

集中排塵方式に関する研究 (第1報)

森 邦 男 ・ 松 山 正 彦

Studies on Central Cleaning System (Part 1)

By

Kunio MORI and Masahiko MATSUYAMA

緒 言

一般に住宅における掃除の場合、従来電気掃除機を各室に持ってまわって集塵を行なっている。筆者は Fig. 1 に示すような集中排塵方式を新たに提案し、これを実用化するための実験を行なって来た。

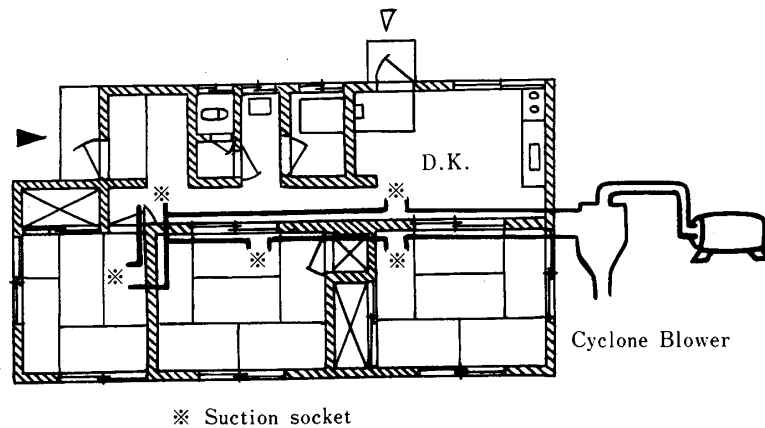


Fig.1 Pipe line of central cleaning system

この方法は、現在住宅の各室に電気のコソントやガスの取り出し口が配置されているごとく、あらかじめ集塵のための配管をしておき、掃除機のアタッチメントだけを図中の※印のところにさし込み、屋外に設置したブローによって塵埃を吸引するシステムである。

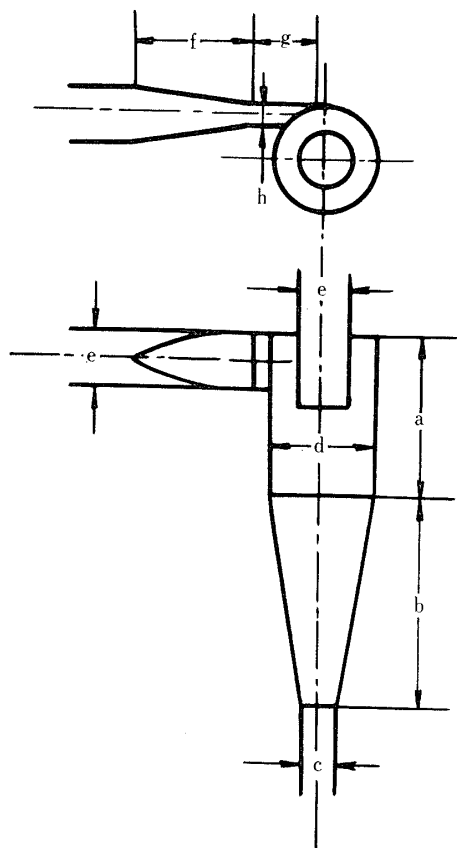
この方法によればモータが屋外にあるため、集塵の騒音のなやみあるいは重い掃除機を室から室へ、時には1階から2階へと運搬する労力や時間のむだ等を解消できる。また塵埃も屋外のサイクロンに集められるので排塵も容易である。

今回はサイクロンの性能に関して行なった実験結果を報告する。

実 験 方 法

Fig. 2 に示すごとくX型とY型の2種類のサイクロンを製作し、実験に使用した。表中「L」は直径14.4cmの大サイズのものを表わし、「M」は直径8cm、「S」は直径6cmの小サイズのものを表わしている。「a」の円筒部はアクリル、「b」の円錐の部分はブリキからなり、各部の寸法割合は fig. 2 の表に示したとおりである。

被輸送物としては直径7mm、重さ0.08mgの発泡スチロール、7mm平方のワラ半紙、粗穀、および直径0.2mmの砂を用意した。



| | Type X | | | Type Y | | |
|--------|--------|-----|-----|--------|-----|-----|
| | L | M | S | L | M | S |
| a/d | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| b/d | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| c/d | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| d (cm) | 14.4 | 8.0 | 6.0 | 14.4 | 8.0 | 6.0 |
| e (//) | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| f (//) | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 |
| g (//) | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| h (//) | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

Fig.2 Dimension of cyclone

内径 3 cm 長さ 15 m の輸送管の一方から上記の被輸送物を吸引し、他の一端に取りつけられたサイクロン内で渦を生じさせ、空気と分離、捕集した。

変圧器でブロアの回転数を変えることによって、吸引口の風速を 15.5 m/sec および 24.5 m/sec に調節した。

実験をするにあたり、実験順序は実験値が影響されないようにランダムに行なった。Tab. 1 に要因の水準を示す。

Tab.1 List of Variables and Conditions

| Variables | Symbols | Conditions |
|---------------------|---------|---|
| Type of cyclone | A | X type, Y type (See fig.2) |
| Diameter of cyclone | B | 6cm, 8cm, 14.4cm |
| Transported matter | C | Styrol ($\phi=7$), paper (7×7), hull of rice, sand ($\phi=0.2$) |
| Air velocity | D | 15.5m/sec 24.5m/sec |

実験結果および考察

今回の実験の範囲内では、風速による捕集効率の差はほとんどなかったなのでこの要因を除き、その他の要因について大型コンピューターで分散分析を行なった。その結果を Tab. 2 に示す。

Tab.2 Analysis of variance

| Factor | s. s. | d. f. | m. s. | Fo | F (0.05) | F (0.01) |
|--------|---------|-------|--------|---------|----------|----------|
| A | 3266.7 | 1 | 3266.7 | 16.77** | 5.99 | 12.2 |
| B | 81.3 | 2 | 40.7 | 0.21 | 5.14 | 10.9 |
| C | 19533.3 | 3 | 6511.1 | 33.42** | 4.76 | 9.8 |
| A×B | 89.5 | 2 | 44.8 | 0.23 | 5.14 | 10.9 |
| B×C | 1210.4 | 6 | 201.7 | 1.04 | 4.28 | 8.5 |
| C×A | 1399.0 | 3 | 466.7 | 2.40 | 4.76 | 9.8 |
| e | 1168.5 | 6 | 194.8 | — | — | — |
| Total | 26758.4 | 23 | — | — | — | — |

この表から、サイクロン形状や、また被輸送物の比重および形状によって捕集効率に大きな差があることがわかった。また上記の二つの要因の交互作用も無視できない。有意な要因に関する特性値のグラフを fig. 3 に示す。

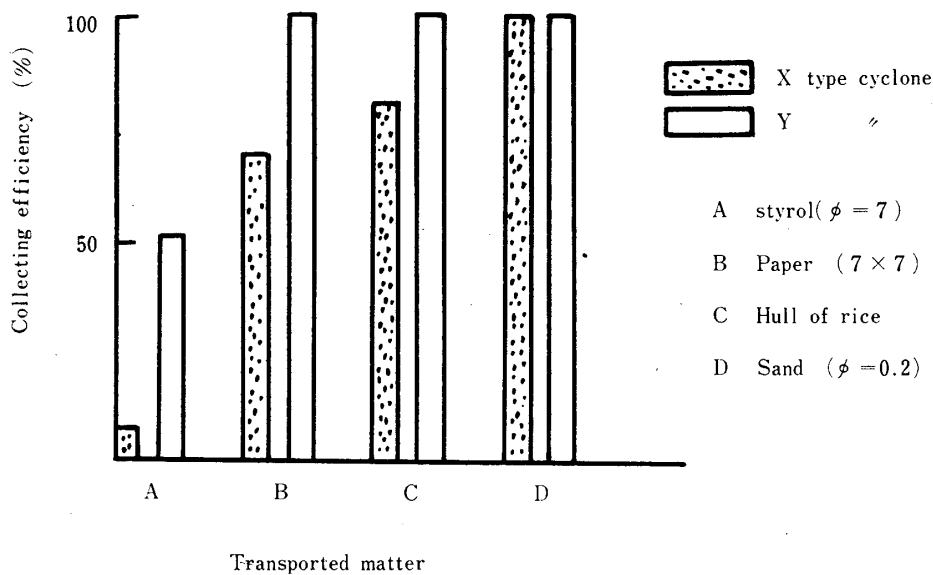


Fig.3 Collecting efficiency

物質別にみると、発泡スチロールのような軽いものは捕集効率は悪く、「S」サイズではX型、Y型のいずれのサイクロンの場合でもブロワの方へかなりの量が吸い込まれる事がわかった。また静電気をおびて、輸送管やサイクロンの壁面に付着しやすいので、実用化の場合には輸送管の材質について注意を払わねばならない。砂の場合は、X型とY型のいずれの型においても捕集効率は100%となった。また全般的にX型サイクロンはY型のそれに比して効率が悪かった。

Fig. 4 に示すようにサイクロンの円錐上の壁面で旋回している粒子は、水平方向に次式で表わされる遠心力をうける。

$$F_H = \frac{\rho_b V}{g} \cdot \frac{v^2}{r} \dots\dots\dots (1)$$

ここで

- ρ_b : 粒子の密度
- V : 粒子の体積
- v : 円周方向の粒子の速度
- r : 旋回半径

また鉛直方向に働らく力は、重力を F_1 および空気による浮力を F_2 とすると次のようになる。

$$F_V = F_1 - F_2 = (\rho_b - \rho_a) V \dots\dots\dots (2)$$

ただし ρ_a は空気の密度を表わす。

次に F_H と F_V の合力と水平線とのなす角を θ とし、サイクロンの円錐面の法線と水平線のなす角を θ_0 とすれば、粒子に作用する合力 F およびその方向 θ は次式で表わされる。

$$F = \sqrt{F_H^2 + F_V^2}$$

ゆえに

$$\left. \begin{aligned} F &= V \sqrt{\left(\frac{\rho_b v^2}{gr}\right)^2 + (\rho_b - \rho_a)^2} \\ \theta &= \tan^{-1} \frac{F_V}{F_H} = \tan^{-1} \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_b}\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

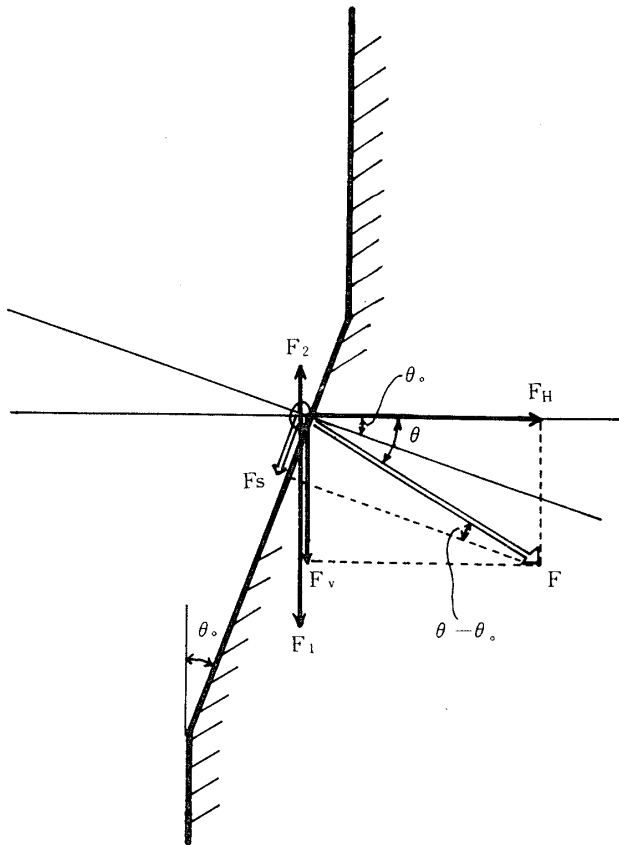


Fig 4

したがって円錐面にそって滑り落ちようとする力 F_s は次式で表わされる。

$$F_s = F \sin(\theta - \theta_0) \dots\dots\dots (4)$$

いま、粒子の旋回速度 v を一定と考えると、サイクロンに入った粒子は円筒部分から円錐部分に旋回しながら落ちてくるが、下方にくると r が小さくなるため、遠心力 F_H の値は大きくなる。 (3)式より角 θ は小さくなる。

$\theta > \theta_0$ の間は、(4)式であらわされるように滑り落ちようとする力 F_s が働き、粒子は漸時落下するが、 $\theta = \theta_0$ において、もはや落下し得なくなり、同一平面上で旋回をつづける。 $\theta < \theta_0$ では、かえって F_s は負となり上昇力が働らく。 X型サイクロンは Y型に比して θ_0 が大きいいため、粒子が取り出し口まで落ちにくく、捕集効率が悪くなる。

次にある特定の円錐傾斜角を持ったサイクロン，すなわち θ_0 を一定とした場合，物質の密度 ρ_b によって浮力 F_2 が異なり，鉛直力 F_v に影響をあたえる．すなわち密度の小さい物質ほど F_v は小さくなるので，(3)式で示される角 θ が小さくなり $\theta \leq \theta_0$ となる可能性が多くなる．その結果捕集効率は悪くなる．

実際には空気の抵抗およびサイクロンの壁面との摩擦により，粒子の速度 v は漸次減少するものと考えられるので，前述の解析結果よりさらに条件は良くなる．

結 論

集中排塵方式の提案にあたって，サイクロンの性能を調べ2，3の結論を得た．

- 1) サイクロンはX型にくらべてY型の方が捕集効率が良い．
- 2) 軽い合成樹脂類は，摩擦により静電気を発生しやすく，輸送管やサイクロンに付着する恐れがあるので，集中排塵装置には導電性のある材料を使用する必要がある．
- 3) 直径6 cm以下のサイクロンでは，X型，Y型のいずれの場合においても発泡スチロールのような比重の小さいものはブローの方へ吸い込まれるので，サイクロンは適当な大きさが必要である．

参 考 文 献

- 1) 森邦男，松山正彦，1972，サイクロンの設計条件と胴割れについて，農業機械学会関西支部報31号（投稿中）．
- 2) 狩野武，1969，粉粒体輸送装置，日刊工業 P 262～273．
- 3) 上滝具貞ほか，1961，粉粒体の空気輸送日刊工業，P 122～135．
- 4) 1970，FACOM FORTRAN EX-061-1-4，富士通，P 77～87．
- 5) 1970，FACOM 230-60 EX-061-3-4，富士通，P 17～21．