

塗装による揮発性有機化合物の放散量の抑制

ポリウレタン塗料と水性塗料による被覆効果

山本 健*¹, 青山 進, 橋本 寿之, 松浦 力

Preventing the emission of the volatile organic compounds by coatings

Covering effect by the urethane resin and the aqueous coating

YAMAMOTO Ken, AOYAMA Susumu, HASHIMOTO Toshiyuki and MATSUURA Tsutomu

The emission of formaldehyde from wood products can be made lower if they were coated. But another volatile organic compounds are emitted from coatings. The polyurethane resin or the aqueous coating was coated on the fancy veneers and formaldehyde and volatile organic compounds emission from them were measured.

As the result, followings were found. The emission of formaldehyde was decreased by the polyurethane resin or aqueous coating. The emission of toluene, xylene, ethyl benzene, styrene and butyl acetate from the aqueous coating were little. The veneers with less formaldehyde glue were less durable in water. The formaldehyde emission of the Radiata pine compressed at 180°C for 20 minutes became the maximum.

木製品に塗装をするとホルムアルデヒドの放散量は低くなるが、塗料から別の揮発性有機化合物が放散する。ウレタン塗料、水性塗料した突板貼り材のホルムアルデヒド放散量、耐水性、VOC放散量を測定した。また、熱圧したラジアータパインのホルムアルデヒド放散量を測定した。

その結果、ウレタン塗料または水性塗料によりホルムアルデヒド放散量が減少すること、水性塗料からのトルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、酢酸ブチルの放散はほとんどないこと、ユリア・メラミン系接着剤を少なくすると接着耐水性が低くなること、温度180℃、時間20分の条件で熱圧したラジアータパインはホルムアルデヒド放散量が極大になることが分かった。

キーワード：揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド、トルエン、F☆☆☆☆、塗装

1. 緒 言

住宅内で放散する揮発性有機化合物が人体に与える影響が問題となり、各方面で対策が進んでいる。2003年春にJIS、JASの改正が行われ、ホルムアルデヒド（以下FA）放散量区分が3段階から4段階に分けられた。最も放散量が少ない区分であるF☆☆☆☆は1リットルあたり0.3mgで、改正前の0.5mg/lより放散量が少ない製品が求められることになった。さらに2003年7月の改正建築基準法施行により、住宅用内装材は認定を受けなければ使用できなくなった。F☆の材料は使用禁止、F☆☆やF☆☆☆の材料は使用面積が規制されるため、無制限に使用可能なF☆☆☆☆の材料を用いなければ全面積をカバーできない。住宅メーカーには、すべての材料をF☆☆☆☆にする動きがあり、建材メーカーもF☆☆☆☆対

応に向けた対策が進んでいる。

厚生労働省はFA、トルエンなど13種類の揮発性有機化合物について室内濃度指針値を定め、対策を呼びかけている。また、文部科学省は学校環境衛生の基準により、学校内のFAとトルエン濃度測定を義務付けており、トルエン放散量の対策も必要となっている。

木製品から放散されるFAの大部分はFA系接着剤が原因となっている。FA系接着剤は耐水性やコスト面で優れている。FA放散量を減少させる対策として、FAの使用量が低い接着剤への変更、キャッチャー剤を使用するなどの方法があるが、対策の選択や方法を誤るとFA系接着剤の優位性を減少させる。接着剤を使わない方法として、熱圧で材質改善を行う研究^{1,2)}が行われているが、熱によりFAが生成され放散量が増加する可能性がある。

本研究ではFA系接着剤の優位性を保ちつつ、F☆☆☆☆区分に該当させるため、FA系接着剤の配合比を変化させて塗装した場合のFA放散量の変化と接着耐水性の変化を測定した。塗料は、ウレタン塗料、水性塗料を用いた。また、熱圧によって増加するFA放散量を調べるた

2003.5.30 受理 生活技術部

*1 応用加工技術部

めに、熱圧処理前後でFA放散量の変化を測定した。

2. 実験方法

2.1 塗装による被覆効果と接着耐水性

2.1.1 試験材接着

基材、突板ともミズナラ材を用い、主繊維方向が平行になるように接着した。接着剤は変性メラミン・ホルムアルデヒド接着剤（以下 MF）に、酢酸ビニル系エマルジョン接着剤（以下酢ビ）を混合したもの、濃縮型メラミン・ユリア・ホルムアルデヒド樹脂系接着剤（以下 MUF）に、小麦粉、水道水、SBR 樹脂系ラテックス接着剤（以下 SBR）を混合したものを用いた。混合比を表1、表2に示す。

表1 MFの配合比

	MF	酢ビ
MF-1	20	80
MF-2	10	90
MF-3	5	95

表2 MUFの配合比

	MUF	水道水	小麦粉	SBR
MUF-1	24.4	14.6	24.4	36.6
MUF-2	17.8	10.8	17.8	53.6
MUF-3	8.6	4.4	8.6	78.4

塗布量は MF が平方メートルあたり 96g、MUF は 85g とした。圧縮は、温度 100℃、圧力は平方メートルあたり 8kgf (784.5kPa)、時間は 1 分で行った。

2.1.2 ウレタン塗装

ウレタン目止め剤（和信化学工業（株）：515 フィラー）に着色剤（ユニオンペイント（株）：オルパステイン）を 5%、リターダシンナーを 40% 入れ、はけで試験片に塗布した後ウェスでふき取った。2 時間後、ウレタンシーラー（ミクニペイント（株）：ポリデュール）の主剤と硬化剤を 1:1 で混合したものをスプレーガンによって塗布した。2 時間後に紙やすり #400 で研磨し、ウレタンフラット（大谷塗料（株）：ハード II 70% つや消し）の主剤と硬化剤を 4:1 で混合したものをスプレーガンで塗布した。

2.1.3 水性塗装

水性ステインを水道水で 5 倍に希釈し、はけで試験片に塗布した。その後、水性シーラー（和信化学工業（株）：AQRX3400）をスプレーガンによって塗布した。2 時間後に紙やすり #400 で研磨した後、つや消しフラット（和信化学工業（株）：AQRX3405）をスプレーガンで塗布した。

2.1.4 FA 放散量測定

JAS フローリング（2001）ホルムアルデヒド放散量試験に準じて行った。2003 年の JAS フローリング改正により FA 測定法はアクリルデシケート法からガラスデシケート法に変更された。しかし、アクリルデシケート法は試験片の表面以外をアルミテープで被覆するため、塗装による効果を確認することに適している。そこで、本研究ではアクリルデシケート法で測定を行った。試験片は、幅 90mm、長さ 250mm を 2 枚使用した。規格では放散量の計算は、表面処理によって FA 放散量が明らかに減衰している場合は、換算係数 $1/(3.75 \times 0.6)$ を、その他の場合は換算係数を 1/3.75 としている。本研究の塗装は、FA 放散量が減少する表面処理に該当する。換算係数を無塗装と塗装試験片で変えると FA 放散抑制効果の確認が複雑になるため、すべての試験片において換算係数を $1/(3.75 \times 0.6)$ とした。

2.1.5 VOC 放散量測定

トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、酢酸ブチルの放散量測定は、ヘッドスペースバイアルを放散チャンバーとしてガスクロマトグラフ質量分析計によって測定する簡易測定法³⁾によって行った。測定は、MF-3 にウレタン塗装、水性塗装、無塗装の試験片を用いた。塗装して 12 日後の 10mm×10mm の試験片と体積 0.5ml の攪拌子を容積 12.7ml のヘッドスペースバイアルに入れ、密閉した。バイアル内の気体をマグネチックスターラーで攪拌し、温度 30℃ の恒温槽内で 30 分間放置した。ガスタイトシリンジでバイアル内の気体を 0.5ml 採取し、ガスクロマトグラフ質量分析装置で測定を行った。

2.1.6 接着耐水性試験

JAS フローリング（2003）浸せきはく離試験に準じて行った。無塗装試験片の幅・長さをそれぞれ 75mm にし、温度 70℃ の恒温水槽中に 2 時間浸せきさせた。その後、温度 60℃ の乾燥機中で 3 時間乾燥させ、はく離した部分の長さを測定した。同一辺内で 2/3 以上はく離した試験片を不適合とした。また、以下の式によってはく離率を算出した。

$$\text{はく離率(\%)} = \frac{\text{はく離した長さ(mm)}}{\text{接着層の長さ(mm)}} \times 100 \quad (1)$$

2.2 1 回塗装と 2 回塗装の比較

キリ材に、尿素樹脂系接着剤を用いてアカマツ突板を接着し、幅 50mm、長さ 150mm に加工した。塗装は、ウレタン塗料、水性塗料をそれぞれ、2.1.2、2.1.3 と同様の方法で行った。ただし、スプレーガンは使わずはけで塗布し、両面とも塗装を行った。測定は、JAS 特殊合板（2003）ホルムアルデヒド放散量試験に準じてガラスデシケート法で行った。

2.3 ラジアータパインの熱圧と FA 放散量

幅 50mm、長さ 150mm、厚さ 7mm のラジアータパイ

ンの表面に水道水をはけで塗り、厚さ5mmのスペーサ2本内に置いた。温度140から220℃にした熱板でスペーサに接触するまで圧力をかけ、時間20から40分の条件で熱圧を行った。測定は、JAS特殊合板(2003)ホルムアルデヒド放散量試験に準じて行った。

3. 結 果

3.1 塗装による被覆効果と接着耐水性

3.1.1 FA放散量

各試験片から放散されるFAの量を表3、表4に示す。無塗装で1.31から1.78mg/lの放散量があるが、塗装により0.13から0.41mg/lまで減少した。接着剤MFとMUFによる差は見られなかった。しかし、F☆☆☆☆相当である0.3mg/lを越える試験片もあった。また、水性塗装はウレタン塗装よりも被覆効果が大きい。水性塗装は、シーラー、フラットとも希釈を行わずに塗装しているため、シンナーで希釈したウレタン塗装に比べ膜厚が大きくなっている可能性が高いことが理由として考えられる。

表3 MFを用いた試験片のFA放散量

接着剤	塗装	放散量(mg/l)
MF-1	ウレタン	0.41
	水性	0.13
	無塗装	1.78
MF-2	ウレタン	0.23
	水性	0.22
	無塗装	1.40
MF-3	ウレタン	0.29
	水性	0.15
	無塗装	1.31

表4 MUFを用いた試験片のFA放散量

	塗装	放散量(mg/l)
MUF-1	ウレタン	0.31
	水性	0.19
	無塗装	1.48
MUF-2	ウレタン	0.25
	水性	0.19
	無塗装	1.48
MUF-3	ウレタン	0.29
	水性	0.24
	無塗装	1.38

3.1.2 VOC放散量

MF-3のVOC放散量を表5に示す。ウレタン塗装をした試験片からはトルエン、キシレン、エチルベンゼン、酢酸ブチルが放散している。これらは、ウレタン塗料に

含まれているVOCで、塗装後12日経過しているが放散を確認できる。無塗装試験片および水性塗装試験片からは定量下限値を超えるVOC放散は確認できなかった。定量下限値は、トルエン10 μ g/m³、キシレン4 μ g/m³、エチルベンゼン4 μ g/m³、スチレン10 μ g/m³、酢酸ブチル100 μ g/m³であった。

表5 VOC放散量 (単位： μ g/m³)

塗装	トル エン	キシ レン	エチル ベンゼン	スチ レン	酢酸 ブチル
無塗装	×	×	×	×	×
ウレタン	232	180	170	×	3000
水性	×	×	×	×	×

×：定量下限値以下

3.1.3 接着耐水性試験

浸せきはく離試験の結果を表6に示す。MF-3は1枚不適合になった。MF-3は、MFを減らしているため、接着性が劣っていると考えられる。はく離率はMF-3で9.6%と高くなったが、その他の試験片では5%以下となった。MF-3以外の接着性は十分にあると考えられる。

表6 はく離率と、不適合試験片数

	はく離率(%)	不適合試験片数
MF-1	0.0	0
MF-2	1.3	0
MF-3	9.6	1
MUF-1	2.7	0
MUF-2	0.0	0
MUF-3	1.4	0

3.2 1回塗装と2回塗装の比較

アカマツ突板を接着したキリ材のFA放散量を表7に示す。無塗装では11mg/l以上の放散量があったが、塗装により減少している。1回塗装で突板面を塗装するとFA放散量は大きく減少するが、F☆☆☆☆相当までは減少しなかった。しかし、2回塗装によりF☆☆☆☆相当の放散量まで減少した。また、ウレタン塗装は水性塗装よりFA放散量が低くなった。3.1.1ではウレタン塗装は水性塗装より高かったが、塗料の種類が違っただけでなく、膜厚などの条件が影響していると考えられる。

表7 1回塗装、2回塗装によるFA放散量の変化

	放散量(mg/l)
無塗装	11.28
水性塗装1回	2.13
水性塗装2回	0.17
ウレタン塗装1回	0.85
ウレタン塗装2回	0.16

3.3 熱圧材

3.3.1 FA 放散量

熱圧ラジアータパインのFA放散量を図1, 図2に示す。熱圧をしないラジアータパインのFA放散量は定量下限値0.02mg/l以下であった。熱圧温度、時間が変化するとFA放散量は変化し、F☆☆☆☆を満たさない試験片も見られた。熱圧時間が30分で一定の場合、FA放散量は熱圧温度が180℃で極大になる。熱圧温度が180℃の場合、熱圧時間が20分でFA放散量が高くなり、それ以上時間が長くなると減少する。熱圧により木材が分解してFAが発生し、FA放散量が増加するが、同時に熱によって揮発量が増加するためFA放散量が減少する。これらの因子が関連しているため、一定の傾向を示さなかったと考えられる。

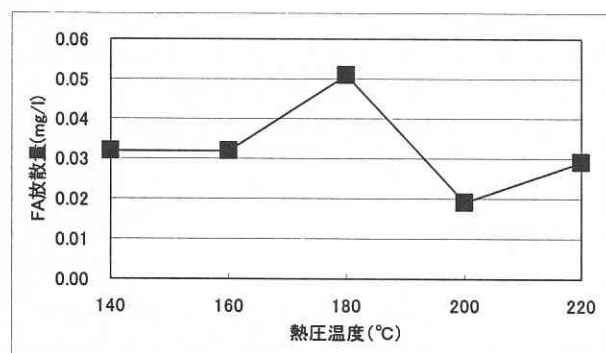


図1 熱圧材のFA放散量(熱圧時間30分)

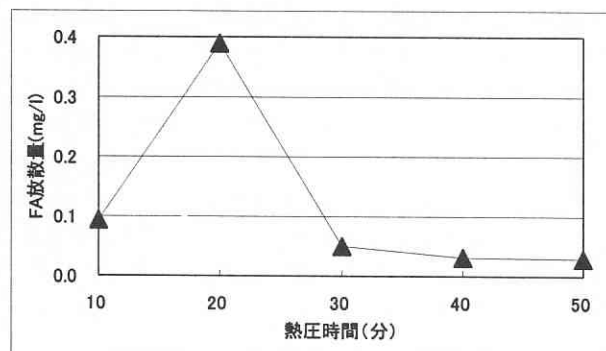


図2 熱圧材のFA放散量(熱圧温度180℃)

4. 結 言

ミズナラの基材にミズナラ突板をFA系接着剤で接着し、ウレタン塗料または水性塗料で塗装し、FA放散量、接着性、VOC放散量を測定した。アカマツ突板を接着したキリ材の両面に1回または2回塗装し、FA放散量を測定した。熱圧したラジアータパイン材のFA放散量を測定した。その結果、以下の結論を得た。

- 1) 塗装により1mg/l程度のFA放散量をF☆☆☆☆程度まで減少させることが出来るが、放散量が10mg/l以上の場合はF☆☆☆☆相当まで減少しない。2回塗装すると10ml/l以上放散する試験片のFA放散量が減少し、F☆☆☆☆相当となり得る。
- 2) ユリア・メラミン系接着剤の割合を減少させると、やや接着耐水性が減少する。
- 3) 水性塗料では、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、酢酸ブチルはほとんど放散されない。
- 4) 温度180℃、時間20分の条件で熱圧したラジアータパインはホルムアルデヒド放散量が極大になる

文 献

- 1) 古山安之ほか5名：広島県立東部工業技術センター研究報告, 13, 86-89(2000).
- 2) 古山安之, 江越 航, 松浦 力, 山本 健：広島県立東部工業技術センター研究報告, 15, 69-72(2002).
- 3) 菅坂義和, 松浦 力, 青山 進, 山本 健：分析化学, 52(4)：253～257 (2003).
- 4) 村田明宏, 小川俊彦：岐阜県生活技術研究所研究報告, 3, 32-38(2001).