

## 最近のトピックス

## 歯科診療室内における粉塵の挙動に関する一考察

### Behavior of dust in dental clinic office

新潟大学大学院医歯学総合研究科 生体材料学分野

金谷 貢

Division of Biomaterial Science, Niigata University

Graduate School of Medical and Dental Sciences

Mitsugu Kanatani

#### 【はじめに】

クラウン・ブリッジの咬合調整、有床義歯の適合調整あるいは研磨などにより、歯科診療室内には各種歯科材料の粉塵が放出される危険性がある。

歯科医療スタッフは診療室内で診療に長時間従事することや観血的処置に伴う患者への為害作用を考えると、粉塵による診療環境汚染についての知識を蓄積していくことは重要と考えられる。

本稿では、歯科診療室内の粉塵挙動に関する考察について述べる。

#### 【材料および方法】

本学医歯学総合病院歯科診療棟の義歯（入れ歯）診療室において、天井から43cm下の高さにシャーレを置き、粉塵を含むほこりを捕集した。

綿ほこりを除去するため、試験管内で蒸留水中に粉塵を含むほこりを懸濁して静置し、沈殿物をスポイトで吸い取った。この懸濁-吸い取りの操作は2回繰り返した。次に、この沈殿物を試験管内でアセトン中に分散して、スポイトでカーボン試料台上に滴下、乾燥した。

電子線マイクロアナライザー（島津、EPMA-8705）に組み込まれている二次電子（SE）像撮影装置を用い、粉塵の拡大観察を行った。

#### 【結果および考察】

##### 1. 粉塵の観察

捕集した粉塵のSE像による拡大観察の結果を図1に示す。粒径が1～5 $\mu\text{m}$ 程度の粉塵が見られた。これらの粉塵が天井から43cm下に到達していたことは、粉塵が気流に乗って浮遊したことを示している。

##### 2. 有害粉塵粒子の運動に適用される法則の決定

粉塵を球形粒子と考え、空気中を沈降していく運動を

考察するため、まず、適用される法則を決定する。

流体中の物体の運動を論ずる際に重要な Reynolds 数 (Re) の値によって、次の3つの法則のいずれかが適用される<sup>1)</sup>。

- 1)  $Re < 2$ : Stokes の法則
- 2)  $2 < Re < 500$ : Allen の法則
- 3)  $500 < Re < 10^5$ : Newton の法則

どの法則によるかは次のように決定する。

$$C_R Re^2 = (4D^3 \rho_f g (\rho_s - \rho_f)) / (3\mu^2) \cdots (1)^{1)}$$

ここに、

$C_R$ : 球の抵抗係数

Re: Reynolds 数

D: 粒径 [cm]

$\rho_s$ : 粒子の密度 [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]

$\rho_f$ : 空気の密度 =  $1.29 \times 10^{-3} \text{g}/\text{cm}^3$

g: 重力加速度 =  $980 \text{cm}/\text{s}^2$

$\mu$ : 空気の粘度 =  $1.82 \times 10^{-4} \text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s})$  ]

この式に粉塵の粒径 (D) と密度 ( $\rho_s$ ) を代入する。一例として D と  $\rho_s$  が最も大きい場合を考える。肺に悪影響をおよぼす、有害な粉塵の粒径は最大 10 $\mu\text{m}$  (0.001cm) 程度と考えられ<sup>2)</sup>、また、粉塵の密度は貴金属合金に結晶粒微細化の目的で含まれるイリジウムの 22.5  $\text{g}/\text{cm}^3$  あたりが最高と考えられる。これらの値を(1)式に代入すると  $C_R Re^2 = 1.14$  となる。ここで純イリジウムを想定したのは、貴金属合金の鑄造体においては偏析が生じていると考えられ、イリジウム濃度が非常に高い部分が研磨等で削り取られれば、純イリジウムに近い組成の粉塵が発生することもあり得ると考えたからである。

次に、図2に示す、 $C_R Re^2$  と Re の対応図<sup>1)</sup> から  $C_R Re^2 = 1.14$  (この図は  $C_R Re^2$  が 2.5 以上について示されているので、1.14 はスケールの左側外になる) のときの Re を読み取ると、明らかに  $Re < 2$  となる。よって、上記1) の場合となるので、Stokes の法則の適用範囲である。

歯科診療室で想定される有害粉塵の粒径と密度はこの



図1 粉塵の拡大観察 (SE 像, bar: 10 $\mu\text{m}$ )

場合よりも常に小さいから、いかなる場合も  $C_R Re^2 < 1.14$ , すなわち  $Re < 2$  となるので、有害な粒径の粉塵に対してはどんな材質でも、その沈降運動に関して Stokes の法則が適用される。

### 3. 有害粉塵の空気中における沈降速度

引き続き、粉塵を球形粒子と考え、粉塵が空気中を沈降していく運動について考察する。

球形粒子が空気中におかれると、次第に速度を増しつつ沈降するが、空気抵抗等のために、やがて一定の沈降速度となる。この一定の沈降速度を終末速度といい、Stokes の法則が適用される場合は (2) 式で表される。

$$u_t = (g(\rho_s - \rho_f)D^2) / (18\mu) \text{ [cm/s]} \cdots (2)^{1)}$$

ここに、

$u_t$ : 終末速度 [cm/s]

$D, \rho_s, \rho_f, g, \mu$ : (1) 式と同じ

有害な粉塵の中でも、特に肺胞に沈着しやすい粒径は  $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$  との報告がある<sup>3,4)</sup> ことや、 $1 \mu\text{m}$  程度の粉塵が実際に観察されたことから、(2) 式の  $D$  を  $1 \mu\text{m}$  とし、歯科診療室で想定される各種の粉塵粒子について終末速度を計算し、単位を  $\text{cm}/\text{min}$  で表示すると表 1 のようになる。

診療台の患者の口元の高さを  $90\text{cm}$  とし、今回粉塵を捕集した診療室の天井 (高さ  $270\text{cm}$ ) 付近に浮遊する粉塵が  $90\text{cm}$  より下に沈降するまでには、比較的高密度である金銀パラジウム合金の場合でも、1 時間 30 分かかることになる。これは室内に気流や対流がなく、空気が動かない状態、すなわち粉塵粒子が沈降しやすい状態での値である。このように沈降しやすい条件下であっても、粒径が小さい粉塵の沈降速度は非常に遅いことがわかる。実際の室内においては、人の動き、エアコンの運転、あるいは日射による対流などで絶えず気流が生じているから、粉塵は常に巻き上げられる。このため、「気流に乗って浮遊する運動」のほうが、「沈降していく運動」よりもずっと支配的になっていると考えられ、天井から  $43\text{cm}$  下で図 1 の粉塵が捕集されたことは、その証左である。

また、Co-Cr 合金、ポーセレン、レジン等々の粉塵は、いずれも貴金属合金より密度が低いので、粒径が同じならば貴金属合金よりも沈降速度が遅く (表 1)、空気中に滞留しやすいことになる。

粉塵が室内に放出された場合、空気の清浄化には空気清浄器も有効であるが、清浄になるまでには時間がかかるから、粉塵を歯科診療室内に放出しないことが肝要であろう。そのためには、ユニットごとに吸引装置を装備し、咬合調整、有床義歯の適合調整あるいは研磨などをチェアサイドで行う際には、ごく短時間の作業でも必ず吸引装置を使用して、有害粉塵を発生直後に集塵することが推奨される。

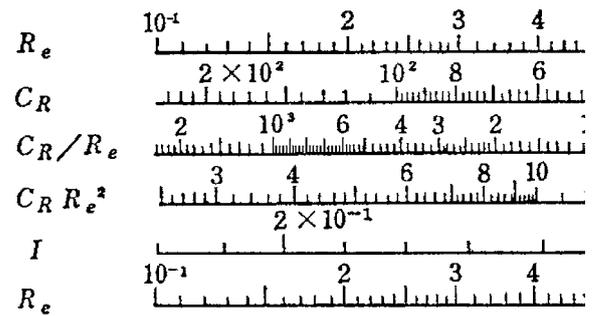


図2  $C_R Re^2$  と  $Re$  の対応図<sup>1)</sup>より転載

表 1 各種粉塵粒子の密度と終末速度 (直径  $1 \mu\text{m}$  の場合)

材 質	密度 [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	終末速度 [ $\text{cm}/\text{min}$ ]
金合金	15.0	2.7
金銀パラジウム合金	11.3	2.0
コバルトクロム合金	8.3	1.49
陶材	2.4	0.43
コンポジットレジン	2.0	0.35
床用レジン	1.2	0.21

## 【結 語】

歯科診療室内の粉塵挙動について考察した。

粒径  $1 \sim 5 \mu\text{m}$  程度の粉塵が、天井から  $43\text{cm}$  下の高さまで舞い上がっていた。

実験結果と微粒子の沈降に関する考察を考え合わせると、肺胞に沈着しやすい粒径の有害粉塵は、いったん舞い上がるとなかなか落下せず、気流に乗って長時間浮遊するものと考えられる。

以上より、有害粉塵を診療室内に放出しないことが肝要である。対策としては、ユニットごとに粉塵吸引装置を装備し、粉塵が発生する作業においては、短時間の作業でも必ずこれを使用することが、診療環境を清浄に保つために有効と考えられる。

## 【参考文献】

- 1) 亀井三郎 編：化学機械の理論と計算。第 2 版、458-459 頁、産業図書、東京、1975。
- 2) 浜中裕徳：浮遊粒子状物質の環境基準の設定について。「環境保健レポート、環境と公害情報資料 No. 9」日本公衆衛生協会 (編)、13-28 頁、日本公衆衛生協会、東京、1972。
- 3) 渡辺巖一：基礎環境衛生学。増補版、173 頁、朝倉書店、東京、1989。
- 4) 公害防止の技術と法規編集委員会 編：公害防止の技術と法規 大気編。新訂、23 頁、産業公害防止協会、東京、1978。