

日本大学生産工学部

正会員。木田 哲 量

千葉県立茂原工業高校

正会員 渡 辺 文 男

1. 概 説 都市生活の良さは、安全性・健康性・能率性・快適性にあると言われているが、量的指標による拡大・巨大化が進む現今の都市における質的悪化の顕著な問題として大気汚染がある。一般に都市の環境は自然的条件と人為条件とから造られるが、そのいずれにおいても人間生活に対して有利・不利二面の条件を有している。たとえば、自然的条件における気象は雨による大気汚染の自然作用と逆転層によるその悪化などがある。大気汚染源は、固定発生源、移動発生源と問わずエネルギーの消費によるものである。都市における膨大なエネルギーの消費が、都市の活動を活発化させるとともに大気汚染の増加をもたうしている。たとえば、東京都内23区の冷暖房・工場・自動車などが出す都市人エネルギーから排熱は、全体として夏は295,000 kcal/日、冬は382,000 kcal/日であるが、都市部1人当たりにおける最大都市排熱量は夏が33,192 kcal/日、冬は33,262 kcal/日であり、日射量に比して実に夏は9倍、冬は16倍となっている。規模の小さなうちは自然の浄化作用によって安全性・快適性が得られるが、その能力を越えないような大規模汚染では自然そのものが破壊されかねない状況を示す。大気汚染の防止の基本として次の事が挙げられる。(1). 汚染物の発生を防ぐ。(2). 汚染物をその発生源で処理する装置を設備する。(3). 大気中にある汚染物を除去する。特に、汚染源の制御が技術面・法制面等で工夫されているが汚染物質の防止に要する設備費およびそれに伴う維持管理等の経費問題となっている。また、現在の基本的考え方は、ある規制値以下の汚染物は大気中でよく拡散するというところであるが、この拡散されている汚染物質の帰着は地表面であることから根本策としては十分ではなく、特に市民生活圏の拡大が狭く都市部では今後問題を残すのみであろう。ことに、ある程度汚染物処理・規制が可能な固定大規模発生源については、従来の方法でも許容されようが、移動小規模発生源についての方策を急ぐ必要が考えられる。このような観点に基づいて、移動発生源からの汚染物質の除去を主目的とした汚染空気の強制排除設備系の設置策を考える。この設備系は幹線ダクトに、いくつかの端末支管が分岐されており、この端末支管から吸い入った汚染空気を幹線ダクト端部に設ける処理装置で処理するものとする。自然浄化作用の系における、大気中の汚染物の地表面へ沈着は降水によって促進されることから、本設備系の処理装置は、降水帯を主体とする。降水によって沈着する汚染物質を従来の下水道へ放出することとする。従って最終的な汚染物質の処理は下水処理場で行うものとする。また汚染空気を吸引する端末支管は街路燈の柱を改良し、その柱表面に適当な吸引孔をいくつか設けることとした。このようなダクト係を汚染空気の滞留が激しい地域や自動車排気ガス等による高汚染道路周辺に設置することにより空気の浄化を図り、自然環境の保全による都市部定住人口の高収容を考える。尚、固定汚染源からの規制値以下とした準汚染空気を直接この幹線ダクトへ導入することが望ましい方向と思われる。

2. ダクトの設計 汚染大気吸引用の端末柱(支管)を本系分岐・合流するダクト系について設計を試みる。

その設計方法は、等径本管、等径支管を用いたダクトのオリフィスによる抵抗制御法によるものとし各管のオリフィスの抵抗を求める。端末支管を本管間隔 Q で分岐・合流しているダクト系におけるエネルギー損失は次の各式で得られる。なお、ここで端末支管を b 、幹線ダクトを d と添えて表わす。

端末支管から幹線ダクトへのエネルギー損失： ΔP_b

$$\Delta P_b = \alpha \frac{V_b^2}{2g} + \left(\lambda \frac{L}{D_b} + K \right) \frac{V_b^2}{2g} + \beta_i \frac{V_d^2}{2g} \quad (\alpha, \beta, \gamma, \dots) \quad (1)$$

ただし、 Q_0 (m^3/sec): 端末支管の吸引汚染空気量。 v_0 (m/sec): 端末支管の汚染空気運搬速度。 D_0 (m): 端末支管内径。 α : 吸引口の損失係数。 λ : 流管摩擦係数。 l (m): 端末支管の長さ。 N : 端末支管の吸引口及び摩擦以外の総合損失係数。 γ (kg/m^3): 空気の単位体積重量。 B : 端末支管から本管への曲り部合流損失係数。 ζ : 本管の端末支管前後の合流損失係数。

端末支管 1-1 から本管 1-2 までの全エネルギー損失: ΔP_{1-1-2}

$$\Delta P_{1-1-2} = \Delta P_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \lambda_i \cdot \frac{Q}{Dd} \cdot \frac{\gamma}{2g} v_{di}^2 + \sum_{i=2}^n \zeta_i \cdot \frac{\gamma}{2g} v_{di}^2 \quad (\text{kg}/\text{m}^2) \quad \text{----- (2)}$$

ただし、 Q (m): 端末支管間隔。 Dd (m): 幹線ダクト内径。 v_{di} (m/sec): 幹線ダクトの i 点における汚染空気運搬速度。 なお、端末支管の内径: $D_0 = \sqrt{4Q_0/\pi v_0}$ 。 幹線ダクトの内径: $Dd = \sqrt{4Q_0 n/\pi v_{dn}}$ 。

i 点の幹線ダクトにおける空気運搬速度: $v_{di} = 4Q_0 \times i / \pi Dd^2$ 。

ここで、流体の管摩擦係数は、乱流の場合、層流とは異なり理論的に得られないので、レイノルズ数が比較的小さい範囲で Blasius の実験式、比較的大きい範囲で Nikuradse の実験式に値を用いるものとする。

$$\lambda = 0.3164 Re^{-0.25} \quad \text{ただし、} 3 \times 10^3 < Re < 10^5 \quad \text{----- (3)}$$

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 Re^{-0.237} \quad \text{ただし、} 10^5 < Re < 10^8 \quad \text{----- (4)}$$

ここで次のような条件を設定して端末支管のオリフィスの抵抗係数を求めることとする

イ) 端末支管の長さ: $l = 3 \text{ m}$ とする。

これは端末支管と街路燈柱と併用することから採用したものである。

ロ) 端末支管間隔: $a = 3.6 \text{ m}$ とする。

街路燈間隔から採用したものである。

ハ) 端末支管数: $n = 10$ 本。

ニ) 端末支管における汚染空気の運搬速度: $v_0 = 10 \text{ m}/\text{sec}$ 。極めて軽い物質 (ガス、至気フェーム) のダクト中の運搬速度。

ホ) 端末支管吸引汚染空気量: $Q_0 = 2 \text{ m}^3/\text{min}$ 。室内必要換気量の推奨値の最大値より換算。

以上の条件から得られた各支管の損失エネルギーは表-1 のようになる。

また、端末支管 1-1 から本管 1-2 までの

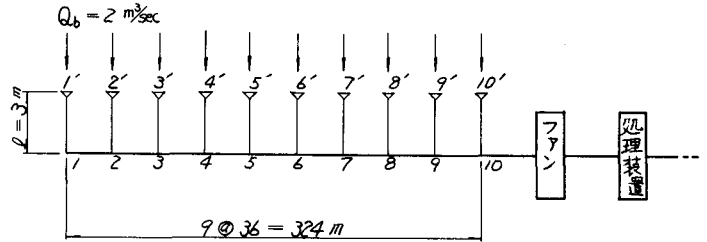


図-1 ダクト系

表-1 オリフィスの抵抗係数

i	v_{di}	λ	ζ	$\lambda \frac{Q}{Dd} \frac{\gamma}{2g} v_{di}^2$	$\zeta \frac{\gamma}{2g} v_{di}^2$	ΔK
1	2.5	0.026		2.767		
2	5.0	0.022	0.45	9.364	0.692	0.439
3	7.5	0.020	0.2	19.153	0.692	1.973
4	10.0	0.018	0.25	30.645	1.538	5.339
5	12.5	0.017	0.3	45.223	2.883	10.792
6	15.0	0.017	0.35	65.121	4.843	18.936
7	17.5	0.016	0.4	83.423	7.534	30.753
8	20.0	0.016	0.4	108.960	9.840	45.923
9	22.5	0.016	0.4	137.903	12.454	65.671
10	25.0		0.45		17.297	90.915
Σ				502.559	56.389	

の端末支管までの全損失エネルギー $\Delta P_{1-1-2} = 563.559 \text{ kg}/\text{m}^2$ を得た。よって、管の途中の中心に円孔を設けたオリフィスを所定の大さくすることによって、このようなダクト系の施工が可能となる。今回は経済性の観点から考慮して、実現可能なように既設構造の下水道、街路燈を有効に利用することとした。生物の生命に現在、将来と侮れ残すことのないように、大気汚染対策と多方面から考えたいものと思ふ。

参考文献: 大気汚染研究全国協議会編: 大気汚染ハンドブック (2)

林太郎編: 換気・集じんシステム

早川一也著: 大気汚染