルムアルデヒドのF表示等、類似する表示があることや、化学物質以外の表示も多数あることから、表示の関係者合意を得ることは現状では困難であると判断した。

本基準では、表示における基本的な考え方を付属書で示すに留めた。なお、関連団体が付属書を踏まえた表示制度を適用することを妨げるものではない。

### 1.3 建材からのVOC放散に関する表示制度

一般的に中小メーカーは小形チャンバー法の測定装置を保有しておらず、また、試験機関に依頼して製造している仕様ごとの製品全てにVOC放散の測定を行うことは費用負担が大きくなる。このため、「建材からのVOC放散速度基準」にある「本基準は、各種団体の自主基準等への引用も可能とする」ことや「関連団体が付属書を踏まえた表示制度を適用することを妨げるものではない」ことを受けて、関連事業者団体では、ホルムアルデヒド発散建築材料についての表示制度の例に倣い、中小メーカーの負担になら

ず、また消費者に分かりやすい表示のあり方について検討を進めた。

具体的には、平成 18 年 3 月 6 日開催の幹事会を手始めとして、(社)日本建材・住宅設備産業協会(以下、建産協と記す)を事務局に、「建材から放散するVOCの自主表示に関する検討会」を立ち上げ、日本接着剤工業会、印刷工業会、林野系団体等、22 の関連事業者団体が参画して、自主表示制度の運用に関して検討を重ねた。

検討会に参画した団体名は、次の通りである。

(社)日本建材・住宅設備産業協会、押出発泡ポリスチレン工業会、日本接着剤工業会、印刷工業会、有限責任中間法人・日本壁装協会、ウレタンフォーム工業会、日本繊維板工業会、インテリアフロア工業会、ロックウール工業会、硝子繊維協会、(社)全国木材組合連合会、(社)日本木材保存協会、日本集成材工業協同組合、全国木製サッシ工業会、日本合板工業組合連合会、日本プリント・カラー合板工業組合、日本フローリング工業会、日本複合床板工業会、全国天然木化粧合単板工業組合連合会、日本シーリング材工業会、(財)日本合板検査会、(財)日本塗料検査会(22 団体)

検討会の成果として、表示制度を導入する団体が、共通の枠組みでその制度を運用するための基本的な事項を整理し、平成 20 年 10 月 3 日付けで「建材からのVOC放散速度基準に関する自主表示制度運用に係わる基本的事項」として公表した。

### 1.3.1 「木材からのVOC証明・表示研究会」とその成果の活用

ところで、建材からのVOC放散に関する表示制度を導入にするにあたり、木質材料からのVOC放散に関して、多種多様な材料について如何にその放散性能を担保するかが課題になった。そこで、林野系事業者団体からの要望もあり、平成 19 年 10 月 17 日、(財)日本住宅・木材技術センターを事務局として「木材からのVOC証明・表示研究会(委員長:富田文一郎筑波大学名誉教授)」が組織され、木材単体、一次加工木質材料(化粧を施さない合板や繊維板等)、二次加工木質材料(表面化粧加工を施した合板や繊維板等)のVOC放散性能について、検討が加えられた。

平成 20 年 8 月 1 日研究会報告書が公表され、その成果として、木材そのものからは、その生合成の見地から見てもトルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレンの4VOCの放散は認められないこと。一次加工木質材料は、それを製造する際の接着剤が縮合系接着剤(ユリア樹脂、メラミン樹脂、メラミン・ユリア共縮合樹脂、フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂、これらを共縮合または混合したもの)である限りにおいては、4VOCの放散速度は基準値以下と認められること。二次加工木質材料については、化粧用に使っている接着剤や化粧シート、塗料からのVOCの放散が放散速度基準値以下であることが担保されれば、4VOCの放散速度は基準値以下と認められること、が報告された。

これらの成果は、「建材からのVOC放散速度基準に関する自主表示制度運用に係わる基本的事項」に別表として引用し、具体的な材料名を記述して、その材料からのVOC放散の有無を判断する際に簡便に活用できるよう配慮した。

### 1.3.2 建材からのVOC放散速度基準に関する自主表示制度運用に係わる基本的事項

検討会が策定した「建材からのVOC放散速度基準に関する自主表示制度運用に係わる

基本的事項」の要点は以下の通りである。

(1) 目的

多くの材料が共通の表示を行うことにより、表示をユーザーに浸透させ、「建材からのVOC基準放散速度基準」(以下「VOC基準」と記す)への適合について分かりやすい表示を行うため、作成した。

(2) 対象とする製品の範囲

「VOC基準」の「1. 適用範囲」の資材のうち、各業界団体が対象とするものを明らかにする。

(3) 対象とする性能

「VOC基準」の「2. 建材からのVOC放散速度基準値」の「表1. 対象のVOCと基準値」における全ての対象VOCにおいて当該する基準値を満たすものとする。

(4) 表示内容および方法

「VOC基準」の「付属書(参考)」およびホルムアルデヒド発散等級表示制度の表示項目を参考に以下の6項目を表示する。

一、適合制度名称(業界団体ごとの表示制度名称)

二、適合表示 4 VOC基準適合

三、登録番号

四、製造者等名称

五、製造年月日あるいはロット番号

六、問合せ先(表示制度を行っている業界団体の問合せ先)

これらの、事項は一括して表示される必要はないが、製品・梱包・施工説明書等。現場で確認できるものに表示することとする。

(5) 対象VOC基準適合の判断

VOC基準への適合については、各業界団体において運用規定を設け、判断するものとする。測定により判断する場合以外に、VOC基準への適合が確認された材料の組み合わせについても表示制度の対象とすることができる。

(6) 「4 VOC基準適合」の商標について

業界事業者団体の統一表示である「4 VOC基準適合」は、不正使用防止のため、法人格を有する(社)日本建材・住宅設備産業協会が検討会参画団体を代表して、商標の申請・登録を行った。申請・登録された商標については、本検討会に関係する団体が平等に使用できるようにする。

なお、この商標は、平成21年1月9日特許庁に登録(登録第5194201号・建材関連6類型)され、平成31年1月9日まで有効である。また、この商標の使用を希望する団体は、検討会に参画していない関連事業者団体も含めて、平成21年2月28日時点で、18団体となっている。この中には、自ら表示制度を導入する団体以外に、表示制度は導入しないまでも、商標の使用権は確保しておきたいとする団体も含まれている。

1.3.3 表示制度策定団体とその運用状況

「建材から放散するVOCの自主表示に関する検討会」に参画している関連事業者団体のうち、VOC証明・表示規定を策定し、表示制度の導入を表明している団体は、平成21

年 1 月 31 日時点で、(社)日本建材・住宅設備産業協会、日本接着剤工業会、印刷工業会、ウレタンフォーム工業会、日本繊維板工業会、全国天然木化粧合単板工業組合連合会、日本プリント・カラー合板工業組合、日本集成材工業組合、押出発泡ポリスチレン工業会の 9 団体である。

(1) 日本接着剤工業会

いち早く、平成 20 年 2 月 1 日に、建材用に使用される接着剤を対象として、「室内空気質汚染対策のための V O C (揮発性物質)自主管理規定」を制定し、平成 20 年 3 月 26 日出荷日より、登録認証を受けた製品に登録番号 (JAIA 番号) を付して市場に上市した。当工業会内部では、過去数年にわたり、当該接着剤で積層接着したケイ酸カルシウム板を試料とした小形チャンバー法 (JIS A 1901) による V O C 放散速度と接着剤中の V O C 含有量との比較検討を行い、その相関性を確認した。そして、その含有量データをもとにした接着剤からの V O C 放散確認法を確立し、14 種の接着剤の V O C 基準値適合の判定に活用して表示制度の円滑運用に活かしている。

(2) 印刷工業会

平成 20 年 6 月 5 日「印刷シートからの 4 V O C (トルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレン) の放散に関する自主表示規定」を策定し、平成 20 年 8 月 1 日より、工業会ホームページ上で登録申請業務を行える体制を整えて、運用を開始した。当工業会内部では、建材の化粧に用いられる印刷シートを、化粧シートの種類 (紙・複合シート・フィルム・その他) ならびに使用される印刷インキの 4 V O C の有無により、3 つのタイプに分類し、登録申請を受け付けている。また、登録された製品には登録番号を付与し、「PAJ4VOC 基準適合」の表示を認めている。

(3) 日本繊維板工業会

平成 20 年 5 月 14 日「繊維板・パーティクルボードの化粧板等からの 4 V O C 放散に関する表示規定」を制定し、平成 20 年 8 月 1 日より運用を始めている。適用製品は、基材として使用される繊維板およびパーティクルボードと、これらを基材とした化粧板である。そして、化粧板を構成する材料について、4 V O C 基準に適合する旨の証明書をもとに、当工業会内に設けられた「V O C 放散表示審査委員会」にて審査したうえで、工業会への登録を行ない、その内容はホームページに公開することとしている。

(4) 押出発泡ポリスチレン工業会

「V O C 基準」が公表される以前から、工業会内部で V O C 放散について検討を加えてきており、「V O C 基準」で対象とされる V O C のうち、トルエン・キシレン・エチルベンゼンは間違いなく V O C 放散速度基準を満足しており、原材料であるポリスチレンに起因するスチレンの放散のみが対象となることを確認している。そこで、当工業会では、平成 20 年 9 月に敢えて「A 種押出発泡ポリスチレンフォーム保温材からの V O C 放散速度に関する管理規定」を設け、当該製品の V O C 放散速度基準の遵守を図っている。また、製品には必要に応じて「4 V O C 基準適合」の表示を行うこととしている。

(5) 全国天然木化粧合単板工業組合連合会および日本プリント・カラー合板工業組合

両団体は、平成 20 年 12 月には、それぞれ「全天連 4 V O C 放散適合表示登録規定」「日本プリント・カラー合板工業組合 4 V O C 放散適合表示登録規定」を策定し、傘下の会員企業からの登録申請を受け、表示制度の運用を始めている。

## (6)(社)日本建材・住宅設備産業協会(建産協)

平成20年10月1日より4VOC表示制度の申請受付業務を始めた。詳細は後述する。

### 1.3.4 (社)日本建材・住宅設備産業協会(建産協)における取り組み

建産協では、建材からの化学物質放散に関しては、従前より調査研究を行っており、平成17年度国土交通省補助事業「建材から発散するVOCの各種測定法の関連性に関する調査研究」、平成18年度国土交通省補助事業「建材から発散するVOCの情報開示に関する調査研究」、平成19年度国土交通省補助事業「設備類から発散するVOCの各種測定法の関連性に関する調査研究」などの報告を行っている。

「建材からのVOC放散速度基準」への対応については、これらの調査研究をもとに前項までに記述してきた各業界事業者団体との運用についてのルール作りと並行して、「化粧板等からのVOC放散に関する表示規定」の策定を行った。平成20年4月18日運営委員会にて承認を経て、平成20年10月1日より申請受付業務を始めた。

#### (1) 化粧板等からのVOC放散に関する表示規定

建産協が定めた「化粧板等からのVOC放散に関する表示規定」の要点は以下の通りである。

##### (a) 目的

化粧板等からの4VOCの放散に関する表示をする制度に必要な事項を定めることにより、消費者に対し安全性および居住性に優れた内装建材等の供給の促進を図ることとする。

##### (b) 化粧板の定義

化粧板等とは、基材に接着剤で化粧材料を貼付したもの、塗料で仕上げたものおよび複数の基材を練り合わせたものをいう。

##### (c) 適用製品

適用製品は、原則として居室の内装に用いることを目的とした、木質系の化粧板等とする。

##### (d) 審査基準

対象VOCの放散に関する基準は、「建材からのVOC放散速度基準値(建材からのVOC放散速度基準化研究会)」とする。

##### (e) 審査

建産協は、「VOC表示審査委員会」を開催し、書類審査を行い、その結果を以って表示の使用を登録する。

##### (f) 表示

次の6項目を表紙しなければならない。

- 一、社団法人に本建材・住宅設備産業協会表示登録
- 二、適合表示 「4VOC基準適合」
- 三、登録番号
- 四、製造者等名称
- 五、製造年月日あるいはロット番号等

六、構成材料の問合せ先（建産協ホームページアドレス）

表示は、製品ごとが望ましいが、工事現場で確認できるのであれば、一包装、一荷口等でもよい。また、工事現場に搬入されない製品については、事業者間の取り決めによることとする。

（g）情報開示

登録製品の登録番号、申請者名、商品名、問合せ先は、建産協のホームページで公表する。

（2）化粧板等からのVOC放散表示登録審査

建産協における「VOC表示審査委員会」での審査は、書類審査にて対象化粧板がVOC基準を満たしているかどうかを確認している。

その確認方法としては、審査対象となる化粧板の構成材料ごとにVOC基準を満たしているかを確認し、且つ全ての構成材料がVOC基準を満たしているか否かで判断するか、化粧板あるいはその構成材料のJIS A 1901による試験結果で判断することとした。

化粧板の構成材料は、大きく基材、接着剤、化粧材、塗料に分けられる。そこで構成材料ごとのVOC放散性能の確認は以下のように行っている。

（a）基材

木材、インシュレーションボード、ハードボードは、VOCを含む要素がないため、VOCを放散しないと判断できるが、それ以外の基材については表1-3の内容で確認される。

表 1-3 基材と確認資料・確認事項

基材	必須資料	確認事項： 樹脂主剤のタイプ(硬化剤等は対象としない)	追加添付資料
表示制度に登録されたパーティクルボード MDF	日本繊維板工業会の表示のされた製品： 表示登録書		なし
上記以外のパーティクルボード MDF	樹脂主剤のタイプの分かる資料 例：ボードのMSDS、または大臣認定書別添、ボードの仕様書、ボード工場などの記述した説明書など。	ユリア樹脂、メラミン樹脂、メラミン・ユリア共縮合樹脂、フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂およびこれらを共縮合又は混合した樹脂  イソシアネート系樹脂など上記以外の樹脂	なし  樹脂主剤の4VOCに関する資料 JAIA 番号の記載された樹脂主剤のMSDS（日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品）

	上記以外： 試験成績書	測定データが基準値を下 回ること	なし
合板 単板積層 材（LVL）	樹脂主剤のタイ プの分かる資料 例：ボード等の MSDS、大臣認定書 別添、ボードの仕様 書、ボード工場など の記述した説明書 など。	ユリア樹脂、メラミン樹 脂、メラミン・ユリア共縮 合樹脂、フェノール樹脂、 レゾルシノール樹脂およ びこれらを共縮合又は混 合した樹脂	なし
		水性高分子・イソシアネー ト系樹脂 （ボード類が国産である 場合に限る）	国産であることが分かる資料 例：JAS 証などの製造工場所在地の 記述された書面
		上記以外の樹脂	樹脂主剤の 4VOC に関する資料 JAIA 番号の記載された樹脂主剤の MSDS（日本接着剤工業会の 4VOC 基 準適合製品）
	上記以外： 試験成績書	測定データが基準値を下 回ること	なし
集成材	樹脂主剤のタイ プの分かる資料 例：ボードの MSDS、大臣認定書 別添、ボードの仕様 書、ボード工場など の記述した説明書 など。	ユリア樹脂、メラミン樹 脂、メラミン・ユリア共縮 合樹脂、フェノール樹脂、 レゾルシノール樹脂およ びこれらを共縮合又は混 合した樹脂	なし
		水性高分子・イソシアネー ト系樹脂など上記以外の 樹脂	樹脂主剤の 4VOC に関する資料 JAIA 番号の記載された樹脂主剤の MSDS（日本接着剤工業会の 4VOC 基 準適合製品）
	上記以外： 試験成績書	測定データが基準値を下 回ること	なし

ここで、パーティクルボード・MDF、合板・単板積層材、集成材の欄の確認事項で、これら材料を製造する際、用いられる接着剤の樹脂主剤について、ユリア樹脂等の縮合系樹脂とイソシアネート系樹脂・水性高分子・イソシアネート系樹脂を分けて記述しているのは、前述の「木質建材からのVOC証明・表示研究会」報告書の中で、

『水性高分子・イソシアネート系接着剤とイソシアネート系接着剤を使用して製造した一次加工木質建材については、要件を以下の通りとする。

水性高分子・イソシアネート系接着剤を使用して製造した合板類、単板積層材類の内、国内で生産された製品は「対象VOCが基準値以下であると認められる木

質建材」とする。

水性高分子・イソシアネート系接着剤を使用して製造した上記 以外の製品及びイソシアネート系接着剤で製造した全ての製品については、「日本接着剤工業会の4VOC基準適合品」または「建材からのVOC放散速度基準」の基準値以下であることを証明した製品を「対象VOCが基準値以下であると認められる木質建材」とする。すなわち、日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品の場合は「対象VOCが基準値以下であると認められる木質建材」となり、それ以外の接着剤の場合は接着剤メーカーからの証明を得るか、放散速度を測定しなければならない。』

と記されているためである。

基材の確認での必須資料に JIS 証や JAS 証が含まれていないのは、JIS 証や JAS 証に、その製品に使用されている接着剤の樹脂主剤の記述がないためである。シックハウスの建築基準法の改正に合わせて、これら製品についてのホルムアルデヒド発散性能について記述するよう JIS や JAS の改訂が行われたが、それ以外のVOCに関する情報が現時点の JIS 証や JAS 証には記述されていない。

(b) 接着剤

基材表面に施される化粧材の接着に供する接着剤については、表 1-4 の内容で確認される。

接着剤の確認資料に MSDS を求めているのは、日本接着剤工業会のVOC表示登録証を受けた接着剤については、その MSDS の「その他」の項目に「4VOC基準適合・JAIA 登録番号」が記されている故である

表 1-4 構成材料と確認資料・確認事項

材料		確認資料	確認内容	
接着剤	日本接着剤工業会の表示のある接着剤	MSDS	MSDS の「その他」項目に JAIA の VOC 登録番号があること	
化粧材	印刷工業会の表示のある化粧シート	印刷工業会の登録証（代表的な登録証を添付し、その他については、登録番号のリストを添付する）		
塗装	塗装についての確認書			
	塗料 対象 VOC の配合	なし	塗料メーカーによる証明書、MSDS 及び成分表	対象 VOC 配合のないこと
		あり	MSDS、及び試験成績書	対象 VOC の放散が基準値を下回る こと
		不明	塗料メーカーによる証明書	証明書の記載内容 (塗料の分析結果)
	希釈剤	希釈なし	なし	
希釈あり		希釈剤の MSDS、且つ成分表	対象 VOC の配合のないこと	
団体等の規定に基づき、「4VOC 基準適合」の表示を行っているもの		団体等の登録証あるいはメーカーが団体等の規定に基づいて行っている表示		



### (c) 化粧材

化粧材料として、用いられる化粧シートについては、表1-4の内容で確認される。建産協の表示審査では、印刷工業会の表示制度の結果を活用している。

### (d) 塗料

塗料については、「建材からの放散速度基準」を判断根拠とする4VOC表示制度がないため、基本的には塗料メーカーの作成する書類にて審査することになる。塗料中への対象4VOCの配合の有無は、基本的にはその塗料に関するMSDSにて判断ができる。しかし、MSDSでの記述では、成分や配合割合が記述されていない場合もあり、建産協の表示審査では、MSDSに加えて成分表の提示を求めている。

## 1.3.5 住宅部品VOC表示ガイドライン

シックハウスに係る建築基準法改正(平成15年7月)の際に、住宅部品(キッチン、洗面化粧台、カップボード、内装ドア(引戸・折戸を含む)、開閉式間仕切り、クローゼット扉、据置収納、玄関収納、堀こたつ、天井収納用梯子、屋内階段など)に関するホルムアルデヒド対策の情報開示の方法として、「住宅設備・建具・収納のホルムアルデヒド発散区分に関する表示ガイドライン」(略称:住宅部品表示ガイドライン)を、(社)リビングアメニティ協会、キッチンバス工業会、建産協の3団体で策定した。

同様に、VOCに関しても、同じ3団体で、平成21年6月1日制定、平成21年10月1日施行に向けて、「住宅部品VOC表示ガイドライン」の策定を検討している。

「住宅部品VOC表示ガイドライン」の要点は、以下の通りである。

#### (1) 目的

業界の自主的な取り組みとして、関連業界と協力し、VOC放散速度基準への適合性について分かりやすく表示すること。

#### (2) 対象とする性能

住宅部品/設備機器、建具、収納の木質建材に係る4つのVOC(トルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレン)放散性能

#### (3) 対象とする製品の範囲

住宅部品/設備機器、建具、収納に使用される木質建材、具体的には以下の製品例が考えられる。

キッチン、洗面化粧台、カップボード、内装ドア(引戸・折戸を含む)、開閉式間仕切り、クローゼット扉、据置収納、玄関収納、堀こたつ、天井収納用梯子、屋内階段など。

#### (4) 表示

VOC放散性能として、「4VOC基準適合」(木質建材)と表示。

#### (5) VOC放散性能表示の判断基準

製品を構成する木質材料のVOC放散性能を材料ごとに評価判定し、全てが基準に適合した場合に、表示が可能とする。

#### (6) 木質材料のVOC放散性能判断のための根拠

VOC自主表示制度を運用している各団体登録、試験成績書、自社測定結果記録等。

#### 1.4 建材からのVOC放散に関する表示と品質管理

建材製品のVOC放散性能を表示するためには、その製品が日常的にVOC放散性能についても品質管理がなされていることが不可欠である。

建産協の規定した「化粧板等からのVOC放散に関する表示規定」でも、第10条にて、登録を受けた製品に関する品質管理として、「表示登録を受けた者は、表示を行う製品につき、構成材料や製造方法が表記内容から特定できるよう、記録を5年間保管しなければならない」としている。

VOC放散性能については、その放散速度基準値で評価されるため、基本的にはVOC放散の測定法を規定した小形チャンバー法（JIS A 1901）に基づき、当該製品を測定評価することとなる。この測定法を実施するためには、小形チャンバー法測定装置や定量分析のためのガスクロマトグラフ/質量分析計（GC/MS）を準備する必要があり、また測定期間も基本的には7日を要するなど、費用や工数あるいは測定についての専門的技能など、大きな負担が不可欠である。したがって、事業規模の小さな事業者が多い建材業界にあっては、このJIS A 1901によるVOC放散性能の日常的な管理は、実質上不可能と考えるを得ない。

工程製造品質としてVOC放散性能を、日常的に管理するためには、短時間で且つ専門的な測定装置や技能を回避し、簡便にデータ管理が可能な簡易な測定方法が、是非とも必要となる。既に、簡易測定法としては、JIS A 1903「建築材料の揮発性有機化合物（VOC）のフラックス発生量測定法 パッシブ法」としてJIS化されている。しかしながら、本測定法では、VOCサンプラーやステンレスセルの試料への取り付けに技能を要することや、データの安定性が不確実なこともあり、通常の品質管理担当者では、日常的に使いこなすことが困難と推定される。

それ故に、より簡便な簡易測定法が望まれるところである。



写真 1-1 JIS A 1901  
「小形チャンバー法」測定装置



写真 1-2 JIS A 1903  
「パッシブ法」測定装置

#### 1.5 建材からのVOC放散簡易測定法に関する既往の研究概要

建材からのVOC放散の測定に関しては、平成15年1月「建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法 小形チャンバー法」（JIS A 1901）が制定され、建材からの化学物質放散測定法として確立された。しかし、この小形チャンバー法は精度の高い測定結果が得られる反面、大掛かりな測定装置を必要

とし、専門的な知識が求められる。そのため、より簡易に建材からのVOC放散量を測定することのできる方法が求められている。

これらを背景として、平成16年度よりVOC等化学物質放散量簡易測定法の標準化が進められてきた。その成果として、平成20年6月「建築材料の揮発性有機化合物(VOC)のフラックス発生量測定法 パッシブ法」(JIS A 1903)が制定された。

この測定法のJIS化の流れの中で検討された、いくつかの簡易測定法の概要は以下のとおりである。

#### 1.5.1 ADSEC (Advanced Sampling Emission Cell)

ADSECを用いた測定では、建材表面にSUS304ステンレス製の台形状容器(縦66mm×横103mm×高さ57mm、底面積:0.005758 m<sup>2</sup>(シリコン装着時:0.00528 m<sup>2</sup>)、気積:約282mL)を設置し容器内外の空気を遮断して、サンプラー差込口のパッシブサンプラーを差込み、建材から放散される対象化学物質を捕集する。

建築現場においても専用の設置器具を用いて、床や壁、天井などに設置し放散速度を測定することができる。また、建材単体の測定の場合には気密性を保つため、専用の器具を使用しADSECを保持する。

パッシブサンプラーは、DSD-DNPH拡散サンプラー(カルボニル化合物)、パッシブサンプラー-VOC-SD(VOC用)を用いる。24時間捕集し、サンプラーを回収する。DSD-DNPHはアセトニトリルで抽出後、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)で定性定量し、VOC-SDは二硫化硫黄で抽出後、ガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)で定性定量を行う。

JIS A 1903は、このADSECがJISとして制定されたものである。

#### 1.5.2 PFS (Passive Flux Sampler)

サンプラーは、形状が内径:41mm、深さ:16mmのガラスシャーレであり、建材等から放散されたVOCが分子拡散によって吸着剤に吸着する仕組みになっている。

拡散距離を変化させる場合には、テフロンディスクをシャーレの底に敷いて調節する。

測定の対象となるVOCは、建材に含まれているトルエンやキシレン、エチルベンゼンなどである。複数の吸着剤を用いて検討を行った結果、これらの捕集に適したCarbtrap(20/40mesh)を選択している。

また、床や壁も測定できるように、吸着剤はステンレスの網(100mesh)で固定する。

サンプリング後、ATD専用チューブに吸着剤を移して吸着成分を加熱によって脱着させ、SC/MSにて定性定量を行う。

#### 1.5.3 DSAC (Diffusive Sampling Airtight Chamber)

DSACは、密閉型放散試験チャンバーで、チャンバー本体はステンレス(SUS304)を高精度旋盤により削り出すことで、パッキンなどを用いることなく気密性を確保している。

チャンバーの形状は、内径:25mm、高さ:55mmで容積は0.67Lとなっており、試験体の大きさを75mm×75mmとし、両面放散として試験した場合には試料負荷率が16.7 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>である。チャンバー蓋部の取り付け位置にサンプラーを差込み対象化学物質を捕集す

る。

パッシブサンプラーは、ADSEC と同様、DSD-DNPH 拡散サンプラー（カルボニル化合物）をカルボニル化合物捕集に、パッシブサンプラー-VOC-SD（VOC用）をVOC捕集に用いる。

## 2. 事業実施概要

本事業は、国土交通省が主管する「住宅産業構造改革推進事業」の一環として、平成 13 年度より着手し、年度ごとのテーマに沿って、国土交通省の補助金を得て実施している。

平成 13 年度には、「既存住宅の建材及び、その他建材のホルムアルデヒド放散量に関する実態調査」を実施した。その内容については、既に報告書「品確法の空気環境性能表示適用建材等実態調査」(平成 13 年度版)に記したとおりである。

平成 14 年度には、前年のホルムアルデヒド放散の実態に引き続き、建材から放散の可能性がある化学物質(トルエン・キシレン等)に関する実態調査を実施した。その内容は、既に、報告書「建材の化学物質(トルエン・キシレン等)発散に関する実態調査」(平成 14 年度版)に記したとおりである。

すなわち、建材には多様な化粧加工が施されており、またこれらの化粧板には、多種多様な接着剤や塗料が使用されていることが判明した。また、小形チャンパー法(JIS A 1901)による揮発性有機化合物(VOC)の放散量の測定では、チャンパー濃度が厚生労働省の指針値を大きく下まわり、建材からのVOCの放散は極めて少ないという結果が得られた。

平成 15 年度には、国土交通省が実施した「室内空気中の化学物質濃度の実態調査」において新たに調査対象となったアセトアルデヒドを主調査対象物質とし、それに付随してトルエン・キシレンも対象物質に加えて、建材からの放散に関する実態調査を実施した。その内容は、既に、報告書「建材の化学物質(アセトアルデヒド等)発散に関する実態調査」(平成 15 年度版)に記したとおりである。

すなわち、木質系素板・化粧板からは同程度で、アセトアルデヒド放散はおおよそ 10 ~ 20  $\mu\text{g} / \text{m}^3\text{h}$  の範囲であった。建材の製造・加工段階ではアセトアルデヒドの添加はないため、このアセトアルデヒドは木材由来のものと考えられる。トルエン・キシレンについては木質素板では、ほとんど放散はないが、化粧板等二次加工製品については、比較的多く放散する製品があった。これらの製品は、塗装・接着などの工程を経ることが多く、塗料成分や接着剤成分に含まれているトルエン・キシレンが放散されると推定された。

平成 16 年度では、住宅性能表示制度の特定測定物質である、ホルムアルデヒド・トルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレン・アセトアルデヒド(平成 16 年 4 月の改正でアセトアルデヒドは特定測定物質から削除された)のうち、これまでの実態調査で十分把握できていなかったエチルベンゼンやスチレンを主調査対象物質として、これらの建材からの放散を実態を調査した。また、住宅会社や建築建設業会社のみならず一般の施主等から、建材・住宅設備製造会社へ、建材から放散する化学物質に関する情報提供の要望が増加していることから、この要望内容についての実態を把握するため、建材・住宅設備製造会社を対象として調査を行なった。その内容は、既に、報告書「建材の化学物質発散に関する実態調査」(平成 16 年度版)に記したとおりである。

すなわち、エチルベンゼンやスチレンは木質系建材以外の建築材料から放散されることは知られているが、その実態は未だ十分な知見が得られているとは言い難いため、対象建材を木質系以外の建築材料に広げて調査を実施した。その結果、エチルベンゼンの放散速度は、木質系以外の建築材料である繊維補強木片セメント板サイディングやビーズ発泡スチロール断熱材をも含めても、極めて小さく、また、塗装ハードボードからのエチルベンゼンの放散は塗料に由来するものと推定された。また、一部の人工大理石と一部の材料を

除いて、スチレンの放散速度は極めて少ないとの結論を得た。

建材の化学物質放散に関する情報開示についての実態調査では、回答を寄せた建材・住宅設備製造会社の80%以上が、放散データの情報開示を求められていること、データの開示要求者は住宅会社や建築建設業会社・設計事務所に比して最終消費者（施主）の比率が大きいことが統計数字として明らかになった。また、回答を寄せた会社の70%は、カタログやホームページ上で化学物質放散に関する説明を行なっていること、情報開示に関して、データの開示ではなく記号やマークなどで表示できるルール、カタログやMSDSなどへの記載する場合のガイドラインを強く求めていることが明らかになった。

平成17年度では、前年度の建材からの化学物質放散に関する情報開示の実態調査結果を踏まえ、その情報開示のためのルールづくりに資するための調査を行なった。その一つは、建材から放散するVOCの測定法のうち、小形チャンバー法（JIS A 1901）と簡易測定（パッシブフラックス）法との関連性を見るためデータを収集し、情報開示のためのデータの根拠として簡易測定法を活用できるか否かを検討した。また、二つめには、建材からのVOCの放散に関する情報開示方法についても調査検討した。その内容は、既に、報告書「建材からの発散するVOCの各種測定法の関連性に関する調査研究」（平成17年度版）に記したとおりである。

すなわち、中比重繊維板（MDF）を基材とし、ウレタン系接着剤を用いてオレフィン系シートを化粧調整した化粧板からのVOC放散速度（量）の測定に関しては、簡易測定（パッシブフラックス）法が小形チャンバー法と正の関連性を持つことを示唆する結果ではあったが、小形チャンバー法で得た測定値は簡易測定（パッシブフラックス）法で得たデータよりも大きい結果となった。また、この接着剤に意図的にトルエンを加えて得た化粧板からのトルエンの放散量は、経時とともに確実に減衰していることが認められた。

情報開示方法については、各業界団体の取り組みを調査するとともに、平成15年の建築基準法シックハウス対策において、業界団体においてルールづくりされた団体による表示制度を手本に、ホルムアルデヒド発散建築材料に該当しない製品について、VOCの表示のあり方についてのモデルを提案した。

平成18年度では、前年度の建材からの化学物質放散に関する情報開示のための調査をさらに深堀し、情報開示のためのルールづくりに資するためのデータ蓄積と情報開示方法について調査を行った。その内容は、既に、報告書「建材から発散するVOCの情報開示に関する調査研究」（平成18年度版）に記したとおりである。

すなわち、3種類の構成の異なる化粧板試験体を作成し、小形チャンバー法（JIS A 1901）にてVOC放散測定を行った。その結果、建材（化粧板）からのVOCの放散は、建材を構成する材料（基材・接着剤・化粧材料・塗料塗装）からのVOC放散データの積み上げにて製品としての建材からのVOC放散の有無について判断できるとの示唆を得た。

平成19年度は、これまで調査研究を行ってきた各種材料の組み合わせで製造される住宅設備類のVOC放散に関する情報開示に資するデータの蓄積とその情報開示について調査を行った。その内容は、既に、報告書「設備類から発散するVOCの各種測定法の関連性に関する調査研究」（平成19年度版）に記したとおりである。

すなわち、前年度に用いた建材（化粧板）と同じ構成を持つ化粧材を組み合わせ、住宅設備類を想定した箱物試験体を作成し、化粧板およびその構成材料は小形チャンバー法

(JIS A1901)で、箱物試験体は大形チャンバー法(JIS A 1912)でVOC放散測定を行った。その結果、住宅設備類(箱物試験体)からのVOCの放散は、住宅設備類を構成する化粧板およびそれを構成する材料(基材・接着剤・化粧材料・塗料塗装)からのVOC放散データの積み上げにて製品としての建材からのVOC放散の有無について判断できるとの示唆を得た。

## 2.1 調査研究の内容

平成20年度に実施した調査の内容は以下の通りである。

### 2.1.1 概要

事業主体名：社団法人 日本建材・住宅設備産業協会

事業名：住宅事業整備等推進事業

事業の名称：建材から発散するVOCの各種測定法の関連性に関する調査研究

### 2.1.2 必要性

建築物におけるシックハウス問題は、国民の健康問題からも解決すべき重要な課題である。また、これまでの種々の研究成果から、建材からもVOCが発散されるとの知見があることから、住宅関連業界にとっても、その発散量は大きな関心事である。そして、建材からのVOCの発散に関して、市場での問い合わせがあまたあることも事実である。

一方で、建材からのVOC放散については、JIS A 1901に規定された小形チャンバー法で得られたデータを基に論じられている。新たに示された「建材からのVOC放散速度基準」(建材からのVOC放散速度基準化研究会)に示された基準値も、JIS A 1901に基づいた放散速度の値が示されている。

しかし、現状この測定法では多額の費用と長期の測定時間が必要であり、例えば品質管理を目的として、全ての建材製品を定期的に測定することには限界がある。より簡便な測定法でVOC発散情報を得ることができれば、これまで蓄積したVOCデータとの比較も含め、各種測定法に関連性についても多くの知見を得ることができる。そして、このデータを活用することにより、自主制度として運用が始まった「建材からのVOC放散に関する表示制度」への信頼性も高まること、かつ住宅室内の安全性についての判断がより容易になり、国民の健康に寄与することと考えられる。

### 2.1.3 調査研究内容

(1) 簡易測定法として設定したバケツ法による、建材からのVOC放散挙動に関する調査

中比重繊維板(MDF)を基材にして、化粧材としてコート紙を、意図的にトルエンを添加した接着剤にて表面接着した化粧板サンプルについて、簡易測定法として設定したバケツ法にて、VOC(トルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレン)の放散を測定する。

すなわち、パッシブサンプラーを保持したバケツ内に試験体を置き、それから放散されるVOCをパッシブサンプラーにて捕集し、主としてトルエンの放散挙動をも

とに、種々の要因の影響を検証する。

なお、同試験体を小形チャンバー法(JIS A 1901)にてもVOC放散の測定を行い、バケツ法と小形チャンバー法との関連性について調査する。

(2) バケツ内での建材からの揮発性有機化合物(VOC)の放散挙動に関する理論式の提案とその検証

バケツを想定した密閉系でのVOC濃度の変化やパッシブサンプラーへのVOCの捕集量、およびそれらの値をもとにした、理論式を提案し、試験結果を適用してその妥当性を検証し、簡易測定法としての有効性を確認する。

2.2 調査研究の実施計画及び運営体制

2.2.1 実施計画

建材からのVOC放散に関する簡易測定法確立のための予備的検討を行う。

1. 簡易測定法に関する既往の研究の調査を行う。
2. 簡易測定法の候補としてのバケツ法について、パッシブ型サンプラーの適合性、試料の設置状態、試料負荷率等試験条件について、放散試験を通して検討を加える。
3. バケツを想定した密閉系でのVOC放散挙動に関する理論式を提案し、試験結果を用いた検証を加える。
4. バケツ法にて試験した計測値と、小形チャンバー法で得た結果との相関性の検証を行う。

2.2.2 運営体制

本調査の実施にあたっては、本委員会を設置し、調査研究の企画・調査・試験・総括を本委員会主導のもとに実施し成果を得ることとする。

具体的な実験の推進に当たっては、本委員会のもとに、住宅業界に関係する団体および会員企業からの参画を得た調査検討ワーキンググループを設置して、作業と分析評価を実施する。

2.3 日程

調査の日程については、以下の通りとする。

項目	4～6	7～9	10～12	1～3
調査	→			→
委員会	→			→
試験		→		→
報告書				→



### 3. 簡易測定法に関する予備的検討

#### 3.1 試験の目的

建材からのVOC放散に関する表示制度の自主的運用が始められている。この制度に対応するためには、建材製品からのVOC放散性能について、日常的な品質管理活動として性能チェックを行うことが不可欠となつてこよう。そのためには、JIS A 1901「建築材料の揮発性有機化合物(VOC)、ホルムアルデヒドおよび他のカルボニル化合物放散測定方法 小形チャンバー法」に基づくVOC放散の測定よりも、より簡便な簡易測定法が望まれる。

そこで、本試験では、これまで提案されてきた簡易測定法(パッシブ法)のうち、建材からのVOC放散に際し、比較的取り扱いが簡便と考えられる4Lバケツを用いたVOC放散測定について検討を加え、簡易測定法確立への手がかりを得ることを目的とした。

試験の概要は以下の通りである。

前年度までの本事業の成果の活用も視野に入れ、前年度の試験に供した化粧板と同様の構成を持つ化粧板サンプルを製作し、そのサンプルから切り出した試験体から放散するVOC(トルエン)を4Lバケツにて捕集管で捕捉し定量化する。併せて、同じサンプルをJIS A 1901(小形チャンバー法)によりVOC放散を定量化して、両者の相関性を把握し、簡易測定法確立の可能性について検討した。

本試験の実施に際しては、以下の視点からの試験を行った。

- 1) 4Lバケツ内でのVOC放散挙動の確認
- 2) 試料負荷率の違いによるVOC捕集量の経時変化の確認
- 3) 4Lバケツ内空気攪拌によるVOC捕集量への影響の確認
- 4) VOC捕集管の差込深さの違いによるVOC捕集量の確認
- 5) VOC捕集管の充填剤の量の違いによるVOC捕集量の確認
- 6) VOC捕集管の違いによるVOC捕集量の確認

#### 3.2 試験の方法

##### 3.2.1 試験体用化粧板の製作および試験体の作製

市場で広く利用されている化粧板を構成する材料を選択し、試験体用化粧板を製作した。また、VOCの放散の確認を容易にするため、接着剤にはトルエンを意図的に添加した。

##### (1) 試験体材料

###### (a) 基材用材料

パーティクルボード 18mm厚 18Uタイプ F

###### (b) 化粧用シート材

コート紙 薄葉紙(ウレタン系樹脂塗装あり) 30g/m<sup>2</sup>

###### (c) 接着剤

エチレン酢酸ビニル樹脂系エマルジョン接着剤(トルエン0.1%添加)

主用途 化粧板ラミネート用

主成分 エチレン酢酸ビニル共重合樹脂

溶 媒 水  
 固形分 52.00%

表 3 - 1 トルエンの混合法

配合原液		一次配合	
エマルジョン	396	エマルジョン	90
トルエン	4	配合原液	10
計	100	計	100
( 1.0% )		( 0.1% )	

( 2 ) 成形接着条件

(株)メイセイの化粧板製造工場製造ラインを借用し、熱圧成形接着を行い供試用化粧板を製作した。

塗布・接着方法

製造本機のスプレッターにて接着剤をパーティクルボード表面に塗布し、その直後にコート紙をこの塗布面に載置し、直ちに4段ホットプレスにて熱圧圧縮接着した。

作製条件

接着剤塗布量 55 g / m<sup>2</sup>  
 オープンタイム 60 秒  
 圧縮時間 60 秒  
 圧縮温度 90  
 圧縮圧 0.01 kg / m<sup>2</sup>

なお、工場内のVOC濃度をスプレッター横と出入り口付近で測定した結果、構成材料等からの放散量測定に影響を与えるレベルではなかった。

以下に製造ラインを用いての化粧板製作状況について、写真にて紹介する。



写真 3 - 1 接着剤スプレッター



写真 3 - 2 スプレッターへの接着剤流し込み



写真 3 - 4 基材への接着剤塗布



写真 3 - 5 基材への接着剤塗布



写真 3 - 6 基材表面へのコート紙載置



写真 3 - 7 ホットプレスによる接着



写真 3 - 8 接着剤含有量測定用サンプル

### (3) 試験体の作成

製造本機を用いて製作した化粧板から、その熱圧成形直後に所定の大きさに切断し、アルミ箔で包埋後。ポリエチレンシートとアルミシールテープで包んでVOCの放散を封じ込めた。



写真 3 - 9 ランニングソーでの裁断



写真 3 - 10 所定寸法への裁断

### 3.2.2 試験体およびその構成材料と実験用補材からのVOC放散の確認

4 Lバケツでの試験体からのフラックス発生量を測定する前に、前述の条件で製作した試験体およびその構成材料について、VOC放散状況について測定を行った。併せて、試験体製作時に使用した実験用補材についても、VOC汚染の有無について確認を行った。

#### (1) 供試材料

##### (a) 化粧板

接着剤に意図的に0.1%トルエンを添加して作製した化粧板

##### (b) 化粧板構成材料

前述した材料のうち、パーティクルボード、コート紙

##### (c) 実験用補材

ポリエチレンシート、アルミ箔

#### (2) 試験条件

所定の寸法にカットされた供試材料は、23℃に保たれた養生装置(内容積4.2L、供給空気(60~80mL/min、換気回数約1回/hr)で1週間保存し、VOC放散の測定に供した。

VOC放散の測定は、JIS A 1901 に拠って行った。

なお、VOC放散確認を行う化学物質としては、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンの4物質である。

##### 小形チャンバー法による試験条件

試験温湿度	: 温度 28	相対湿度 50%
換気量	: 167 mL / min.	
試料の表面積	: 432 平方 cm <sup>2</sup> (147mm × 147mm)	
チャンバー容積	: 20L	
換気回数	: 2.2 回 / hr	
試料負荷率	: 2.2 m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup>	

小形チャンバーにて捕集管(TenaxTA)に捕集したエアースンプルは、ガスクロマトグラフィ/質量分析計(GC/MS)で、物質同定および定量化の解析を行った。

これら JIS A 1901 に基づく測定および解析は、分析機関(株)三菱化学アナリテックに依頼した。

### 3.2.3 4 Lバケツと捕集管を用いた装置構成・仕様について

建材からのフラックス発生量を比較的簡便に測定するには、VOC捕集管(パッシブサンプラー)を用いるのが良いと考えられる。また、このパッシブサンプラーでのVOC捕集は、取り扱いが容易にできる比較的小型の容器の活用が考えられる。

そこで、この試験では小形容器として4 Lのバケツを利用することとした。

#### (1) 4 Lバケツ

4 Lバケツは、内容積4 Lのステンレス(SUS304)製(内径180mm、高さ180mm、板厚0.7mm)で、上部蓋部の中央には捕集管を設置する穴および取付具が設けられている。試料の出し入れは上部蓋の開閉で行い、また下部バケツ内部には試料を載置する台が設けられている。

試験条件によって、バケツ内のエアを攪拌する場合もあるが、この際はスターラーの上に4 Lバケツを置き、バケツ内底中央部に置かれたウレタン樹脂成形の回転子を回転させて攪拌を行った。



写真3-11 4 Lチャンバー

左：攪拌なし 右：攪拌あり、下部・攪拌用スターラー



写真3-12 上部蓋捕集管設置

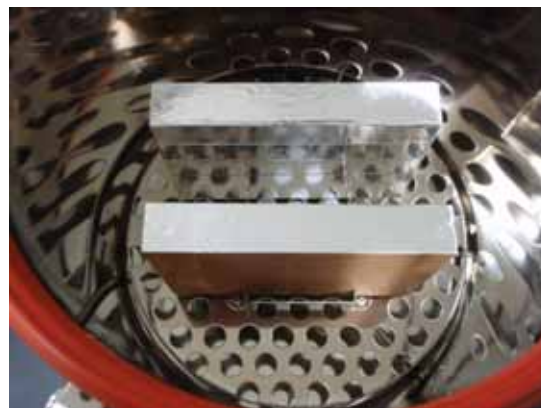


写真3-13 4 Lチャンバー内試験体設置

4Lチャンバーイメージ  
 容量L : 4  
 内径φ (mm) : 180  
 高さH (mm) : 180  
 板厚T (mm) : 0.7  
 材質 : SUS304

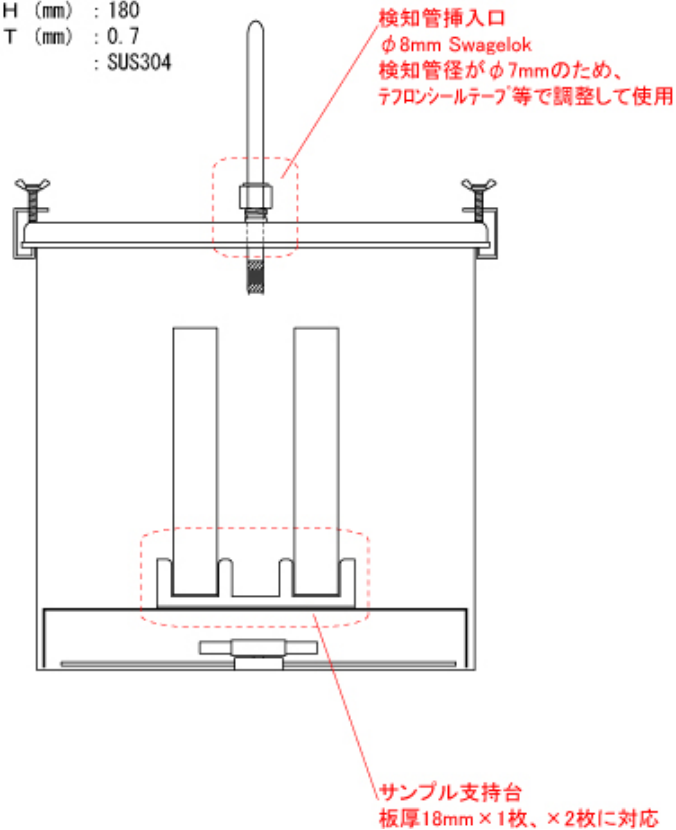


図3-1 4Lチャンバー測定装置図

(2) 捕集管 (パッシブサンプラー)

捕集管は、GASTEC社製のサンプラーGASTEC CMSを採用した。本捕集管は、ガラスチューブ内に捕集用充填剤が封入されており、雰囲気気曝されて充填剤に吸着されたVOCは、過熱脱着して、GC/MSにて同定定量分析ができる。

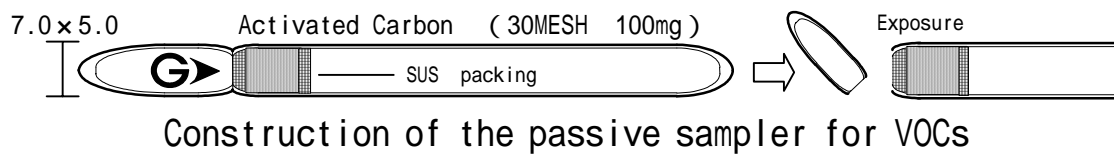


図3-2 捕集管の構造



写真3-13 捕集管

表 3 - 2 捕集管の使用条件

試料採取方法	自然拡散
捕集時間	24 ~ 48 時間
使用温度範囲	0 ~ 40
使用湿度範囲	相対湿度 0 ~ 90 %

3.2.4 VOC 捕集量の試料負荷率依存性および内部攪拌効果の確認試験

短期間で信頼性のある VOC 放散量を把握するための最適条件を見出すために、供試サンプルの試料負荷率の影響とバケット内のエア-攪拌の効果を確認するための試験を行った。

(1) 供試材料

(a) 試験サンプル

接着剤に意図的に 0.1% トルエンを添加して作製した化粧板

(2) 試験条件

JIS A 1901 の例に倣い、試料を入れた 4 L バケットを高温槽内に設置し、放散される VOC を捕集する。

(a) 試料負荷率と試料の大きさ

表 3 - 3 試料負荷率と試料の大きさ

試料負荷率( $\text{m}^2 / \text{m}^3$ )	試料の大きさ ( cm )	測定時試料面積( $\text{m}^2$ )
2.2	11 × 8	0.009
3.4	11 × 12.4	0.014
4.4	11 × 8 × 2 枚	0.018

(b) 測定時間 (バケット内試料載置時間)

12 時間、24 時間、48 時間の 3 水準

(c) 内部エア-攪拌

攪拌あり、攪拌なし (静置) の 2 水準

(d) 温湿度条件

バケット内温湿度 28、50 % RH

バケット設置雰囲気 28 50 % RH

(e) 捕集管とその設置位置

捕集管は G A S T E C 製の GASTEC CMS とする。

その設置位置は、蓋下面 20mm とする。

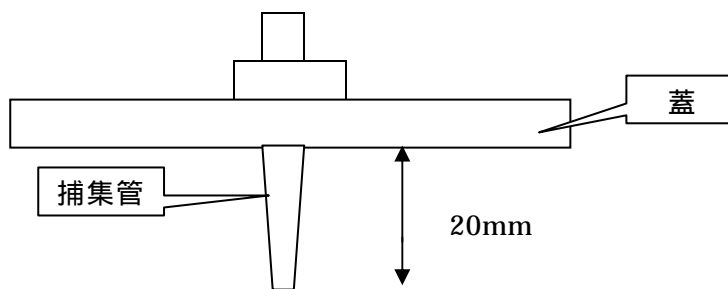


図 3 - 3 捕集管の差し込み深さ

4 L バケットにて捕集管 (GASTEC CMS) に捕集したエアースンプルは、ガスクロマトグラフィ / 質量分析計 (GC/MS) で、物質同定および定量化の解析を行った。これら測定および解析は、分析機関 (株) 三菱化学アナリテックおよび (株) ガステックに依頼した。



写真 3 - 15 試料を架台に設置

写真 3 - 15

試料を架台に設置

試料負荷率 LF2.2 ~ 4.4

側面・裏面にアルミシールにて被覆  
荷台の上に設置

\* 端面の被覆条件は変更



写真 3 - 16 試料と架台を 4L バケット内に設置

写真 3 - 16

試料+架台を4Lバケット内に設置

中心に放散面を向け、4Lバケット内に設置





写真 3 -17 捕集管を 4L バケツ上蓋に挿入

写真 3 -17

捕集管を4Lバケツ上蓋に挿入  
蓋からの突出部分を変化

1cm , 2 c m , 4.5cm  
(基本は2cm)



写真 3 -18 4L バケツを恒温槽に設置

写真 3 -18

4Lバケツを恒温槽に設置  
フタを閉め、フック・ボルトで固定  
28 , 24 h ~ 48h



写真 3 -19 捕集管の取り出し

写真 3 -19

捕集管の取り出し  
一定時間経過後、捕集管を取り出す。  
キャップをして分析時まで保管



写真 3 -20 捕集管から金網の取り出し

写真 3 -20

捕集管内の金網を取り出す。



写真 3 -21 活性炭の取り出し

写真 3 -21

活性炭の移送と溶媒添加  
捕集管内の活性炭を溶媒脱離用  
バイアルビンに入れる金網を取り出  
す。

溶媒添加 ( 二硫化炭素1mL )

\* 加熱脱離分析の場合あり



写真 3 -22 GC-MS 分析

写真 3 -22

GC-MS分析

基本はトルエンをメインとして分析  
( 三菱化学アナリテックは4VOC )  
( GASTECはトルエン 他のVOCは参考 )

### 3.2.5 4 Lバケツ内への捕集管の差込深さとVOC捕集量の確認試験

試料が封入された4 Lバケツ内では、VOCの放散による濃度勾配や雰囲気温度などの影響を受けて、エア−中に対流が生じることが想定される。また、捕集管のヘッドと試料のVOC放散面の近さによる捕集量への影響も想定される。そこで、捕集管の差込深さの違いによる捕集管のVOC捕集量への影響を見るための確認試験を行った。

#### (1) 供試材料

##### (a) 試験サンプル

接着剤に意図的に0.1%トルエンを添加して作製した化粧板

#### (2) 試験条件

捕集管差込深さ：10mm、20mm、45mmの3水準

試料負荷率：3.4 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>

試料設置状態：静置（攪拌なし）

雰囲気温度：28

測定時間：24時間

4 Lバケツにて捕集管（GASTEC CMS）に捕集したエア−サンプルは、ガスクロマトグラフィ/質量分析計（GC/MS）で、物質同定および定量化の解析を行った。これら測定および解析は、（株）ガステックに依頼した。

### 3.2.6 捕集管への吸着剤の充填量とVOC捕集量の確認試験

4 Lバケツ内に静置されたサンプラーの吸着剤充填量はトルエン捕集量に影響を与えると考えられる。そこで、捕集管への吸着剤の充填量とトルエン捕集量についての確認試験を行った。

#### (1) 供試材料

##### (a) 試験サンプル

接着剤に意図的に0.1%トルエンを添加して作製した化粧板

#### (2) 試験条件

吸着剤充填量：100mg、300mgの2水準

捕集管差込深さ：20mm

試料負荷率：3.4 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>

試料設置状態：静置（攪拌なし）

雰囲気温度：28

測定時間：24時間

4 Lバケツにて捕集管（GASTEC CMS）に捕集したエア−サンプルは、ガスクロマトグラフィ/質量分析計（GC/MS）で、物質同定および定量化の解析を行った。これら測定および解析は、（株）ガステックに依頼した。

### 3.2.7 捕集管の違いによるVOC捕集量の確認試験

簡易測定法に用いることのできる捕集管は、既に多くのものが市場に供給されている。その中でも、スベルコ社製のパッシブサンプラーは、広く利用されている。そこで、先の試験で用いたGASTEC社製のサンプラーとこのサンプラーについて、4 Lバケッ

トにてVOC捕集について比較検討のための試験を行った。

(1) 供試材料

(a) 試験サンプル

接着剤に意図的に0.1%トルエンを添加して作製した化粧板

(b) パッシブサンプラー

GASTEC社製のGASTEC CMS

スペルコ社製のVOC-SD

(2) 試験条件

捕集管差込深さ：20mm

試料負荷率：3.4 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>

試料設置状態：静置（攪拌なし）

雰囲気温度：28

測定時間：24時間

4Lバケツにて捕集管（GASTEC CMS）に捕集したエアースンプルは、ガスクロマトグラフィ/質量分析計（GC/MS）で、物質同定および定量化の解析を行った。これら測定および解析は、分析機関（株）三菱化学アナリテックに依頼した。

3.2.8 4Lバケツ内のVOC気中濃度変化の把握

密閉容器としての4Lバケツ内に試験体を設置し、試験体からのトルエン放散による、経過時間とトルエン濃度の関係を確認した。（この実験には捕集管は使用しない）

測定条件

試験体：110×80mmの化粧板2枚（前記試験に使用した同じ試料）  
（化粧用接着剤に0.1%トルエン含有）

試験容器：4Lバケツ 内部雰囲気攪拌あり

試料負荷率：4.4 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup>

サンプル採取：所定時間毎に5ccシリンジでバケツ上部よりガスを採取

測定定量化；アビリット社製サンプラー（VOCアナライザーEGC-2）で測定  
チャンバーブラックを確認後測定

実施場所：アビメディカル社

### 3.3 試験結果

試験体用化粧板およびその構成材料と実験捕材からのVOC放散の確認結果と、4Lバケツを用いた試験体からのVOC放散の試験結果を以下に示す。

#### 3.3.1 試験体用化粧板およびその構成材料と実験用補材からのVOC放散に関する確認試験結果

##### (1) 試験体用化粧板からのVOC放散測定

パーティクルボード基材に0.1%のトルエンを意図的に添加したエチレン酢酸ビニル共重合樹脂接着剤にてコート紙を化粧接着した化粧板を測定に供した。

なお、試験体用化粧板を製作した際の、試作工程ラインでの、トルエン0.1%配合の上記接着剤の含有量は、表3-4のとおりであった。

表3-4 接着剤含有量 単位：%

	トルエン	キシレン	エチルベンゼン	スチレン
配合後原液	0.091	<0.005	<0.005	<0.005
ロールコーター前	0.081	<0.005	<0.005	<0.005
ロールコーター後	0.072	<0.005	<0.005	<0.005

小形チャンバー法による1日目の測定結果は、表3-5、表3-6に示すとおりである。

表3-5 試験体用化粧板からのVOCの放散量測定結果 単位：放散量( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	トルエン	キシレン	エチルベンゼン	スチレン
1日目	86.7	<0.5	<0.5	<0.5
	86.0	<0.5	<0.5	<0.5
3日目	73.4	<0.5	<0.5	<0.5
	71.2	<0.5	<0.5	<0.5
7日目	50.4	<0.5	<0.5	<0.5
	49.2	<0.5	<0.5	<0.5

表3-6 試験体用化粧板からのVOC放散速度 単位：放散速度( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ )

	トルエン	キシレン	エチルベンゼン	スチレン
1日目	19.6	<0.2	<0.2	<0.2
	19.4	<0.2	<0.2	<0.2
3日目	16.6	<0.2	<0.2	<0.2
	16.1	<0.2	<0.2	<0.2
7日目	11.3	<0.2	<0.2	<0.2
	11.1	<0.2	<0.2	<0.2

接着剤にトルエンを添加しているため、化粧板からトルエンが放散されていることは明

らかであるが、他のキシレン、エチルベンゼン、スチレンの放散は認められなかった。  
試験体用化粧板からのトルエンの放散挙動は、図 3-4 に示すとおりである。

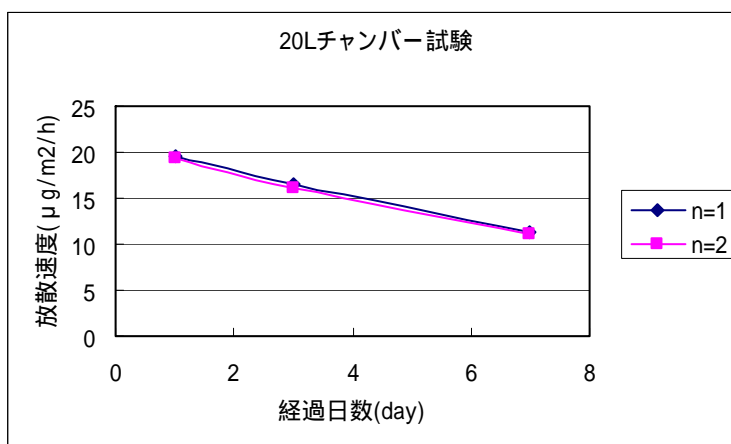


図 3-4 試験体からのトルエン放散推移

ここで得られた測定結果は、「建材からのVOC放散速度基準値」をクリアーしていると共に、昨年度までに実施した「建材から発散するVOCの情報開示に関する調査研究」(平成18年度)、「設備類から発散するVOCの各種測定法の関連性に関する調査研究」(平成19年度)における、同等の値を示している。また、昨年度の結果は時間経過に伴う減衰傾向が見られなかったが、今回の結果が減衰傾向を示したのは、試料に用いたコート紙が若干異なり透過性が勝ったためと推定される。

(2) 試験体構成材料と実験用補材からのVOC放散測定

試験体用化粧板の製作に供したパーティクルボードとコート紙、および試験体製作時に使用したポリエチレンシートとアルミ箔を測定に供した。

小形チャンバー法による1日目の測定結果は、表 3-7 に示すとおりである。

表 3-7 構成材料および実験用補材からのVOC放散測定結果(1日目)

単位：放散速度(μg/m²h)

	トルエン	キシレン	エチルベンゼン	スチレン
パーティクル ボード	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
コート紙	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
ポリエチレン シート	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
アルミ箔	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2

いずれの材料や実験用補材からのVOC放散は、認められなかった。

3.3.2 4 Lバケツによる試験体からのVOC（トルエン）捕集量の測定結果

3.2.4に記した試験内容により、4 Lバケツ内に設置した試験体から放散されるトルエンを捕集管で捕集し、その捕集量の測定を(株)三菱化学アナリテックにて行った。その結果は、表3-8に示すとおりである。

表 3-8 試験体からのトルエン捕集量 単位：捕集量（ $\mu\text{g}$ ）

試料負荷率 ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	1 2 時間放置		2 4 時間放置		4 8 時間放置	
	静置	攪拌	静置	攪拌	静置	攪拌
4.4	0.61	0.69	2.21	5.17	8.29	8.18
3.4	0.29	0.59	1.45	3.01	5.17	7.58
2.2	0.19	0.24	0.62	0.75	3.82	3.83

一方、(株)ガステックにおいても、試料負荷率の違いによるVOC捕集量への影響を検証するための4 Lバケツを用いた同様の試験をおこなった。

その結果は、表3-9に示すとおりである。

表 3-9 試験体からのVOC捕集量 24 時間後（ガステック測定）

試料負荷率 ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	2.2	3.4	4.4
試料面積 ( $\text{m}^2$ )	0.009	0.014	0.018
VOC 捕集量 ( $\mu\text{g}$ )	1.25	1.48	2.04

なお、この試験では、エアー攪拌はない。

この測定値は、表3-8中の24時間（静置）、試料負荷率3.4  $\text{m}^2/\text{m}^3$ および4.4  $\text{m}^2/\text{m}^3$ の値とほぼ一致している。

なお、試験後の検証にて、試料負荷率4.4  $\text{m}^2/\text{m}^3$ 、攪拌のデータから、試料作製の際、試料端面の包埋（木口シール）が充分でなく、測定面以外からのトルエンを捕集しているとの懸念が出されたため、再試験で確認することとした。

再試験では、試料負荷率は3.4  $\text{m}^2/\text{m}^3$ と4.4  $\text{m}^2/\text{m}^3$ の2水準、放置時間は24時間と48時間の2水準として、(株)三菱化学アナリテックにて追加試験を実施した。その結果は表3-10のとおりである。

表 3-10 試験体からのVOC（トルエン）捕集量

単位：捕集量（ $\mu\text{g}$ ）

試料負荷率 ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	2 4 時間放置		4 8 時間放置	
	静置	攪拌	静置	攪拌
4.4	1.05	0.83	1.88	1.88
3.4	0.37	0.55	1.65	2.1

再試験では、試料の端面処理をきちんとして測定した結果、トルエン捕集量が1回目の

1 / 4 程度になった。表 3-10 のデータ再現性を確認するため、さらに、試料負荷率  $4.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$  の条件下での追加試験を静置・攪拌それぞれ試験体 3 個用いて実施した。その結果は表 3-11 のとおりである。

表 3-11 試験体からのトルエン捕集量

単位：捕集量 ( $\mu\text{g}$ )

試料負荷率 $4.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$	24 時間放置		48 時間放置	
	静置	攪拌	静置	攪拌
試料 1	0.42	0.46	1.78	2.13
試料 2	0.5	0.88	1.24	1.55
試料 3	0.43	0.57	1.71	2.09
標準偏差	0.44	0.22	0.29	0.32
C V	9.7	34.2	18.6	16.8

この測定結果は、再試験結果 (表 3-10) と良く一致しており、再現性があることが確認された。

### 3.3.3 4 L バケツ内への捕集管差込深さと VOC 捕集量の測定結果

3.2.5 に記した試験内容で、4 L バケツ内に設置した試験体から分散されるトルエンを捕集管で捕集し、その捕集量の測定を (株) ガステックにて行った。

その結果は、表 3-12、図 3-5 に示すとおりである。

表 3-12 捕集管差込深さと捕集量

蓋内部への差込深さ (mm)	10	20	45
捕集量 ( $\mu\text{g}$ )	1.26	1.45	1.97

本測定条件は、試料負荷率  $3.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ 、28、24 時間である。

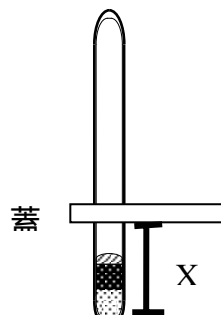
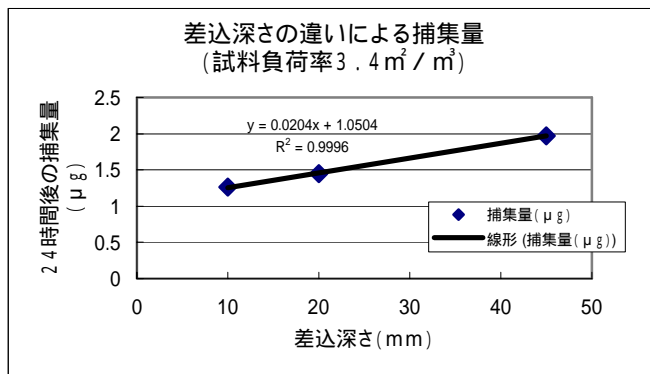


図 3-5 捕集管差込深さと捕集量



差込深さにより、捕集量は異なっている。深くなるほど、すなわち試験体に近くなるほど、捕集量は増加している。このことは、容器内で放散されたトルエンの濃度分布が生じていることを示している。

### 3.3.4 捕集管への吸着剤の充填量と VOC 捕集量の測定結果

3.2.6 に記した試験内容で、捕集管の差込深さ影響も加味して、吸着剤の充填量の違いについて測定した。

その結果は、表 3-13、図 3-6 に示すとおりである。

表 3-13 吸着剤の充填量の異なる捕集管差込深さと捕集量

蓋内部への差込深さ(mm)	10	20	45	
吸着剤 100mg の捕集量(μg)	1.26	1.45	1.97	前回測定
吸着剤 300mg の捕集量(μg)	1.42	1.87	2.28	追加測定

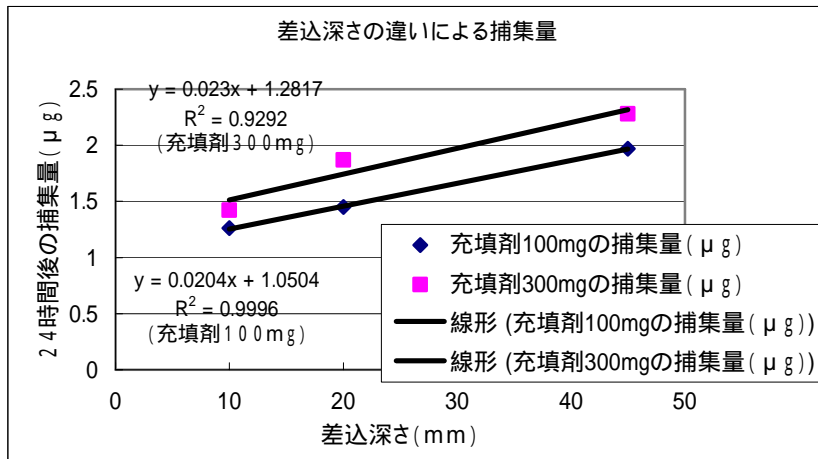


図 3-6 吸着剤量の異なる捕集管差込深さと捕集量

吸着剤の多い捕集管では、捕集量も増加しているが、その程度は30%程度であり、吸着剤量が3倍であるほど、捕集効果は上昇していない。

### 3.3.5 捕集管の違いによる VOC 捕集量についての測定結果

3.2.7 に記した試験内容で、捕集管の違いによる VOC 捕集量について測定した。

比較に供した捕集管は、(株)スペルコ社製のサンプラー-VOC-SD である。

その結果は、表 3-14、図 3-7 に示すとおりである。

表 3-14 VOC-SD で捕集したトルエン捕集量

(試料負荷率 4.4 m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup> )	24hr 静置	24hr 攪拌	48hr 静置	48hr 攪拌
捕集量(μg)	0.34	0.47	1.5	1.61

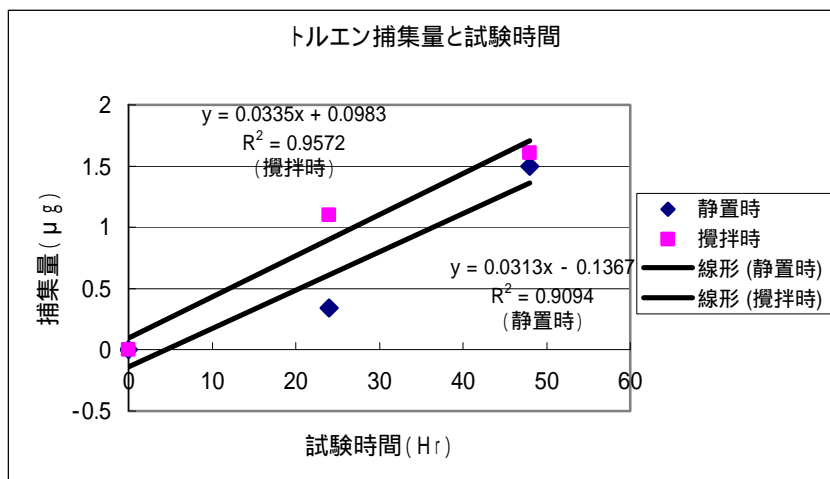


図 3-7 VOC-SD で捕集したトルエン捕集量

なお、この結果と（株）G A S T E C 社製の捕集管 GASTEC CMS と比較するため、先の試料負荷率依存性を見た追加実験での測定結果を並べて図 3-8 に示す。

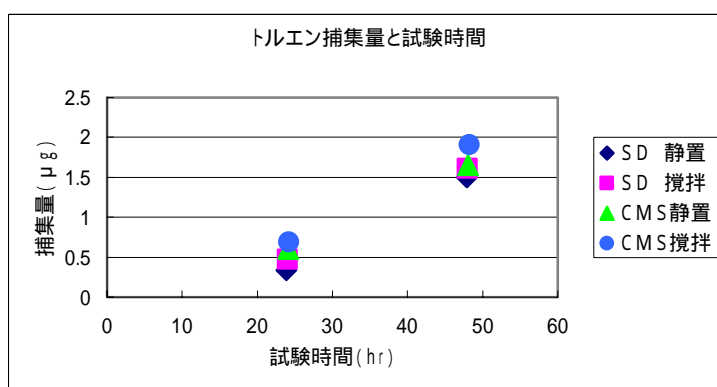


図 3-8 VOC-SD および GASTEC CMS で捕集したトルエン捕集量

2 種の捕集管では、捕集したトルエンの捕集量は、それぞれの測定時間で、捕集管 GASTEC CMS が、スペルコ VOC-SD より若干多い目である。しかし、時間経過に伴うトルエン吸着挙動に大きな差は認められない。

さらに、本測定と並行して、JIS A 1903（パッシブ法 ADSEC）にて同一サンプルからのトルエン放散を測定したが、下に示す条件では定量下限値未満であった。

測定条件 : 28、24 時間

サンプラー : スペルコ社製のサンプラー VOC-SD

測定結果 : 放散量 < 1.0 μg ( 定量下限値未満 )

### 3.3.6 4 L バケツ内の VOC 気中濃度変化の把握

3.2.8 に記した試験内容で、4 L バケツに試験体から放散された VOC の量を把握するため測定を行った。この測定は、アビメディカル社にて、所定時間ごとにバケツ

内の空気を 5cc のシリンジで捕集し、アビリット社製の VOC アナライザ—EGC-2 を用いて、その後分析をした。その結果は表 3-15 に示すとおりである。

表 3-15 4 L バケット内の VOC 濃度

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

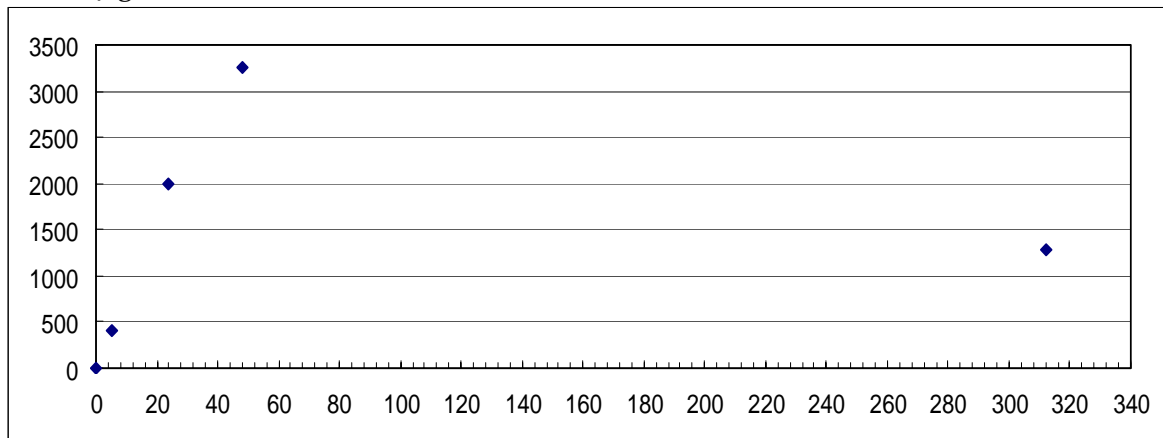
	トルエン	キシレン	エチルベンゼン	スチレン
ブランク	0	0	0	0
5 時間後	403	205	36	0
24 時間後	1987	834	13	15
48 時間後	3261	1429	0	88
312 時間後	1283	537	0	0

注 1：測定条件は 4 L バケット内空気攪拌あり、試料負荷率  $4.4 \text{ m}^2/\text{m}^3$

注 2：キシレンに放散の数字が示されているが、これは分析データの吸収帯が近いピネン類の値を拾ったものと考えられる。

この結果は、図 3-9 に示すように、48 時間程度までは、試験体からトルエンが一定速度で放散され、4 L バケット内のトルエン濃度が増加していることが示されている。

濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



時間 (h)

図 3-9 4 L バケット内のトルエン濃度変化

### 3.4 考察

本調査研究では、建材からのVOC放散に関する簡易測定法確立のための基礎的知見を得るために、種々の予備的な試験を行った。すなわち、簡易な測定器として4Lバケツを用いることとし、このバケツ内に試験体を置いたときの試験体からのVOC放散挙動について、確認を行った。

ここでは、その放散挙動に関する理論式の導入と試験結果について考察を加える。

#### 3.4.1 4Lバケツ内でのトルエンの放散挙動に関する理論計算と実測値での検証

本試験研究では、図3-1に示す構造を持つ4Lバケツ内に置かれた試料から放散されるVOCを、所定時間バケツ蓋部に保持した捕集管にて捕集し、その捕集量を測定した。

そこで、密閉系となるこのバケツ内でのトルエンの放散挙動について、理論計算を試みた。

##### (1) 捕集管の吸収係数について

捕集管は、雰囲気中のVOC濃度(C)と時間(t)に比例してVOCを吸収するものと仮定する。その時の捕集管の吸収係数を $A_t$ とする。雰囲気中のVOC濃度が一定の場合、捕集管に吸収されるVOC質量(W)は次式で示される。

$$W = A_t \cdot C \cdot t \quad \dots \text{式}$$

ここで、

W：捕集管に吸収されるVOC質量(μg)

$A_t$ ：捕集管のVOC吸収係数(m<sup>3</sup>/hr)

C：雰囲気中のVOC濃度(μg/m<sup>3</sup>)(一定とする)

t：時間(hr)

##### (2) 密閉系のVOC放散挙動について

###### (2.1) 密閉系における気中濃度変化について

以下の仮定をする。

- ・建材のVOC放散速度は一定とする。
- ・建材は、一度放散したVOCを再吸収しない、または極微量で無視できるものとする。
- ・吸集管が吸収するVOCは、極微量のため、雰囲気中のVOC濃度に影響しないものとする。

上記の仮定が成り立つ場合の密閉系のVOC濃度変化は次式で示される。

$$V(dC/dt) = E \cdot S$$

ここで、

V：バケツ容積(m<sup>3</sup>)

E：建材のVOC放散速度(μg/m<sup>2</sup>·hr)

S：建材の表面積(m<sup>2</sup>)

変数分離して微分方程式を解くと、

$$V \, dC = E \cdot S \, dt$$

$$VC = E \cdot S \cdot t + k$$

k は積分定数。時間 0 のとき VOC 濃度 C が 0 とすると、k=0。

$$C = E \cdot S \cdot t / V$$

・・・ 式

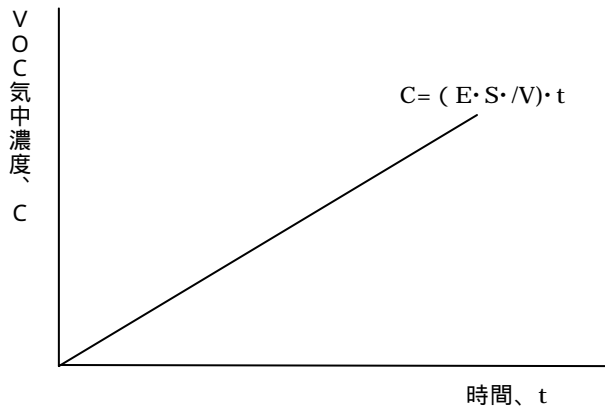


図 3-10  $C = E \cdot S \cdot t / V$

( 2 . 2 ) 気中濃度が変化する場合の捕集管の VOC 吸収質量変化について  
 気中濃度が変化する場合の捕集管の VOC 吸収質量変化は次式で示される。

$$dW/dt = A_t \cdot C$$

この式の C に 式を代入すると、

$$dW/dt = A_t \cdot E \cdot S \cdot t / V$$

変数分離して微分方程式を解くと、

$$dW = (A_t \cdot E \cdot S / V) t dt$$

$$W = (A_t \cdot E \cdot S / 2V) t^2$$

・・・ 式

$$E = 2VW / (A_t \cdot S \cdot t^2)$$

・・・ 式

ここで、V : バケット容積 ( 0.004 m<sup>3</sup> )

W : 捕集管に吸収された VOC 質量 ( μg )

A<sub>t</sub> : 捕集管の VOC 吸収係数 ( m<sup>3</sup>/ hr )

S : 建材表面積 ( 0.0136 m<sup>2</sup> )

t : 時間 ( hr )

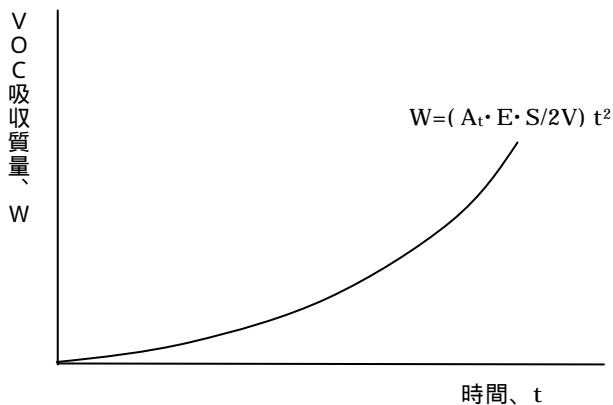


図 3-11  $W = (A_t \cdot E \cdot S / 2V) t^2$

( 2 . 3 ) 結論

捕集管の VOC 吸収係数がわかれば、建材の VOC 放散速度を計算することができる。ただし、いろいろな仮説の検証が必要である。

( 2 . 4 ) フラックス発生量について

式を変形すると次式が得られる。

$$W/S \cdot t = (A_t \cdot E / 2V) t \quad \dots \text{式}$$

この式の左辺は、フラックス発生量と同じ概念（単位）のものとなる。

これは、捕集管の吸収係数、建材の放散速度及び時間に比例し、バケツ容積に反比例することになる。

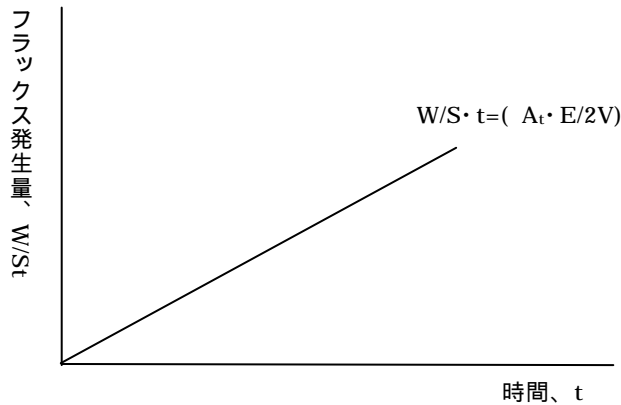


図 3-12  $W/S \cdot t = (A_t \cdot E / 2V) t$

( 3 ) 捕集管による VOC 吸収が密閉容器中の VOC 濃度に影響を与える場合の放散挙動について

捕集管による VOC 吸収を考慮した場合の気中濃度変化は次式で示される。

$$V dC/dt = E \cdot S - A_t \cdot C$$

$$V dC / (E \cdot S - A_t \cdot C) = dt$$

$$- (V / A_t) \cdot \ln(E \cdot S - A_t \cdot C) = t + k$$

$$\ln(E \cdot S - A_t \cdot C) = - (A_t / V) t + k \quad (k \text{ は積分定数})$$

t=0 の時、C=0 とすると、

$$k = \ln(E \cdot S)$$

これを上式に代入すると、

$$\ln(E \cdot S - A_t \cdot C) = \ln(E \cdot S) - (A_t / V) t$$

$$\ln(E \cdot S - A_t \cdot C) - \ln(E \cdot S) = - (A_t / V) t$$

$$\ln\{(E \cdot S - A_t \cdot C) / (E \cdot S)\} = - (A_t / V) t$$

$$(E \cdot S - A_t \cdot C) / (E \cdot S) = \exp\{- (A_t / V) t\}$$

したがって、t 時間後の気中濃度は次式で示される。

$$C = E \cdot S / A_t - (E \cdot S / A_t) \cdot \exp\{- (A_t / V) t\} \quad \dots \text{式}$$

また、時間が無限大の時の平衡濃度は次式で示される。

$$C = E \cdot S / A_t \quad \dots \text{式}$$

この場合（密閉容器中の VOC 濃度が平衡に達している場合）の捕集管に吸収される VOC 質量は、式に  $C$  を代入することにより得られる。

$$W = C \cdot A_t \cdot t = E \cdot S \cdot t \quad \dots \text{式}$$

また、式から次式が得られる。

$$E = W / S \cdot t \quad \dots \text{式}$$

式の左辺は放散速度であり、右辺はフラックス発生量に相当するものである。したがって、材料からの VOC 放散量と捕集管による VOC 吸収量が等しく、雰囲気中の VOC 濃度が平衡に達している場合は、放散速度とフラックス発生量とが等しくなる。

式、式及び式を図に示すと、それぞれ次のようになる。

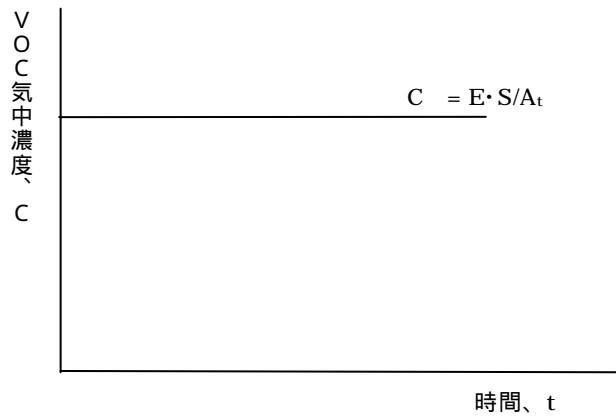


図 3-13  $C = E \cdot S / A_t$

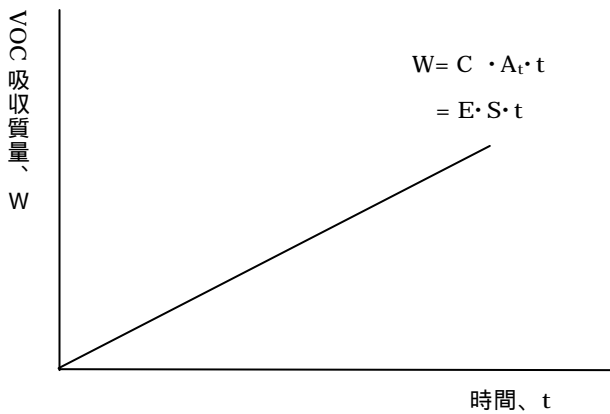


図 3-14  $W = C \cdot A_t \cdot t = E \cdot S \cdot t$

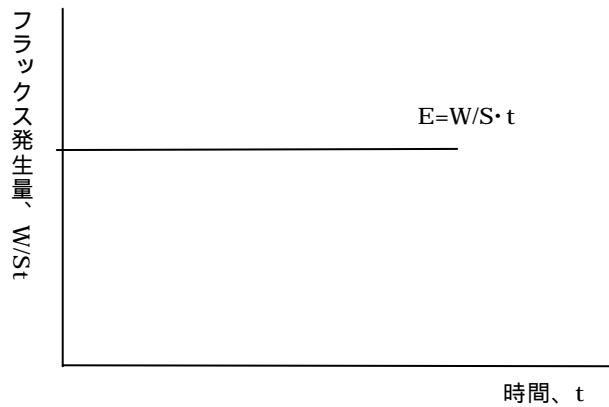


図 3-15  $E=W/S \cdot t$

(4) 理論計算と実際の放散挙動との関係

以上述べたとおり、密閉容器中の VOC 放散は、捕集管による VOC 吸収の影響により、まったく異なる挙動を示すことが理論式により予想される。そこで、実際の実験結果から、どちらのモデル(理論)が、より実際の VOC 放散挙動を近似できるか、以下確認を行う。

(4.1) 捕集管の VOC 吸収量

図 3-16 及び図 3-17 は、表 3-8 の試験結果を図示したものである。実線は、二次式による近似曲線である。特に静置状態の試験結果(図 3-16)はよく近似されている。これは、式が実際の挙動をよく示すこと、すなわち、今回の試験条件(材料の放散が極めて少ない、時間が 48 時間まで等)においては、捕集管による VOC 吸収を無視できることを示している。

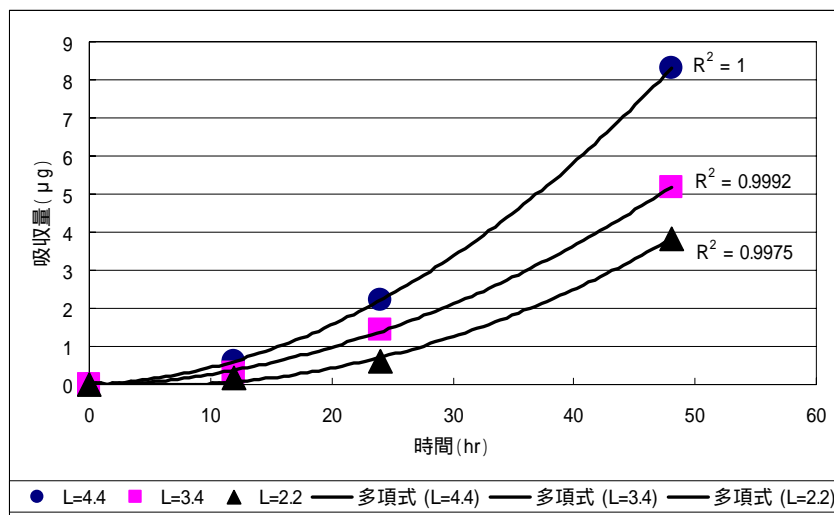


図 3-16 . 密閉容器法による捕集時間と吸収量との関係 (静置時)



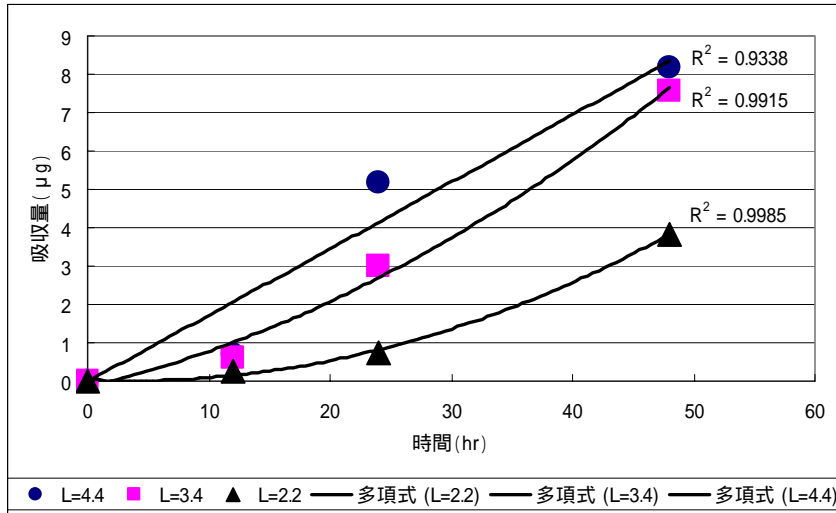


図 3-17 . 密閉容器法による捕集時間と吸収量との関係 ( 攪拌時 )

なお、表 3-8 に示した数字のうち、試料負荷率  $4.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$  の値は、試験体の調整に不都合があったとして、追加試験がなされ、その結果は前述の表 3-10、表 3-11 に示している。これらの結果をまとめると表 3-16 になる。

表 3-16 試料負荷率  $4.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$  時のトルエン捕集量

単位：  $\mu \text{g}$

試料負荷率 $4.4 \text{ m}^2 / \text{m}^3$	2 4 時間放置		4 8 時間放置	
	静置	攪拌	静置	攪拌
試料 (表 3-10)	1.05	0.83	1.88	1.88
試料 1 (表 3-11)	0.42	0.46	1.78	2.13
試料 2 (表 3-11)	0.5	0.88	1.24	1.55
試料 3 (表 3-11)	0.43	0.57	1.71	2.09
平均	0.60	0.69	1.65	1.91
標準偏差	0.30	0.20	0.28	0.27
C V	50.4	29.5	17.2	13.9

図 3-18 及び図 3-19 は、表 3-16 の試験結果を図示したものである。実線は、二次式による近似曲線である。この近似曲線は、図 3-16、図 3-17 同様よく近似されている。これは、図 3-16、図 3-17 同様 式が実際の挙動をよく示すこと、すなわち、今回の実験条件 ( 材料の放散が極めて少ない、時間が 48 時間まで等 ) においては、吸収管による VOC 吸収を無視できることを示している。

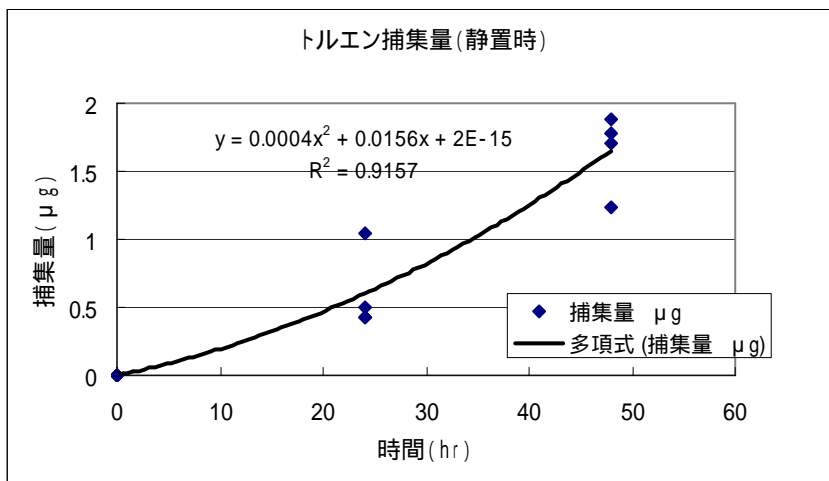


図 3-18 密閉容器法による捕集時間と吸収量との関係 (LF : 4.4 静置時)

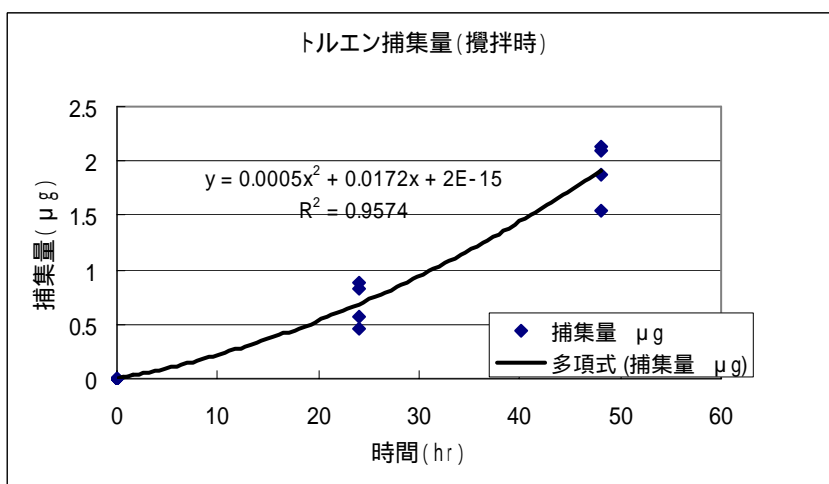


図 3-19 密閉容器法による捕集時間と吸収量との関係 (LF : 4.4 攪拌時)

#### ( 4 . 2 ) フラックス発生量に相当するものについて

図 3-20 及び図 3-21 は、表 3-8 の試験結果から、フラックス発生量 (W/ST) に相当するものを計算した結果を図示したものである。また、図 3-22 及び図 3-23 は、表 3-16 の結果から、フラックス発生量 (W/ST) に相当するものを計算した結果を図示したものである。

捕集管が VOC を吸収して、密閉容器中の VOC 濃度が、平衡になる場合は、このフラックス発生量は、一定の値となり、また、放散速度も等しくなるはずである (式参照)。しかし、今回の試験におけるフラックス発生量に相当するものは、時間に比例して大きくなっている。これは、式で示される挙動と一致している。したがって、今回の実験では、捕集管による VOC 吸収を考慮しない理論式のほうが、実際の挙動とよく一致している。繰り返しになるが、重要な点は下記の二つである。

(1) 今回の実験における VOC 放散挙動は、吸収管に VOC 吸収を考慮しない理論式とよく合う。

(2) 今回の実験では、フラックス発生量に相当する値は、一定の値とはならず、時間に比

例して大きくなる。したがって、フラックス発生量に相当するものと、放散速度との間には一次相関は認められない。

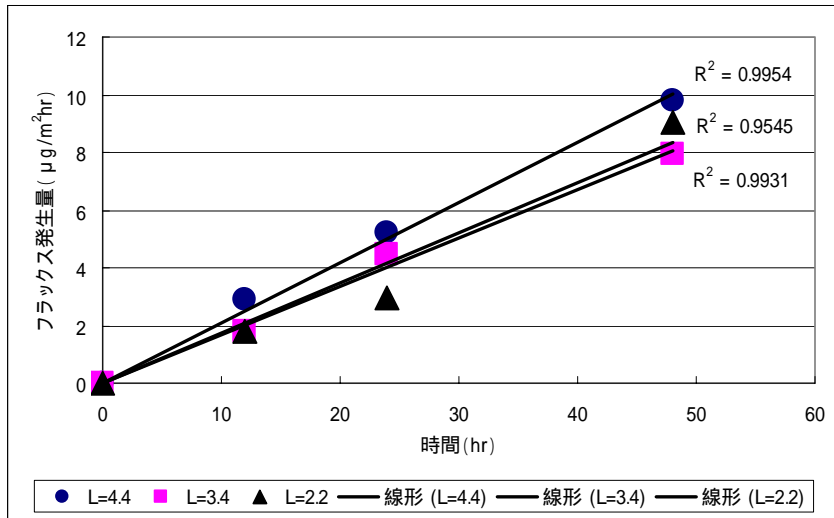


図 3-20 密閉容器法における時間とフラックス発生量に相当するものとの関係（静置時）

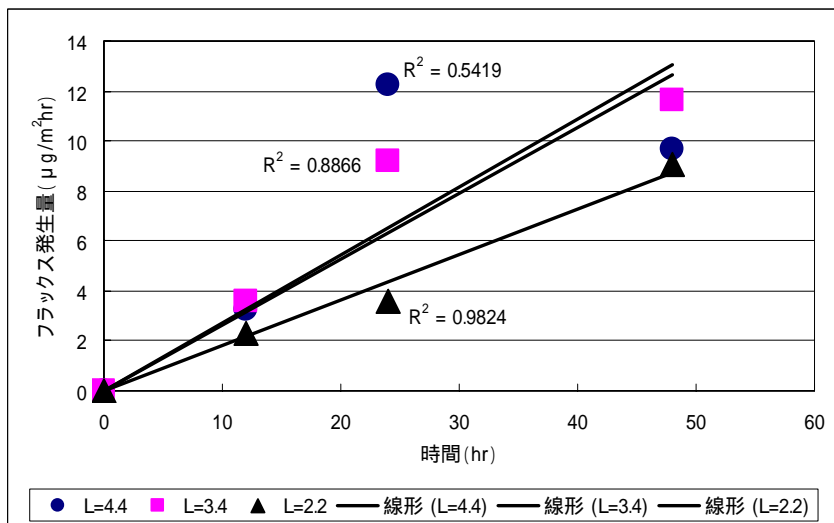


図 3-21 密閉容器法における時間とフラックス発生量に相当するものとの関係（攪拌時）

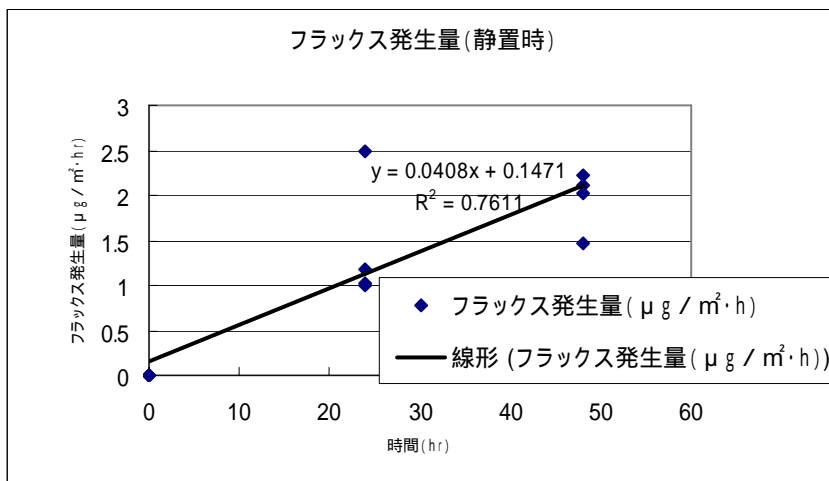


図 3-22 密閉容器法における時間とフラックス発生量に相当するものとの関係  
(LF : 4.4 静置時)

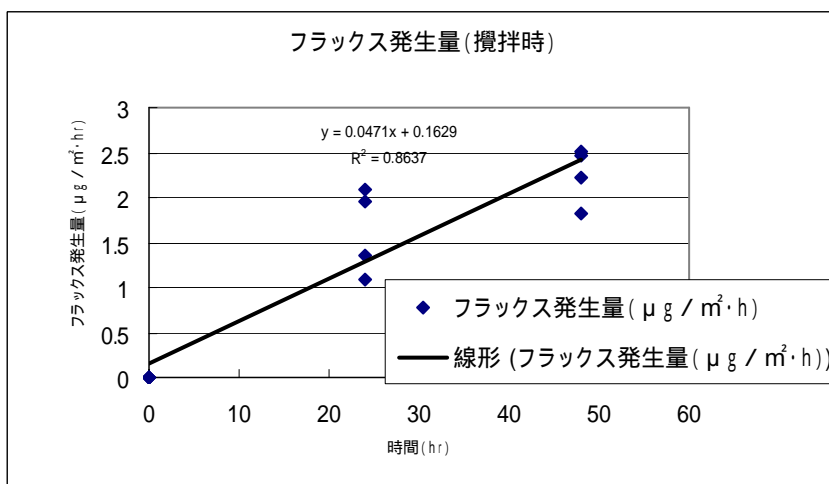


図 3-23 密閉容器法における時間とフラックス発生量に相当するものとの関係  
(LF : 4.4 攪拌時)

#### ( 4 . 3 ) 放散速度の計算

以上述べたとおり、今回の実験では、捕集管による VOC 吸収を考慮しないほうが、より実際の放散挙動を表している。そこで、式から放散速度を計算した。その結果を図 3-24 及び図 3-25 に示す。特に静置試験の結果では、放散速度がほぼ一定の値を示している。

材料の放散速度が、短時間で急激に変化することは、経験上考えられないため、式で計算した放散速度がほぼ一定の値を示したことは、この考え方の値を持って、小形チャンバー法による放散速度と一次相関が得られることが予想される。

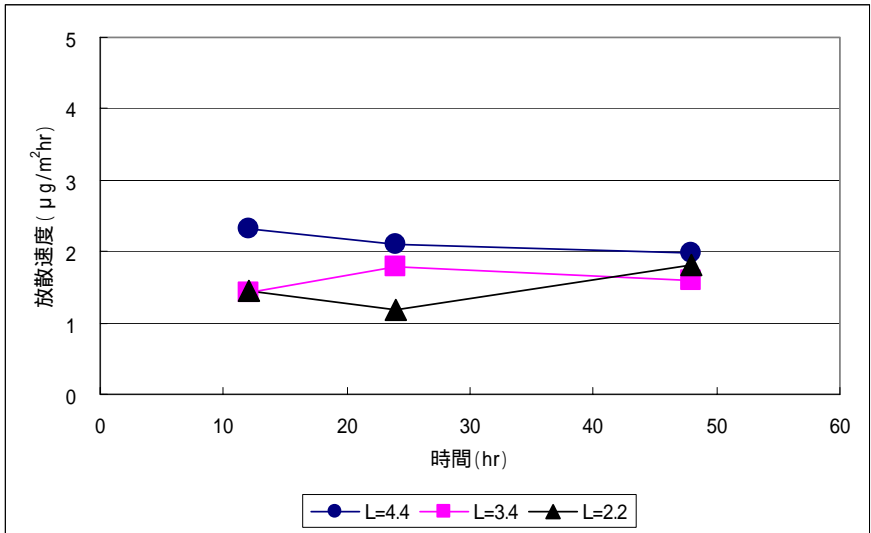


図 3-24 . 式から計算した放散速度 (静置)

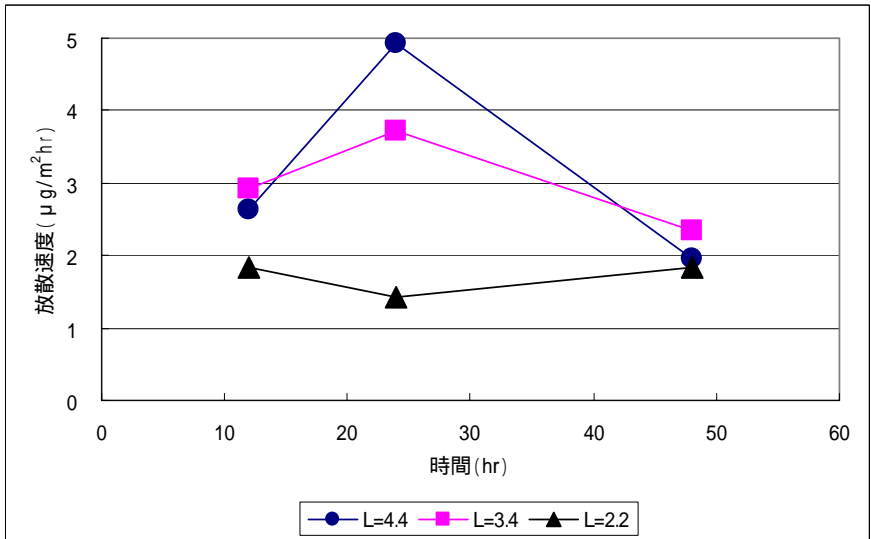


図 3-25 . 式から計算した放散速度 (攪拌)

(5) 4 L バケツ内のトルエン濃度からの放散速度の算出

3.3.6 より、密閉容器中の試験体からのトルエンの放散に伴う 4 L バケツ内濃度 (バケツ内空気攪拌下で試料負荷率 4.4 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>時の値) から、これを 4 L 容積当たりに換算した値を表 3-17 に示す。

表 3-17 4 L バケツ内のトルエン量

	5 時間後	24 時間後	48 時間後	312 時間後	
トルエン濃度 (μg/m <sup>3</sup> )	403	1987	3261	1283	(測定値)
トルエン量 (μg/4 L)	1.6	7.9	13.0	5.1	(換算値)

そこで、表 3-17 にある 4 L バケツのトルエン気中濃度変化を図 3-26 に示す。

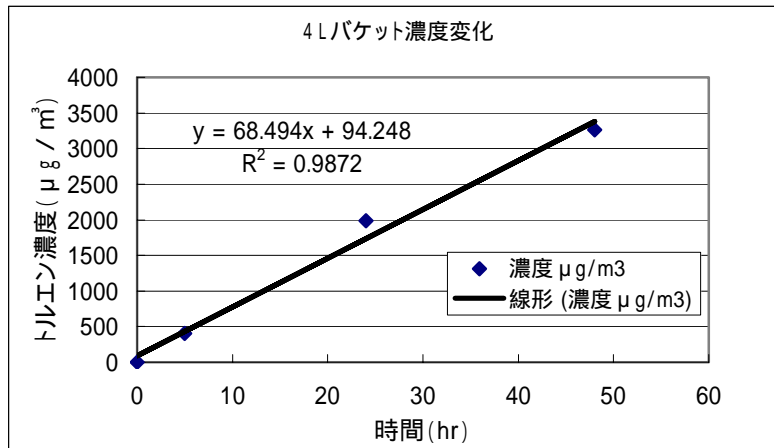


図 3-26 バケツ内のトルエン濃度変化

このバケツ内のトルエン濃度について、一次回帰式を求めると

$$y = 68.494x + 94.248 \quad R^2 = 0.9872$$

となり、非常に高い相関係数を持つ一次回帰式が導かれた。

これは、密閉されたバケツ内で試験体からのトルエン放散によるその気中濃度変化は、4 8 時間まで図 3-12 に示すように、一次回帰することが可能であり、試験体からのトルエン放散速度が一定と考えてもよいと思われる。

表 3-16 と表 3-17 から試算してみると、今回の試験では、試験体より放散されたトルエンのうち、2 4 時間放置後では 8 ~ 9% 程度、また 4 8 時間放置後では 13 ~ 15% 程度が、捕集管に捕集されている。

密閉容器中の t 時間後の気中濃度 C は

$$C = E \times A \times t / V$$

$$E = C \times V / (A \times t) = (C / t) \times (V / A)$$

$$K = C / t \text{ とすれば}$$

$$E = K \times (V / A)$$

E : 放散速度 (  $\mu\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$  )

V : バケツ容積 (  $0.004 \text{ m}^3$  )

A : 試験体の表面積 (  $0.018 \text{ m}^2$  )

C : t 時間後のトルエン濃度 (  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  )

K : 図 3-26 の一次回帰式の傾き (  $68 \mu\text{g} / \text{m}^3 \cdot \text{h}$  )

よって、 $E = 68 \times 0.004 \div 0.018 = 15.1$  (  $\mu\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$  )

一方、表 3-5 に示す小形チャンバー法による測定結果をもとに、次式

$$E = C \times n / L F$$

E : 試験体の VOC 放散速度 (  $\mu\text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$  )

C : バケツ内濃度 (  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  )

n : 換気回数 (回 / hr)

LF : 試料負荷率 ( $\text{m}^2 / \text{m}^3$ )

で、放散速度を算出すると、表 3-18 のようになる。

表 3-18 小形チャンバー法での試験体からのトルエン放散速度

条件	チャンバー出口濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	換気回数 (回/hr)	資料負荷率 ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	放散速度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{hr}$ )
1日目	86.4	0.5	2.2	19.6
3日目	72.3	0.5	2.2	16.4
7日目	49.8	0.5	2.2	11.3

\* チャンバー出口濃度は、2回測定の平均値を使用。

以上の試算結果では、密閉系としての4Lバケツでの放散速度と小型チャンバー法による放散速度が概ね一致している。

これは、所定時間ごとに5ccのシリングでサンプリングし、VOCアナライザーにて測定する方法も、先述の理論計算で推定された、今回の試験におけるVOC放散挙動は、捕集管にVOC吸収を考慮しない理論式のほうがよく一致している、という点からも、簡易測定法として検討しうる余地があることを示唆しているように思える。

#### (6) 捕集管の性能値をもとにしたVOC放散速度

前節で考察したように、測定期間中捕集管を保持した4Lバケツ内では、捕集管が一定の吸収係数でトルエンを捕集するため、対流によるわずかな流れが生じているとみなせる。そこで、フレッシュエアーを一定の流量で流し込みながら測定を行う小形チャンバー法(JIS A 1901)と、この4Lバケツ内は同じ開放系にみなせるとして、4Lバケツと小形チャンバー法による測定結果の比較を試みる。

ガステック社より提供を受けた捕集管の性能は、表 3-19 に示すとおりである。

表 3-19 パッシブサンプラーの性能

サンプラー	捕集速度 mL/min.	UP TAKE RATE Ng/ppb/h	VOC 吸収速度 $\text{m}^3/\text{hr}$
GASTEC-CMS	13.8	3.12	0.0008280
スベルコ VOC-SD	47.7	10.77	0.0028596

このサンプラー性能と試験結果から、バケツ内の積算流量とバケツ内のトルエン濃度を求めると表 3-20 のようになる。

表 3-20 バケット内積算流量とトルエン濃度

条件	捕集量 ( $\mu\text{g}$ ) (表 3-16)	捕集速度 (mL/min)	放置時間 (min)	積算流量 (L) ×	バケット内濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) × 1000 ÷
24hr 静置	0.60	13.8	1440	19.9	30.2
24hr 攪拌	0.69	13.8	1440	19.9	34.7
48hr 静置	1.65	13.8	2880	39.7	41.3
48hr 攪拌	1.91	13.8	2880	39.7	48.1

この積算流量を相当換気量とすると、24時間後の4Lバケット内の見かけ上の換気回数は  $19.9\text{L} / (4\text{L} \times 24\text{hr}) = 0.21$  回/hr となる。

この見かけ上の換気回数をもとに各条件下の試験体からのトルエンの放散速度を、前項で示した式  $E = C \times n / L F$  にて算出すると表 3-21 のようになる。

表 3-21 4Lバケットでの試験体からのトルエン放散速度

条件	バケット内濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	換気回数 (回/hr)	試料負荷率 ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	放散速度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{hr}$ )
24hr 静置	30.2	0.21	4.4	1.44
24hr 攪拌	34.7	0.21	4.4	1.66
48hr 静置	41.3	0.21	4.4	1.97
46hr 攪拌	48.1	0.21	4.4	2.30

表 3-21 と表 3-18 を比較すると、4Lバケットで得た放散速度は、小形チャンバー法で得たそれよりも1桁小さく示されている。

これは、先述の理論計算で推定された、「今回の試験におけるVOC放散挙動は、捕集管にVOC吸収を考慮しない理論式のほうがよく一致している」ことから捕集管の性能に影響されないこと、したがって、バケット内濃度計算に用いた捕集速度 13.8mL/min の値を用いているためによるものと考えられる。

今回の試験のような希薄なVOC濃度における放散挙動を問わず捕集管のサンプリングレートを見出すことが必要である。

### 3.4.2 試料負荷率およびバケット内攪拌有無の影響

本試験では、4Lバケット内への試験体を保持する際の試料負荷率およびバケット内の空気攪拌の有無による影響について試験を行った。その結果は表 3-10、表 3-11、表 3-16 に示している。

この測定値をもとに改めてグラフにすると、図 3-27、図 3-28、図 3-29、図 3-30 となる。

試料負荷率の影響については、図 3-27 示すように、試験体をバケット内に静置した場合は、初期捕集量は試料負荷率  $4.4\text{m}^2/\text{m}^3$  が若干大きいのが、48時間経過で同程度となっている。



それぞれの試料負荷率について、一次回帰式を求めると同じ傾きを持つ相関の高い一次回帰式を得た。

これは、バケット内に試験体を静置した場合には、捕集管へのトルエンの吸収係数にほとんど差がなく、試料負荷率が高い方がその分バケット内のトルエン濃度が高いため、捕集初期に若干高い捕集量となったと考えられる。

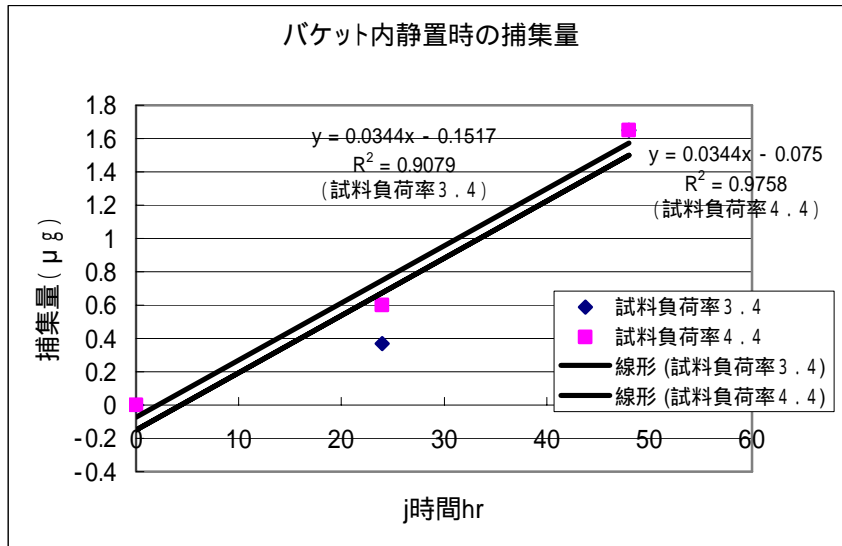


図 3-27 バケット内静置時、試料負荷率の違いによるトルエン捕集量

また図 3-28 示すように、バケット内を攪拌しての試験体保持状態では、24 時間時点で試料負荷率による捕集量に大きな差は認められない。これは、試料負荷率が高いほど試験体からのトルエンの放散量は大きい故であり、且つ、図 3-26 で示されるように試験体からのトルエンの放散は一定速度でなされていることを考慮すれば、バケット内の攪拌が捕集管へのトルエン捕集に効果をもたらしていると考えられる。

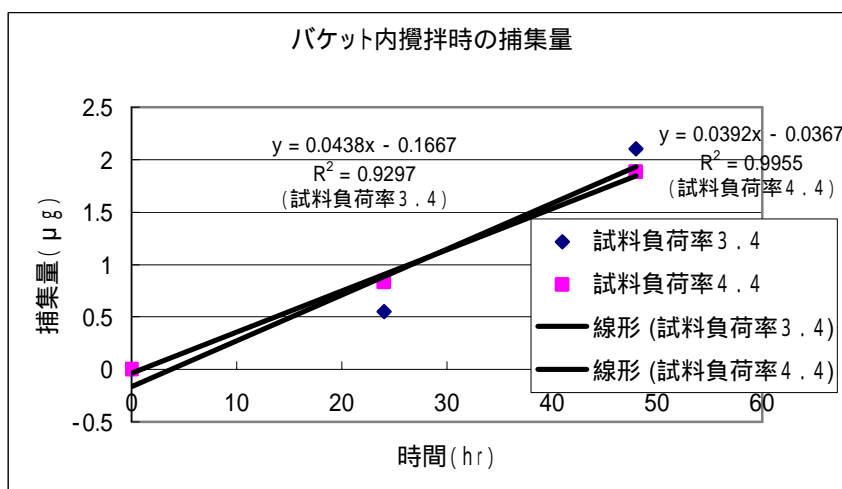


図 3-28 バケット内攪拌時、試料負荷率の違いによるトルエン捕集量

バケツ内攪拌有無の影響については、図 3-29、図 3-30 に示すように、試料負荷率が、 $4.4 \text{ m}^2/\text{m}^3$  および  $3.4 \text{ m}^2/\text{m}^3$  いずれの場合も、攪拌時の捕集量が静置時のそれよりも大きめに  
出ている。また、バケツ内攪拌状態にて試験体を保持した場合は、静置状態に比し、  
48 時間時点で若干トルエンの捕集量が大きくなっている。

それぞれについて、一次回帰式を求めると、いずれも高い相関で一次回帰式が導かれる。  
そして、試料負荷率のいずれの場合にも、攪拌時の回帰式の傾きが少し大きく、捕集管に  
よる捕集がバケツ内の攪拌によって大きくなることを裏付けている。

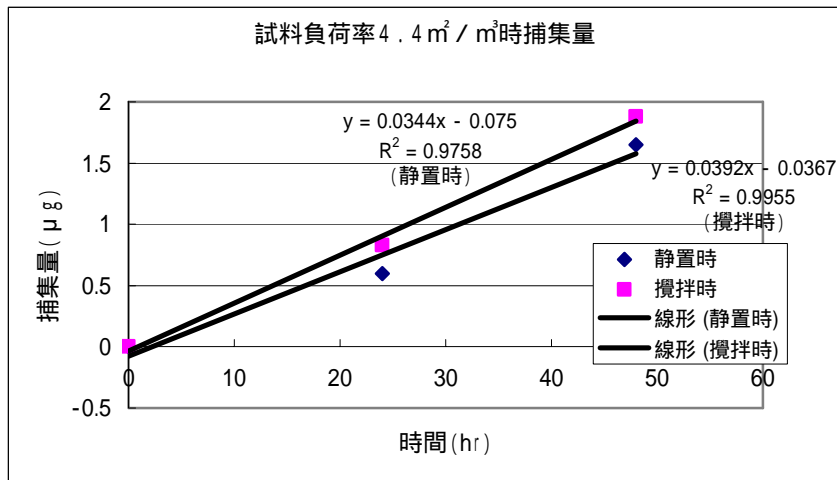


図 3-29 試料負荷率  $4.4 \text{ m}^2/\text{m}^3$  時、バケツ内攪拌有無によるトルエン捕集量

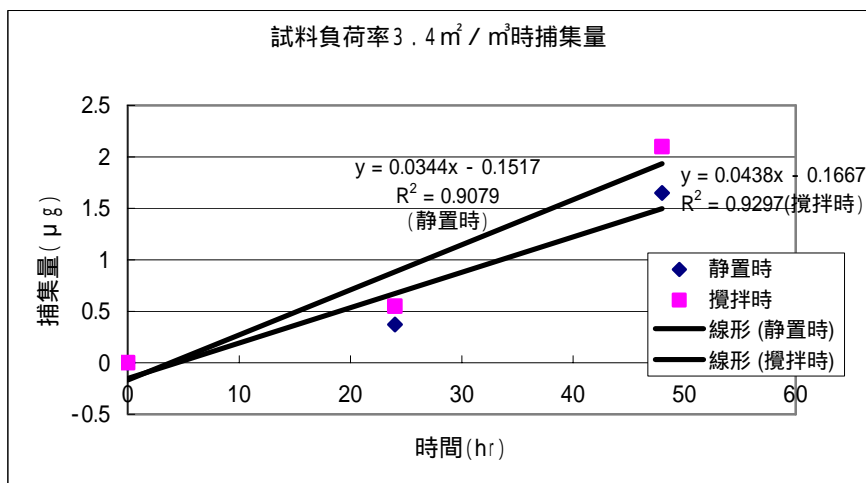


図 3-30 試料負荷率  $3.4 \text{ m}^2/\text{m}^3$  時、バケツ内攪拌有無によるトルエン捕集量

すなわち、一定の放散速度で放散される試験体からのトルエンが、バケツ内で生じる濃度勾配を攪拌によって軽減し、捕集管により効率よく捕集されていることを示すものと考えられる。

したがって、確立を目指す 4 L バケツによる簡易測定法としての測定精度を高めることも考慮すれば、本試験結果から、試料負荷率は大きめに、バケツ内雰囲気攪拌することが結果に好影響をもたらすことが示唆される。

### 3.4.3 捕集管差し込み深さの影響

4 Lバケツ内に試験体を静置した状態で、バケツ内への捕集管の差し込み深さを変えたトルエンの放散測定では、差し込み深さが深くなるほど、捕集量が増大した。(図 3-5,6)

すなわち、捕集管が試験体に近くなるほど、値が大きくなっており、これはバケツ内部にトルエンの濃度勾配ができていることを示唆している。

本試験では、一定の放散速度でトルエンを放散する試験体をバケツ内に静置しており、捕集管の位置より低い所からトルエンが経時的に放散されている。そして、トルエンの比重が空気のそれよりも大きいことも考慮すれば、内部でのトルエン濃度勾配は生じ得ることであり、試料負荷率が大きくなれば、トルエンの放散量も増大し、その濃度勾配も大きくなることが考えられる。

したがって、捕集管 GASTEC CMS の吸着性能を考慮しつつ、試料負荷率や内部攪拌の影響を加味して、最適な差し込み深さの検討が必要である。

### 3.4.4 捕集管への吸着剤の充填量

本試験に用いた捕集管 GASTEC CMS には、通常 100mg の吸着剤が充填されている。これを増量した場合、その捕集量に測定精度を高める効果が期待できる場合も考えられる。そこで、この充填量を 300mg と増量した場合についての測定を行ったが、図 3-6 あるいは図 3-31 に示すように、捕集量には吸着剤量に比例した増大は見られなかった。

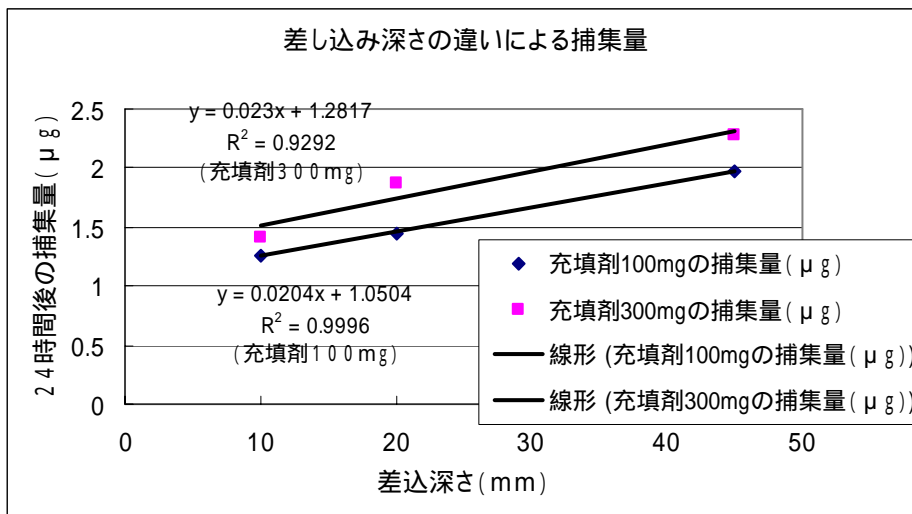


図 3-31 吸着剤充填量の異なる捕集管の差込深さと捕集量

これは、捕集管の構造とも関連し、吸着口が一定面積であり、吸着剤の内部へのトルエンの拡散速度や、捕集管の内部での吸着剤吸着面の分布の影響が見られるものと思われる。

また、ガステック社より提供された捕集管 GASTEC CMS に関する、充填量の違いによる捕集量の違いに関するデータ (図 3-32) では、100mg 充填の捕集管は単位時間当たりの捕集量は低い安定しており、300mg 充填の捕集管では捕集量が多いがばらつくことが示されている。

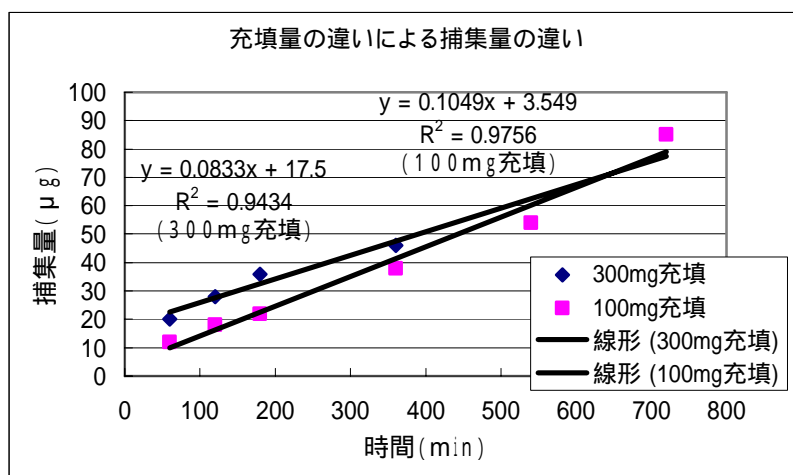


図 3-32 捕集管への吸着剤充填量の違いによる VOC 捕集量

現状の捕集管の構造では、単に吸着剤の充填量を増やすだけでは、ばらつき要因を増やすだけで効果はなさそうである。

したがって、吸着剤増量によるトルエン捕集量の増大には、捕集管の形状や吸着剤の吸着表面積が広がるような構造の検討も必要であることが示唆される。

### 3.4.5 捕集管の違いによる影響

捕集管の違いによる影響については、本試験に用いた捕集管 GASTEC CMS に加えて、スペルコ社製の捕集管 VOC-SD をトルエン放散測定に供した。

その結果は、図 3-8 に示すように、両者の間では概ね同様の吸着挙動を示した。また、4 L バケット内の試験体を静置の場合とバケット内攪拌場合を比較すると、図 3-33 および図 3-34 に示すようになる。

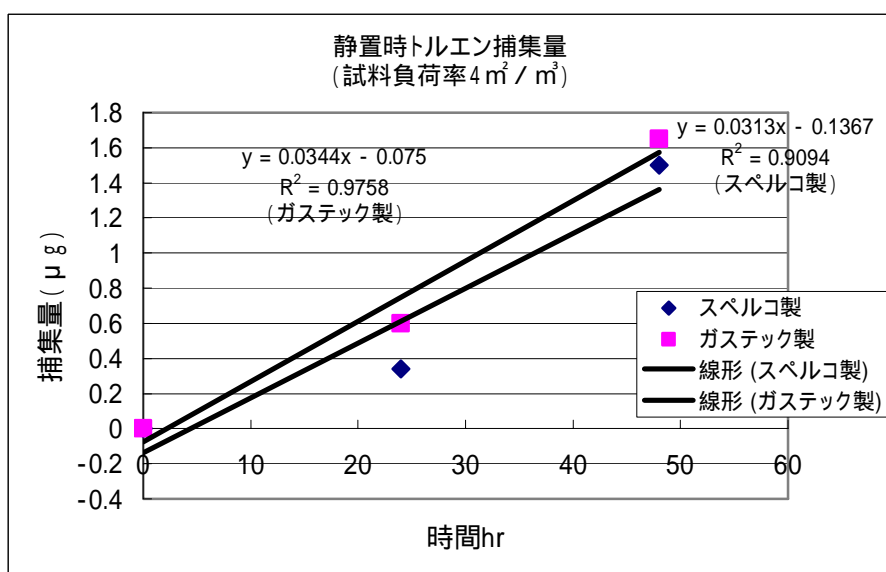


図 3-33 静置時の 2 種の捕集管のトルエン捕集量

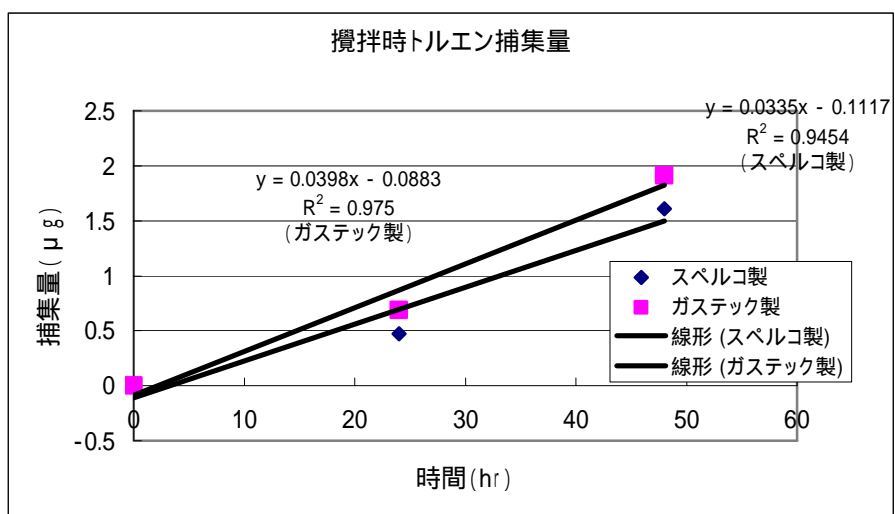


図 3-34 攪拌時の 2 種の捕集管のトルエン捕集量

すなわち、捕集管 GASTEC CMS および捕集管スペルコ VOC-SD とともに、似通った吸着挙動を示すが、攪拌時の捕集量が静置時の捕集量より若干大きく且つ、どちらの場合も GASTEC CMS がスペルコ VOC-SD より捕集量が多い。

2 種の捕集管ともに 4 8 時間程度までの捕集時間であれば一定の吸着速度でトルエンを捕集していると考えられる。

ところで、スペルコ VOC-SD による試験結果から、試験体の VOC 放散速度を試算する。すなわち、捕集結果 (表 3-14) とサンプラー性能 (表 3-19) から、バケット内のトルエン濃度を求めると表 3-22 のようになる。

表 3-22 バケット内積算流量とトルエン濃度

条件	捕集量 (μg) (表 2-19)	捕集速度 (mL/min)	放置時間 (min)	積算流量 (L) ×	バケット内濃度 (μg/m³) × 1000 ÷
24hr 静置	0.34	47.66	1440	68.6	5.0
24hr 攪拌	0.47	47.66	1440	68.6	6.6
48hr 静置	1.5	47.66	2880	137.3	10.9
48hr 攪拌	1.61	47.66	2880	137.3	11.7

この積算流量を相当換気量とすると、24 時間後の 4 L バケット内の見かけ上の換気回数は  $68.6 \text{ L} / (4 \text{ L} \times 24 \text{ hr}) = 0.71 \text{ 回/hr}$  となる。

この見かけ上の換気回数をもとに各条件下の試験体からのトルエンの放散速度を、前に示した式  $E = C \times n / L F$  にて算出すると表 3-23 のようになる。

表 3-23 4Lバケツでの試験体からのトルエン放散速度

条件	バケツ内濃度 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ )	換気回数 (回 / hr)	資料負荷率 ( $\text{m}^2 / \text{m}^3$ )	放散速度 ( $\mu\text{g} / \text{m}^2 \text{hr}$ )
24hr 静置	5.0	0.71	4.4	0.81
24hr 攪拌	6.6	0.71	4.4	1.07
48hr 静置	10.9	0.71	4.4	1.76
48hr 攪拌	11.7	0.71	4.4	1.89

この試算でも、GASTEC-CMS での結果 (表 3-21) と同様、小形チャンバー法で得た放散速度 (表 3-18) よりも 1 桁小さく示されている。また、スペルコ VOC-SD での結果が GASTEC-CMS でのそれよりも小さく出ているのは、表 3-19 にある捕集速度が実際の現象での捕集速度より大きくなっているもの考えられる。

このように捕集管の違いにより、放散速度の算出結果に差が出ることから、これら捕集管をバケツ法に適用するには、捕集管の吸着挙動の特性を理解した上で、小形チャンバー法で得られた放散速度値と相関の高い結果が得られる捕集管の選定が必要である。

この際、短時間の測定で結果を得ることや、取り扱いの利便性、分析の容易性、引いては捕集管の価格なども考慮する必要がある。

### 3.4.6 結論 (本調査研究で判明したこと)

前節までの考察での議論にて、4Lバケツ内に試験体を保持し、それから放散する VOC を捕集して、建材からの VOC 放散速度を求める簡易測定法に関する予備的検討で、概ね以下のことが判明した。

- (1) 4Lバケツ内でのトルエンは、その内部に置かれた試験体からの放散により、トルエンがバケツ内に溜まっていく。その間、バケツに保持された捕集管は、24時間或いは48時間かけてそのトルエンの一部を吸収した。今回の試験では、概ねバケツ内のトルエンの 1/10 程度を吸収している。

このバケツ内のトルエンの放散挙動は、理論式 (式) で、よく近似され、今回の試験条件では (材料からの放散が極めて少ない、且つ 48 時間程度の経過時間) においては、捕集管の VOC 吸収が無視できるとみなされる。

フラックス発生量に相当するものは、時間に比例して大きくなっており、これは理論式 (式) で示される挙動と一致している。したがって、フラックス発生量に相当するものと、放散速度との間には一次相関が認められない。

一方、理論式 (式) で計算した放散速度が、一定の値を示したことは、小形チャンバー法による放散速度との一次相関が得られることが予想される。

- (2) 今回の試験では、試料負荷率、バケツ内雰囲気攪拌の有無、捕集管のバケツ内差込深さ、捕集管への吸着剤充填量の影響、捕集管の違いについて検証を行ったが、4Lバケツによる VOC 放散挙動に関して、各要因の影響について基本的な知見を得た。

(3) 試験期間中捕集管をバケツに保持することなく、所定時間毎に 5cc のシリン  
グでサンプリングし、VOC アナライザーにて測定定量する方法による放散速度の値  
は、小形チャンバー法によるそれと概ね一致している。これは、この方法が簡易測  
定法として検討しうる余地のあることを示唆している。

#### 3.4.7 今後の課題

本調査研究では、4Lバケツを用いてのVOC放散測定に関して、予備的知見を幾つ  
か得た。これらの基礎的知見から、簡易測定法として確立する端緒を見出すことができた。

しかしながら限られた試験結果からでは、今回の試験条件下のような低いトルエン濃度  
範囲での捕集管の吸収性能や、理論式との高い整合性を確認するためのバケツ内のトル  
エンの放散挙動の再現性など不明や不確かな点があり、測定法として確立するためには更  
なる試験確認が必要である。

これら不明や不確かな点を明らかにするため、試験体作成時に用いた接着剤へのトルエ  
ンの添加量に水準を幾つかに振って、放散量の異なる試験体から放散されるトルエンのバ  
ケツ内での放散挙動や捕集管の吸収挙動を追跡するとともに、今回の試験でも取り上げ  
た要因についても再現性の確認をすることが不可欠である。

また、簡易測定法として検討しうる余地のある、所定時間ごとにバケツ内部のガス  
をサンプリングし、VOCアナライザーにて測定定量する方法も、放散量の異なる試験体  
を用いての再現性の確認と理論的裏づけを行うことが不可欠である。

## むすび

化粧板サンプルは、MDF（18 mm 厚さ、F ）を基板とし、コート紙（薄葉紙）と接着剤（エチレン酢酸ビニル樹脂系エマルジョン接着剤、トルエン 0.1%添加）を用いて熱圧成形して製作した。サンプルから所定面積の試料を作成し、小形チャンバー法で VOC 放散を測定した。トルエン放散速度は 1 日目に  $19.5 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ （放散量としては  $86.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、3 日目に  $16.4 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 、7 日目に  $11.2 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$  であった。

内容量 4 L のバケツに大きさ 11x8 cm の試料を 2 枚（試料負荷率  $4.4 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ）または 11x12.4 cm の試料 1 枚（試料負荷率 3.4 に相当）を温度 28 °C、相対湿度 50%の雰囲気中で静置または攪拌条件で、24 時間、48 時間放置したときの捕集管による VOC 捕集量を測定した。その結果、VOC 捕集量は試料負荷率 4.4 の場合、24 時間静置で  $0.4 \mu\text{g}$  程度、48 時間静置で  $2 \mu\text{g}$  程度になった。一方、上記と同様の試験内容で、5、24 および 48 時間後にバケツ内の空気をガスシリンジで 5 ml 採取し、VOC 分析計で測定した結果、この時間範囲ではトルエン濃度がほぼ時間に比例して増加すること（48 時間後で約  $3300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）がわかった。以上の実験結果を放散挙動に関する理論式を導入して考察した結果、1）捕集管はバケツに放散したトルエンの 1/10 程度を吸収しており、トルエンの放散挙動は理論式に一致し、計算された放散速度が小形チャンバー法による速度と相関が得られることが予想された。また、VOC 分析計による VOC 濃度を用いて計算される放散速度も小形チャンバー法による値と概ね一致した。建材、製品からの VOC 放散の簡易測定法としての可能性を示唆する結果であるが、放散挙動は、試料負荷率、攪拌の有無、捕集管の位置や充填剤の量などに依存することから、種々の条件での実験データを蓄積し、解析することが今後、求められる。

平成 16 年度の調査では、記号・マークによる建材等からの VOC 放散情報の表示やカタログ等へのデータ記載のガイドライン作成などが、住宅会社や建築建設事業者だけでなく一般の施主からも求められていることがわかった。17 年度以降、建材から放散するホルムアルデヒドに関する表示方法や他の業界での化学物質に関する情報開示方法について情報を収集・整理し、関連業界が共通的に使用でき、理解しやすい情報開示のルールを枠組を検討してきた。主要な建材である化粧板から放散する VOC は、基板、化粧用素材、接着剤および塗料に由来すること、これらの要因別に VOC の放散状況を把握すれば建材、さらに、建材から作成される住宅部品からの VOC 放散量を推定あるいは見積もることが可能なことが示唆された。これらのデータに基づいて、本協会では「化粧板等からの VOC 放散に関する表示規定」を策定し、平成 20 年 10 月から申請受付業務を開始した。さらに、住宅部品の VOC 放散速度基準への適合性をわかりやすく表示することを目的として、リビングアメニティ協会、キッチンバス工業会と共同で、「住宅部品 VOC 表示ガイドライン」の制定を平成 21 年 6 月に予定している。



## 引用文献

- 1 .「建材からのVOC放散速度基準」 建材からのVOC放散速度基準化研究会編  
建材試験センターホームページ 2008.4
- 2 .「建築物のシックハウス対策マニュアル」 国土交通省編  
工学図書株式会社 2003.5
- 3 .「建材から放散するVOCの自主表示制度運用に係わる基本的事項」  
建材から放散するVOCの自主表示に関する検討会編  
建産協ホームページ 2008.10
- 4 .「木材からのVOC証明・表示研究会報告書」 木材からのVOC証明・表示研究会編  
(財)日本住宅・木材技術センターホームページ 2008.8
- 5 .「室内空気質汚染対策のためのVOC自主管理規定」 日本接着剤工業会 2008.2
- 6 .「印刷シートからの4VOCの放散に関する自主表示規定」 印刷工業会 2008.6
- 7 .「繊維板・パーティクルボードの化粧板等からの4VOC放散に関する表示規定」  
日本繊維板工業会 2008.8
- 8 .「A種押出発泡ポリスチレンフォーム保温材からのVOC放散速度に関する管理規定」  
押出發泡ポリスチレン工業会 2008.9
- 9 .「全天連4VOC放散適合表示登録規定」  
全国天然木化粧合単板工業組合連合会 2008.12
- 10 .「日本プリント・カラー合板工業組合4VOC放散適合表示登録規定」  
日本プリント・カラー合板工業組合 2008.12
- 11 .「住宅部品VOC表示ガイドライン(案)」 3団体協議資料 2009.1
- 12 .「化粧板等からのVOC放散に関する表示規定」  
(社)日本建材・住宅設備産業協会 2008.4
- 13 .「化粧板等からのVOC放散に関する表示規定・審査基準」  
(社)日本建材・住宅設備産業協会 2008.4
- 14 .平成17年度国土交通省補助事業「建材から発散するVOCの各種測定法の関連性  
に関する調査研究」報告書 (社)日本建材・住宅設備産業協会 2006.3
- 15 .平成18年度国土交通省補助事業「建材から発散するVOCの情報開示に関する調  
査研究」報告書 (社)日本建材・住宅設備産業協会 2007.
- 16 .平成19年度国土交通省補助事業「設備類から発散するVOCの各種測定法の関連  
性に関する調査研究」報告書 (社)日本建材・住宅設備産業協会 2008.3
- 17 .JISハンドブック「シックハウス」2008年版 (財)日本規格協会 2008.6
- 18 .経済産業省委託調査研究  
「建材からのVOC等放散量の評価方法に関する標準化委員会・簡易測定法小部会」  
会議資料 2005
- 19 .「建材・施工材からの揮発性化合物放散検出装置」  
早稲田大学知的財産センターホームページ
- 20 .「パッシブフラックスサンプラー(PFS)を用いた解析法」  
柳沢幸雄、他 室内環境学会誌 Vol17 No2 P17 2004