

〔論文〕

美術館内の塵埃降下について

DES POUSSIÈRES A LA GALLERIE D'ART

森 田 恒 之

Des tendances des poussières suspendues dans la galerie d'art sont poursuivies par le méthode statistique à l'aide de "Dustcountor 40-1 (Bausch & Lomb)". Des grosses poussières ($\pm 10\mu$), dont la majorité est des fibres venues de vêtements de visiteurs, présentent la distribution homogène et étrangère à la distance de plancher, et sa quantité diminue en été. Aussi plus proche à la porte d'entrée, plus nombreux on les observe. Le nombre de celles moyennes ($\pm 3\mu$) et minuscules (moins que 1μ), dont plus petites on se trouve plus haute de la plancher, est en fort corrélation avec celui de visiteurs, notamment des personnes qui passent l'entrée à la partie proche de l'entrée et de ceux qui restent dans la galerie à mesure qu'il en s'éloigne. D'après les analyses par la spectrographie d'émission et la diffractographie de rayon-X il est révélé que plupart de ces petites particules sont poudres du marbre de plancher produits en conséquence que des chaussures de visiteurs la flottent sans cesse. La plancher moins propre accélère plus sa production. La précaution plus simple n'est réalisée que par la répétition du nettoyage humide et soigneux et que par le respect du limite de nombre de visiteurs pour le bâtiment. Ajoutons que l'application du marbre mi-poli ne devra pas être elue à la plancher du musée.

これは1970年3月5日より同年9月13日まで大阪千里丘陵で開催された日本万国博覧会の会期中、同会場内に作られた万国館美術館で収集した降塵に関するデータをまとめたものである。当時、筆者は同館に保存科学の担当学芸職員として在職した。

これまで美術館・博物館の降塵現象を扱った報告は少なく、しかもその少ない論及の多くは生物学、特に空中微生物の問題に集中しているよう見うけられる（たとえば大槻、岩崎他1951など）。筆者ら同館学芸職員は同館が始めて観客を迎えた数日後に、この施設は他のそれに比して異常に塵埃が多いことに気づいた。幸いに、降塵量の連続記録装置が開館前に設置してあった。筆者はこれを用いて降塵原因の解明と対策の検討を進めた結果、次のような点が明らかにされた。

- 1) 降塵原因は建物の床面にある。
- 2) 微量量の降塵量と入館者数は一定限界内で相関を持つ。また館内滞留者数とは常に相関を持つ。
- 3) 過剰入館は塵埃発生にも異常を生じやすい。

4) 床面洗浄はある程度の防塵効果がある。

本論は報告としてはやや時期を失している感もあるが、筆者は最近開館された某博物館施設でも上記の1)および3)に原因すると思われる異常降塵を目にしたので、今後の施設のために、あえて発表することにした。

1. 測定方法

降塵量は Bausch & Lomb 社の「ダストカウンター40-1型（デジタルプリンター付）」を使用して測定した。この装置は小型モーターで6分間に1 m³の空気を吸引口より取り入れ、中に含まれる埃の数を光学的にカウントする。あらかじめセクターをセットしておけば、希望の粒子径を持つ塵埃の数を知ることが出来る。また一定量（1/10 f³, 1 f³, 5 f³, すなわち36秒, 6分, 30分, に相当のいずれかにセットする）を吸引するとカウンターは自動的に復元し、長時間の連続測定が可能である。さらにプリンターはカウントした数値をロール式記録紙に打印する。

比較に用いた観客数は、同館が出入口にそれぞれ光電管式カウンターを設け絶えず観客数の変化を同会場内のコンピューターセンターに通報する装置を有していたので、これを利用して開館時間帯の各10分毎の入館者、滞留者の数を記録したものを利用した。

2. 数量的にみた降塵量

一般に空中の塵埃は、その粒子径によって、粗粒塵（径 10μ 以上）、中粒塵（径 $2\sim 10\mu$ 程度）、微粒塵（径 1μ 以下）に分類される。微粒塵には自然に存在する塵埃、いわゆる空中浮遊塵が多く、人為的な塵埃は中粒塵以上に多いと考えるのが通例である。

館内の中粒塵の傾向を知るために、4月30日測定 of 3μ のデータを図1に示した。測定器は展示場人口より約50m（導線距離）、床高2.5mの位置に置いた。同日の日定は概ね次の通りである。〔9時：会場看視員が場内を軽く清掃，9時30分：開館，18時：閉館，18時15分～30分：職員巡回点検，19時15分～40分：清掃，21時：警備員巡回〕

グラフピークはすべてこのような人間の動きに一致しており、中粒塵の動きは極めて人為的なものであることをよく示している。そして清掃時間を除けば、常識に違わず閉館時間帯の降塵量は無視出来る程度に少ないことが分る。

そこでまず開館時間帯の降塵量と観客の関係を考慮しながら、より深い降塵量の傾向を知るために同時に2台の測定器を用いて実験を試みた。

2.1 導線距離と降塵量

測定器Aを前述と同位置、即ち4階展示場（会場入口より約50m地点）に置いた（図2、A点）。

測定器Bは2階展示場（会場入口より約270m地点）に置いた（図2、B点）。

両測定器の空気吸引口はいずれも床面より2.5mの所に床面と平行に固定した。

AB 両測定器が記録した値をそれぞれ A 群、B 群とする。すなわち

$$A=\{x_{A1}, x_{A2}, \dots, x_{An}\}, B=\{x_{B1}, x_{B2}, \dots, x_{Bn}\}$$

そこで A, B 両群の母平均の差の有無を1元配置法で検定し、2測定点の降塵傾向を判断した。信頼率は90%である。

測定単位は空気 1 f^3 中の塵埃量、即ち6分間毎の降埃量である。

①塵埃径 3μ

$n_A=95, n_B=95$ (ただし n_X =測定単位数)

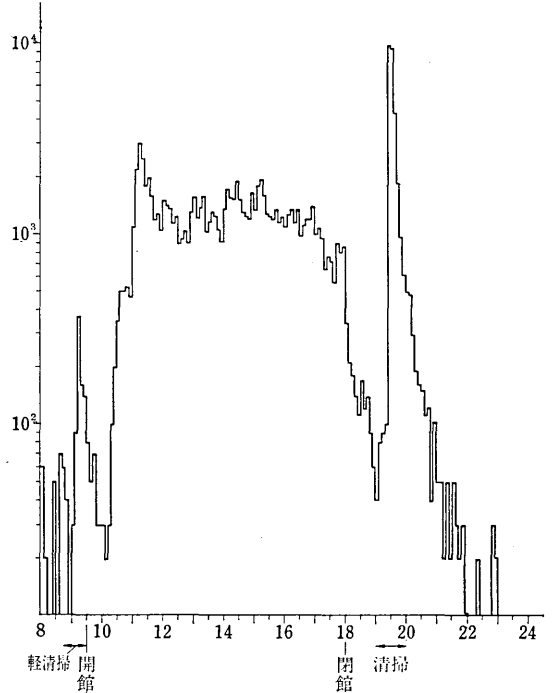


図-1

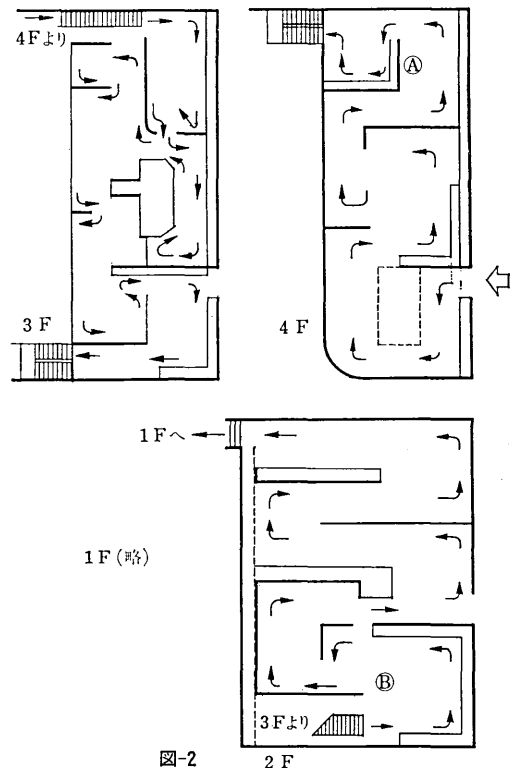


図-2

A群について

$$T_A = \sum x_A = 9,168$$

$$Q_A = \sum x_A^2 = 1,436,338$$

$$G = T_A + T_B = 22,057$$

$$Q = Q_A + Q_B = 4,131,377$$

$$\text{変動 } S_{GR} = Q - G^2/N = 1,570,791.4790$$

(ただし $N = n_A + n_B = 190$)

$$\begin{aligned} \text{級間変動 } S_{G(G)} &= S_{GR} - S_G^2/N \\ &= 72,872,8473 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{級内変動 } S_{R(G)} &= S_{GR} - S_G^2/N \\ F_0 &= S_{G(G)}(N-2)/S_{R(G)} \div 9.14 > 3.94 \\ &= F_{100}^1(0.05) > F_{188}^1(0.05) \end{aligned}$$

∴ A群とB群の差は有意

$x_A < x_B$ ∴ 2階の方が降塵量が多い

②塵埃径 5μ

	A	B	G	Q
n_X	89	89	1,637	
T_X	563	1,074		
Q_X	4,185	18,180		22,365

$$S_{GR} = 7,310.1180$$

$$S_G = 1,446.9718$$

$$S_{R(G)} = 5,843.1462$$

$$F_0 \div 44.19 > 3.94 = F_{100}^1(0.05) > F_{176}^1(0.05)$$

∴ A群とB群の差は有意

$x_A < x_B$ ∴ 2階の方が降塵量が多い。

いわゆる中粒塵は導線を進むにつれて増加する傾向を持つことが分る。なお、この美術館の導線は一方通行型を採用した。

③塵埃径 10μ (粗粒塵)

	A	B	N	G	Q
n_X	26	21	47		
T_X	30	9		39	
Q_X	78	13			91

$$S_{GR} = 58.6383$$

$$S_G = 6.1108$$

$$S_{R(G)} = 52.5275$$

$$F_0 \div 5.24 > 4.08 = F_{40}^1(0.05) > F_{45}^1(0.05)$$

∴ AとBの差は有意

$x_A > x_B$ ∴ 4階の方が降塵量が多い。

10μの埃を顕微鏡でみると、繊維質が多いことが分る。この調査時は館内はかなり混雑していた。衣服から出る細かいわたばこりがこの埃の大半を占めるとすれば、混雑の中で落ち易いものは入口近くで早く落ちてし

B群について

$$T_B = \sum x_B = 12,889$$

$$Q_B = \sum x_B^2 = 2,695,039$$

まうことが分る。

2.2 観客数と降塵量

開館時間帯における降塵量が人為的な要因に影響され、かつ導線距離とも関係を持つことが十分に予想されたので、更に観客数との関係を考察してみることにした。

降塵測定器は前節と同位置にの各器をセットした。径3μの塵埃について得られた値をグラフ化したものが図3-1, 3-2である。

また、同日の入館者数(入口を通過した人数)と館内滞留者数(入館者数-退館者数)をグラフ化したものが図4-1, 4-2である。

両者を比較してみると、相関係数の計算を待つまでもなく3-1と4-1, 3-2と4-2はその分布型が極めて酷似し、両者間に相関関係があるものと推定される。

すなわち入口に近いA測定点では降塵量は入館者数に正の相関を持ち、入口から遠いB点では滞留者数に同じく正の相関を持っている。これは中粒塵が人為的要因によることを追証するものであると同時に、ある地点を通過する観客の流れは入口近くでは入館者数に比例するが、導線を進むに従って会場内の滞留者数に比例することを示す。

以上の推定を確認するために相関係数を求めてみた。演算に当たっては、2種の標本(観客数と塵埃数)の抽出に伴う時間系を一致させるために30分を単位とした。まず入口に近い4階測定器による測定値を x_1 、単位時間の入館者数を y_1 とすると

$$\sum_{i=1}^{18} x_{1i} = 9,158 \quad \sum_{i=1}^{18} (x_{1i})^2 = 6,930,024$$

$$\sum_{i=1}^{18} y_{1i} = 6,890 \quad \sum_{i=1}^{18} (y_{1i})^2 = 4,164,800$$

$$\sum_{i=1}^{18} (x_{1i} \cdot y_{1i}) = 5,194,370$$

$x_1 \cdot y_1$ の相関係数 r_1 は

$$r_1 = \frac{\sum (x_{1i} - \bar{x}_1)(y_{1i} - \bar{y}_1)}{\sqrt{\sum (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 \cdot \sum (y_{1i} - \bar{y}_1)^2}} = 0.9068$$

この値の有意性の検定行をうと

$$F = \frac{r^2(N-2)}{1-r^2} = 74.03 > 4.49 = F_{16}^1(0.005)$$

従って、入口近くの降塵量と入館者数の相関は危険率1%で有意であることが証明される。

同様に、導線中間に位置する2階の降塵測定点の測定値を x_2 、館内の滞留観客数を y_2 と置いた場合の $x_2 \cdot y_2$ の相関係数 r_2 を求めると、

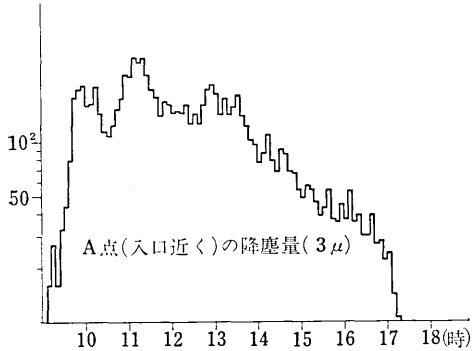


図 3-1

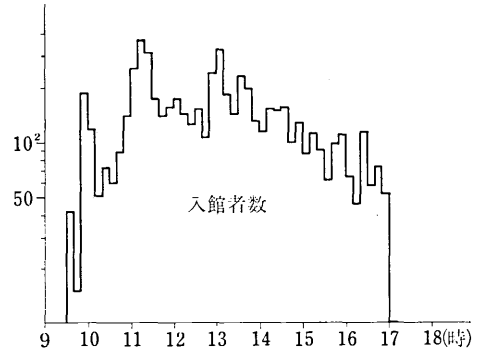


図 4-1

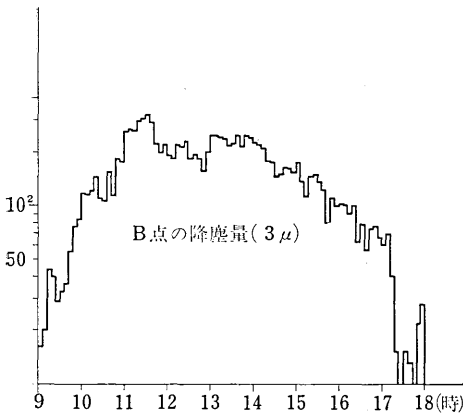


図 3-2

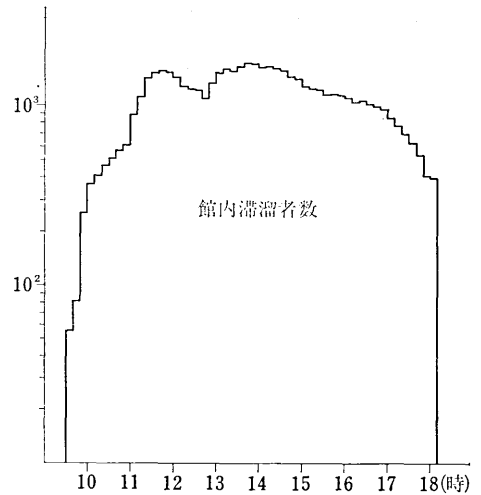


図 4-2

$$\sum_{i=1}^{18} x_{2i} = 12,836 \quad \sum_{i=1}^8 y_{2i} = 18,663$$

$$\sum_{i=1}^{18} (x_{2i})^2 = 11,921,094 \quad \sum_{i=1}^{18} (y_{2i})^2 = 23,667,432$$

$$\sum_{i=1}^{18} x_{2i} \cdot y_{2i} = 16,345,496$$

$$r_2 = \frac{\sum_{i=1}^{18} (x_{2i} - \bar{x}_2)(y_{2i} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{18} (x_{2i} - \bar{x}_2)^2 \cdot \sum_{i=1}^{18} (y_{2i} - \bar{y}_2)^2}} \approx 0.8785$$

またこの係数値の信頼性を検定すると

$$F_0 = r^2(N-2)/(1-r^2) \approx 49.82 \gg 4.49 \\ = F_{16}(0.005)$$

従って危険率1%で両者の相関性が肯定される。

2つの推定はこうして推計学的にも正しさが証明された。

導線距離に応じた観客数の分布が、入館者と会場内滞留者の数に関係を持つことは、これまでも経験に一部の

人たちの間で予想されていたが、はかならずしもその証明ができたことになる

2.3 床面からの高さと降塵量

展示室に降下する塵埃をグリセリンを塗ったスライドガラスに採って、顕微鏡でみると2.1③で述べたような大型の繊維塵のほか反射光で白色、透光で透明に見える様々な粒子径を持つ微小な物質が沢山みられる。これらの性質を分類するために高さで塵埃量の関係を探ってみた。

2.2と同じように2台の測定器を用い、空気吸引口をそれぞれU点(床2.5m)、D点(0.7m)に設置した。測定位置は前掲のA地点と同一である。標本は6分間を単位とした。

①塵埃径10μ以上(9時～18時)

$$n_U = 90, \quad n_D = 90, \quad N = 180$$

$$T_U = 50 \quad T_D = 42 \quad G = 97$$

$$Q_U = 96 \quad Q_D = 55 \quad Q = 151$$

従って $S_{GR}=103.9778$

$S_G=0.3555$

$S_{R(G)}=103.6223$

$F=S_G(N-2)/S_{R(G)} \div 0.61 < 3.89 = F_{100}^1(0.05)$

$< F_{178}^1(0.05)$

∴高さによる差異は認められない。

また観客の集中する11時より16時までの5時間のみに
ついてみると,

$nU=50, n_D=50 \quad N=100$

$TU=41, T_D=30 \quad G=71$

$QU=85 \quad Q_D=35 \quad Q=120$

従って

$S_{GR}=69.59$

$S_G=1.21$

$S_{RG}=68.38 \quad F_0=1.73 < 3.94 = F_{100}^1(0.05)$

$< F_{98}^1(0.05)$

∴やはり高さによる差はない。

なおこの埃はほとんどが繊維である。

②塵埃径 5 μ

$nU=80 \quad n_D=80 \quad N=160$

$TU=1925 \quad T_D=1505 \quad G=3430$

$QU=64,101 \quad Q_D=37,499 \quad Q=101,600$

$S_{GR}=28,069.3750$

$S_G=1,102.5000$

$S_{RG}=26,966.8750$

$F_0 \div 6.459 > 3.902 = F_{155}^1(0.05)$

∴ X_U と X_D の差は有意である

5 μ程度の塵埃は床面に多く, 上方に少ない傾向があるといえる。この大きさの埃は繊維と白色粒子が混じりあっている。量的には後者が多い。

③塵埃径 3 μ

実験時間の都合で, ④9時より10時30分, ⑤16時より18時の2回について傾向をみた。

⑧の場合 $nU=15 \quad n_D=15 \quad N=30$

$TU=516 \quad T_D=516 \quad G=1032$

$QU=34,818 \quad Q_D=36,328 \quad Q=71,146$

$S_{GR}=35645.20$

$S_G=0$

$S_{R(G)}=35645.20$

$F_0=0$

∴高さによる差異はない。

⑨の場合 $nU=20 \quad n_D=20 \quad N=40$

$TU=2334 \quad T_D=2255 \quad G=4589$

$QU=421,216 \quad Q_D=376,123 \quad Q=797,339$

$S_{GR}=270,865.975$

$S_G=156.0250$

$S_{R(G)}=270,709.950$

$F_0 \div 0.02 < 4.10 = F_{15}^1(0.05)$

∴高さによる差は認められない。

3 μ程度の塵埃は高さによる差はないようである。

この大きさの塵埃はほとんどが白色の微粒子である。

白色の塵埃に燃焼テストを試みると, これが無機物らしいことが分る。高さと塵埃の関係をまとめてみると次のようにいえる。

- ① 大きい有機物の埃 (10 μ以上, 主に繊維) は全体に均一に浮遊している。
- ② 無機物の大きい埃 (5 μ位) は重く, 下方に浮遊している。
- ③ 無機物の小さい埃 (3 μ位) は全体に均一に浮遊している。

- 小さい有機物の埃は全体に均一であるか, あるいは測定点以上の高い所に多く浮んでいるかも知れない。
- この段階で1 μ以下の超微粒塵を測定しなかったが, 均一あるいは上方に多いだろう。この測定を欠いたことを残念に思っている。

2.4 季節と降塵量, あるいは会期と降塵量

中・粗粒塵に多量の繊維が含まれていることから, 観客の着衣物が塵埃に関係していることは当然予想される。そして径5 μの中粒塵を対象に季節差の比較を試みた。

調査日は5月6日と7月21日である。両日の外気の温湿度変化は次の通りである。

	最高	最低
5月	21.0°(14時)/81%(13時)	19.0°(23時)/70%(02時)
7月	30.5°(17時)/80% ^(03~07時)	28.0°(06時)/58%(17時)
平均		
5月	19.9°/74.5%	
7月	29.2°/68.7%	

(いずれも温度/湿度の順)

5月にはまだ温暖な日とはいえ, 観客は上衣をつけている人が多いが, 7月下旬に入れば薄い化学繊維のシャツのみや女性のノースリーブが目立ってくる。

前述と同じ方法で中粒埃の降塵量比較を試みた計算結果のみを, 次に簡単にまとめておくと,

	5月 (n: 89)	7月 (n: 95)	
T_i	1074	350	$G=1424$
Q_i	18180	1836	$Q=20016$
			$N=184$

$$S_{GR}=8995.48$$

$$S_G=3229.36$$

$$S_{R(G)}=5766.12$$

$$F_0=101.93 > 3.94 = F_{100}^1(0.05) > F_{184}^1(0.05)$$

従ってその差異は有意であり、5月より7月の中粒塵降下量が少なくなっているのが分る。

ところが、この両測定日の入館者の動態をみると、

	総入館者数	30分間平均入館数	30分平均滞留者数
5月	6791	411	1192
7月	9995	642	1393

である。

この数値について F_0 を求めてみると、

30分間毎の入館者数については

$$F_1=16.7 > F_{18}^1(0.85)=4.20$$

また30分間毎の滞留者数については

$$F_2=4.16 > F_{12}^1(0.05)=4.15$$

となり、いずれも7月の方が大である。

つまり、入館者の増加にもかかわらず、降埃量が減少しているのである。

同じ方法で7月と8月のデータで比較してみると、7月より8月の入館者は増加傾向を示すが、降塵量は

	7月 (n: 95)	8月 (n: 95)	
T_i	350	379	$G=729$
Q_i	1836	2225	$Q=4061$
			$N=150$

$$F_0 \div 0.43 < 7.88 = F_{150}^1(0.05) < F_{188}^1(0.05)$$

となり、両者の有意差は否定される。

すなわち7、8月は夏型ともいえる同型の降塵分布をしていることになる。

10 μ 級の粗塵は7、8月においては極めてまれにしか感知しない。

この比較測定には [2.1 前掲導線距離と降塵量] のところでみた2階展示場、すなわち入口より約270m地点のデータを使用した。

繊維質の塵埃に関して、季節、導線距離の2つのデータをもとに考えてみると、おおむね次のような傾向を持つことが分る。

繊維質の塵埃量は、その時の観客の衣服に大きく左右される。外部から衣服に付着して持ちこまれた大きい埃や、服から出る荒い繊維くずは、まず入口近くの混雑の中でふり落とされる。次に導線を進みながら人ごみの中で袖をすり合わせる間に、さらに細かい繊維くずが生じ、新しい塵埃を作る。これが導線を進むにつれ、ほこりの増す原因となる。ところが混雑したとき、一番触れあいやすい肩や腕などの上前身が裸身に近くなる夏期にはこの繊維質のほこりの発生源がずっと小さくなるので、その量も減少する。

ところが、3 μ 以下の微小埃については、[2.2 観客数と降塵量] で見たように、測定点の通過人数と大きい相関を持つことが証明されるので、この展覧会のように会期が進むにつれて観客数が増して来る場合には、夏型といったパターンには関係なく、その日の観客数が降塵量の要因になるはずである。

3. 塵埃の成分と発生源の追求

既に見たように粗塵の大半と中粒塵の多くは繊維質である。その他の、いわゆる茶色粉末状の塵埃（顕微鏡下では反射光で白色、透過光で半透明となる）の成分を知るために、館内数か所で採取した試料を分光分析してみた。

テスト1：発光分析法による

試料Ⅰ：3・2階展示場間の階段で採取

試料Ⅱ：2・1階展示場間の階段で採取

（注：導線は4階より1階へ進行）

下表に示す結果から判断すると主成分は大理石末と泥土またはセメント末の混合物と推定される。

テスト2：X線結晶回折法による

試料Ⅲ：4階の測定器設置箇所（図2-A点：床上2.5m）にたまったもの

試料Ⅳ：試料Ⅰと同一物

	Al	B	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Si	Sn	Sr	V	Zn
試料Ⅰ	3-	0	2+	4+	—	3	2+	3+	3+	1	3	0?	1	3+	0?	1	0	1+
試料Ⅱ	3-	0	2	4	—	3	2+	—	3+	0	2+	?	0	3	0?	0	—	1+

（ただし、3：強、2：中、1：弱、0：微、—：検出せず、とし、+はそれぞれやや強目、弱目を示す）

結果は

	反応
試料Ⅲ { CaCO_3 (方解石型) : 強	
α 石英 : 中	
試料Ⅳ { CaCO_3 (方解石型) : 中	
α 石英 : 強	

がそれぞれ検出された。

方解石型炭酸カルシウムは大理石末, α 石英は泥土の主成分である。この2成分はテスト1の結果ともよく一致する。

従ってこの塵埃は両成分の混合物と言えよう。また高所に大理石末が多く, 低所に泥土が多いことが分る。

この建物の床面は総て半磨きの大理石である。大理石末は床面が観客の歩行によって磨耗される結果, 生じるものであろう。館内の人員数の変化によって降塵量が変化するのとは当然と言わねばならない。

歩行による床面大理石の磨耗状況を示す参考として, 180日に及んだこの特別展の閉会直後に撮影したものが写真1, 2である。

写真1は4・3階間の階段であるが, 全く磨耗されない垂直面は白く, 人の多く通った所は灰色の塵埃がたまっている。またその色の変化によって人は手すりのある, 両側を多く通ったために磨耗が激しく, 逆に中央は磨耗が少ないことも分る。

写真2は「のぞき型」ケースの下である。この写真は, 電気掃除器で吸引清掃後に撮ったものであるが, ケースの下に当たる部分は四角く白い平滑な大理石面が残り, その外側は歩行によって面が荒らされて黒くなっている。

4. 清掃の効果をめぐって

観客の衣服から発生する以外の主要な塵埃発生源が床

面大理石の磨耗にあることが明らかになった以上, その防塵対象を考えねばならない。油性物質を大理石によく含ませて, 表面を完全にケン化してしまえば, 磨耗した大理石末が埃となって空中に舞う現象は起こり難くなることは十分に想像がつくが, 完全ケン化の状態を得るまでにはかなりの年月を必要とする。当面の処置としては何ともしがたい。そこで最も簡単で, しかも既に実行していた清掃の効果を点検してみることにした。

通例この美術館では毎日閉館後, 専門のビル清掃業者が床面を回転ブラシと真空掃除機で清掃し, 一定期間毎に, 業者用語でいう「特掃」すなわち洗剤液を床面に流し, 回転ブラシで洗浄したのち布で拭いとる方法である。特に着目したのはこの特掃の効果である。

実験に使用したのは 0.3μ の塵埃である。この大きさの塵埃は一般には自然浮遊塵(微小な宇宙塵など自然界に常に存在するほこり)とされ, 特に清浄空気を求める化学工業など以外では比較的に見のがされているものである。しかし, いくつかの予備実験から, この塵埃にもまた, 人為的なものが含まれることが分った。図5のグラフに見るように, その数は開館と共に増加し, 閉館と共に減少の傾向を示す。

そこで2階展示場の床土2.5m(図2-B点)に吸引口を設けた測定器を用いて, 特掃日前日と翌日(特掃は深夜に行う)の比較を行ってみた

手法は前日を調査日1, 翌日を調査日2として, 前と同じく1元配置法で比較した。

①前日と翌日の塵埃(0.3μ)量の差の検討

調査日	1	2
Ti	4,931,630	187,704
Qi	277,134,261,300	1,381,540,335,700
n	20	20

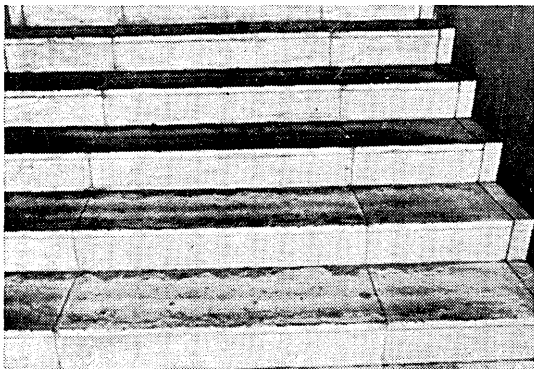


写真1 閉館直後の階段面

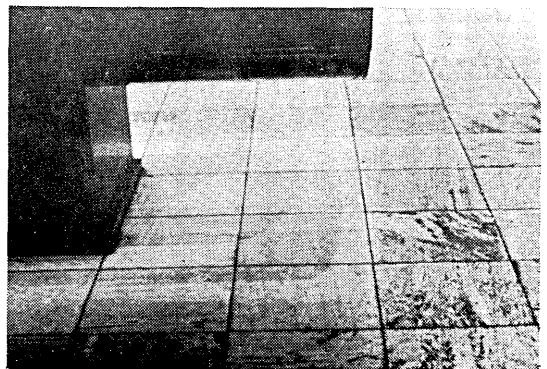


写真2 ケース下の床面

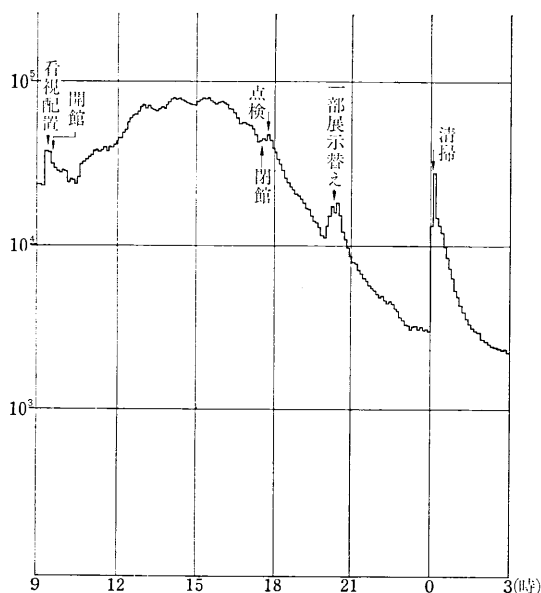


図 5 2階展示場の床上2.5mにおける空気 0.1m³ 中に含まれる直径 0.3μ の塵埃量の経時変化

8時30分より18時30分まで、30分を単位として測定したデータを使用した。

$$F_0 \div 33.2 > 7.35 = F_{1\%}^1(0.01)$$

∴前日と翌日の母平均の差異は危険率1%でも有意である。

②両日の入館者数の差の検討

調査をした「特掃翌日」はVIP（特別賓客）来訪のため、閉館を1時間繰上げ17時としている。そこで前日については9時30分より17時30分まで、翌日は16時30分までの各30分毎の入館者数を比較した。

調査日	1	2
Ti	9,860	8,273
Qi	7,213,776	5,161,313
n	16	14

$$F_0 \div 0.09 < F_{1\%}^1(0.05) = 4.20$$

∴前日と翌日の母平均には有意差が認められない。
(危険率5%)

③両日の館内滞留者数の差異の検討

	前日	翌日
Ti	25,123	19,282
Qi	44,904,993	26,603,294
n	17	15

②と同じ理由で、9時30分より前日は18時まで、翌日は17時までの館内滞留者数を比較した。

$$F_0 \div 0.91 < 3.35 = F_{1\%}^1(0.05)$$

∴両日の館内滞留者数に有意差は認め難い

④結論

両日の入館者数、滞留者数ともに母集団に差異が認められないにもかかわらず、塵埃量にのみ差異が認められた。塵埃は観客の動きという人為的要因によるもののみとすれば、当然塵埃量も差異はないはずである。「特掃」による効果は大であると判定できる。

筆者はこの結果に基づいて、「特掃」の実施間隔の短縮を館の管理者に要求し、ある程度の防塵効果を得た。なお散水清掃を実施しても、湿度変化に対する影響は、空調器が正常に動いている限り、床上50cmの地点で清掃時間中とその後15分間位まで1~2%の変化が生じるのみで、これより高い地点ではほとんど散水の影響は受けていない。

5. 清掃効果をめぐって (2)―追試

前項の判定を確認するために、次の「特掃」日の前日、前日、翌日を調査日として同様の検討を行った。

便宜上、この第1回目調査の「前々日」を調査日3、「前日」を4、「翌日」を5とし、前掲の調査日1,2との関係をも考えることにする。

①入館者数の差異について

調査日	3	4	5
Ti	13,809	12,691	14,165
Qi	12,922,593	10,970,135	13,843,810
n	17	17	17

$$F_{3,4} \div 0.37 < F_{1\%}^1(0.05) = 7.50 \quad \therefore \text{有意差なし}$$

$$F_{4,5} \div 0.57 < F_{1\%}^1(0.05) = 7.50 \quad \therefore \text{有意差なし}$$

従って、この3日間の入館者数分布には差がなかったと言える。

②0.3μ の塵埃量について

調査日	3	4	5
Ti	2,943,630	3,150,940	246,064
Qi	470,772,319,900	598,634,016,400	409,206,463,400
n	20	18	18

$$F_{3,4} \div 0.03 < F_{1\%}^1(0.01) = 4.11 \quad \therefore \text{有意差なし}$$

$$F_{3,5} \div 3.75 < F_{1\%}^1(0.01) \quad \therefore \text{有意差なし}$$

両日とも降塵量にも差がない。

ところで、この3日間はかなり混雑を示した日々であ

る。1つの試みとして上記のデータの中から、9時より15時までの入館者数、9時30分より15時30分までの塵埃量を取り出して再検討してみた。入館者数と塵埃量の測定に30分の差を与えたのは、別途行った観客の行動速度調査の解析結果から、入館者の80%は入館後 $20 < x < 45$ 分で測定点を通過するものと推定されたからである。

入館者数については

調査日	3	4	5
T_i	10,067	9,047	10288
Q_i	9,317,291	7,624,619	10237599
n	12	12	12

$$F_{3,4} \doteq 0.6 < F_{22}^1(0.05) = 4.30 \quad \therefore \text{有意差なし}$$

$$F_{4,5} \doteq 0.63 < F_{24}^1(0.05) \quad \therefore \text{有意差なし}$$

従ってこの3日間の隣合う2日同志には入館者数の差はない。

塵埃量について

調査日	3	4	5
T_i	1,879,810	214,805	149,178
Q_i	314,453,653,500	41,131,415,2100	213,598,373,200
n	12	12	12

$$F_{3,4} \doteq 1.40 < F_{20}^1(0.05) = 4.30 \quad \therefore \text{有意差なし}$$

$$F_{4,5} \doteq 89.36 > F_{22}^1(0.01) = 7.94 > F_{22}^1(0.05)$$

$\therefore$ 有意差あり

従ってある一定時（この場合15時30分）までは入館者数の母集団に差がないにもかかわらず塵埃量には有意差が認められ、やはり「特掃」は有効であったことが分る。

またこの計算結果から、過剰入館を認めると「特掃」効果の持続時間は短縮されることが分る。

「特掃」効果の確認として、「特掃」翌日に当たる調査日2と5の両日について、15時30分までの塵埃量と15時までの入館者数を比較してみる。

$$\text{入館者については, } F_0 \doteq 5.08 > F_{22}^1(0.05) = 4.30$$

$\therefore$ 有意差あり

$$\text{塵埃量については, } F_0 \doteq 2.80 < F_{12}^1(0.05) = 4.30$$

$\therefore$ 有意差なし

となる。すなわち、この両日では明らかに調査日5の方が入館者が多いにもかかわらず塵埃量の母平均に差がないことになる。

入館者数の限界さえ守れば「特掃」はかなり有効と判定される。

なお、単なる真空掃除器による清掃がさして顕著な効

果を示さないのは3、4の両日の比較からも分ることである。

さらに1~5の各調査日の塵埃量、入館者数、滞留者との相関係数を求めてみた。

入館者数と塵埃量の相関

前記のように、入館者の80%は入館後20~45分で測定点を通るので、 $\{(t_0 - 1/2) \text{ から } t_0\}$ 時までの塵埃量と、 $\{t_0 \text{ から } (t_0 + 1/2)\}$ 時までの入館者数について相関係数を求めた。対象は9時30分より17時までである。

$$r_1 = 0.68, r_2 = 0.40, r_3 = 0.66, r_4 = 0.76$$

$$r_5 = 0.57 \text{ (但し } 1, 3, 4 \text{ は } n=19; 2, 5 \text{ は } n=17)$$

それぞれについて有意性検定を行うと

$$F_1 \doteq 14.62 > F_{17}^1(0.01) = 8.40 \quad \therefore \text{危険率1\%で有意}$$

$$F_2 \doteq 0.19 < F_{15}^1(0.05) = 4.54 \quad \therefore \text{危険率5\%で無意}$$

$$F_3 \doteq 13.12 > F_{17}^1(0.01) \quad \therefore \text{危険率1\%で有意}$$

$$F_4 \doteq 23.25 > F_{17}^1(0.01) \quad \therefore //$$

$$F_5 \doteq 7.22 < F_{15}^1(0.01) = 8.68 \quad \therefore \text{危険率1\%で無意}$$

$$> F_{15}^1(0.05) = 4.54 \quad \text{危険率5\%で有意}$$

すなわち調査日2と5の「特掃」翌日は相関の有意性が失われることが分る。恐らく調査日5は、15時頃までのみを対象とすれば相関の有意性は5%でも失われよう。

ここでもまた、床面の汚れない「特掃」翌日は、入館者数に関係なく塵埃の発生が少ないことが証明される。

ついで3μにの例を参考に、滞留者との相関を求めたところ、

$$r'_1 \doteq 0.69, r'_2 \doteq 0.67, r'_3 \doteq 0.84, r'_4 \doteq 0.95, r'_5 \doteq 0.77$$

それぞれの有意性を検定すると

$$F'_1 = 11.07 > F_{15}^1(0.01) = 9.33$$

$$F'_2 = 9.74 > F_{12}^1(0.01)$$

$$F'_3 = 32.59 > F_{14}^1(0.01) = 8.86$$

$$F'_4 = 119.59 > F_{14}^1(0.01)$$

$$F'_5 = 20.72 > F_{14}^1(0.01)$$

いずれも危険率1%で有意と判定される。すなわち滞留者数と塵埃量は相関を持つ。但し「特掃」翌日はやや相関係数が小さくなることは注目すべきであろう。

6. 結 語

こうした推計的手法によって冒頭に記したような結論を得た。

特に半磨きの大理石を床面に用いることが、展示品の保存管理に有害であるべき塵埃発生的主要原因であることが発見された点は、今後の博物館建築に当たって十分留意されるべきであろう。最近の床面に多く用いられる塩ビタイルでも、視判の上では大理石に似た塵害を起こし

ているように見うけられるものを散見する。折を見て、この材質についても追跡をしてみたいと思っている。

また、入館者、滞留者の数も要因となるので、大規模な特別展などの場合には、単に防災的な意味のみでなく、館内定員の尊重を実行したいものである。

終わりに当たり、試料の発光分析およびX線結晶回折の労をとって下さった東京国立文化財研究所の登石健三(当時)、江本義理の両先生に深い感謝の意を表したい。

(もりた・つねゆき=東京都美術館)

1. 大槻虎男・岩崎友吉・江本義理・斎藤平蔵「陳列室に於ける塵埃の研究Ⅰ」(「古文財の科学」第1号, 1951)
2. 同上「陳列室に於ける塵埃の研究Ⅱ」(「古文化財の科学」第2号 1951)
3. 江本義理・門倉武夫「万国博美術館の環境」(「保存科学」第7号1971)
4. 仏教民俗研究所保存科学研究室「奈良地方の大気汚染について」(「仏教民俗研究所紀要」1972)