医療施設における仕上材料選定に関する研究

タイルカーペット沈降粉塵の再飛散性および清掃性の検討

万字 角英＊1・恒川 真一＊2

Keywords : hospital, dust re-entrainment test, dust removal test, pile height, pile density
病院，粉塵再飛散性試験，粉塵除去性試験，パイル高さ，パイル密度

1. はじめに

病院の内装用の床材として，モップで清掃できる長尺塩ビシートをよく利用するが，快適性・安全性・遮音性などからタイルカーペットを適用したいという場合がある。しかし，タイルカーペットは，キャスター走行性や清掃性，院内感染の観点から避けられる傾向にあり，掃除機による清掃が必要なため，アスペルギルス胞子の飛散に繋がるなどの問題が指摘されている。これに対して，タイルカーペットは，長尺塩ビシートに比べて空気中への粉塵の再飛散量を抑えられる効果が期待される。そこで，タイルカーペットの表面に沈降した粉塵が歩行やキャスターの走行などにより再飛散する程度を評価する方法と，タイルカーペットの表面に沈降した粉塵を清掃時にどれくらい除去できるかを評価する方法を検討した。さらに，上記方法により 15 種類のタイルカーペットを評価して，表面構造と粉塵の再飛散性および除去性の関係について検討し，いったん付着した粉塵が再飛散しにくく清掃時に除去しやすいタイルカーペット 3 種類を選定することにした。

2. 粉塵再飛散性試験方法

2.1 模擬粉塵

模擬粉塵は，JIS 試験用紛体 1 の 7 種（JIS Z 8901）を用いた。これは，路上粉塵，屋外および屋外から屋内に入った粉塵を想定して標準化したものである。表-1 には紛体のサイズ特性を示す。紛体の粒子径分布は，粒子径が 5μm よりも大きい粒子が全量の 88±5%，20μm よりも大きい粒子が 62±3%，75μm よりも大きい粒子が 20%以下である。

表-1 試験用紛体のサイズ特性
Table 1 Size characteristics of the test powder

粒子径	5μm>	10μm>	20μm>	30μm>	40μm>	75μm>
割合(%)	88±5	76±3	62±3	50±3	39±3	20 以下

2.2 試験方法の概要

タイルカーペットの表面に沈降した粉塵が，歩行やキャスターの走行やなどにより再飛散する程度を評価するためには，歩行やキャスターの走行を模擬した再現性のある力の付与と，飛散した粉塵を測定する方法が必要となる。前者については，粉塵が沈降したタイルカーペット上に物体を落下させるなど何らかの力を再現性よく加えることは可能であるが，粉塵が物体に付着するという問題が生じる。また後者については，粉塵をパーティクルカウンターでリアルタイムにモニターする方法や，ポンプとフィルターで捕集して測定する方法などが考えられるが，水平および垂直の両方向に濃度分布がある飛散粉塵の一部のみを測定することになる。そこで発想を転換して，粉塵が沈降したタイルカーペットを反転させて裏側を上向きにし，所定の重量の重りを所定の距離から落下させることにより，重りに粉塵が付着することなく一定の力を再現性よく加えることができるようにした。さらに，飛散する（落下する）粉塵すべてを回収対象すれば，再現性よく飛散量を測定することができる。考案した試験方法のフローを図-1 に示す。

2.3 試験手順

・タイルカーペット上に，内寸 280mm×400mm の試験区画を設ける。
・タイルカーペット上をクリーナーで清掃し，既存粉

＊1 技術センター 建築技術開発部 建築生産技術開発室
＊2 設計本部 建築設計第五部

塵を除去する。
・タイルカーペット上に模擬粉塵を 10.7g/m^2 散布する。
・試験区画をバットで覆って反転させる。
・1kg の重りを高さ 5cm から 3 回落下させ，バットに落下した粉塵を回収し重量を測定する。
・3 枚のタイルカーペットで同様の試験を行い，平均値を求める。

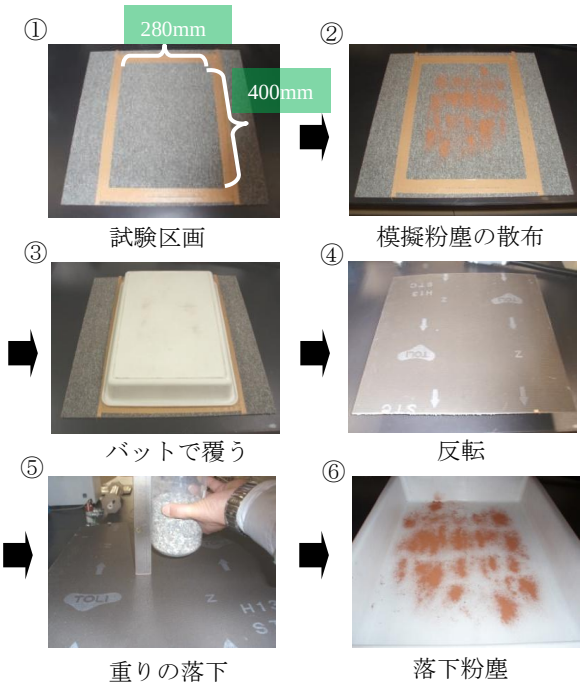

図-1　粉塵再飛散試験のフロー
Fig.1　Flow of dust re-entrainment test

3.　粉塵除去性試験方法

3.1　模擬粉塵

粉塵再飛散性試験の模擬粉塵に準拠した。

3.2　試験方法の概要

タイルカーペットの表面に沈降した粉塵を清掃時にどれくらい除去できるかを評価するためには，クリーナーで吸引した粉塵のみを定量する必要がある。そこで，吸引力を落とすことなく 20μm 以上の粉塵を捕集できる捕集器を作製し，クリーナーに装着して用いた。これ以上目を細かくすると，吸引力に影響を生じる。模擬粉塵は，20μm よりも大きい粒子が 62±3%含まれるため，捕集粉塵量の割合は全粉塵量の約 60%となる。考案した試験方法のフローを図-2 に示す。

3.3　試験手順

・タイルカーペット上に，内寸 280mm×400mm の試験区画を設ける。
・タイルカーペット上をクリーナーで清掃し，既存粉塵を除去する。
・タイルカーペット上に模擬粉塵を 10.7g/m^2 散布する。
・タイルカーペットを全て同じ向き（裏面に付してある矢印の向きを右）に配置して，クリーナーで左から右に一方向清掃し，全体を 12 列に分けて各 4 秒ずつ合計 48 秒間かけて清掃する。
・捕集粉塵の重量を測定して 1 回目の測定値とする。
・続けて同じ工程を繰り返し，2 回目の測定値とする。
・3 枚のタイルカーペットで同様の試験を行い，平均値を求める。

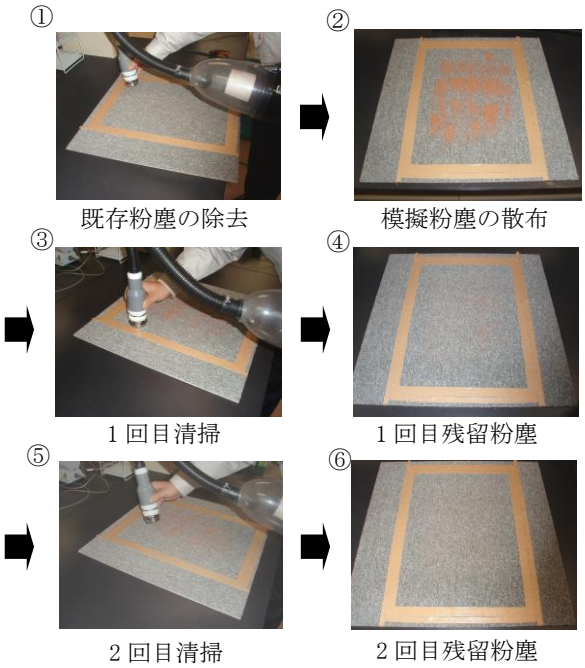

図-2　粉塵除去試験のフロー
Fig.2　Flow of dust removal test

4.　タイルカーペットの評価

4.1　試験体

試験に用いた医療・福祉施設用タイルカーペットは，表-2 に示すように，パイル高さ，パイル密度，表面材などの表面特性が異なる 15 種類を選定した。さらに，バッキング（裏打層）の材質の違いにより A から E の 5 つのタイプに分類した。

4.2　試験方法

タイルカーペットの評価試験は，模擬粉塵を 10.7g/m^2 散布した後，粉塵再飛散性試験および粉塵除去性試験（1 回目と 2 回目）を連続して行った。それぞれの試験を 3 回行い，その平均を評価値とした。

粉塵再飛散性試験では，バットに落下した粉塵のうち回収しきれない残留分だけ再飛散率は低めに算出される。また粉塵除去性試験では，散布した粉塵には 20μm 以下の粒子も含まれているが，20μm 以上の粉塵

しか捕集していないため，捕集量が低めとなる。以上のことから，粉塵再飛散性試験値（再飛散率）および粉塵除去性試験値（除去率）は実際よりも低めとなるため，絶対値での評価は適切ではない。一方，上記諸要因は各試験において共通しているため，試験結果を各タイルカーペットの相対値として比較検討に用いる。残存率は，1－再試飛散率で算出した。

表-2　試験に用いたタイルカーペット
Table 2　Carpet tiles that were used in the test

ﾀｲﾙｶｰﾍﾟｯﾄ	ﾊﾟｲﾙ高さ (mm)	ﾊﾟｲﾙ密度 (本/inch^2)	表面材	ﾊﾞｯｷﾝｸﾞによるﾀｲﾌﾟ
①	4.0	164	原着ﾅｲﾛﾝ	A
②	3.0	164	原着ﾅｲﾛﾝ	
③	2.4	100	原着ﾅｲﾛﾝ	
④	3.5	100	原着ﾅｲﾛﾝ	
⑤	3.0	158	BCF ﾅｲﾛﾝ	B
⑥	3.0	130	BCF ﾅｲﾛﾝ	
⑦	2.0	45161	ﾅｲﾛﾝ	C
⑧	2.0	45161	ﾅｲﾛﾝ	
⑨	2.5	72	原着ﾅｲﾛﾝ	D
⑩	High4.0+ Low2.5	48	原着ﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ	
⑪	3.0	50	原着ﾅｲﾛﾝ	
⑫	2.5	190	ﾅｲﾛﾝ	E
⑬	High4.0+ Low2.5	130	原着ﾅｲﾛﾝ	
⑭	3.0	120	ﾅｲﾛﾝ	
⑮	High4.0+ Middle3.0+ Low2.5	110	原着ﾅｲﾛﾝ	

4.3　試験結果

バッキングの違いは，粉塵再飛散性試験において重りを落下させる際の衝撃の伝達を変化させ，再飛散率に影響を及ぼす可能性がある。しかし，タイルカーペットを施工した場合の粉塵の再飛散では，裏面となるバッキングの影響はないと考えられる。そこで図-3 に示すように，共通のバッキング材質内で違いを比較することによりバッキングの影響を排除し，パイル高さ，パイル密度，表面材の違いのみによる除去率と残存率への影響を比較した。ハイ＆ロールループパイル（High4.0+Low2.5）およびテクスチャードループパイル（High4.0+Middle3.0+Low2.5）は，ループ高さの平均値をパイル高さとした。またバッキングタイプ C は，パイル密度が極端に高いため，比較としてその他のタイルカーペットもグラフ内に示した。

（1）タイプ A

パイル密度が低い（③，④）ほうが除去率は高く，パイル高さが高い（①，④）ほうが残存率は高かった。

（2）タイプ B

パイル高さが同じ場合には，パイル密度が低い（⑥）ほうが除去率および残存率ともに高かった。

（3）タイプ C

表面材がナイロンでパイル密度が他に比べて極端に高い場合（⑦，⑧）には，除去率は高く残存率は低かった。

（4）タイプ D

表面材が原着ポリエステルでありハイ＆ロールループ構造のタイルカーペット⑩が，除去率および残存率ともに高かった。表面材が原着ナイロン（⑨，⑪）では，例外的にパイル密度が低くパイル高さが高い（⑪）ほうが除去率および残存率ともに低かった。

（5）タイプ E

パイル密度とパイル高さが同程度であっても，除去率および残存率が大きく異なった。ハイ＆ロールループパイル（⑬）は除去率および残存率ともに高く，テクスチャードループパイル（⑮）は残存率は高く除去率は低かった。表面材がナイロンの場合（⑫，⑭）には，パイル密度に関係なく残存率は低かった。

4.4　考察

パイル表面に付着した粉塵が一時的にパイルの内部に取り込まれ，空気中への飛散を抑制するダストポケット効果から，沈降した粉塵の際飛散では，主として表面に付着した粉塵が飛散し，清掃時の吸引では，表面に付着した粉塵および内部に取り込まれた粉塵が飛散すると推測される。

（1）パイル密度が高い場合

表面に付着した粉塵の割合が高く，再飛散時にはその表面付着粉塵が飛散し，清掃時にはさらに内部に取り込まれた粉塵が除去されると推測される。

（2）パイル密度が低い場合

内部に取り込まれる粉塵の割合が高く，再飛散時には表面付着粉塵が飛散し，清掃時にはさらに内部に取り込まれた多くの粉塵が除去される。これにより，パイル密度が高い場合に比べて，再飛散しにくく清掃時に除去しやすい特徴が生じると推測される。

（3）ハイ＆ロールループの場合

ハイループに着目すると，（2）のパイル密度が低い場合に類似しており，その間隙にロールループが挟まっ

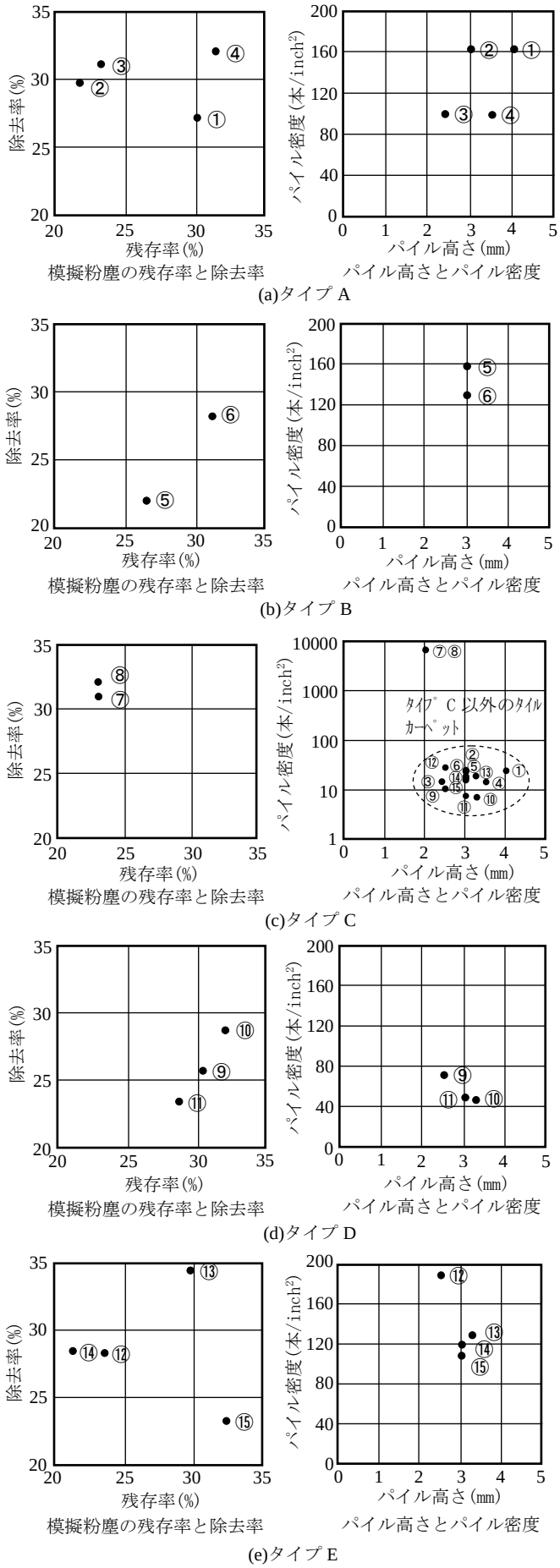

図-3　試験結果およびタイルカーペットの特性
Fig.3　Test result and characteristics of the carpet tile

ている構造である。これにより，パイル密度が低い場合と同様の傾向であることが推測される。

（４）パイル密度が極端に高い場合

粉塵は主として表面に付着するため，再飛散および清掃時のいずれも多く飛散する。これにより，模擬粉塵の除去率が高く，残存率が低くなったと推測される。

以上の結果および考察から，目的の特性を有するタイルカーペットには，パイル密度が低くパイル高さが高いまたはハイ＆ロールループのような特徴があると推測される。

4.5　タイルカーペットの選定

図-4 には，15 種類のタイルカーペットの模擬粉塵の残存率および除去率を示す。タイプ A は青色，タイプ B は赤色，タイプ C はオレンジ色，タイプ D は緑色，タイプ E は黒色で示す。目的とする「いったん付着した粉塵が再飛散しにくく清掃時に除去しやすいタイルカーペット 3 種類の選定」として，赤枠で囲った残存率および除去率が高い④，⑩，⑬を選定した。

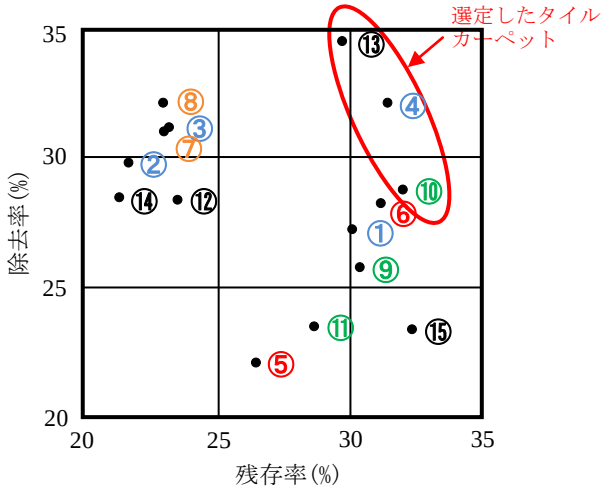

図-4　タイルカーペット上の模擬粉塵の残存率と除去率
Fig.2　Removal rate and residual rate of the simulated dust on the carpet tile

5.　まとめ

①沈降した粉塵が再飛散する程度を評価する沈降粉塵再飛散試験方法を決定した。

②粉塵を清掃時にどの程度除去できるかを評価する沈降粉塵除去試験方法を決定した。

③15 種類の医療・福祉施設用タイルカーペットを評価した結果，いったん付着した粉塵が再飛散しにくく清掃時に除去しやすいタイルカーペットは，パイル密度が低くパイル高さが高いまたはハイ＆ロールループ構造のような特徴を有し，選定した 3 種類のタイルカーペットも同様の傾向を示した。