

1. まえがき

室内環境に起因するシックハウスあるいはシックスクール問題が頻発し社会問題化したことから、この対策として建築基準法が改正され、平成15年7月からは居室用に使用される建築材料についてホルムアルデヒド規制が実施された。これにより国土交通省告示の対象建築材料17種類についてホルムアルデヒドの放散量測定および放散等級表示が義務付けられ、放散等級に対応し使用面積制限を受ける。

建築基準法の改正は室内環境対策に画期的なことであるが、これで全ての問題が解決することは困難である。例えば「F☆☆☆☆」表示の建材であっても、ホルムアルデヒドを全く放散しないものから、放散速度 $0.005\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 以下のものまで範囲があり、放散が微量であっても、これらが蓄積して室内環境悪化の原因となる。また、室内環境中にはトルエン、キシレン等の揮発性有機化合物（VOC）なども存在する。

室内環境浄化方法として注目されるのは、微量の有害物質を吸着分解する方法で、このような性能をもつ各種材料が多く市販されている。しかし、この性能について公的な評価方法が確立されてなく、各社独自の評価方法により効果をPRしているが、その有効性が客観的に評価されていないのが実態である。

2. ホルムアルデヒドの吸着分解

合板、集成材、MDF等の木質系建材からのホルムアルデ

ヒド発生原因は、その製造工程で共通的に使用される接着剤、および、一部建材の表面化粧に使用される塗料である。

しかし、全ての接着剤と塗料からホルムアルデヒドが放散しているものでなく、それは一部の材料からであることを理解する必要がある。施工した接着剤及び塗膜からのホルムアルデヒド放散のモデルを図1に示す。塗料は被塗物表面に塗布されるため、ホルムアルデヒドは空气中に直接放散し、比較的短期間に収まる。居室用塗料としてホルムアルデヒド放散量の多い油性塗料でも、養生21日間ではほぼ収まることは実験的に確認されている¹⁾。

一方、接着剤は被着材間に塗布する、塗料に較べて塗布量が数倍多い、被着材内部を拡散して空气中に放散するなど、厳しい条件が重なることから終息に長期間要し、なかには放散が数年間継続した事例もある。従って室内空気質を浄化する材料も、その性能を長期間持続することが要求される。

吸着分解材料の機能は吸着型と吸着分解型に分けられる。吸着型材料は石膏ボード、活性炭、珪藻土など表面積の大きい多孔質材料が多く、い草、竹炭、カテキンなども用いられている。吸着機能は主に物理的吸着によるものが多いが、一部は化学吸着の材料もある。吸着型材料の問題点として、飽和に達すると吸着能を失うと共に、室温上昇などにより吸着したものを脱着し、リバウンドするなど弊害もあることから、吸着材を定期的に交換するなど維持管理に注意を要する。

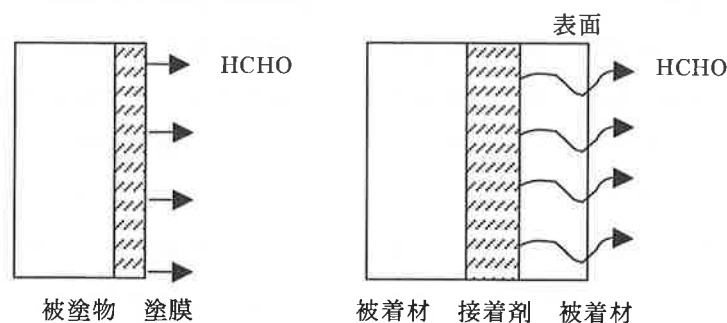


図1 接着剤及び塗膜からのホルムアルデヒド放散の概念図

一方、吸着分解型材料は薬剤によるものと、光触媒を利用したものに分けられる。薬剤を用いたものは、ホルムアルデヒドの酸化分解による分解生成物と薬剤が反応し安定な無害物質にする。光触媒によるホルムアルデヒドの分解メカニズムは完全に解明されていないが、酸化チタンの光酸化力を利用し、水と炭酸ガスに分解するものである。

酸化チタンは光照射により、内部電子が励起して自由電子 (e^-) と正孔 (h^+) が生成する。これらが酸素や水分と反応して酸化力の強いOHラジカルやスーパーオキシドイオンなどを生成する。塗膜表面に吸着したホルムアルデヒドはOHラジカルやスーパーオキシドイオンの強い酸化力により分解し、水と炭酸ガスになる。水と炭酸ガスに全て分解すれば有害性はないが、中間分解物として有害物質の発生も懸念されており詳細な検討を要する。光触媒によるホルムアルデヒド分解のモデルを図2に示す。

酸化チタンは白色顔料として塗料をはじめ、化粧品、繊維、製紙など広範に使用されているが、製法の違いにより結晶形の異なるルチル型とアナターゼ型の2種類がある。酸化チタンの光触媒利用技術はホルムアルデヒドの分解以外に、脱臭を含めた空気浄化、屋外での都市汚染に対する防汚、防かび・抗菌、水質浄化等広範な利用が検討されており、技術も急速に進化していることから、将来的にも期待される方法である。

3. ホルムアルデヒド吸着分解性能の評価方法

ホルムアルデヒド吸着分解性能を評価する公的規格は

制定されてなく今後の課題である。光触媒に関しては「JIS R 1701-1ファインセラミックス—光触媒材料の空気浄化性能試験方法—第1部：窒素酸化物の除去性能」が制定された。現段階では、この方法で室内空気質浄化材料の性能評価を行うのは適切でないと考えられる。

ホルムアルデヒド吸着分解材料の性能評価方法を調査した結果、主なものとしてチャンバー法、デシケータ法、テドラーバッグ法などがある。チャンバー法はホルムアルデヒド放散量測定と同様の装置を用いて、一定濃度のホルムアルデヒドガスをチャンバーに導き、チャンバーの排気側の空気をサンプリングし、ホルムアルデヒド濃度を測定する。

入口と出口の濃度差から低減効果を調べる方法である。この方法は「JIS R 1701-1」と同様のアクティブ法で標準化も進められているが、光触媒材料は適用範囲外になっている。

パッシブ法としてはテドラーバッグあるいはガラスデシケータなどを用いた方法がある。この方法は、テドラーバッグあるいはガラスデシケータの中に性能評価する材料を入れ、ここに一定濃度のホルムアルデヒドガスを注入する。一定時間経過後にテドラーバッグあるいはデシケータ内の空気をサンプリングし、ホルムアルデヒド濃度を測定する。初期濃度からの減衰で低減効果を調べる方法である。

当協会が吸着分解型塗膜の性能評価に用いているテドラーバッグ法の概要は次の通りである。試験板はアルミ板 (150mm×70mm) を使用、これに塗料を刷毛塗りする。

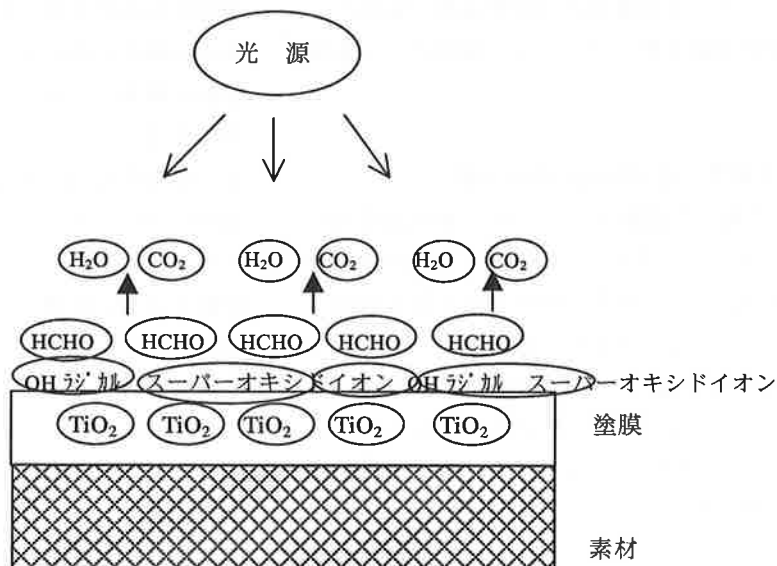


図2 光触媒分解の概念図

塗布量はメーカー指定量とする。塗装後、試験片は温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ 、換気回数0.5回/時間の環境で養生する。養生は溶剤が十分に揮発するよう7日間以上は確保する。10L容量2ロコック付きテドラーバッグの一端を切断し、養生した試験片を中に入れる。テドラーバッグの切断箇所を加熱密封する。次にアスピレータを用いてテドラーバッグ内の空気を吸引し完全に除いたのち、ホルムアルデヒドガス発生装置を用いて、2ロコックの一方から約2ppmのガスを注入する。ブランク用として、別のテドラーバッグにも同様にホルムアルデヒドガスを注入し準備する。試験片とホルムアルデヒドガスを封入したテドラーバッグを、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の環境下で、光触媒が作用するよう直管白色蛍光灯（JIS C7601 40W）を用いて24時間光照射行う。光照射が終了したらポンプを用いて、テドラーバッグ内の空気をDNPH捕集管にサンプリングする。ホルムアルデヒドの定量は、高速液体クロマトグラフ（HPLC）で行う。ブランク用テドラーバッグ内の濃度も同様に測定する。

初期性能を評価したのち、試験片は室内暴露し、以降1ヶ月毎に性能評価を実施、最長6ヶ月まで行う。長期の性能評価が必要な場合は、6ヶ月以降も同様に試験を継続する。性能評価期間を6ヶ月と設定したのは、国土交通省見解として、最低限6ヶ月性能維持することを要求しており、これを参考とした。

4. 市販材料の性能評価結果

市販のホルムアルデヒド吸着分解型塗料について、3. で説明したテドラーバッグ法により性能評価を行った。試料は別メーカーの光触媒吸着分解型塗料2種類と、比較として無対策の従来型エマルジョン塗料の計3種類を用いて行った。

1) A社製吸着分解型と従来製品の性能比較

初期性能を評価した試験片は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の環境で実験室内に暴露し、4ヶ月と5ヶ月後の吸着分解性能を評価した。吸着分解型と従来製品は同じ条件で暴露を行ったが、実験室では塗料、シンナーなどを扱っており、試験片は有機溶剤ガスに曝される環境にあり、この間も有害成分の吸着分解は行われていると考える。光照射24時間後のテドラーバッグ内ホルムアルデヒド濃度を、ブランク濃度で除した結果を、吸着分解率として表1に示す。測定は繰返し4回行い、その平均値で表した。

表1 A社製吸着分解型及び従来製品の吸着分解率試験結果(%)

試料	初期	4ヶ月	5ヶ月
吸着分解型	99.8	99.6	99.4
従来品	23.9	14.8	16.7

2) B社製吸着分解型塗料の性能評価結果

試験はA社製品と同様であるが、評価は初期、3ヶ月、4ヶ月の3回行った。結果を表2に示す。

表2 B社製吸着分解型塗料の吸着分解率試験結果(%)

No.	初期	3ヶ月	4ヶ月
吸着分解型	99.8	99.7	99.4

吸着分解型塗料のホルムアルデヒド吸着分解率はA社製品は室内暴露5ヶ月、B社製品は4ヶ月の結果、何れも約99%と優れた性能であることが判った。また、室内暴露期間の違いはあるが、A社とB社の吸着分解性能は同レベルにあり、その性能を十分に維持していることが証明された。比較品の従来型エマルジョン塗料のホルムアルデヒド除去率は15~24%と明確な違いが認められた。従来品の低減は塗膜表面へのホルムアルデヒドの吸着効果によると考えられ、室内の温湿度等の違いにより、このレベルで吸着と脱着を繰り返していると考えられる。

5. まとめ

居室用建材にも化学製品が多用され、多くの建材から揮発性有機化合物が放散されている。一方、住宅の高気密化は格段に進んでいることから、揮発性有機化合物の放散が微量ではあっても、それらが蓄積して室内環境を悪化させ、シックハウスあるいはシックスクール症候群などの発症原因となる。建築基準法の改正により居室用建材についてホルムアルデヒド規制は実施されたが、これだけでは対策として十分でない。建材からの有害成分の放散を完全に抑制することは困難であり、積極的に空気質の浄化を進めていく必要がある。既に空気質浄化の性能を持った多くの材料が商品化されているが、その性能が客観的に評価されていないのが現状で、早急に標準の評価方法を設定することが課題である。

1) 吉田洋一、表悦子：日塗検ニュースNo.112 「塗膜からのホルムアルデヒド放散量測定」