

ゼオライトを混入した消臭塗料の開発 その2 実用化に向けた確認実験



袴谷 秀幸 *3

井手 義雄 *1 井福 武志 *1
古賀 康之 *2 中田 憲一 *2
古賀 俊久 *2 宮崎 正文 *2
千葉 脩 *3 板谷 俊郎 *3
三浦 勇雄 *3 土屋 裕造 *3

概 要

建物内の臭気に関して、日本建築学会から室内の環境を臭気基準値以下に維持するための対策などが提示されている。しかしながら、臭気が問題となっている建物は多く、特に病院などでは、トイレや汚物室などにおいて不快なおいが漂っているケースもある。そこで筆者らは、ゼオライトがガスなどの吸着性能の高いことに着目し、塗料にゼオライトと金属触媒を混入した消臭塗料（以下、開発品）の開発を行い、実験室および実大模擬室において、ガス吸着性能を確認してきた。

ここでは、開発品の実用化に向けた実験を行い、以下の内容を確認した。

- 1) 開発品の塗布回数は、工期や施工コストを考慮すると、2回塗り（塗料の使用量 300g/m²）が最適である。
- 2) 現場施工と工場施工のガス除去性能は同等であり、現場の状況に応じて、いずれかの方法を使い分けることが可能である。
- 3) 開発品を塗装したことによる吸音率への影響はほとんどない。
- 4) 開発品は、内装薄塗材としての JIS 規格をおおむね満足していた。

今後は、開発品の耐久性の確認および実際の物件への適用を行う予定である。

Development of Deodorizing Paint with Zeolite Part 2 The Confirmatory Experiment for Practical Use

HAKAMAYA Hideyuki *3 IDE Yoshio *1
IFUKU Takeshi *1 KOGA Yasuyuki *2
NAKATA Kenichi *2 KOGA Toshiyuki *2
MIYAZAKI Masahumi *2 CHIBA Osamu *3
ITATANI Toshiro *3 MIURA Isao *3
TSUCHIYA Yuzo *3

Measures for control and maintenance with regard to indoor odor are provided by Architectural Institute of Japan. However, as regards with smell, there are many problems in buildings, especially in hospitals, and there exists bad smell in lavatories and sanitary rooms. Therefore, the authors have designed the deodorizing paint by means of diluting paint with zeolite, and have executed many experiments for practical use.

As the results of those, it was clarified as follows.

- 1) The best painting times of the developed paint is twice (Quantity consumed 300g/m²).
- 2) The gas removal performance of the site construction and the factory construction was equal, whichever method can be used properly according to the situation of the site.
- 3) Influence on sound absorption coefficient by the developed paint was considerably small.
- 4) The developed paint roughly adapted to JIS standard as the interior thin paint.

The authors are planning to confirm durability of the developed paint as the building materials, and apply the developed paint to the actual hospital in future.

*1 社会医療法人 雪の聖母会 聖マリア病院 *2 財団法人 福岡県すこやか健康事業団 *3 技術研究所

*1 Our Lady of Snow St. Mary's Hospital *2 Fukuoka Foundation for Sound Health *3 Technical Research Institute

ゼオライトを混入した消臭塗料の開発

その2 実用化に向けた確認実験

袴谷 秀幸^{*3} 井手 義雄^{*1} 井福 武志^{*1}
 古賀 康之^{*2} 中田 憲一^{*2} 古賀 俊久^{*2}
 宮崎 正文^{*2} 千葉 脩^{*3} 板谷 俊郎^{*3}
 三浦 勇雄^{*3} 土屋 裕造^{*3}

1. はじめに

近年の建物では、高断熱化、高气密化が進み、室内の温湿度環境は、快適な空間となりつつある。また、シックハウス対策の規制により、ホルムアルデヒドなどを放散する建材の面積制限や換気設備の義務化などから室内空気質も改善されつつある。

一方、建物内の臭気に関しては、「室内の臭気に関する対策・維持管理基準」（日本建築学会）に、室内の環境を臭気基準値以下に維持するための対策などが提示されている¹⁾。しかし、実際には臭気が問題となっている建物は依然として多く、特に病院では、高齢者患者や認知症患者による排泄に関する問題行動などのため、トイレや汚物室などでは、不快なおいが漂っているケースもある。

そこで、筆者らはゼオライトがガスなどの吸着性能の高いことに着目して、ゼオライトを混入した消臭塗料を開発した。この塗料について、室内実験や実大模擬室実験を行い、塗料の臭気ガスの除去性能を確認してきた²⁾。

ここでは、開発した消臭塗料の実用に向けた各種実験を行った内容について報告する。

2. 消臭塗料の概要

今回、開発した消臭塗料（以下、開発品）は、シリカを主成分とした水系タイプの塗料に、ゼオライトと金属触媒を混合したものである。これにより、ゼオライトによって空気中の臭気物質を吸着し、金属触媒によって吸着した物質を分解することで、ガス除去性能（ガス吸着性能＋ガス分解性能）の持続性が期待できる塗料である。

3. 実験概要

ここでは、開発品の実用化に向けて、表－1に示す試験を行った。

4. 塗布回数の確認実験

4.1 実験の目的

本実験では、最適な塗布量を選定するために、開発品の塗布回数が、仕上がり性状およびガス除去性能に及ぼす影響を確認することを目的とした。

4.2 実験の因子と水準

実験の因子と水準を表－2に示す。

塗布回数は、1回塗り、2回塗り、3回塗りとした。また、比較のために、試験体のない状態（以下、プランク）でも同様の実験を行った。

実験に用いた臭気ガスは、病院内の臭気測定²⁾において、臭気寄与の高かった硫化水素と有機酸系のプロピオン酸とした。また、既往の研究^{3,4)}から、病院内で検出されたアンモニアも対象とし、合計3種類とした。

4.3 試験体の作製

試験体の下地材は、臭気ガスの吸着が少ないアクリル板を用い、開発品の塗布方法は、すべてローラー塗りとした。下地にプライマーを塗布した後に、表－3に示す回数の塗布を行った。なお、試験体寸法は505×675mm＋450×710mm（塗布面積0.66m²）とした。

塗布後の試験体は、温度23±2℃の室内において、1ヵ月以上乾燥養生を行った。

開発品の塗料を塗り付けた量（以下、使用量）、乾燥後の塗膜の質量（以下、塗布量）、塗膜厚さおよび密度を表－3に示す。なお、塗膜厚さの測定については、金属板に開発品を塗布した試験体を用いて、電磁膜厚計により測定した。塗布回数が増えるほど、使用量が増加したが、1回塗りとは比べると、2回、3回塗りの使用量の増加割合が多くなった。これは、1回塗りは平滑なプライマーの上に塗布しているのに対し、2回、3回塗りでは、凹凸のある開発品の塗膜の上に塗布しているため、使用量が多くなったと思われる。塗布量や塗膜厚さに関しても、塗布回数が増えるほど増加する傾向となった。塗膜の密度に関しては、1回塗りは低かったが、2回、3回塗りでは同等であった。これは、1回塗りでは塗りむらがあり、薄い部分が存在するためと思われる。

表－1 実験概要

実験	内容
塗布回数の確認実験	最適な塗布回数を確認
下地・施工法の影響確認実験	下地や施工方法によるガス除去性能への影響を確認
吸音率確認実験	開発品の塗布による吸音率への影響を確認
内装材として性能確認（JIS試験）	内装材としての性能を満足していることを確認

表－2 塗布回数確認実験の因子と水準

因子	水準
塗布回数	・1回塗り ・2回塗り ・3回塗り ・試験体なし（プランク）
臭気ガス（注入ガス濃度）	・硫化水素（24～26ppm） ・プロピオン酸（50～60ppm） ・アンモニア（160～170ppm）

^{*1} 社会医療法人 雪の聖母会 聖マリア病院 ^{*2} 財団法人 福岡県すこやか健康事業団 ^{*3} 技術研究所

表－3 開発品の使用量、塗布量、塗膜厚さ、密度

塗布回数	使用量 (g/m ²)	塗布量 (g/m ²)	塗膜厚さ (μm)	密度 (g/cm ³)
1回	101.0	63.7	40.8	1.56
2回	270.0	198.3	112.6	1.76
3回	446.7	370.0	214.8	1.72

使用量：塗料の塗り付け質量

塗布量：乾燥後の塗膜の質量

4.4 実験項目および方法

(1) 仕上がり性状

塗布後の仕上がり目視により確認した。

(2) ガス除去性能

ガス除去性能実験の状況を写真－1に示す。

試験体を内法 570 × 490 × 740mm (容積 0.21m³) のガス置換デシケーター内に入れて密閉し、ガス濃度調整器を用いて所定の濃度に調整した臭気ガスを 0.2 リットル / 分の流量で 24 時間注入した。注入中および注入停止後の 48 時間において、ガス検知管により、デシケーター内のガス濃度を測定した。

実験は温度 23 ± 2℃ の室内で、常に蛍光灯 (紫外線強度 0.02mW/cm²) を点灯して行った。

4.5 実験結果

(1) 仕上がり性状

2 回塗りおよび 3 回塗りでは、塗りむらはなく、綺麗な仕上がりであったが、1 回塗りでは、塗りむらが認められた。このため、仕上がり性状としては、2 回以上の塗布回数が必要である。

(2) ガス除去性能

ガス濃度の経時変化を図－1に、実験結果を表－4に示す。

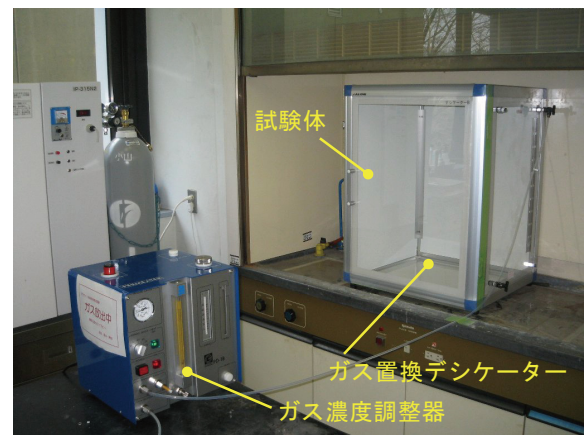
硫化水素において、1 回塗りでは除去率が 77.6% であるのに対し、2 回塗りおよび 3 回塗りでは除去率が 99% 以上となり、高い除去率を示した。

プロピオン酸において、1 回塗りでも除去率は 96.9% と高い値となり、3 回塗りでは、検知管では検知できないレベルまでプロピオン酸を除去していた。

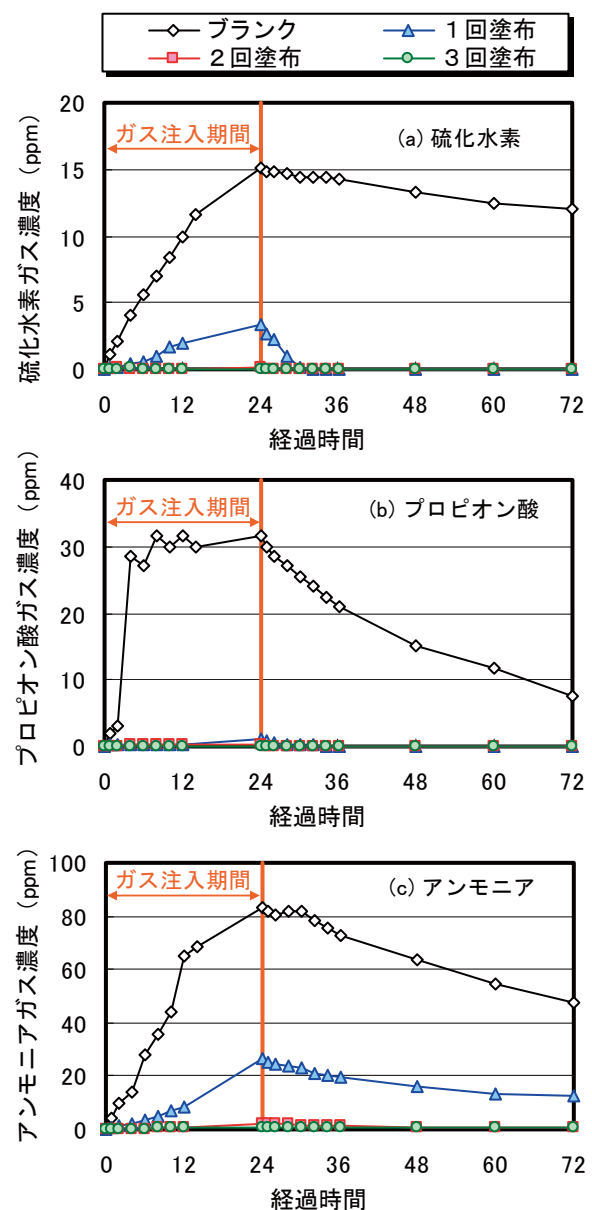
アンモニアについては、他のガスと比較するとガス除去性能は低い値を示したが、2 回塗りおよび 3 回塗りでは 97% 以上の値となった。

いずれの臭気ガスにおいても、塗布回数が増加するほどガス除去性能も向上する結果となったが、2 回塗りと 3 回塗りでは、ガス除去性能には大きな差はなかった。これは、1 回塗りでは、塗りむらがみられることから、部分的に塗膜が薄い部分があり、ガス除去性能が低下しているが、2 回、3 回塗りでは、ほとんど塗りむらがないため、ほぼ同等のガス除去性能を示したと思われる。

これらの結果を踏まえ、工期や施工コストを考慮すると、2 回塗りが最適であると考えられる。



写真－1 ガス除去性能実験の状況



図－1 ガス濃度の経時変化

5. 下地・施工方法の影響確認実験

5.1 実験の目的

本実験では、下地材の違いによるガス除去性能に及ぼす影響を確認することを目的とした。また、施工方法としては、現場での塗布の他に、あらかじめ工場で下地材に開発品を塗布し、乾燥後に現場に搬入する方法についても検討した。

5.2 実験の因子と水準

ガス除去実験の因子と水準を表-5に示す。下地材は3種類、施工方法は現場施工の吹き付けと工場施工のロールコーターの2種類とした。

5.3 試験体の作製

開発品の塗布回数は、2回塗り、使用量 $300\text{g}/\text{m}^2$ とし、施工面積は 0.36m^2 ($300 \times 600\text{mm} \times 2$ 枚) とした。塗布後、室温 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ の室内で1ヵ月程度乾燥してから実験に供した。なお、試験体の裏面および小口には、できるだけガスの吸着を防ぐためにアルミテープを貼った。

5.4 実験方法

実験は前述4.4に示すガス除去性能の測定方法と同様とした。なお、臭気ガスは硫化水素とし、注入ガス濃度は $23 \sim 24\text{ppm}$ とした。

5.5 実験結果

ガス濃度の経時変化を図-2に、実験結果を表-6に示す。

石こうボードおよびケイ酸カルシウム板が下地材の場合、除去率は $93 \sim 96\%$ と高い除去率を示した。岩綿吸音板が下地材の場合の除去率は 87% 程度であり、他の下地材と比較すると若干低い値となった。これは、開発品が岩綿吸音板の孔に充填され、表層に露出する面積が減少したためと推察される。

また、施工方法に関しては、吹き付けとロールコーターとの間でガス除去性能に大きな差異はなく、現場施工だけでなく、工場施工でも問題ないことが確認できた。

6. 吸音率確認実験

6.1 実験の目的

開発品によるガス除去効果を向上させるためには、壁だけでなく天井への適用も考えられる。しかし、開発品の塗布によって、天井材の吸音率が低下することが懸念されるため、本実験では開発品の塗布による下地材の吸音率に及ぼす影響を確認した。

6.2 実験の因子と水準

吸音率確認実験の因子と水準を表-7に示す。

下地は石こうボード、岩綿吸音板（捨張工法）の2種類とし、施工方法は塗布なし、吹き付け、ローラー塗りの3種類とした。

6.3 試験体の作製

塗布回数は2回塗り（使用量 $300\text{g}/\text{m}^2$ ）とした。ただし、岩綿吸音板のローラー塗りに関しては、1回塗り（使用量 $300\text{g}/\text{m}^2$ ）とした。塗布後、室温 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ の室内で1ヵ月程度乾燥してから実験に供した。

表-4 塗布回数確認実験の結果

臭気ガス	塗布回数	除去量 ^{*1} (ppm)	除去率 ^{*2} (%)
硫化水素	1回	11.75	77.6
	2回	15.00	99.3
	3回	15.05	99.6
プロピオン酸	1回	30.70	96.9
	2回	31.50	99.4
	3回	31.70	100.0
アンモニア	1回	88.59	68.2
	2回	126.88	97.6
	3回	128.44	98.8

※1 除去量 = (24h 後のブランク濃度)

– (24h 後の各試験体の濃度)

※2 除去率 = (除去量) / (24h 後のブランク濃度)

表-5 下地・施工方法の影響確認実験の因子と水準

因子	水準
下地材	・石こうボード (t=12.5mm)
	・ケイ酸カルシウム板 (t=12mm)
	・岩綿吸音板 (t=12mm)
施工方法	・現場施工 (吹き付け)
	・工場施工 (ロールコーター)

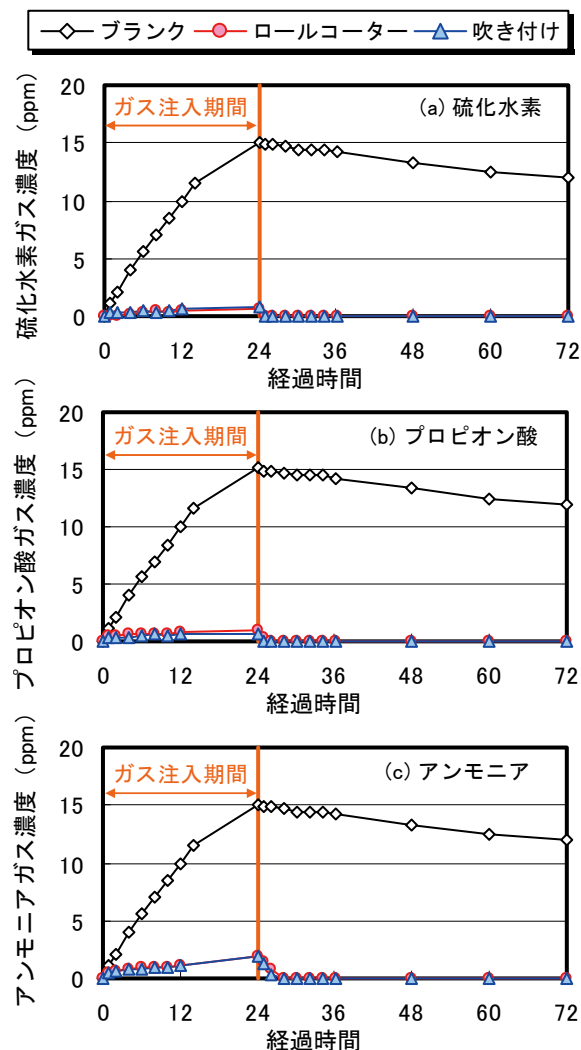


図-2 ガス濃度の経時変化

6.4 実験方法

吸音率の測定は、JIS A 1409:1998「残響室法吸音率の測定方法」に準じて行った。測定残響室は、戸田建設（株）技術研究所の第2残響室⁵⁾を使用した。

試験体の寸法は2,700 × 3,600mm（面積9.72m²）とし、石こうボードは900 × 1,800mmのサイズのものを6枚、岩綿吸音板300 × 600mmのサイズのものを54枚とした。

なお、試験体は天井に取り付けることを考慮して、300mmの空気層を設け、周囲には音のまわりこみがないように、厚さ20mmの木板で囲った。吸音率測定状況を写真-2に示す。

試験体の固定に関しては、石こうボードは、450mm間隔で棧木に固定し、岩綿吸音板は下地を石こうボードとし、1枚の四角をビス止めた。

6.5 実験結果

吸音率測定結果を図-3に示す。

下地が石こうボードの場合、いずれの周波数帯域においても吸音率は低い値となった。また、塗布なしと比べると吸音率にはほとんど差がなかった。

下地が岩綿吸音板の場合、低音域（250Hz程度）までは低い値となったが、高音域（1kHz以上）では、0.7程度の吸音率を示した。また、いずれの施工方法も塗布なしと同様の吸音率を示しており、開発品の塗布によるボードの吸音率に及ぼす影響はほとんどみられないことが確認できた。ただし、ローラー塗り場合は、塗料の使用量300g/m²では、塗りむらが出てしまうため、岩綿吸音板への施工は吹き付け施工を標準とする。

7. 内装材としての確認実験（JIS 試験）

7.1 実験の目的

これまでに、開発した塗料が優れたガス除去性能を有していることや吸音率への影響が小さいことを確認してきた。ここでは、建材（内装薄塗材）としてJIS規格（一部、ISO規格やNNK規格）の要求性能を満足しているかを確認するため、公的試験機関にて試験を行った。ここで、開発品は内装薄塗材として使用されるが、病院などへの使用を考慮して、内装材以外（例えば、外装材、化粧板、塗り床材）のJIS規格（一部、ISO規格やNNK規格）の試験も行った。

7.2 内装薄塗材としての要求性能試験

内装薄塗材として要求される性能試験としては、以下に示す9項目の試験を行った。

(1) 初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験（JIS A 6909）

塗料を塗布した試験体を風速3m/s ± 10%の風洞内に入れ、6時間後に表面のひび割れの有無を目視で調べた。

(2) 塗膜付着性試験（JIS A 6909）

試験体に引っ張り用銅製治具を接着剤で貼り付け、鉛直方向に引張力を加え、最大引張荷重を測定した。

(3) 温冷繰返し試験（JIS A 6909）

試験体の養生条件として、23 ± 2℃（水中）18時間 → 20 ± 2℃（気中）3時間 → 50 ± 2℃（気中）3時間を1サイクルとして、10サイクル繰り返した後、ひび割れ、剥がれ、変色などが無いかを目視で調べた。

表-6 下地・施工方法の影響確認実験の結果

下地材	施工方法	除去量 ^{※1} (ppm)	除去率 ^{※2} (%)
石こうボード	吹き付け	14.31	94.7
	ローラーコーター	14.45	95.6
ケイ酸カルシウム板	吹き付け	14.44	95.6
	ローラーコーター	14.11	93.4
岩綿吸音板	吹き付け	13.20	87.4
	ローラーコーター	13.11	86.8

※1 除去量 = (24h後のブランク濃度)

− (24h後の各試験体の濃度)

※2 除去率 = (除去量) / (24h後のブランク濃度)

表-7 吸音率確認実験の因子と水準

因子	水準
下地材	・石こうボード (t=12.5mm) ・岩綿吸音板 (t=12mm) + 捨張 石こうボード (t=12.5mm)
施工方法	・塗布なし・吹き付け・ローラー塗り



写真-2 吸音率測定状況

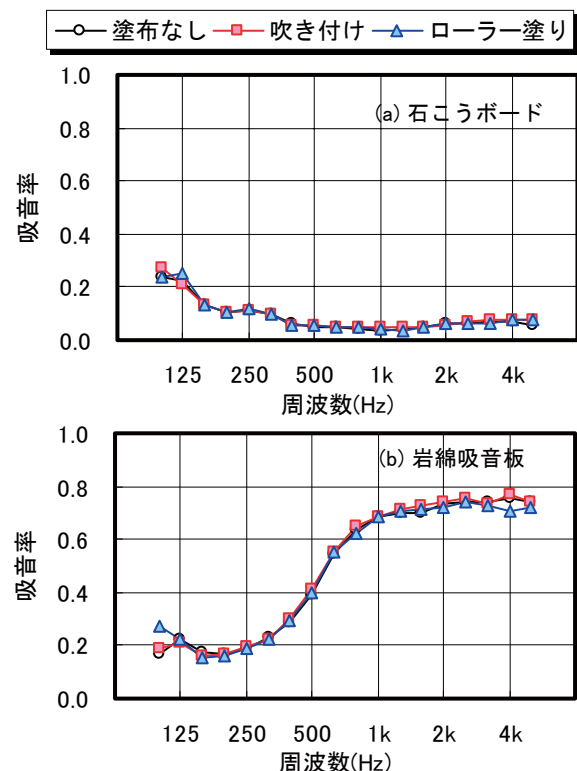


図-3 吸音率測定結果

(4) 耐衝撃性試験 (JIS A 6909)

球形の重り（約 530g）を高さ 30cm から落下させ、表面のひび割れ、著しい変形、基板との剥がれの有無を目視により調べた。

(5) 耐摩耗性試験 (JIS A 6909)

試験面にブラシを乗せ、1000 回ブラシを往復させた後、剥がれ、摩耗による基板の露出の有無を目視で調べた。

(6) 耐湿性試験 B 法 (JIS A 6909)

試験体の養生条件として、 $50 \pm 3^\circ\text{C}$ （水の入った装置）→ $50 \pm 3^\circ\text{C}$ （気中乾燥）を 1 サイクルとして、3 サイクル繰り返した後、表面のひび割れ、剥がれ、膨れの有無を目視により調査した。

(7) 引っかかり硬度試験 (JIS K 5600)

鉛筆を装置に固定し（塗料面に対し $45 \pm 1^\circ$ ）、装置を 0.5 ～ 1.0mm/s の速度で移動させ、表面にきずが生じなかった最も高い鉛筆の硬度を鉛筆硬度とした。

(8) 耐沸騰水性試験 (旧 JIS K 5400)

沸騰水の中に試験片を糸で吊して約 60mm の深さまで浸透させ 2 時間置いた後に沸騰水から取り出し、さらに 2 時間経過してから塗膜の状態を目視により調査した。

(9) 化学物質放散性試験 (JIS A 1901)

小型チャンバーに清浄な空気を送り、試験体を設置し、所定の経過時間に、塗料から発生する化学物質の放散速度を測定した。対象とした化学物質は、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、エチルベンゼン、スチレン、テトラデカン、ノナナール、TVOC の 10 種類とした。

7.3 内装薄塗材以外の要求性能試験

内装薄塗材としての要求性能ではないが、病院などへの適用を考慮して、以下の 8 項目の試験を行った。

(1) 透水性試験 B 法 (JIS A 6909)

本試験は防水形外装薄塗材としての要求性能試験である。試験体に透水試験器具（φ 75mm）を取り付け、器具に $23 \pm 2^\circ\text{C}$ の水を入れ、24 時間後の透水量を測定した。

(2) 耐候性試験 B 法 (JIS A 6909)

本試験は耐候形 3 種としての要求性能試験である。キセノンランプ法（紫外線強度 $18\text{mW}/\text{cm}^2$ 、太陽光の 5 ～ 6 倍）で、600 時間照射した後に、変色の程度を基準の試験体と比較し、表面のひび割れ、剥がれ、膨れの有無を目視により調べた。

(3) 吸放湿性試験 (JIS A 6909)

本試験は調湿形塗料としての要求性能試験である。試験体の養生条件として、 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $90 \pm 5\% \text{RH}$ 24 時間→ $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $45 \pm 5\% \text{RH}$ 24 時間を 1 サイクルとして 2 サイクル行い、各工程の質量を測定して、吸放湿量を計算した。

(4) 耐汚染性試験 A 法 (JIS K 6902)

本試験は熱硬化性樹脂高圧化粧板としての要求性能試験である。試験体に汚染材料を 2 ヲ所付着させ、一方はそのまま、もう一方には、蒸発を防止するガラスカバーをかけ、24 時間放置する。その後、布拭き→水洗い→エタノール洗浄し、汚染の有無を目視により

調べた。対象とした汚染物質は、アセトン、コーヒー、水酸化ナトリウム、過酸化水素水、くつずみ、クエン酸、尿、野菜ジュース、天然ジュース、紅茶、人工血液、イソジン、アクリノールとした。

(5) 耐薬品性試験 (NNK-007)

本試験は塗り床材としての要求性能試験である。試験体にロートを固定し、それぞれの薬品を 20cc ずつ注入し、24 時間または 28 日間接触させる。その後、膨れ、剥がれ、浮きを目視により調査し、引っかかり硬度試験、付着強さ試験を行った。使用した薬品は、2% 硫酸、5% 酢酸、5% 水酸化ナトリウム、飽和水酸化カルシウム、飽和塩化ナトリウム、1% 次亜塩素酸ナトリウム、80% エタノール、100% 灯油、100% 大豆油、100% トルエンとした。

(6) 燃焼性試験 (ISO 5660)

本試験は不燃材料としての要求性能試験である。材料に一定レベルの放射熱を与えながら燃焼させ、燃焼発熱速度の変化、燃焼開始から終了までの総発熱量を測定した。

(7) 抗菌試験 (JIS Z 2801)

本試験は材料の抗菌効果を評価する試験である。試験体に試験菌液を接触させ、被覆フィルムを乗せて密着させ、 35°C で 24 時間保存し、生菌数を測定した。菌種は、大腸菌、MRSA、緑膿菌の 3 種類とした。

(8) かび抵抗性試験 (JIS Z 2911)

本試験は材料のかび抵抗性を評価する試験である。試験体の養生条件として、 20°C の水中に 18 時間浸漬→80 ～ 85% RH の気中で 2 時間乾燥→試験体を寒天培地に貼り付け、胞子懸濁液を 1ml 吹き付け、 $26 \pm 2^\circ\text{C}$ の室内で 7 日間養生する。養生後、かびの発育レベルを目視により調査した。かびの種類は、黒かび、5 種混合かびの 2 種とした。

表 8 塗膜付着性試験結果

番号	最大荷重 (N)	付着強さ (N/mm^2)	破断状況
1	5720	3.6	モルタル破壊
2	5420	3.4	モルタル破壊
3	5350	3.3	モルタル破壊
4	5190	3.2	モルタル破壊
5	4980	3.1	モルタル破壊
平均	5332	3.3	—



写真 3 温冷繰返し試験後の試験体

7.4 内装薄塗材としての要求性能試験結果

(1) 初期乾燥によるひび割れ抵抗性試験

ひび割れ抵抗性試験後の試験体表面を目視で観察したところ、ひび割れは認められなかった。

(2) 塗膜付着性試験

塗膜付着性試験の結果を表－8に示す。

付着強さは平均で 3.3N/mm^2 であった。内装薄塗材としては 0.3N/mm^2 以上の付着強さが求められるため、十分な強度を有していることが確認できた。

(3) 温冷繰返し試験

温冷繰返し試験後の試験体を写真－3に示す。

試験体には、ひび割れ、剥がれ、膨れなどは認められなかったが、わずかな黄変がみられた。内装薄塗材としての要求性能では、「ひび割れ、剥がれ、膨れがないこと、著しい変色がないこと」とされており、今回の黄変は著しい変色ではないが、温度変化の大きい環境では、変色の可能性もあるため、使用場所には注意が必要であると思われる。

(4) 耐衝撃性試験

耐衝撃性試験後の状況を目視で観察したところ、ひび割れ、変形、基材との剥がれは認められなかった。

(5) 耐摩耗性試験

耐摩耗性試験後の試験体の状況を目視により確認したところ、剥がれや基材の露出は認められなかった。

(6) 耐湿性試験

耐湿性試験後の試験体の状況を目視で観察したところ、ひび割れ、剥がれ、膨れなどは認められなかった。

(7) 引っかかり硬度試験

引っかかり硬度試験の結果、鉛筆硬度は9Hであり、最も高い硬度であることが確認できた。

(8) 耐沸騰水性試験

耐沸騰水性試験後の試験体の状況を目視で観察したところ、しわ、膨れ、割れ、剥がれなどはなく、変色も認められなかった。

(9) 化学物質放散性試験

化学物質放散性試験の結果を表－9に示す。

7日目のホルムアルデヒドの放散速度は $2\mu\text{g/m}^2\cdot\text{h}$ 、アセトアルデヒドの放散速度は $1\mu\text{g/m}^2\cdot\text{h}$ となり、ほとんど発生していないことが確認できた。この2種類以外の物質は $1\mu\text{g/m}^2\cdot\text{h}$ 未満となった。また、TVOCも $135\mu\text{g/m}^2\cdot\text{h}$ であり、このうち大半の成分はプロピレングリコールであった。このように開発品からの放散量は少ないことは確認できたが、実際の使用環境(施工面積や換気回数)によっては、「室内空气中化学物質及び総揮発性有機化合物(VOC)の室内濃度指針値」を満足できない可能性もあるため、使用の際には注意が必要である。

7.5 内装薄塗材以外の要求性能試験結果

(1) 透水性試験

透水性試験の結果、透水量は0.45mlであった。内装薄塗材よりも要求性能の厳しい防水形外装薄塗材では0.50ml以下であるため、それ以上の性能となった。

(2) 耐候性試験

耐候性試験後の試験体を写真－4に示す。

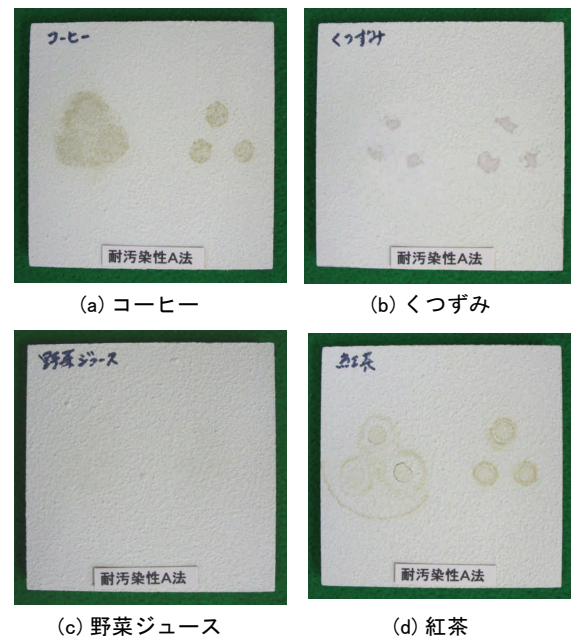
試験体には、ひび割れ、剥がれ、膨れは認められな

表－9 化学物質放散試験結果

物質名	放散速度 ($\mu\text{g/m}^2\cdot\text{h}$)	
	3日目	7日目
ホルムアルデヒド	2	2
アセトアルデヒド	1	1
トルエン	< 1	< 1
キシレン	< 1	< 1
p-ジクロロベンゼン	< 1	< 1
エチルベンゼン	< 1	< 1
スチレン	< 1	< 1
テトラデカン	< 1	< 1
ノナール	< 1	< 1
TVOC	270	135



写真－4 耐候性試験後の試験体



写真－5 耐汚染性試験後の試験体

かったが、わずかな黄変がみられた。耐候性は内装薄塗材として要求される性能ではないが、紫外線強度の高い場所では、黄変する可能性もあるため、注意が必要である。

(3) 吸放湿性試験

吸放湿性試験の結果、吸放湿量の平均は 32.1g/m^2 であった。内装薄塗材としての要求性能は規定されていないが、調湿型塗料としては、 70g/m^2 以上の性能

が求められるため、開発品は調湿形塗料としての性能は有していないことが確認できた。

(4) 耐汚染性試験

耐汚染性試験後の一例を写真－5に示す。

コーヒー、くつずみ、紅茶、野菜ジュース、天然ジュース、人工血液、イソジン、アクリノールでは汚れが落ちにくい結果となった。耐汚染性は内装薄塗材としてJISで規定される項目ではないが、開発品は汚れが付着しやすい材料であるため、使用には注意が必要である。

(5) 耐薬品性試験

耐薬品性試験の結果を表－10に示す。

開発品は、酸に対する耐性はそれほど高くはなく、硫酸では鉛筆硬度および付着強さの低下がみられ、酢酸では剥がれと付着強さの低下がみられた。また、水酸化ナトリウムでは剥がれと溶解がみられ、大豆油では付着強さの低下が認められた。ただし、本試験は床材の試験であり、内装薄塗材としては厳しい条件となっている。

(6) 燃焼性試験

燃焼性試験の結果を表－11に示す。

不燃材料としての要求性能は、加熱開始後20分間の総発熱量が $8\text{MJ}/\text{m}^2$ 以下であること、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂および穴がないこと、最高発熱速度が10秒以上継続して $200\text{kW}/\text{m}^2$ を超えないことであり、開発品はこれらの性能を満足する結果であった。

(7) 抗菌試験

抗菌試験の結果を表－12に示す。

大腸菌、MRSA、緑膿菌のすべての試験菌について、開発品の菌数は10未満となり、抗菌活性値も5以上の優れた抗菌性を示した。

なお、抗菌活性値は2以上であれば、抗菌性を有しているとされ、以下の式から算出した。

$$\text{抗菌活性値} = \log (\text{ブランクの菌数} / \text{開発品の菌数})$$

(8) かび抵抗性試験

かび抵抗性試験後の試験体を写真－6に示す。

今回の試験では、黒かびおよび5種混合かびともに、菌糸の発育部分の面積は、全面積の1/3を超えており、かび抵抗性はレベル2となった。内装薄塗材として、かび抵抗性が求められているわけではないが、かびの発生しやすい環境での使用には注意が必要である。

8. まとめ

開発した消臭塗料について、実用に向けた実験を行った結果、以下の性能を確認した。

- ・塗布回数が2回および3回では、塗りむらはなく綺麗に仕上がり、優れたガス除去性能を示した。ただし、工期や施工コストを考慮すると、2回塗り（塗料の使用量 $300\text{g}/\text{m}^2$ ）が最適である。
- ・開発品のガス除去率は、石こうボードおよびケイ酸カルシウム板が下地の場合は93%以上と高く、岩綿吸音板が下地の場合は87%程度の値を示した。
- ・現場施工と工場施工のガス除去性能は同等であり、

表－10 耐薬品性試験結果

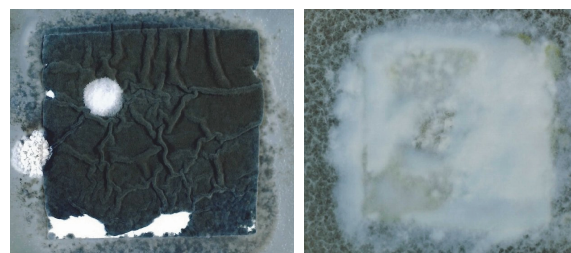
薬品名	外観	鉛筆硬度	付着強さ (N/mm^2)
硫酸	異常なし	4B	0.6
酢酸	わずかな剥がれ	9H	0.5
水酸化 ナトリウム	剥がれ、 溶解あり	9H	2.8
水酸化 カルシウム	異常なし	9H	3.5
塩化 ナトリウム	異常なし	9H	3.2
次亜塩素酸 ナトリウム	異常なし	9H	2.0
エタノール 水溶液	異常なし	9H	2.5
灯油	異常なし	9H	2.6
大豆油	異常なし	9H	0.3
トルエン	異常なし	9H	1.7

表－11 燃焼性試験結果

試験体記号	A	B	C
20分間の総発熱量 (MJ/m^2)	5.1	7.7	7.9
最高発熱速度 (kW/m^2)	10.3	19.0	15.2
$200\text{kW}/\text{m}^2$ 超過継続 時間 (秒)	なし	なし	なし
防火上有害な裏面まで 貫通する亀裂および穴	なし	なし	なし
着炎時間 (秒)	なし	なし	なし
消火時間 (秒)	—	—	—
判定	合格	合格	合格

表－12 抗菌性試験結果

試験菌	試験片	生菌数	抗菌活性値
大腸菌	開発品	<10	>6.4
	ブランク	2.6×10^7	
MRSA	開発品	<10	>5.4
	ブランク	3.0×10^6	
緑膿菌	開発品	<10	>6.1
	ブランク	1.3×10^7	



(a) 黒かび (b) 5種混合かび
写真－6 かび抵抗性試験後の試験体

現場の状況に応じて、いずれかの方法を使い分けることが可能である。

- ・開発品を岩綿吸音板などに塗装したことによる吸音率の低下は小さく、影響はほとんどない。ただし、岩綿吸音板が下地の場合、ローラー塗りでは塗りむらができるので、この場合は吹き付け施工を標準とする。
- ・開発品は、内装薄塗材としてのJIS規格をおおむね

満足していたが、温冷繰返し試験では、若干の黄変がみられた。このため、熱の変動の大きな環境では、注意が必要である。

- ・内装薄塗材として要求される性能以外の項目に関して、耐候性試験では、若干の黄変がみられた。また、耐汚染性試験の結果から、汚れが落ちにくい材料であること、さらにかび抵抗性試験の結果から、かびの発生しやすい環境では注意が必要な材料であることが確認できた。このような性質の塗料ということを認識して、使用環境などを考慮する必要がある。

なお、JIS 試験結果、若干の黄変がみられた温冷繰返し試験および耐候性試験、適切なかび抵抗性を持っていないことが確認できたかび抵抗性試験に関しては、実際の室内環境としては、条件が厳しいため、実条件に近い環境での暴露試験を実施している。

【参考文献】

- 1) 「室内の臭気に関する対策・維持管理基準・同解説」日本建築学会環境基準 pp.3、2005.7
- 2) 宮崎他「ゼオライトを混入した消臭塗料の開発その1～その3」日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）A-1、pp.331-336、2010.9
- 3) 板倉他「排泄物のにおいの特性」人間－生活環境系シンポジウム報告集第30巻 pp.39-42、2006
- 4) 加藤他「ガスセンサーを用いた療養病棟における空気質の実態調査」におい・かおり環境学会講演要旨集 第17巻 pp.43-46、2004
- 5) 宮尾他「戸田建設（株）技術研究所音響実験施設の音響特性」日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、pp.97-98、1984.10

