



$$P = [SQM(1-a) + (1-S)QN(1-a) + G - SQN - (1-S)QN] \quad t$$

$$= [SQM(1-a) + (1-S)QN(1-a) + G - QN] \quad t \dots \dots \dots \text{式 1)}$$

次に t 時間における室内塵埃濃度変化を N とすると

$$N = P/V \dots \dots \dots \text{式 2)}$$

となる。尚、本式の単位を 1 時間当たりとするため発塵量を 60G とし、 $Q = KV(m^3/\text{時})$ を代入すると、式 1)、式 2)より次式が成り立つ。

$$N \cdot V = \{SKVM(1-a) + (1-S)KVN(1-a) + 60G - KVN\} \quad t$$

$$N = SKM(1-a) \quad t + 60G/V \quad t + (1-S)KN(1-a) \quad t - KN \quad t \dots \dots \dots \text{式 3)}$$

ここで、 $A = SKM(1-a) + 60G/V$

$B = K[1 - (1-S)(1-a)]$ とすると、式 3)は次式となる。

$$N = A \quad t - BN \quad t \dots \dots \dots \text{式 4)}$$

式 4)を N、t の関数の式に変換すると、

$$\frac{N}{t} = A - BN = B \left( \frac{A}{B} - N \right)$$

$$\frac{N}{(A/B - N)} = B \quad t \dots \dots \dots \text{式 5)}$$

式 5)の両辺を積分すると、

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{(A/B - N)} = \int_{t_0}^t B \quad t \dots \dots \dots \text{式 6)}$$

ここで、クリーンルーム内塵埃濃度の初期値を  $N_0$  (個/ $m^3$ ) とする。

式 6)は、

$$-\{ \ln(A/B - N) - \ln(A/B - N_0) \} = B(t - t_0)$$

$t_0 = 0$  とすると、

$$\ln \left( \frac{A/B - N}{A/B - N_0} \right) = -Bt$$

$$\frac{A/B - N}{A/B - N_0} = e^{-Bt}$$

$$A/B - N = e^{-Bt}(A/B - N_0)$$

$$N = N_0 e^{-Bt} + \frac{A}{B} (1 - e^{-Bt}) \dots \dots \dots \text{式 7)}$$

ここで、式 7)に A、B を代入すると

$$N = N_0 e^{-K[1 - (1-S)(1-a)]t} + \frac{SKM(1-a) + 60G/V}{K[1 - (1-S)(1-a)]} \times \{1 - e^{-K[1 - (1-S)(1-a)]t}\} \dots \dots \dots \text{式 8)}$$

フィルター効率 a は HEPA フィルターの場合、ほぼ a = 1 ( 100% ) と考えると次式となる。

$$N = N_0 e^{-Kt} + \frac{60G}{KV} (1 - e^{-Kt}) \dots\dots\dots \text{式 9}$$

式 9) を塵埃過渡式と呼ぶ。

一方、時間 t を ( 無限大 ) とすると、 $e^{-Kt} = 0$  となり次式となる。

$$N_{\infty} = \frac{60G}{KV} \dots\dots\dots \text{式 10}$$

式 10) を塵埃濃度定常式と呼ぶ。

これらの関係例を図 2 のように示す。室の容積  $V = 100\text{m}^3$ 、風量  $Q = 25\text{m}^3/\text{分} \times 60 = 1,500\text{m}^3/\text{時}$ 、軽作業 1 人の時に、塵埃濃度過渡式と定常値を求める。

ここで、作業員からの発塵量 G は、表 1 より  $5 \times 10^5$  個/分となる。循環回数は

$$K = \frac{Q}{V} = \frac{1,500}{100} = 15 \text{ 回/時} \quad \text{となる。}$$

- ・ 図中  $N = N_0 e^{-Kt}$  は内部発塵  $G = 0$  ( 作業員不在 ) の時の室内塵埃濃度の減衰を示す。

式 9) に  $G = 0$  を代入すると

$$N = N_0 e^{-Kt} = N_0 e^{-15t} \text{ となり}$$

対数的に減少する。

- ・ 図中  $N = \frac{60G}{KV} (1 - e^{-Kt})$  は塵埃初期濃度

$N_0 = 0$  より内部発塵 G により到達する平衡濃度と時間の関係を示す。

式 9) に  $N_0 = 0$  を代入すると

$$N = \frac{60G}{KV} (1 - e^{-Kt}) = \left( \frac{60 \times 5 \times 10^5}{15 \times 100} \right)$$

$$= 2 \times 10^4 (1 - e^{-15t}) \text{ となる。}$$

- ・ 図中 ( 式 9 ) はクリーンルームの清浄度を示す時間的グラフであり、+ である。

時間を無限大とすると

$$\text{平衡値は } N = \frac{60G}{KV} = \left( \frac{60 \times 5 \times 10^5}{15 \times 100} \right)$$

$$= 2 \times 10^4 (\text{個}/\text{m}^3) \text{ となり一定濃度で示される。}$$

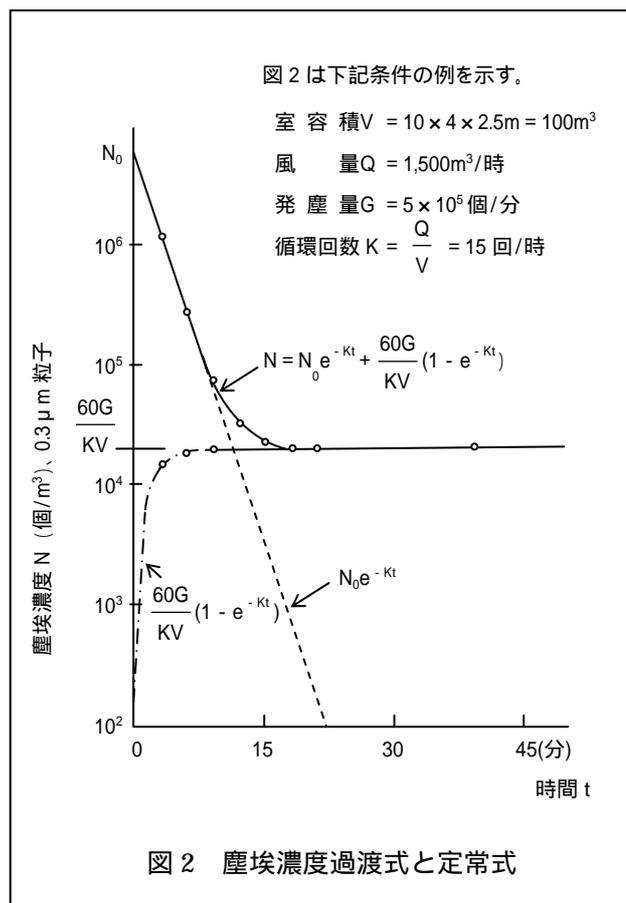


図 2 塵埃濃度過渡式と定常式

### 3. 提案

本計算式をエクセルに組込んだソフトを各部へ配布し、各条件値を代入することにより、クリーンルーム清浄度の時間的変化および定常値を予想することを提案します。

そして、より合理的な過剰仕様でないクリーンルーム設備を計画することを望みます。

# 付属書：クリーンルーム外気導入量の算定方法

## 1. はじめに

クリーンルームの清浄度を維持するためには、室内を周囲よりやや高い圧力（陽圧、10～30 Pa）に保つ必要がある。

クリーンルーム全風量の5～10%程度を外気として取り入れることが一般的だが、過剰な外気取入れは空調負荷を増大させ、電力を無駄に消費することになる。

よって、以下の手順に従い、必要十分な量を算定すべきである。

## 2. 外気導入量計算

外気導入の目的は、室加圧、作業員への新鮮空気供給である。及びの必要量を計算し、いずれが多い方を外気量とする。図2に外気導入と陽圧保持の概念を示す。

室加圧量の算定 ～  $OA_1$  (m<sup>3</sup>/時)

室内に設置される生産・研究装置からの発熱や発ガスは局所排気する必要がある。よって排気量の総和が  $EX$  (m<sup>3</sup>/時) の時、その10%を加えた外気量が必要となる。加算分の10%はドアの隙間や陽圧ダンパーより室外へ漏れ出す ( $LQ$  m<sup>3</sup>/時)。この時の通過抵抗がクリーンルームの陽圧に相当する。よって開口部は極力小さく設定することが重要である。

しかし大きな開口部を設ける必要があれば、漏れ空気の流れ速 (m/s) を 1 (m/s) とし、漏れ量を加算する。

$$OA_1(\text{m}^3/\text{時}) = \underbrace{EX(\text{m}^3/\text{時}) \times 1.1}_{\text{排気量}} + \underbrace{A(\text{m}^2) \times 1(\text{m/s}) \times 3,600(\text{s})}_{\text{特別な開口部からの漏れ量}}$$

作業員への新鮮空気量の算定 ～  $OA_2$  (m<sup>3</sup>/時)

作業員1名に対し必要な給気量は20 (m<sup>3</sup>/時) である。作業員が  $N$  (人) の時は、次式となる。

$$OA_2(\text{m}^3/\text{時}) = 20(\text{m}^3/\text{時}) \times N(\text{人})$$

外気導入量  $SQ$  は、 $OA_1$  と  $OA_2$  を比較し多い風量とする。

夏期の外気に対する冷房能力は800Kcal/時であり、風量算定にあたり過剰にならぬようクリーンルームの使用条件を良く検討しておく必要がある。

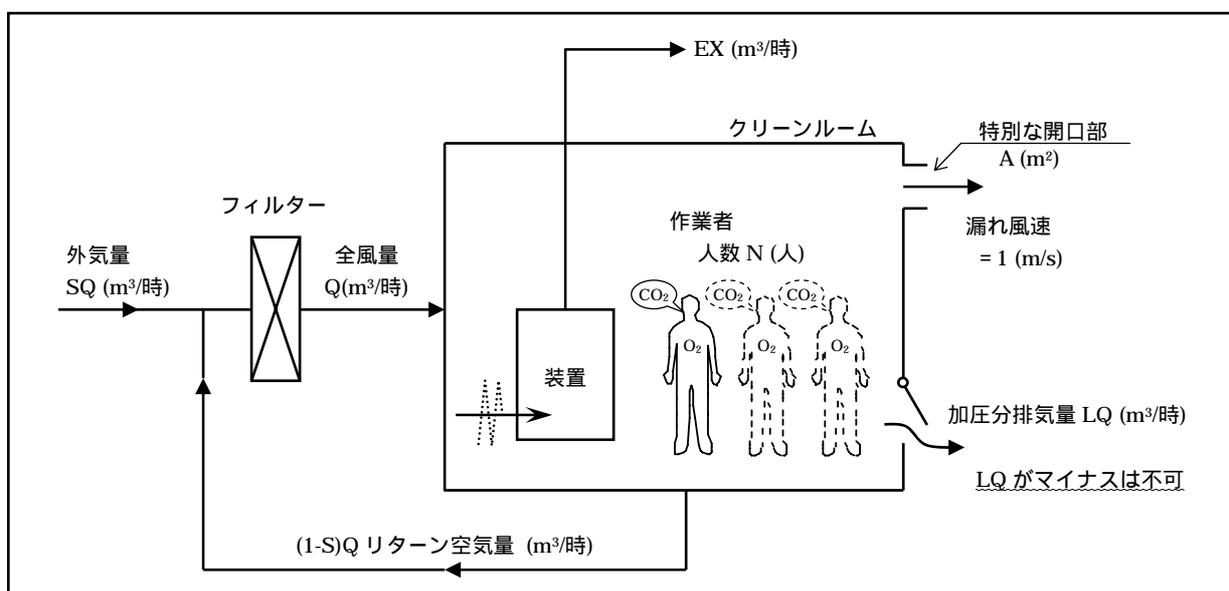


図2 外気導入と陽圧保持