

3.4.2.4 まとめ

本研究では、第2種換気システムの設置されている住宅で実態調査を行い、室内汚染物質低減効果について把握した。第2種換気システムの運転により、VOCは26.5～67.7%(Ave.=50.8%)の低減効果が示された。子供室以外の測定対象室では、機器風量を10.7～13.2(m³/h)[Ave.=11.8(m³/h)]から、24.7～30.4(m³/h)[Ave.=27.2(m³/h)]に増大させることにより、VOCは52.5～62.4%(Ave.=57.1%)の低減効果が示された。また、吹出口の設置されていないホールでは、VOC濃度の変化は示されなかった。

給気ユニット前後におけるVOC濃度測定では、59.9(μg/m³)から55.1(μg/m³)と、ほとんど変化がなく、当給気ユニットからのVOCの発生はほとんどないことが示された。

今後の課題として、数多くの事例を用いて、第2種換気システムによる室内汚染物質低減効果についての評価を行い、事例毎の定量的データを蓄積する必要がある。

3.4.2.5 謝辞

本研究を遂行するに当たり、御協力を頂いた工藤啓太君(当時東北文化学園大学卒論生)、中村寛希君(東北文化学園大学学生)、折笠智昭君(東北文化学園大学大学院)に深謝いたします。

3.4.2.6 引用文献

- 1) 吉野博、大澤元毅、桑沢保夫、池田耕一、渡辺俊行、尾崎明仁、三田村輝章：シックハウスに関連した室内空気環境の総合的調査、その1、調査の概要、日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)、pp.925～926、2002.8
- 2) 三田村輝章、吉野博、大澤元毅、桑沢保夫：シックハウスに関連した室内空気環境の総合的調査、その2、宮城県内の住宅4件における調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)、pp.927～928、2002.8
- 3) 熊谷一清、池田耕一、堀正弘、松村年朗、野崎淳夫、木村洋、飯倉一雄、吉澤晋：居住状態における住宅室内の揮発性有機化合物に関する実態調査、日本建築学会計画系論文集、第522、pp.45～52、1999.8
- 4) 野崎淳夫、大澤元毅、坊垣和明、工藤啓太：第10回(社)大気環境学会北海道支部学術集会講演要旨集、pp.40～41、2003.11
- 5) 改正建築基準法に対応した建築物のシックハウス対策マニュアルー建築基準法・住宅性能表示制度の解説及び設計施工マニュアルー、pp.3～15、pp.225～241
- 6) 建築物におけるホルムアルデヒド空気汚染の防除設計・施工に関する学会基準(案)：日本建築学会、化学物質に関するアカデミックスタンダード検討案、pp.2～29、2003
- 7) 村松学：ビル内環境の測定と記録、オーム社、pp.109～129、1978

第4章 換気システムの化学物質除去性能

3.4.3 天井懐等換気システム

野崎淳夫(東北文化学園大学)

3.4.3.1 目的と内容

従来の建築基準法は室内側の建材仕様の規制に重きを置くものであり、壁体内や天井懐に蓄積する化学物質については、全く考慮されていなかった。また、化学物質過敏症患者の住宅を調査してみると、これらの空間からの汚染物質の室内移流が疑われるケースが存在した。

壁体内、天井懐等の滞留化学物質の効果的排出により、この問題の解決が図られる可能性がある。

そこで、本研究においては開発した換気装置を実在住宅の小部屋に設置し、当該空間の滞留化学物質の排出性と室内濃度低減効果を求める実験を行ったものである。

壁体内、天井懐排気の換気装置は小屋裏に設置され、フレキシブルダクトを壁体内等の空間に配置して、当該空間からの化学物質を排出した。吸引された空気は屋根に煙突を設置し、これを通して屋外に排出した。

3.4.3.2 対象住宅の概要

測定対象住宅は、天井懐換気装置を設置したRC造3階建ての住宅である。測定は、天井懐空間と壁体内で行われた。測定対象住宅の概要を図-3.4.3.1に示す。

3.4.3.3 測定概要

1) 測定対象物質

室内における検出頻度等からVOC34成分の混合ガスを測定対象とした。

2) VOCの捕集・分析方法

- a) 固体捕集-溶媒抽出-ガスクロマトグラフ法
- b) PID方式VOCモニター(RAE Systems社製)

3.4.3.4 測定結果

壁体内・天井懐等換気装置の運転を10分間行った場合の壁体内と、天井懐空間のVOC濃度の測定結果を図-3.4.3.2に示す。また、機器運転に伴う天井懐内のVOC濃度を図-3.4.3.3に示す。

換気装置運転直後において、むしろVOC濃度は上昇するが、機器運転時間の増大に伴い壁体内、天井懐内の有効な濃度低減が示されている。

3.4.3.5 まとめ

本研究では、室内濃度低減対策として、壁体内・天井懐等換気システムの室内濃度低減効果を取上げ、検討を行った。結果として、本システムの有効性が確認できた。

3.4.3.6 壁体内・天井懐等換気システムの問題点と今後の課題

システムの有効性は高く評価できるが、冬季における内部結露問題に留意する必要がある。冬季の室内は加湿すること

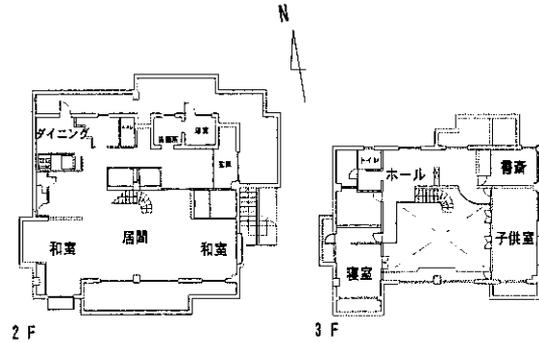


図-3.4.3.1 測定対象住宅の概要

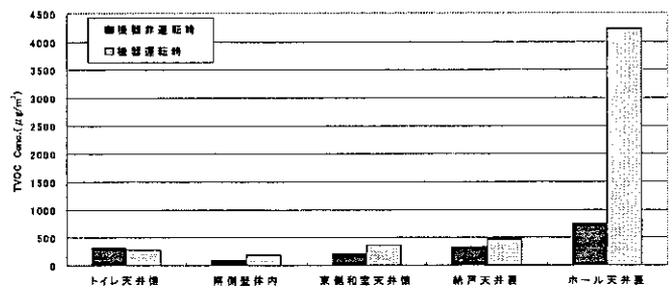


図-3.4.3.2 壁体内、天井懐空間のVOC濃度

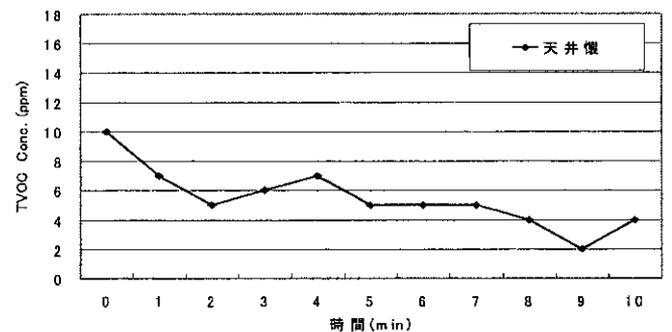


図-3.4.3.3 換気装置運転に伴う天井懐VOC濃度の変化(3F天井懐)

が多く、システムの稼動に伴い絶対湿度の高い室内空気が、壁体内などの空間へ移流することが想定される。この場合、移流空気の温度低下が結露を生じさせる可能性がある。設置コストや居住者への負担は、床下換気システムと同様である。

3.4.3.7 謝辞

本研究を遂行するに当たり、御協力頂いた浅野康明君(東北文化学園大学大学院生)に深謝いたします。

3.4.3.7 引用文献

- 1) 野崎淳夫: 建材からの発生機構、室内空気環境設計法、日本建築学会、2002年3月
- 2) 野崎淳夫、池田耕一、吉澤晋、山崎唯史: 建材(複合材)からのガス状物質発生機構、日本建築学会大会学術講演梗概集、D ii巻、pp.733~734、1999年
- 3) 野崎淳夫、池田耕一、松村年郎: 防虫剤等より発生する化学物質に関する研究、空調調和・衛生工学会学術講演論文集、ii巻、pp.513~516、2000年

第5章 光触媒利用技術の化学物質 除去性能

第5章 光触媒利用技術の化学物質除去性能

3.5.1 ホルムアルデヒド・VOC

池田耕一、柳 宇（国立保健医療科学院）

3.5.1.1 序論

1) 研究要旨

本研究では、光触媒TiO₂をコーティングしたタイルによる室内空気中のHCHO、トルエン、エチルベンゼン、キシレン濃度の低減効果をチャンバ実験により定量化した。ブラックライトによる効果が認められなかったが、光触媒と蛍光灯を用いた場合、上記4化学物質の濃度はどれも指数関数的に減衰することを明らかにした。本研究の実験条件において、物質によってその減衰速度が多少異なるが、3時間後は初期濃度から10～20%、12時間後は40～50%の減衰が確認できた。一方、光音響法のマルチガスモニタによる測定値は高速液体クロマトグラフ法またはGC-MS法による分析値に比例することを明らかにした。即ち、マルチガスモニタは相対濃度の測定器として有効で、とくに室内濃度のトレンドを把握するのに適していることが分かった。

2) 研究目的

近年、化学物質による室内空気汚染問題に社会的な注目を集めている。現代社会において室内に多種の化学物質が使用されていることはその問題の一因とされている。居住環境ではガラス、金属、タイルの極一部を除けば、室内殆ど全てのものから化学物質が放散されていると言っても過言ではない。

室内化学物質による汚染を低減するために、いろいろな試みがなされている。本研究では、以下のような観点から光触媒TiO₂をコーティングしたタイルを用いて、それによる室内空気中化学物質濃度の低減効果について実験的な研究を行った。ここでは、その結果について報告する。

- ①住宅内での使用が可能で、しかも維持管理がとくに必要としないこと。
- ②普段の生活環境で化学物質濃度の低減がはかれること。
- ③二次的な汚染物質を生成しないこと。

3.5.1.2 研究方法

1) 試験チャンバの概要

試験チャンバの大きさは、2,150 (W) 1,900 (D) 2,200 (H) である。なお、実験室内の内面はステンレスで仕上げられており、試験チャンバからの化学物質の発生がほぼないものと考えられる。

2) 評価対象化学物質

評価対象化学物質をホルムアルデヒド (HCHO) のほか、VOCに代表されるトルエン、キシレン、エチルベンゼンとした。この3種類のVOCを評価対象としたのは、厚生労働省からその指針値が示されているほか、異なる沸点、とりわけ揮発性の異なる化学物質に対する光触媒の効果を把握するためである。以下に評価対象4物質の沸点を示す。

HCHO: -21(℃)、トルエン: 110(℃)、エチルベンゼン 136(℃)、

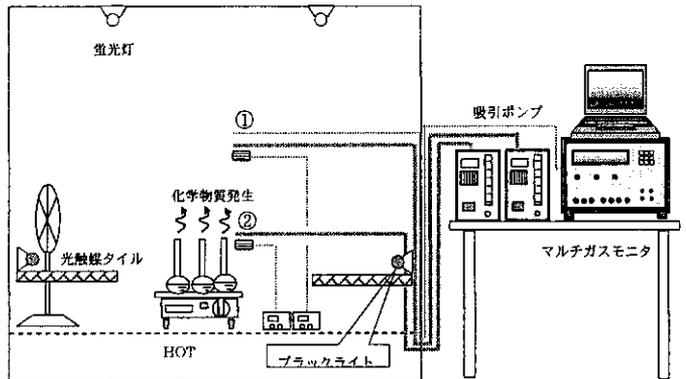


図-3.5.1.1 測定システム

キシレン: 139(℃)

3) 試験パターン

光触媒による化学物質の除去性能に関する試験を以下に示す3種類、即ち、対照区試験（以降試験1と呼ぶ）、光触媒による低減効果の確認試験（以降試験2と呼ぶ）、ブラックライトによる低減効果確認試験（以降試験3と呼ぶ）、とした。

試験1：蛍光灯

試験2：光触媒+蛍光灯

試験3：光触媒+蛍光灯+ブラックライト

試験は住宅台所での使用を想定し、試験2と試験3に9.8cm角の光触媒をコーティングしてあるタイル計84枚（計0.8m²）を用いた。図-3.5.1.1に試験チャンバと測定システムの概要を示す。試験に用いた蛍光灯は40Wの2灯、ブラックライトは10Wの2灯である。なお、何れの試験においてもチャンバ内の化学物質濃度が均一になるように、扇風機による攪拌を行った。ただし、扇風機を微風モードとし、光触媒の表面を当たらないようにした。

4) サンプルング方法

試験の手順を図-3.5.1.2に示す。最初のサンプルングを開始までに分注器にてHCHO、トルエン、エチルベンゼン、キシレンそれぞれ0.3ml、0.3ml、0.9ml、0.6mlをフラスコに注入し、HOT PLATE NP-6（柴田科学製）の上で過熱による発生を行った。チャンバ内のHCHOのサンプルングについては、ポンプAIR SAMPLER S-21（Kamya製）を用いてチャンバ内①と②の2ポイントの空気15Lを30分間でビニル製チューブを介してSep-Pak Cartridges（Waters製）各1本に捕集した（図-3.5.1.1参照）。HCHOサンプルングを行った直後、同様にCharcoal Tubes（柴田科学製）を用いてVOCの測定を行った。試験期間中チャンバ内の化学物質濃度の変化を把握するために、図-3.5.1.2に示す塗りつぶしの時間帯においてサンプルングを行った。

また、上記のサンプルングと並行して、試験期間中においてMulti-gas Monitor Type 1302（B&K製）を用いて、ポイント①の空気を連続的に測定した。以降マルチガスモニタによる方

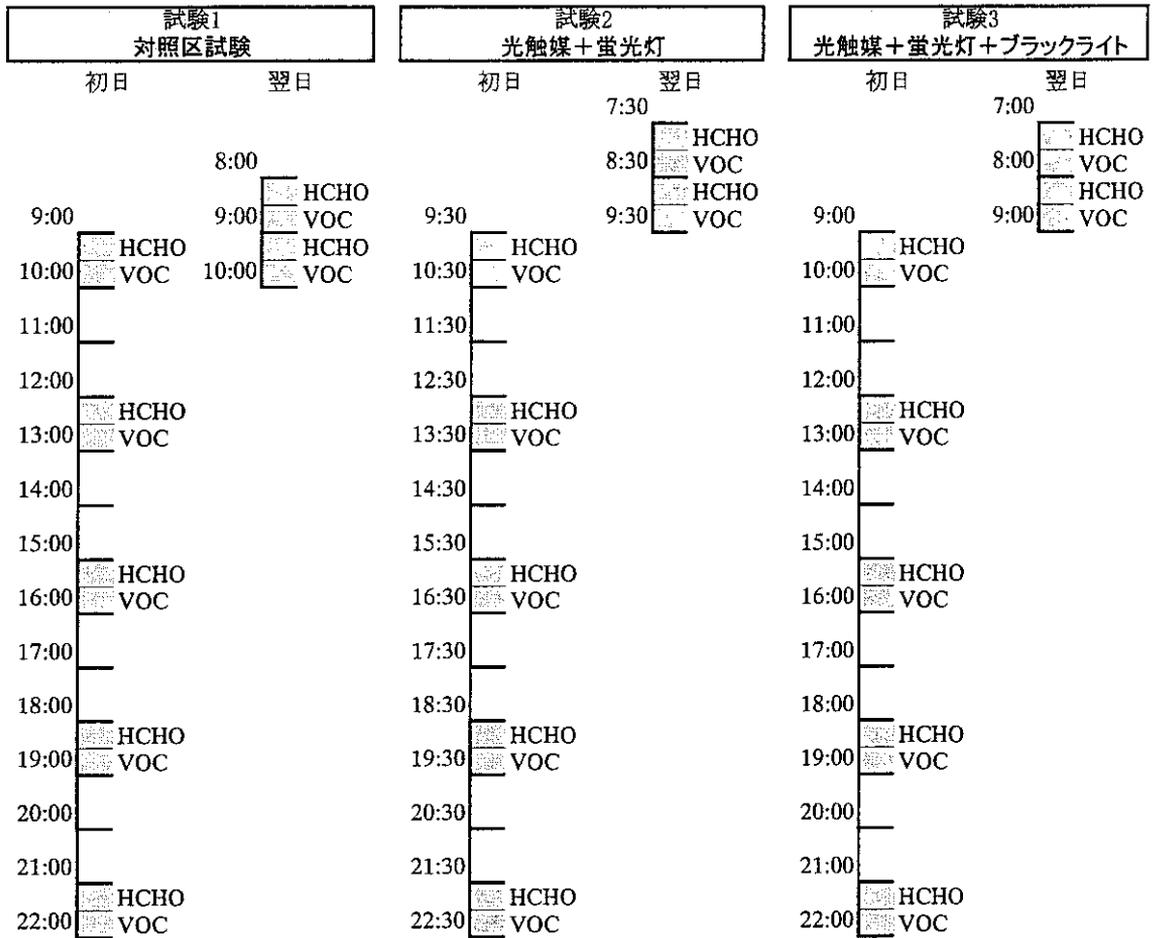


図-3.5.1.2 測定手順

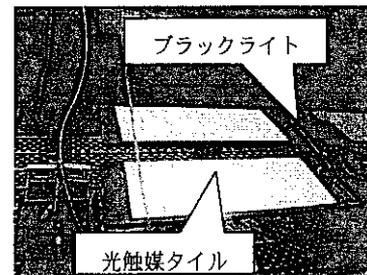
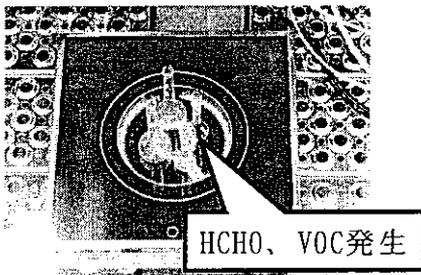


図-3.5.1.3 実験風景

法をPAS法と呼ぶ。試験中の測定風景を図-3.5.1.3に示す。

5) 分析方法

ホルムアルデヒド類はアセトニトリル抽出-高速液体クロマトグラフ法によって定量分析を行った。トルエン、エチルベンゼン、キシレンは二硫化炭素抽出-ガスクロマトグラフ質量分析法によって定量分析を行った。以降上記の方法を分析法と略す。

6) チャンバの換気回数

試験を行う前に、試験と同じ状態でチャンバの換気回数をトレーサガスSF₆の減衰法より求めた。

3.5.1.3 研究結果

1) チャンバの換気回数

図-3.5.1.4にトレーサガスSF₆の減衰法による測定した結果を示す。本チャンバの換気回数は0.1346回/hrであることを確認した。なお、この換気回数レベルは近年気密性の高い住宅の自然換気回数に相当する。

2) 温湿度

表-3.5.1.1に各試験における測定した温湿度の結果を示す。チャンバ内の温度は25℃前後、相対湿度は20～30%であった。この結果から、各試験の温湿度条件はほぼ同じであることを確認した。

3) 化学物質濃度

各試験のHCHO濃度を表-3.5.1.2、トルエン、エチルベンゼン、キシレンの濃度を表-3.5.1.3～3.5.1.5に示す。

HCHOについては、サンプリングを開始してから時間の経過と共に濃度は低くなるのが分かった。また、測定点①と測定点②の値がほぼ同じであることから、チャンバ内の混合状態がよいことが確認できた。

VOCについては、物質によっては異なるが、試験開始直後から3.5時間後までの間に濃度が横ばい或いは上昇する傾向が見られた。しかし、3.5時間後ではトルエン、エチルベンゼン、キシレンの濃度が時間の経過と共に低くなった。VOC濃度の変化特徴はHCHOと異なるのがそれらの沸点、即ち揮発性の差より解釈できる。HCHOの沸点は-19.5℃であり、HOT PLATEの加熱によりすぐ揮発する。これに対して、トルエン、エチルベンゼン、キシレンの沸点は110～139℃と比較的に高く、加熱によってすぐ全部揮発せず、残りの一部が数時間にわたって揮発するものと考えられる。

以上のような濃度変化特徴はマルチガスモニタによる測定した結果からも見受けられる(図-3.5.1.5～3.5.1.7参照)。本研究では、光触媒による化学物質濃度の低減効果は発生を止めてからのチャンバ内化学物質濃度減衰速度の差としたため、HCHOは3時間後、VOCは3.5時間後の値を用いることとした。

図-3.5.1.8～3.5.1.11のそれぞれに各試験におけるHCHO、トルエン、エチルベンゼン、キシレンの濃度減衰を示す。何れの化学物質においても試験1に比べて試験2、3の濃度減衰が速いことが分かった。一般的にブラックライトを用いれば光触媒の効果が増すとされているが、本研究の条件においてはその効果、即ち、試験2と試験3の差を確認することが出来なかつ

た。一方、試験1では物質によって多少異なるが、その減衰係数(減衰速度を表す片対数紙上の傾き)は0.1100～0.1397で、換気回数の0.1346とほぼ同じであることから、換気によるものと考えられる。

3.5.1.4 考察

前述したように光触媒による化学物質濃度の低減効果は光触媒を用いた場合の減衰係数と用いない場合の減衰係数の差より評価できる。ここでは、光触媒による化学物質濃度の低減効果を、試験2と試験1の測定値(ポイント①)から求めた減衰係数の差とした。

初期濃度を1とした場合の濃度減衰を図-3.5.1.12に示す。物質によってはその減衰速度が異なるが、例えば3時間後の濃度は初期濃度から10～20%、12時間後初期濃度から40～50%の低減が見られることが分かった。

一方、分析法による得た値と、そのサンプリング期間中のマルチガスモニタによるPAS法の平均値との相関関係を図-3.5.1.13～3.5.1.14に示す。両者間に比例関係にあることを明らかにした。即ち、マルチガスモニタは相対濃度として有効で、室内化学物質濃度のトレンドを把握するのに適していることが分かった。

3.5.1.5 結論

本研究では、住宅内の使用を想定し、光触媒をコーティングしたタイルによるホルムアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン濃度の低減効果に関する実験的な研究を行った。

以下に実験結果から得られた主な結論を示す。

1) 光触媒をコーティングしたタイルと普通の蛍光灯を用いた場合、室内化学物質の濃度は指数的に減衰することを明らかにした。物質によってはその減衰速度が多少異なるが、3時間後10～20%、12時間後40～50%の減衰が図られる。

2) PAS法による測定値は分析法による測定値に比例することを明らかにした。即ち、マルチガスモニタは相対濃度の測定機として有効で、とくに室内濃度のトレンドを把握するのに適していることを明らかにした。

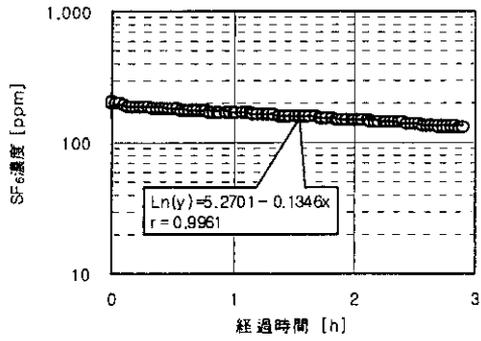


図-3.5.1.4 換気回数の測定結果

表-3.5.1.1 温湿度の測定結果

試験	測定場所	温度 [℃]		相対湿度 [%]	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1	①	24.8	0.2	29.5	2.5
	②	24.4	0.2	31.4	2.6
2	①	25.2	0.4	20.4	3.0
	②	25.1	0.6	21.5	3.0
3	①	25.1	0.7	20.8	3.6
	②	26.9	1.2	19.1	2.7

表-3.5.1.2 HCHOの測定結果

経過時間 [hr]	サンブラID	HCHO ug/m ³	経過時間 [hr]	サンブラID	HCHO ug/m ³	経過時間 [hr]	サンブラID	HCHO ug/m ³
0	1-1-①	6100	0	2-1-①	7300	0	3-1-①	7400
	1-1-②	6000		2-1-②	7500		3-1-②	7300
3	1-2-①	3900	3	2-2-①	5700	3	3-2-①	5000
	1-2-②	4000		2-2-②	5700		3-2-②	5100
6	1-3-①	2400	6	2-3-①	3000	6	3-3-①	3000
	1-3-②	2400		2-3-②	3100		3-3-②	2900
9	1-4-①	1500	9	2-4-①	1600	9	3-4-①	1800
	1-4-②	1500		2-4-②	1500		3-4-②	1700
12	1-5-①	1100	12	2-5-①	940	12	3-5-①	1000
	1-5-②	1100		2-5-②	880		3-5-②	1100
23	1-6-①	270	21.5	2-6-①	190	22	3-6-①	190
	1-6-②	260		2-6-②	190		3-6-②	180
24	1-7-①	250	22.5	2-7-①	150	23	3-7-①	140
	1-7-②	250		2-7-②	150		3-7-②	120

表-3.5.1.3 試験1におけるVOCの測定結果

経過時間 [hr]	サンブラID	トルエン ug/m ³	エチルベンゼン ug/m ³	キシレン ug/m ³
0.5	1-1-①	6600	4300	2600
	1-1-②	6600	3800	2200
3.5	1-2-①	6600	8200	4700
	1-2-②	6400	7500	4300
6.5	1-3-①	3900	4400	2800
	1-3-②	3700	3900	2400
9.5	1-4-①	2900	3000	1800
	1-4-②	2600	2500	1400
12.5	1-5-①	2000	2200	1200
	1-5-②	1800	1800	950
23.5	1-6-①	370	570	230
	1-6-②	350	530	220
24.5	1-7-①	360	890	430
	1-7-②	340	780	360

表-3.5.1.4 試験2におけるVOCの測定結果

経過時間 [hr]	サンブラID	トルエン ug/m ³	エチルベンゼン ug/m ³	キシレン ug/m ³
0.5	2-1-①	5700	3400	1900
	2-1-②	5900	3500	1900
3.5	2-2-①	6900	10000	5500
	2-2-②	6200	8100	4400
6.5	2-3-①	3800	5800	3600
	2-3-②	3300	4700	2900
9.5	2-4-①	2100	3600	2300
	2-4-②	1800	2700	1600
12.5	2-5-①	1100	1700	860
	2-5-②	990	1,400	680
22	2-6-①	180	460	180
	2-6-②	170	390	150
23	2-7-①	150	590	260
	2-7-②	140	560	240

表-3.5.1.5 試験3におけるVOCの測定結果

経過時間 [hr]	サンブラID	トルエン ug/m ³	エチルベンゼン ug/m ³	キシレン ug/m ³
0.5	3-1-①	6600	3800	2300
	3-1-②	6200	3000	1600
3.5	3-2-①	5700	6600	4300
	3-2-②	5200	5400	3400
6.5	3-3-①	3400	4300	2900
	3-3-②	3100	3600	2300
9.5	3-4-①	2100	2700	1700
	3-4-②	1800	2100	1200
12.5	3-5-①	1300	1800	940
	3-5-②	1200	1600	810
22.5	3-6-①	150	310	120
	3-6-②	140	260	100
23.5	3-7-①	120	460	200
	3-7-②	100	390	170

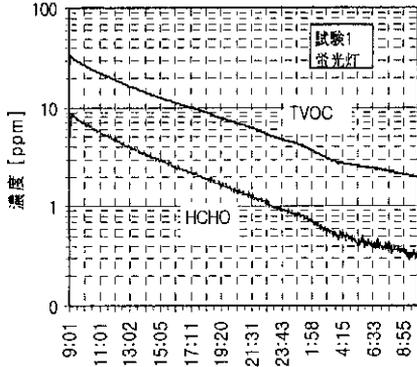


図-3.5.1.5 PAS法の測定結果(試験1)

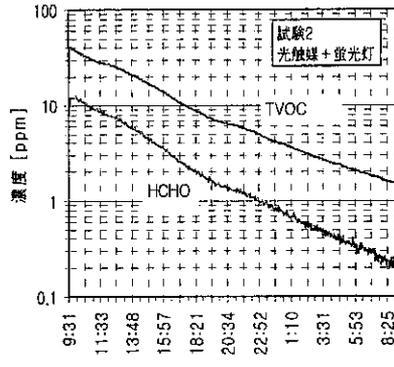


図-3.5.1.6 PAS法の測定結果(試験2)

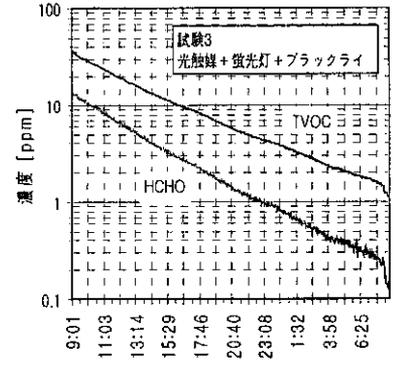


図-3.5.1.7 PAS法の測定結果(試験3)

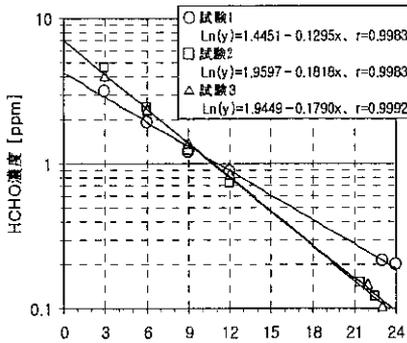


図-3.5.1.8

分析法のHCHO測定結果

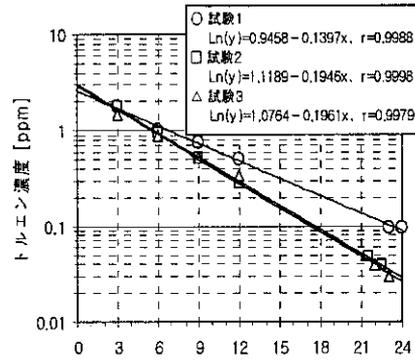


図-3.5.1.9

分析法のトルエン測定結果

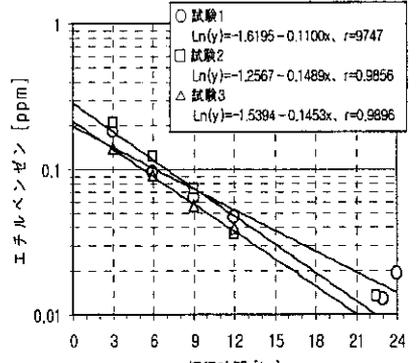


図-3.5.1.10

分析法のエチルベンゼン測定結果

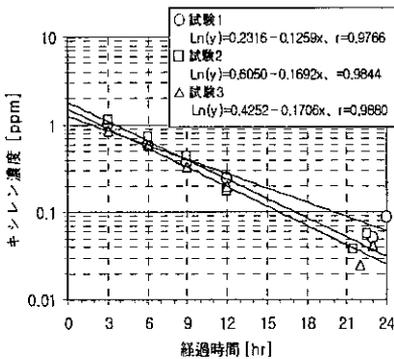


図-3.5.1.11 分析法のキシレン測定結果

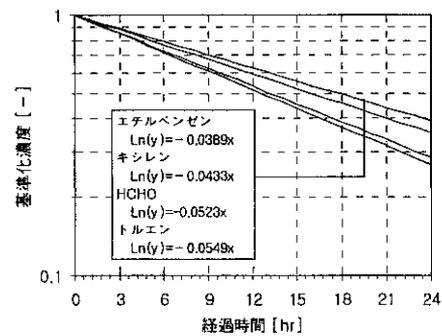


図-3.5.1.12 光触媒による化学物質濃度の低減

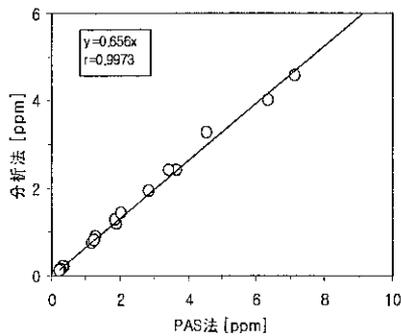


図-3.5.1.13 PAS法と分析法の比較(HCHO)

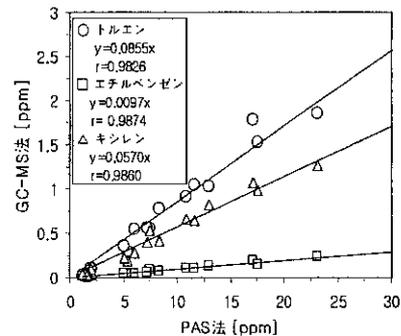


図-3.5.1.14 PAS法と分析法の比較(VOC)

第6章 塗膜剤の化学物質除去性能

第6章 塗膜剤の化学物質除去性能

要約

3.6.1 封止系塗料

野崎淳夫（東北文化学園大学）

1. 試験評価法の概要

試験評価法は、国土交通省シックハウス総プロ委員会により提案された「塗布・噴霧などによる発散速度抑制効果の標準試験法（案）」（主査：野崎淳夫）¹⁾に準拠した。

1) 試験評価システムの概要

試験評価システムと環境条件を図-1に示す。空気環境実験室に、気積65[l]の環境制御小形チェンバー（ステンレス製）を設置し、本システムを構築した。

2) 試験体の作成

塗布剤（Paint）は、セラックを含有する酒精塗料と、特殊ポリマーを含有する水性エマルジョン塗料を対象とした。

試験体は、試料負荷率 $2.2 \pm 0.2 [m^2/m^3]$ となるように合板（同一ロット、等級：F☆）を切断し、塗布剤を塗布した対策建材（塗布剤+合板）と塗布しないブランク建材（合板）を用いた。これらの試験体は、アルミ箔等による木口等の被覆処理は行っていない。作成された試験体の概要は、表-1に示される。

3) 試験評価法

a) 試験手順

試験の手順として、まず、小形チェンバー内の洗浄と換気を行った。次に、チェンバー内に試験体を挿入し、その1、3、7日後におけるアルデヒド類とVOCのチェンバー内濃度を測定した。

アルデヒド類はDNPHカートリッジに捕集（ $0.5 [l/min] \times 180 [min]$ ）し、溶出（アセトニトリル：5[m]）後にHPLCへ導入してアルデヒド類の分析を行った。VOCは、炭素系捕集管に捕集（ $0.05 [l/min] \times 30 [min]$ ）し、ATDによる二段階脱着後にGC/MSへ導入してVOCの分析を行った。

b) 抑制の原理と評価法

図-2に示される化学物質発生の抑制原理をもとに、(1)、(2)式から対策建材とブランク建材の化学物質放散速度を比較することにより、化学物質放散速度の抑制効果（低減率）を求めることができる。

2. 化学物質放散速度の抑制効果（低減率）

1) 塗布剤による抑制効果

対策建材（TP1～8）について、化学物質放散速度と低減率を求めた。Formaldehydeについて、図-3、4より、TP2～4（エマルジョン系）とTP5～8（セラック系）の放散速度は、ブランク建材に比較して小さく、塗布剤による抑制効果が認められた。低減率 $[R_r]$ は表-3に示す通り、エマルジョン系は15.9～67.2[%]、セラック系は18.0～80.3[%]であった。また、表-4のように、全ての試験体からAcetaldehyde、Ethanol、Tolueneの放散が確認された。

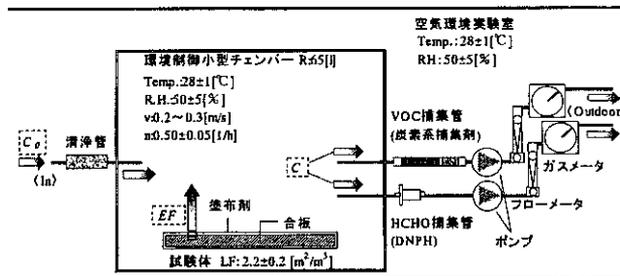


図-1 試験評価システム

表-1 試験体の概要

試験体			塗布剤 (Paint)		合板		
分類	記号	構成	分類	塗布回数 [回]	塗布量 [μ]	サイズ	等級
対策建材	TP1	Paint A+合板	アクリルエマルジョン系	3	0.054	300[mm]×220[mm]×@12[mm] {LF:2.2±0.2[m²/m³]}	F☆
	TP2	Paint B+合板			0.054		
	TP3	Paint C+合板			0.054		
	TP4	Paint D+合板			0.054		
	TP5	Paint E+合板	セラック系	3	0.036		
	TP6	Paint F+合板			0.027		
	TP7	Paint G+合板			0.062		
	TP8	Paint H+合板			0.062		
Blank		合板	-	-	-	-	-

下図のように、化学物質の抑制効果 (R_r) は、ブランク建材と対策建材の放散速度の比較により求めることができる。

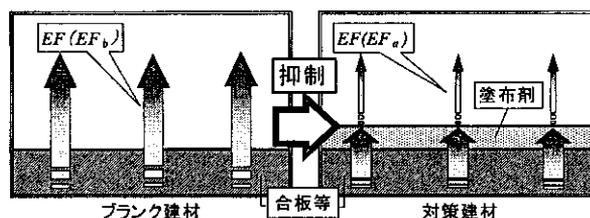


図 化学物質発生の抑制原理

評価法

化学物質放散速度は、下式(1)にチェンバー内濃度 (C) を代入して求められる。

$$EF = \frac{Q(C - C_0)}{A} \quad (1)$$

ここで、 EF : 放散速度 [$\mu g/m^2 \cdot h$]、 C : チェンバー内濃度 [$\mu g/m^3$]、 C_0 : 供給空気濃度 [$\mu g/m^3$]、 Q : 換気量 [m^3/h]、 A : 試料表面積 [m^2]とする。

さらに、上式(1)により得られた対策建材の放散速度 (EF_a) と一般建材の放散速度 (EF_b) を下式(2)に代入することで、抑制効果（低減率）が求められる。

$$R_r = \left(1 - \frac{EF_a}{EF_b}\right) \times 100 \quad (2)$$

ここで、 R_r : 低減率 [%]、 EF_a : 対策建材の放散速度 [$\mu g/m^2 \cdot h$]、 EF_b : ブランク建材の放散速度 [$\mu g/m^2 \cdot h$]とする。

図-2 化学物質発生の抑制原理と評価法

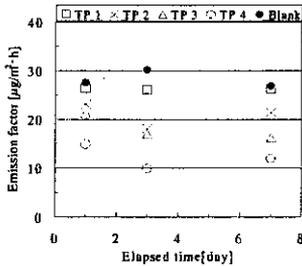


図-3 アクリルエマルジョン系封止塗料の塗布に伴う Formaldehyde 放散速度変化

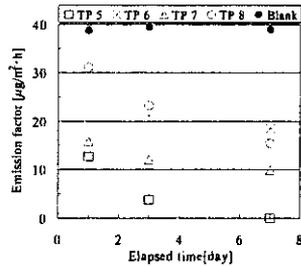


図-4 セラック系封止塗料の塗布に伴う Formaldehyde 放散速度変化

2) 試験評価法の比較

従来の試験評価法²⁾は、今回用いた試験評価法と異なり、塗布前後の化学物質放散速度の比較により低減率を求めるものである。従って、塗布・養生期間における化学物質放散速度の減衰率が評価値(低減率)に含まれる可能性がある(図-5参照)。

そこで、この評価法による低減率と総プロ案によるものを比較した。従来の試験評価法は、総プロ案よりも大きな低減率を示し(表-5参照)、抑制効果を過大評価する傾向にあるものと示唆された。

3. まとめ

塗布剤による化学物質放散速度の抑制効果についての実験室実験を行った。本研究により、以下①～③の知見が得られた。

①封止系塗料による Formaldehyde 放散速度の抑制効果が示された。

②塗布剤から、Acetaldehyde、Ethanol、Toluene の放散が確認された。

③総プロ案と従来の試験評価法による低減率の比較検討により、従来の評価法は抑制効果を過大評価する傾向にあることが示される。

4. 今後の課題

今後の課題として、抑制効果の持続性の評価、塗膜中における残存化学物質の放散の確認等が挙げられる。

5. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、御協力を頂いた浦山尚子さん(当時東北文化学園大学卒論生)に深謝致します。

6. 参考文献

- 国土交通省総合技術開発プロジェクト「シックハウス対策技術の開発」委員会：塗布・噴霧などによる放散速度抑制効果の標準試験法(案)(主査：野崎淳夫)2004年1月
- 田辺新一：改修技術の現場及び実験室における測定・評価方法の開発報告書概要、室内空気対策研究会・改修技術分科会、2000年3月

表-2 試験評価条件

試験評価条件	養生	測定
	期間[日]	1
Temp[°C]	20	28
R.H.[%]	40	50
v[m/s]	0.2	0.3
n[1/h]	3.0	0.5±0.05

表-3 封止系塗料の Formaldehyde 低減率

試験体	低減率[%]		
	Elapsed time [day]		
	1	3	7
TP1	4.55	13.7	2.34
TP2	15.9	39.8	20.1
TP3	22.8	43.6	39.7
TP4	46.0	67.2	55.1
TP5	61.5	76.5	80.3
TP6	-	39.1	42.2
TP7	54.1	58.8	59.8
TP8	18.0	34.8	48.4

表-4 試験体からの化学物質放散速度

試験体	Chemical substances	EF [μg/m²·h]			試験体	Chemical substances	EF [μg/m²·h]		
		Elapsed time [day]					Elapsed time [day]		
		1	3	7			1	3	7
アクリルエマルジョン系	Acetaldehyde	31.0	11.2	7.00	セラック系	Acetaldehyde	134	51.0	25.7
	Ethanol	166	76.5	74.3		Ethanol	1123	9324	1964
	Toluene	1.39	1.29	1.11		Toluene	1.78	1.71	1.98
	Acetaldehyde	101	18.8	10.9		Acetaldehyde	44.8	21.9	14.0
TP2	Ethanol	284	101	75.8	TP4	Ethanol	2970	6676	2020
	Toluene	2.23	1.45	1.08		Toluene	19.8	4.88	3.30
	Acetaldehyde	34.2	12.8	7.60		Acetaldehyde	15.2	11.8	9.40
TP3	Ethanol	141	74.2	64.5	TP7	Ethanol	2597	6538	2376
	Toluene	1.39	1.19	0.95		Toluene	1.12	1.14	1.99
	Acetaldehyde	42.6	13.8	9.50		Acetaldehyde	136	55.0	21.2
TP4	Ethanol	229	112	104	TP8	Ethanol	1182	11248	2324
	Toluene	1.28	1.24	1.04		Toluene	1.47	1.22	2.09
	Acetaldehyde	19.9	11.2	8.10		Acetaldehyde	8.40	6.10	4.40
Blank	Ethanol	133	75.7	53.2	Blank	Ethanol	185	17.6	35.9
	Toluene	1.22	1.29	0.92		Toluene	1.23	1.56	1.97

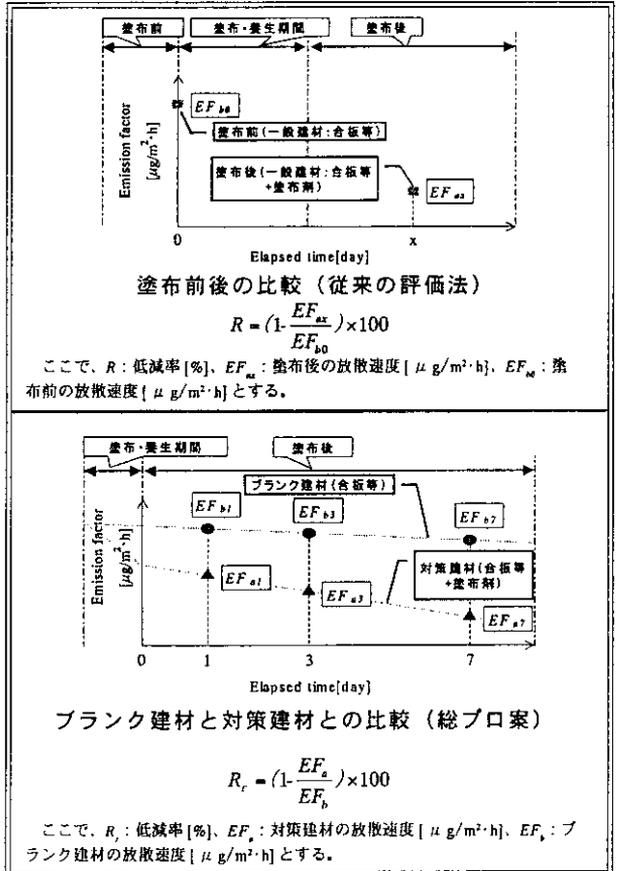


図-5 評価法の比較

表-5 評価法による低減率の比較

試験体	Elapsed time [day]					
	1		3		7	
	R	R _r	R	R _r	R	R _r
TP1	60.2	4.55	60.5	13.7	60.8	2.34
TP2	55.7	15.9	65.2	39.8	59.6	20.1
TP3	60.2	22.8	68.1	43.6	70.2	39.7
TP4	68.5	46.0	79.0	67.2	74.9	55.1
TP5	80.1	61.5	85.9	76.5	87.2	80.3
TP6	33.2	-	52.9	39.1	51.1	42.2
TP7	70.6	54.1	69.0	58.8	66.9	59.8
TP8	40.5	18.0	43.7	34.8	51.0	48.4

第6章 塗膜剤の化学物質除去性能

3.6.1 封止系塗料

野崎淳夫（東北文化学園大学）

3.6.1.1 緒言

1) 既往の研究

本研究に関連した報告として、田辺ら¹⁾は、実大実験及び実験室実験により、塗布剤（吸着、分解等）を施した建材の化学物質放散速度を求めているが、その低減（抑制）効果について対策技術として適用するに至る定量的な知見は得られていない。

塗布剤等の抑制効果については、同一基準により評価され、ユーザーへの有用な情報提供が成されなければならない。汚染低減建材等の除去性能に関する試験評価法が整備されれば、その絶対的効果や相対的な評価が可能となり、居住環境に適用できる汚染低減対策の開発と確立への道が拓ける。

2) 試験評価法について

建材の化学物質放散速度に関する試験評価法について、欧米諸国では、欧州規格(ENV 13419-1²⁾, ENV 13419-3³⁾、米国材料試験協会(ASTM D 5116⁴⁾)により規格化されているものの、汚染低減建材に関する研究報告は、あまり成されていない現状にある。

我国においては、汚染低減機材について、いくつかの性能評価事業等が行われている。例えば、(財)日本建築センターでは、「室内空気中の揮発性有機化合物汚染低減建材認定基準」⁵⁾のなかで、試験評価法の提案や汚染低減対策建材の認定を行っている。また、室内空気対策研究会改修技術分科会により「改修技術の評価方法/複数の小型チェンバー利用による測定方法(案)」¹⁾が提案されている。さらに、(財)ベターリビングでは、「化学物質放散量低減材料・気中濃度低減対策機材性能証明試験要領」⁶⁾に基づいて、機材等の化学物質低減化に関する性能証明事業を実施している。

これらの試験評価法は、JISの小形チャンバー法⁷⁾に基づいており、多くの部分で共通している。しかし、塗布剤等の放散速度抑制効果を示す場合、既往の評価法や性能試験法を用いて正しく表せない場合がある。

これにより、国土交通省総合技術開発プロジェクト「シックハウス対策技術の開発」委員会（以下、国土交通省シックハウス総プロ委員会）では、2003年4月に「吸着・分解の標準試験法(案)」、2004年1月に「塗布・噴霧などによる放散速度抑制効果の標準試験法(案)」⁸⁾⁹⁾として新たな試験評価法を提案した。

3) 研究の目的

近年、ホルムアルデヒドやVOCの低減を目的とした封止系塗料が市販されているが、試験評価法が整備されていないことから、現状において塗布剤の客観的性能評価は行われていない。そこで、本研究では、前述の「塗布・噴霧などによる放散速

表-3.6.1.1 建築材料の仕様区分

告示で定める建築材料 名称	対応する規格	ホルムアルデヒド の放散速度	大臣認定を受けた建築材料	内装の仕上 げの制限
第1種ホルムアルデヒド 放散建築材料	JIS、JASの旧E ₁ 、F ₀₂ 相当、無等級	0.12mg/m ³ h ² 超	第20条の5第2項の認定(第2種ホルムアルデヒド放散建築材料とみなす)	使用面積を 制限
第2種ホルムアルデヒド 放散建築材料	JIS、JASのF☆☆	0.02mg/m ³ h ² 超 0.12mg/m ³ h ² 以下		
第3種ホルムアルデヒド 放散建築材料	JIS、JASのF☆☆☆	0.005mg/m ³ h ² 超 0.02mg/m ³ h ² 以下	第20条の5第3項の認定(第3種ホルムアルデヒド放散建築材料とみなす)	制限なし
規制対象外建築材料	JIS、JASのF☆☆☆☆	0.005mg/m ³ h ² 以下	第20条の5第4項の認定	

*測定条件:温度26℃、相対湿度50%、ホルムアルデヒド濃度100μg/m³(指針値)

表-3.6.1.2 木質材料*の旧JASおよび改正された新JAS

表示 記号	現行 基準値(mg/L)		表示 記号	改正案 基準値(mg/L)		備考 (放散速度は下 記値以下に相 対)
	平均値	最大値		平均値	最大値	
なし	-	-	F☆☆☆☆	0.3以下	0.4以下	5μg/m ² ・h
F ₀₀	0.5以下	0.7以下	F☆☆☆	0.5以下	0.7以下	20μg/m ² ・h
F ₀₁	1.5以下	2.1以下	F☆☆	1.5以下	2.1以下	120μg/m ² ・h
F ₀₂	5.0以下	7.0以下	F☆	5.0以下	7.0以下	-

*対象品目:合板、木質系フローリング、構造用パネル、単板積層材(LVL)

度抑制効果の試験評価法(案)」に準拠し、塗布剤による化学物質放散速度の低減率(抑制効果)を求めることを目的とする。

4) 研究全体のフロー

シックハウス対策としては、汚染低減建材の適用も一つの選択肢となる。

そこで、本研究では、塗布剤に注目し、新たな試験評価法(国土交通省シックハウス総プロ委員会)による、抑制効果(低減率)を実験的に求めるものである(図-3.6.1.1参照)。

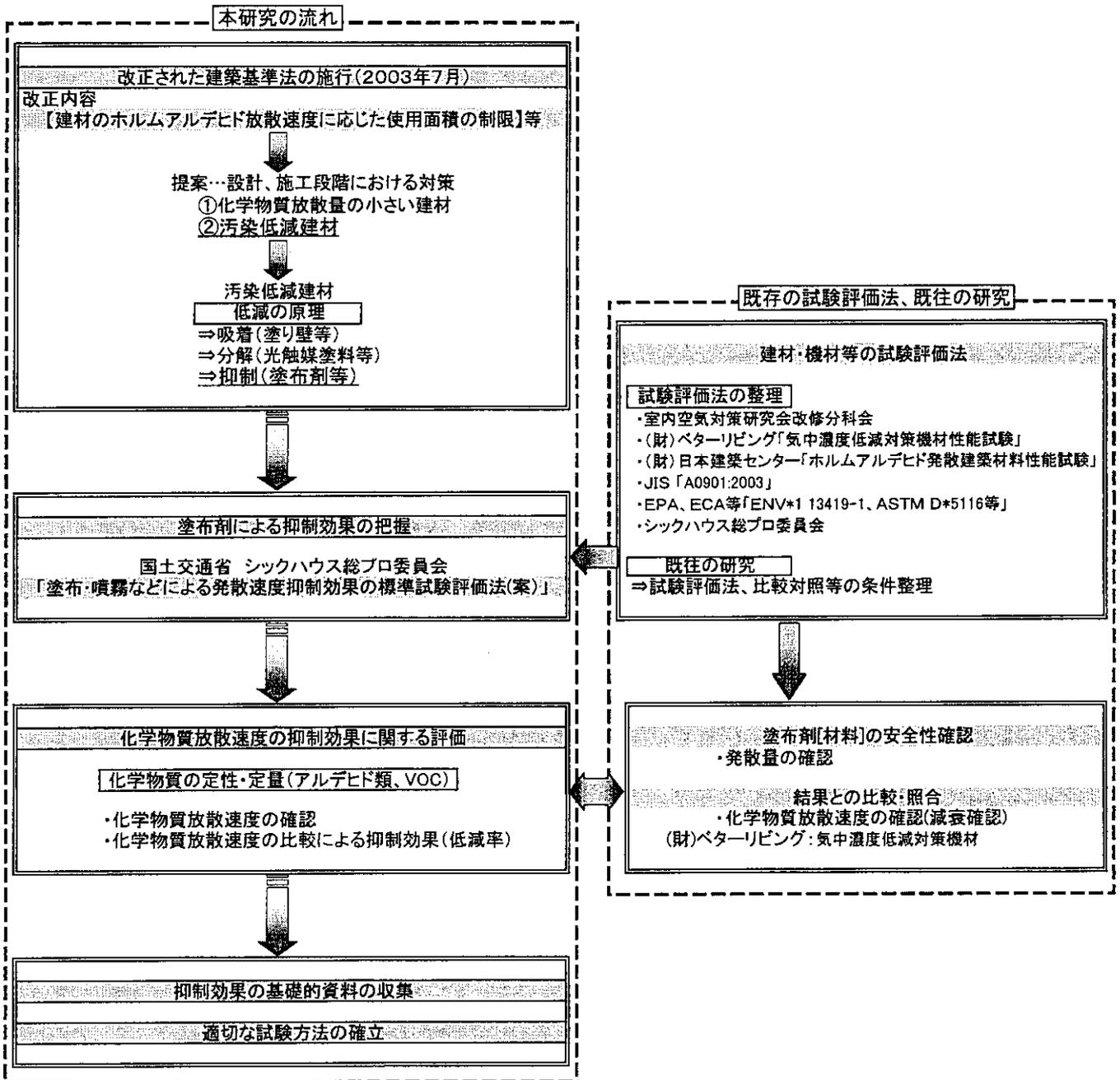


図-3.6.1.1 研究全体のフロー

3.6.1.2 試験評価の概要

試験評価法は、国土交通省シックハウス総プロ委員会による「塗布・噴霧などによる発散速度抑制効果の標準試験法(案)」に準拠したものである。

具体的な試験評価法の概要を以下に示す。

1) 試験評価システム

本研究で用いた試験評価システムを図-3.6.1.2に示す。空気環境実験室に、小形チェンバー(気積:65[l])を設置し、本システムを構築した。空気環境実験室では、外気をケミカルフィルタで処理し、清浄化して導入している。この空気を炭素系清浄管に通し、より清浄度の高い空気としてチェンバー内に導入した。

尚、空気環境実験室の環境条件は、温度:28±1[℃]、相対湿度:50±5[%]とし、小形チェンバー内の環境条件については、温度:28±1[℃]、相対湿度:50±5[%]、対流熱伝達率:3[W/m²K]以下、換気回数:0.5±0.05[1/h]とした。

2) 試験評価対象物質

本研究では、試験評価法(案)※1)に示されている化学物質を試験評価対象とした。対象物質における厚生労働省の濃度指針値、主な用途と発生源、毒性指標を表-3.6.1.3に示す。

3) アルデヒド類の捕集、分析法(固相捕集-HPLC法)※2)

a) 捕集装置

捕集には、以下の装置を用いた。

- ・アルデヒド類捕集管(Waters社製、Model:Sep-Pak XPoSure、捕集剤:DNPH[2,4-ジニトロフェニルヒドラジン]シリカ)
- ・定流量ポンプ(Sibata社製、Model:MP-103T)
- ・積算流量計(Shinagawa社製、Model:DC-1)
- ・フローメーター(Stec社製、Model:AM-V080S)

b) 分析装置

分析には、以下の装置を用いた。

- ・高速液体クロマトグラフ(HPLC)(日立社製、[Pump] Model:L-7100、[Auto sampler] Model:L-7200、[Column Oven] Model:L-7300、[UV Detector] Model:L-7405)

c) 捕集・分析方法

DNPHカートリッジに、試料空気を0.5[l/min]の流量にて180[min]通気させ、アルデヒド類を捕集した。これは、試料空気中のアルデヒド類をDNPHと反応させることにより、安定なヒドラゾン誘導体として捕集するためのものである。捕集済みのDNPHカートリッジにアセトニトリルを1[ml/min]の溶出速度で5[min]滴下し、ヒドラゾン(アルデヒド類)を溶出した。この分析試料溶液をHPLCに導入し、定性、定量分析を行った。

4) VOCの捕集、分析法(固体捕集-GC/MS法)

a) 捕集装置

捕集には、以下の装置を用いた。

- ・定流量ポンプ(Sibata社製、Model:MPΣ-30)
- ・積算流量計(Shinagawa社製、Model:DC-1)
- ・炭素系捕集管(Supelco社製、炭素系捕集剤:[上流]Air toxics、[下流]Air monitoring)

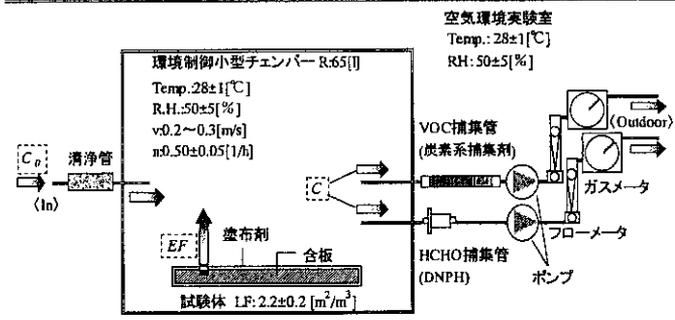


図-3.6.1.2 試験評価システムの概要

表-3.6.1.3 試験評価対象物質

化学物質	厚生労働省指針値	主な用途と発生源	毒性指標
ホルムアルデヒド	100 μg/m ³ (0.08ppm)	合板、パーティクルボード、壁紙用接着剤等に使用される尿素(コリア)、メラミン、フェノール系等の合成樹脂や接着剤の原料となる他、一部のノリの防霉剤や、繊維の縮み防止加工等	短期: 目の刺激、喉の炎症、流涙、呼吸器の不快感 長期: 発がん性(恐らく発がん性を示す)
アセトアルデヒド	48 μg/m ³ (0.03ppm)	接着剤、防霉剤、写真現像用の薬品、喫煙による発生	短期: 蒸気は目、鼻、喉に刺激、麻酔作用、意識混濁 長期: 直接接触による皮膚炎等
トルエン	260 μg/m ³ (0.07ppm)	接着剤や塗料の溶剤及び希釈剤、内装材等の施工用接着剤、塗料からの放散	短期: 目の刺激、喉の炎症、流涙、呼吸器の不快感 長期: 恐らく発がん性を示す
キシレン	870 μg/m ³ (0.20ppm)	接着剤や塗料の溶剤及び希釈剤、内装材等の施工用接着剤、塗料からの放散	短期: 目、気道に刺激、神経錯乱 長期: 皮膚炎、精神障害、頭痛
パラジクロロベンゼン	240 μg/m ³ (0.04ppm)	衣類の防虫剤、トイレの芳香剤等	短期: 目、気道に刺激、神経錯乱 長期: 皮膚炎、精神障害、頭痛
エチルベンゼン	3800 μg/m ³ (0.88ppm)	接着剤や塗料の溶剤及び希釈剤、内装材等の施工用接着剤、塗料からの放散	短期: 目、皮膚、気道への刺激、目眩、意識低下等 長期: 皮膚炎等
スチレン	220 μg/m ³ (0.05ppm)	ポリスチレン樹脂(FRP防水等)、合成ゴム等に含まれる高分子化合物の原料	短期: 目、鼻に刺激、眩暈、脱力感 長期: 眩暈、目眩

表-3.6.1.4 GC/MSで定性、定量可能なVOC成分

分類	VOC ^{※1)}
脂肪族炭化水素(13成分)	n-ヘキサン n-ヘプタン n-オクタン n-ノナン n-デカン n-ウンデカン n-ドデカン n-トリデカン n-テトラデカン n-ペンタデカン n-ヘキサデカン 2,4-ジメチルペンタン 2,2,4-トリメチルペンタン
芳香族炭化水素(13成分)	ベンゼン トルエン エチルベンゼン m,p-キシレン スチレン o-キシレン m,p-エチルトルエン 1,3,5-トリメチルベンゼン o-エチルベンゼン 1,2,4-トリメチルベンゼン 1,2,3-トリメチルベンゼン 1,2,4,5-テトラメチルベンゼン
ハロゲン化炭化水素(13成分)	テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、クロロホルム、1,2-ジクロロメタン クロロフォルム 1,2-ジクロロエタン 1,1,1-トリクロロエタン 四塩化炭素 1,2-ジクロロプロパン ブロモジクロロメタン トリクロロエチレン ジブromoクロロメタン p-ジクロロベンゼン
テルペン(3成分)	α-ピネン β-ピネン リモネン
エステル(2成分)	酢酸エチル 酢酸ブチル
ケトン(3成分)	アセトン メチルエチルケトン メチルイソブチルケトン
アルデヒド(2成分)	ノナール デカール
アルコール(3成分)	エタノール 2-プロパノール ブタノール

b) 分析装置

分析には、以下の装置を用いた。

- ・加熱導入装置(ATD)(Perkin Elmer社製、Model:Turbo matrix ATD)
- ・ガスクロマトグラフ/質量分析計(GC/MS)(Perkin Elmer社製、Model:Turbo mass gold)

c) 捕集・分析方法

炭素系捕集管に、試料空気を0.05[l/min]の流量にて30[min] 通気させ、VOC 捕集した。この分析試料を、ATDにより二段階脱着させた後にGC/MSへ導入し、内部標準法(内部標準物質: Toluene-d8)による定性、定量分析を行った。

尚、本捕集・分析方法にて定性、定量の可能なVOC成分^{脚注1}を、表-3.6.1.4に示す。

5) 塗布剤の概要

塗膜形成成分が特殊ポリマー(アクリルエマルジョン等)、セラックの内装仕上げ用塗料には、化学物質の抑制効果が期待できるものもある。これらの多くは、溶剤・希釈剤として水や食用のアルコールを用いており、溶剤型塗料等と比較して有害性は小さいとされている。

さらに、シックハウス対策として、事業団体による自主的な含有化学物質の目標基準値と選定基準(表-3.6.1.5、3.6.1.6、資料2)参照)が定められている。

本研究で対象とした塗布剤は、塗料に分類されるものであり、塗料本来の製品機能に化学物質の低減、除去、抑制といった機能を付加したものとされており、本塗料の概要は表-3.6.1.7に示されている。また、本塗料の一例については、写真-3.6.1.1、3.6.1.2に示す。

a) エマルジョン

エマルジョンは、界面活性剤を用いて人工的につくられたものであり、粒子間結合力が非常に大きい。生活用品の中でも化粧品、医薬品、食品等に幅広く利用されており、配合材料として使用する場合には、様々な試験によって安全性が確認されたものに限られている。

エマルジョンを含有する塗布剤は、塗膜が硬化すると水や湿気に強く、汚れにくい特徴を有する。また、使用済の容器や刷毛を水で洗浄できる等の利便性も有し、水性系のものを使用する人が多い。

しかし、低温(5℃以下)では乾燥しにくいいため、塗膜の形成過程においては周辺環境の影響を受けやすい。塗膜は、融着乾燥によって形成される(図-3.6.1.3参照)。

b) セラック

セラックとは、ラック貝殻虫が分泌する樹脂状物質を精製したものである。天然成分であるため有害性は無く、身近な使用例では、チョコレート等食品のコーティングや、医薬品の保護膜として使用されているものである。また、アルコール類にしか溶解せず、耐油性の面で優れている。

セラックを含有する塗布剤は、①速乾、不粘着性であり作業性に富む、②塗膜が硬化すると、他のものに付着しにくい利点がある。

ただし、耐熱性と耐アルコール性には劣り、用途によっては適さないものもある。塗膜は、揮発乾燥により形成される(図-3.6.1.4参照)。

表-3.6.1.5 室内用塗料の分類と仕様

種類	分類	芳香族溶剤含有量	VOC含有量	選択の考え方	塗料種類
水性塗料	W1	1%未満	0.1%未満	「化学物質化敏感症」などと診断された人に対しては完全といえるものではない。	エマルジョン塗料 VOC対策品
	W2	1%以上 5%未満	1%未満	病弱の人やアレルギー体質などの人に対しては注意して使用する必要がある。	エマルジョン塗料 一般品
	W3	5%以上	1%未満	溶剤の種類によっては内装に用いるためには注意が必要である。	エマルジョン塗料 特定品 水性塗料一般品
溶剤型塗料	S1	-	1%未満	塗装面積が少ない場合などで、居住者の承認を得た場合に限り使用する。	非水分散形塗料 2液形弱溶剤ウレタン樹脂塗料等
	S2	-	-	原則的に室内に使用することは好ましくない。外装の場合も素材への吸収や周囲への環境に注意する。	非水分散形塗料 アルキド樹脂塗料 油性塗料 ラッカー ビニル樹脂塗料 ウレタン樹脂塗料 エポキシ樹脂塗料等

■: 試験評価対象とした塗料が該当する分類

表-3.6.1.6 健康リスクに対する建築用塗料の目標基準

塗料設計条件	水性塗料	溶剤型塗料
TVOC	1%以下	-
芳香族系溶剤類	0.1%以下	1%以下
アルデヒド類	0.01%以下	0.01%以下
重金属(鉛、クロム)	0.05%以下	0.05%以下
発がん性物質 生殖毒性物質 変異原性物質	0.1%以下	0.1%以下
感作性物質	0.1%以下	0.1%以下

*平成9年4月に(社)日本塗料工業会より暫定値として示された

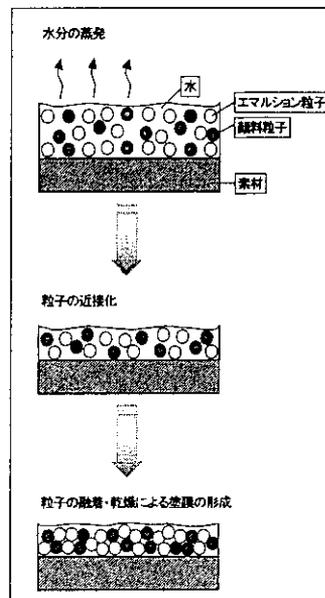


図-3.6.1.3 融着乾燥のプロセス

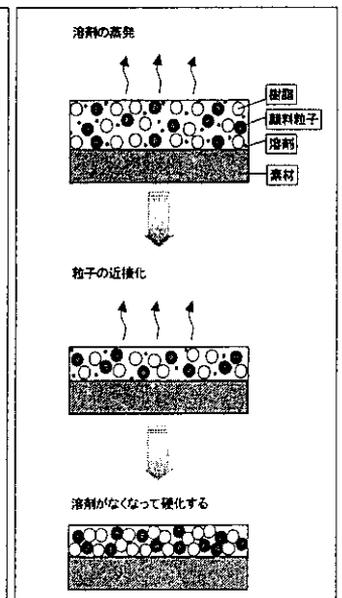


図-3.6.1.4 揮発乾燥のプロセス

脚注1: 日本の住宅等で検出頻度、検出性の高い計52成分を対象。

6) 試験体の作成

試験体の概要について表-3.6.1.8に示す。試料負荷率 $2.2 \pm 0.2 [m^2/m^2]$ となるように合板(同一ロット、等級:F☆)を切断し、塗布した対策建材(Paint+合板、写真-3.6.1.3参照)、塗布しないブランク建材(合板のみ、写真-3.6.1.4参照)を試験体として作成した。塗布は、施工マニュアルに則って行い、養生は、一定の環境条件(温度 $20 \pm 1 [^{\circ}C]$ 、相対湿度 $40 \pm 5 [%]$ 、対流熱伝導率 $2 \sim 3 [W/m^2K]$)で、24時間行った。

尚、これらの試験体には、アルミ箔などによる木口等の被覆処理を行っていない。

7) 試験評価の方法

a) 試験の手順

①小形チェンバー内のバックグラウンド濃度を低減するために、十分な洗浄と換気を行った。

②一定の環境条件(温度: $28 \pm 1 [^{\circ}C]$ 、相対湿度: $50 \pm 5 [%]$ 、対流熱伝導率: $3 [W/m^2K]$ 以下(ファンなし)、換気回数: $0.5 \pm 0.05 [1/h]$)を構築した。試験体挿入から、1、3、7日後におけるアルデヒド類とVOCのチェンバー内濃度(C)を測定した。尚、試験期間は4日間とした。

b) 放散速度の算出

測定濃度(C_0)、(C)を(1)式に代入して、化学物質放散速度を求めた。

$$EF = \frac{Q(C - C_0)}{A} \quad (1)$$

ここで、EF:放散速度 $[\mu g/m^2 \cdot h]$

C:チェンバー出口濃度 $[\mu g/m^3]$

C_0 :供給空気の濃度 $[\mu g/m^3]$

Q:換気量 $[m^3/h]$

A:試料表面積 $[m^2]$ とする。

c) 抑制効果(低減率)の評価方法

対策建材(塗布剤+合板)とブランク建材(合板)の放散速度(対策建材: EF_a 、ブランク建材: EF_b)の比較から、抑制効果(低減率)を評価できる。すなわち、(1)式により得られた放散速度を(2)式に代入することで、低減率が求められる(図-3.6.1.5参照)。

$$R_r = \left(1 - \frac{EF_a}{EF_b}\right) \times 100 \quad (2)$$

ここで、 R_r :低減率[%]

EF_a :対策建材の放散速度 $[\mu g/m^2 \cdot h]$

EF_b :ブランク建材の放散速度 $[\mu g/m^2 \cdot h]$ とする。

表-3.6.1.7 塗布剤の概要

樹脂	塗布剤	主な成分	乾燥時間	塗装面積
アクリル エマルジョン系	Paint A	・アクリルポリマーエマルジョン ・水	・初期硬化(触指可能時間):1h ・重ね塗り:4h	約8[m ² /L] (基材表面の状態や、塗る方法により変化)
	Paint B	・アクリルエマルジョン ・シリウレタン分散液 ・水	・初期硬化(触指可能時間):1h ・重ね塗り:4h	約8[m ² /L] (基材表面の状態や、塗る方法により変化)
	Paint C	・アクリルポリマーエマルジョン ・アクリルポリマー混合物 ・水 ・ジプロピレングリコールメチルエーテル	・初期硬化(触指可能時間):1h ・重ね塗り:4h	約8[m ² /L] (基材表面の状態や、塗る方法により変化)
	Paint D	・アクリルポリマーエマルジョン ・アクリルポリマー混合物 ・水 ・ジプロピレングリコールメチルエーテル ・エステルアルコール	・初期硬化(触指可能時間):1h ・重ね塗り:4h	約8[m ² /L] (基材表面の状態や、塗る方法により変化)
セラック系	Paint E	・セラック ・カステツ樹脂 ・エチルアルコール	・約20min(気温:23℃、相対湿度:60%) ・重ね塗り:約24h後 ・約20min(気温:23℃、相対湿度:60%)	無希釈10~14[m ² /L]
	Paint F	・セラック ・エチルアルコール ・トルエン油	・約20min(気温:23℃、相対湿度:60%) ・重ね塗り:約24h後	約16[m ² /L]
	Paint G	・セラック ・エチルアルコール	約1h(気温:20℃、湿度:80~70%)	1回塗り:10~15[m ² /L] 2回塗り:7~10[m ² /L] 3回塗り:5~7[m ² /L]
	Paint H	・セラック ・エチルアルコール	約1h(気温:20℃、湿度:80~70%)	1回塗り:7~10[m ² /L] 2回塗り:5~7[m ² /L]

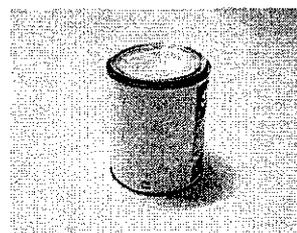


写真-3.6.1.1 塗布剤 (アクリルエマルジョン系) の一例



写真-3.6.1.2 塗布剤 (セラック系) の一例

表-3.6.1.8 試験体の概要

分類	試験体		Paint		合板		シール 工程	
	分類	記号	回数 (回)	量[l]	サイズ	等級		
対策建材	アクリル エマルジョン系	TP1	Paint A+合板	3	0.054	300[mm]x220[mm] x@12[mm]	F☆	なし
		TP2	Paint B+合板		0.054			
		TP3	Paint C+合板		0.054			
		TP4	Paint D+合板		0.054			
対策建材	セラック系	TP5	Paint E+合板	3	0.036			
		TP6	Paint F+合板		0.027			
		TP7	Paint G+合板		0.062			
		TP8	Paint H+合板		0.062			
ブランク	-	Blank	合板	-	-	-	-	

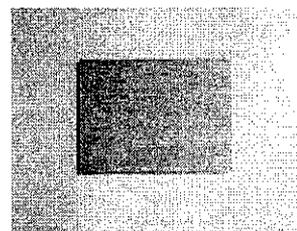


写真-3.6.1.3 対策建材 (Paint+合板)

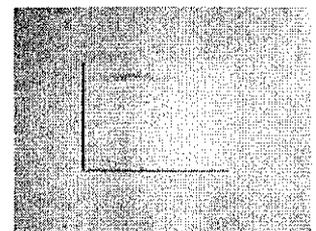


写真-3.6.1.4 ブランク建材 (合板)

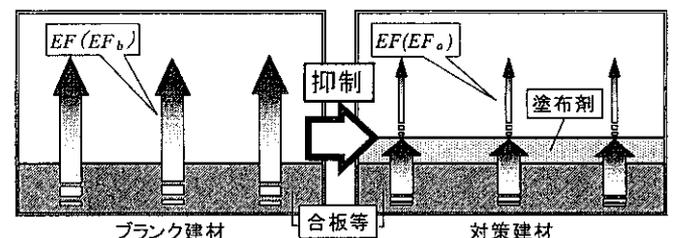


図-3.6.1.5 化学物質発生の抑制原理

3.6.1.3 化学物質放散速度の抑制効果（低減率）

アルデヒド類、VOCの測定濃度を(1)、(2)式に代入し、試験体からの放散速度と低減率を求めた。これらを図-3.6.1.6～3.6.1.10、と表-3.6.1.9～3.6.1.10に示す。

合板にPaint A～D（アクリルエマルジョン系）を塗布したものをTP1～4とし、Paint E～H（セラック系）を塗布したものをTP5～8として以下に表す。

1) エマルジョン（アクリルエマルジョン）系

a) アルデヒド類抑制効果

図-3.6.1.6に示すように、ブランク建材（合板）と対策建材（TP1）のホルムアルデヒド放散速度は同程度であった。これは、Paint Aの主な用途が下塗りであるためと考えられ、化学物質

発生の抑制効果は示されなかったと考えられる。TP2～4の放散速度は、図-3.6.1.7～3.6.1.9に示すようにブランク建材と比較して小さく、Paint B、C、D（仕上げ用）による抑制効果が示された。また、低減率[R_r]は、TP2で15.9～39.8[%]、TP3で22.8～43.8[%]、TP4で46.0～67.2[%]であった。ブランク建材のホルムアルデヒド放散速度は、試験期間中ほぼ一定であり、この間の変化が抑制効果の評価に与える影響は小さい。

アセトアルデヒドについての実験結果を、図-3.6.1.10～3.6.1.11に示す。初期放散速度は大きいものの、比較的短時間で放散速度が低下する現象が示された。また、対策建材からの放散が、ブランク建材よりも大きいことから、Paint A～Dによる二次生成物の可能性がある。

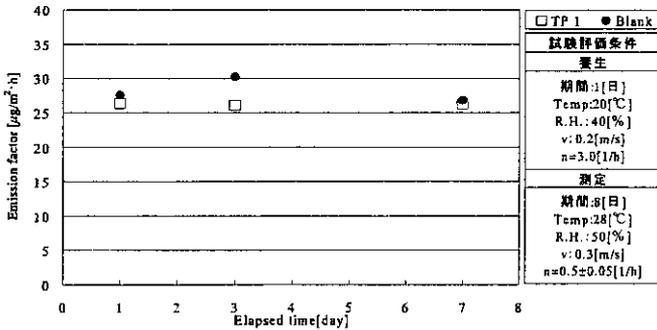


図-3.6.1.6 Formaldehyde 放散速度の経時変化 (TP1)

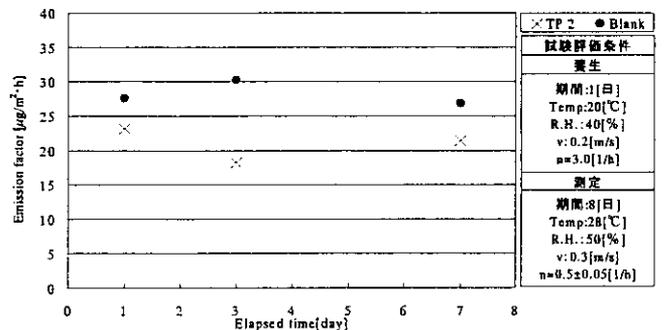


図-3.6.1.7 Formaldehyde 放散速度の経時変化 (TP2)

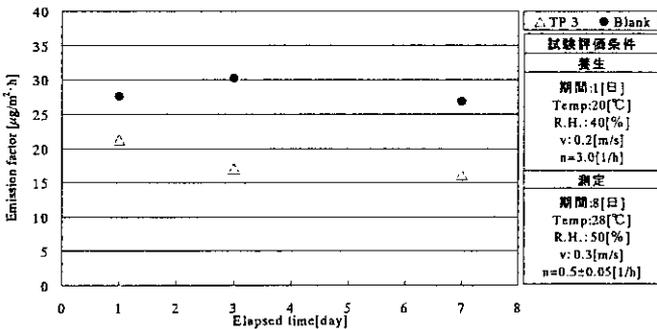


図-3.6.1.8 Formaldehyde 放散速度の経時変化 (TP3)

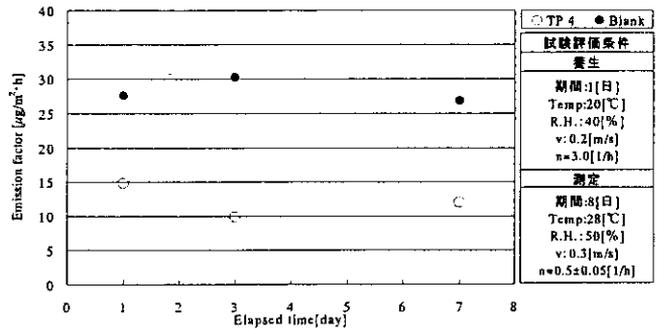


図-3.6.1.9 Formaldehyde 放散速度の経時変化 (TP4)

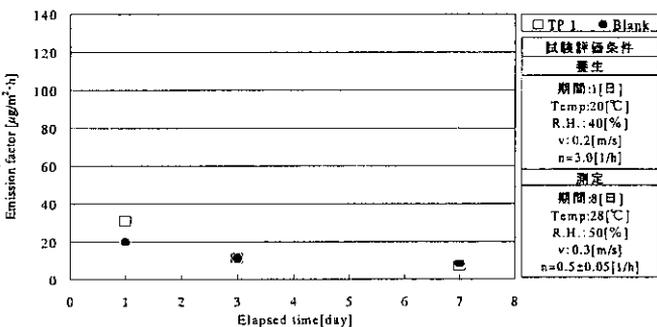


図-3.6.1.10 Acetaldehyde 放散速度の経時変化 (TP1)

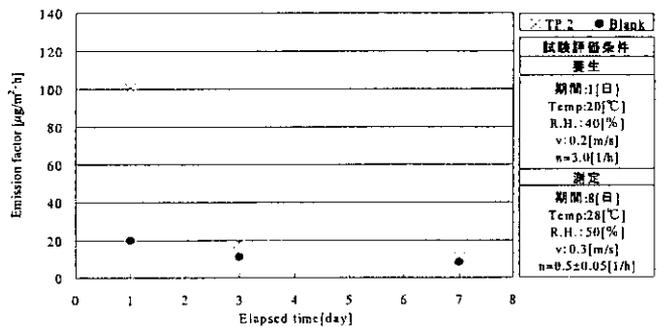


図-3.6.1.11 Acetaldehyde 放散速度の経時変化 (TP2)

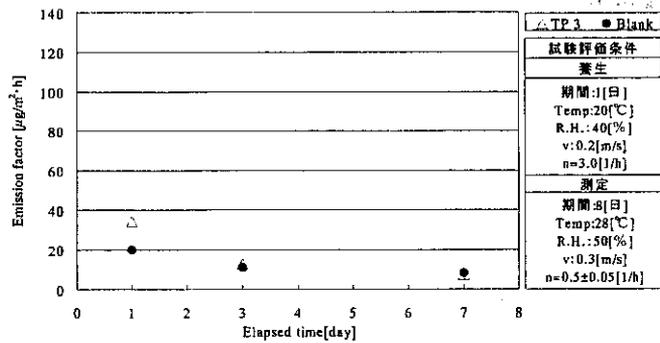


図-3.6.1.12 Acetaldehyde 放散速度の経時変化 (TP3)

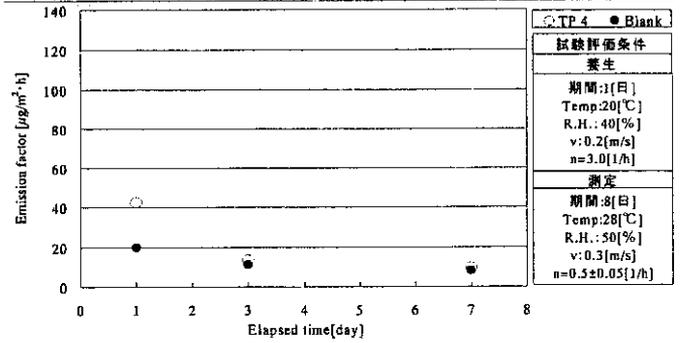


図-3.6.1.13 Acetaldehyde 放散速度の経時変化 (TP4)

表-3.6.1.9 アクリルエマルジョン系の封止系塗料における Formaldehyde 放散速度低減率 [%]

	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4
1日後	4.6	15.9	22.8	46.0
3日後	13.7	39.8	43.6	67.2
7日後	2.3	20.1	39.7	55.1
平均値	6.9	25.3	35.3	56.1

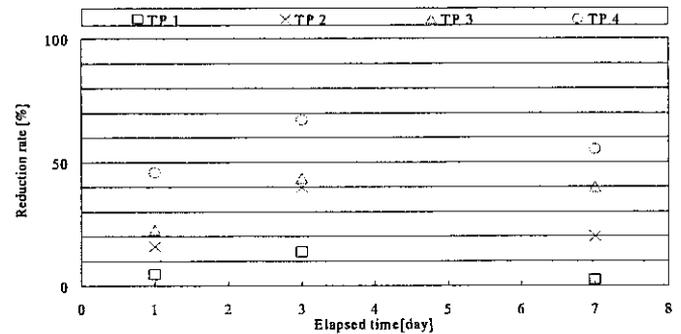


図-3.6.1.14 アクリルエマルジョン系の封止系塗料における Formaldehyde 放散速度低減率の経時変化

b) VOC 抑制効果

試験法案に示された評価対象物質の p-ジクロロベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレンのなかで、トルエンの放散が確認された。図-3.6.1.15～3.6.1.18に示すように、ブランク建材(合板)のトルエン放散速度は、1日後で1.22 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]、3日後で1.29 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]、7日後で0.92 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]であった。また、対策建材(TP1～4)では、1日後で1.28～2.23 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]、3日後で1.19～1.45 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]、7日後で0.95～1.11 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]の放散が認められた。ブランク建材と対策建材からの放散速度は同程度であり、抑制効果は示されな

かった。

尚、本試験におけるブランク建材の放散速度は、(財)日本建築センターによるフローリングの報告値(放散速度:1.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$])⁹⁾と近似した値を示した。

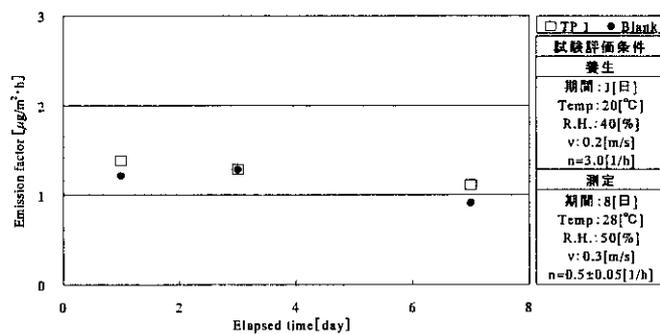


図-3.6.1.15 Toluene 放散速度の経時変化 (TP1)

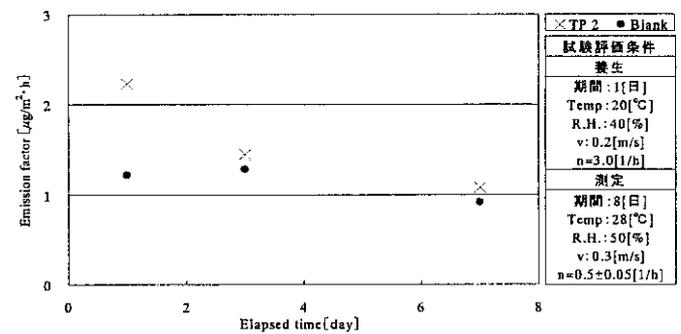


図-3.6.1.16 Toluene 放散速度の経時変化 (TP2)

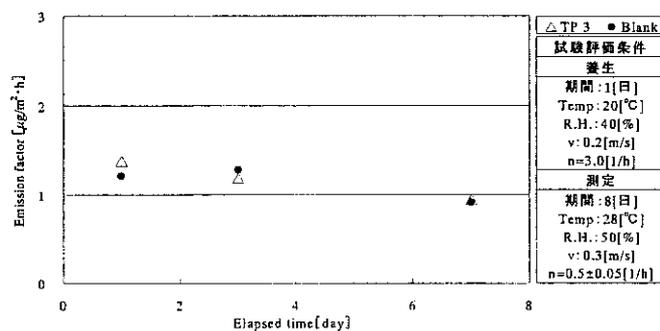


図-3.6.1.17 Toluene 放散速度の経時変化 (TP3)

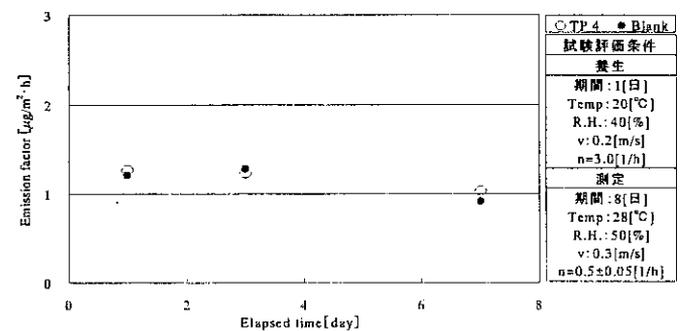


図-3.6.1.18 Toluene 放散速度の経時変化 (TP4)

2) セラック系

a) アルデヒド類抑制効果

TP5～8のホルムアルデヒド放散速度は、図-3.6.1.19～3.6.1.22に示すようにブランク建材(合板)と比較して小さく、Paint E～H(仕上げ用)による抑制効果が認められた。低減率[R_r]では、TP5で61.5～80.3[%]、TP6で39.1～42.2[%]、TP7で54.1～59.8[%]、TP8で18.0～48.4[%]を示し、アクリルエマルション系の封止系塗料よりもやや大きい抑制効果が認めら

れた。ブランク建材のホルムアルデヒド放散速度について、試験期間中の大きな変化はみられず、この間の変化が抑制効果の評価に及ぼす影響は小さい。

アセトアルデヒドについての実験結果を、図-3.6.1.22～3.6.1.25に示す。アクリルエマルション系の封止系塗料との放散現象が認められた。また、対策建材からの放散が、ブランク建材よりも大きいことから、Paint E～Hによる二次生成物の可能性もある。

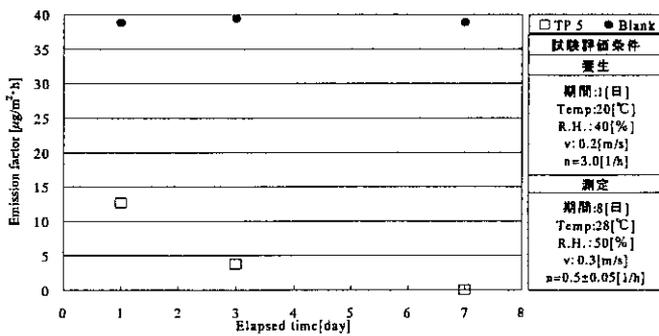


図-3.6.1.19 Formaldehyde 放散速度の経時変化 (TP5)

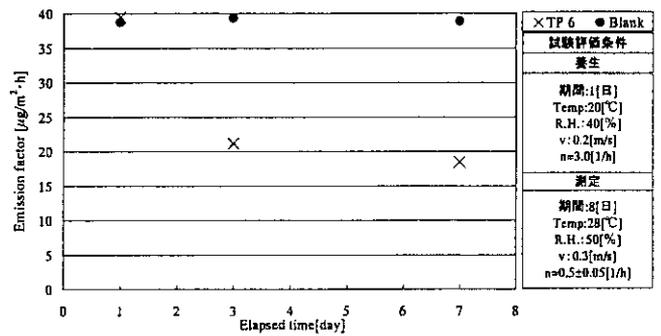


図-3.6.1.20 Formaldehyde 放散速度の経時変化 (TP6)

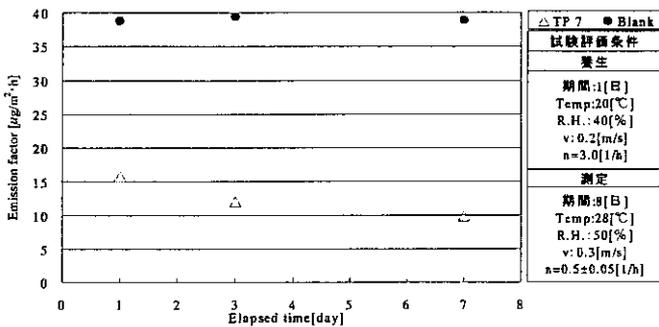


図-3.6.1.21 Formaldehyde 放散速度の経時変化 (TP7)

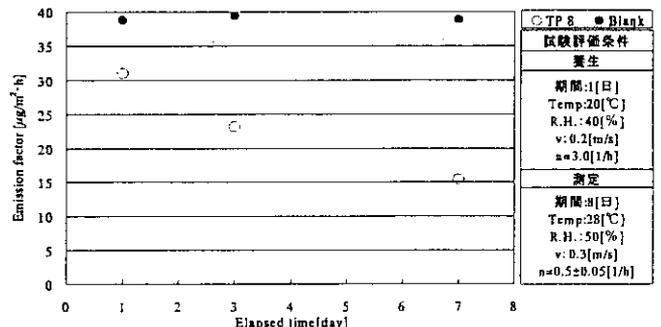


図-3.6.1.22 Formaldehyde 放散速度の経時変化 (TP8)

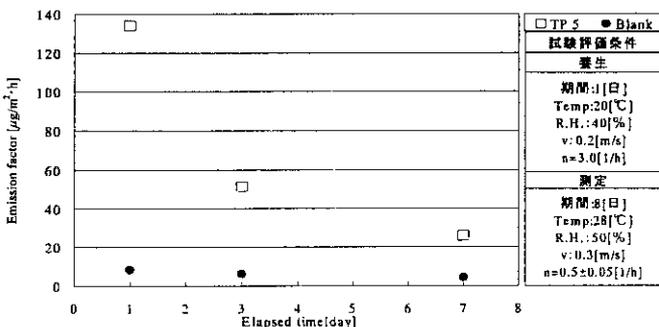


図-3.6.1.23 Acetaldehyde 放散速度の経時変化 (TP5)

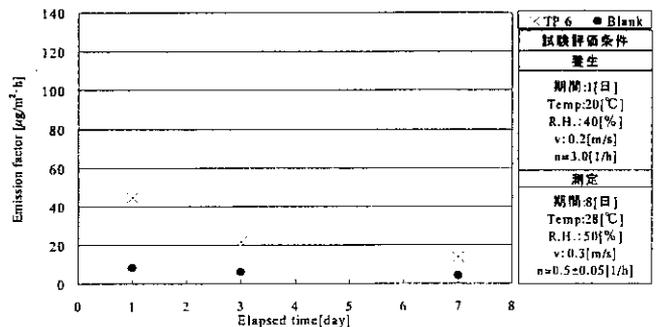


図-3.6.1.24 Acetaldehyde 放散速度の経時変化 (TP6)

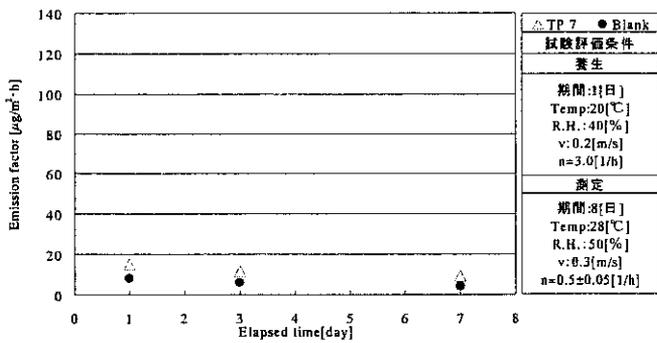


図-3.6.1.25 Acetaldehyde 放散速度の経時変化 (TP7)

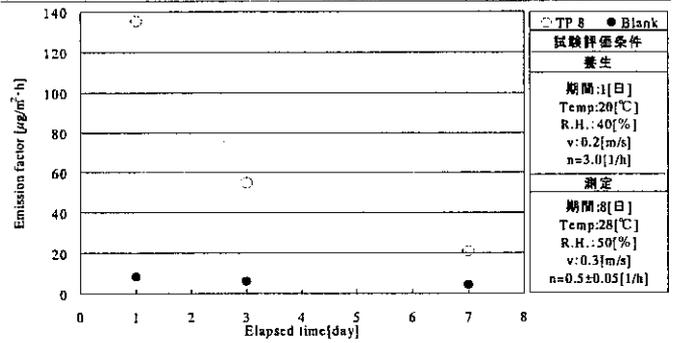


図-3.6.1.26 Acetaldehyde 放散速度の経時変化 (TP8)

表-3.6.1.10 セラック系の封止系塗料における Formaldehyde 放散速度低減率[%]

	TP 5	TP 6	TP 7	TP 8
1日後	61.5	0.0	54.1	18.0
3日後	76.5	39.1	58.8	34.8
7日後	80.3	42.2	59.8	48.4
平均値	72.8	27.1	57.6	33.8

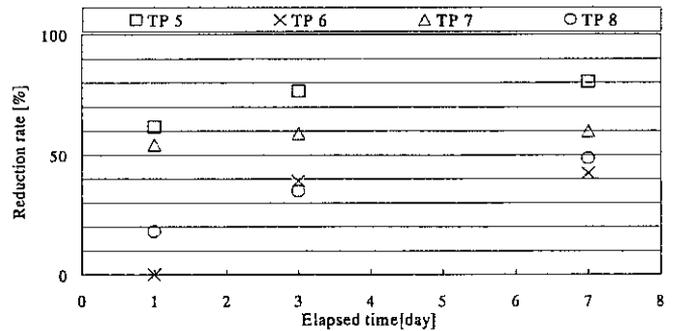


図-3.6.1.27 セラック系の封止系塗料における Formaldehyde 放散速度低減率の経時変化

b) VOC 抑制効果

評価対象物質のVOC成分のうち、トルエンの放散が確認された。図-3.6.1.28～3.6.1.31に示すように、ブランク建材(合板)のトルエン放散速度は、1日後で1.23[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]、3日後で1.56[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]、7日後で1.97[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]であった。対策建材(TP5～8)からは、1日後で1.12～19.8[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]、3日後で1.14～4.88[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]、7日後で1.98～3.30[$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$]の放散速度が示された。そもそも測定濃度が低い、ブランク建材と対策建材からの放散速度の比較により、塗布剤による抑制効果

は認められなかった。

その他のVOC成分では、エタノール等の顕著な放散が確認された。これは、Paint E～Hの溶剤であるエチルアルコール(MSDS資料3)参照)の蒸散によるものである。

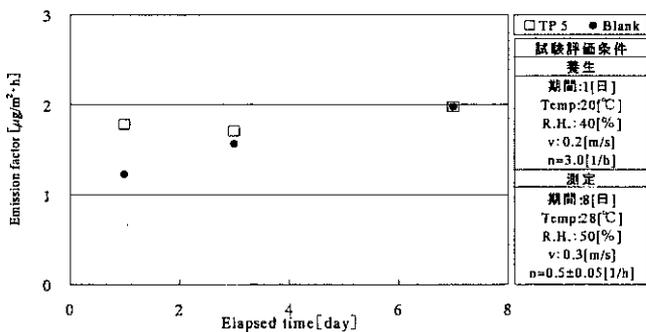


図-3.6.1.28 Toluene 放散速度の経時変化 (TP5)

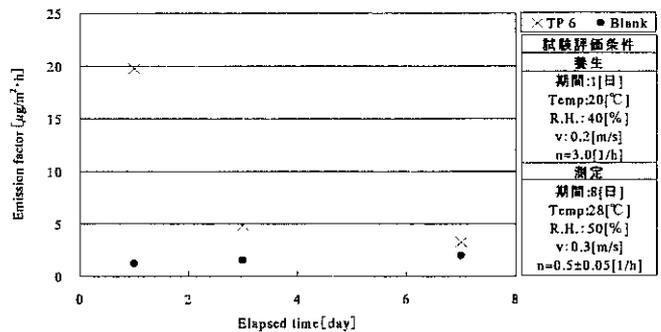


図-3.6.1.29 Toluene 放散速度の経時変化 (TP6)

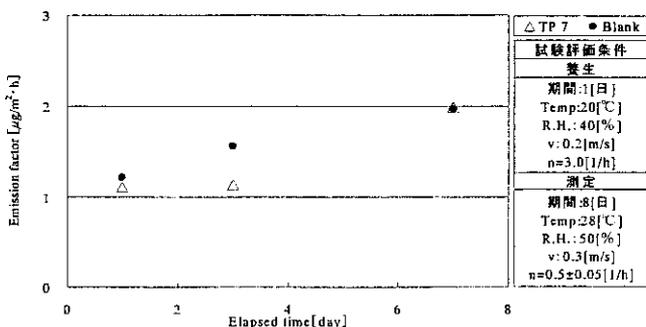


図-3.6.1.30 Toluene 放散速度の経時変化 (TP7)

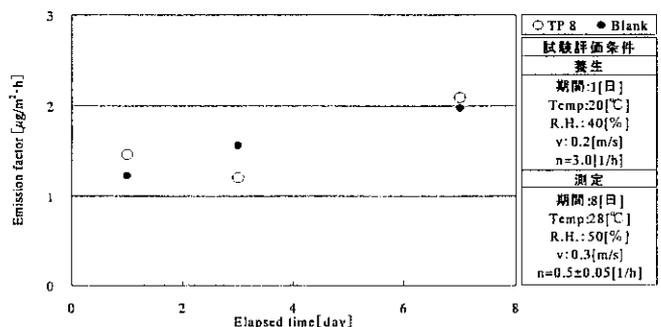


図-3.6.1.31 Toluene 放散速度の経時変化 (TP8)