

# 風量計画

## 1-1. 換気の必要性

呼吸活動により生じる二酸化炭素、作業中に発生する蒸気・塵埃・熱気などによって、居室・工場・特定用途の室などの空気は汚染されます。汚染された空気は健康に害を及ぼし、モラルの低下を招き、製品の品質を悪くし、機械設備の寿命にも悪影響を与えます。  
そこで新鮮空気と入れ替え、快適な作業環境をつくる必要性が生じてきます。

表1. 人間の呼吸

	新鮮乾燥空気	呼気
窒素 N <sub>2</sub>	78.0(%)	75.0(%)
酸素 O <sub>2</sub>	21.0	16.0
二酸化炭素 CO <sub>2</sub>	0.03	4.0
稀少ガス・水分	0.97	5.0

## 1-2. 機械換気の種類

機械換気方式は、換気関係法規で次の3種類に分類されています。

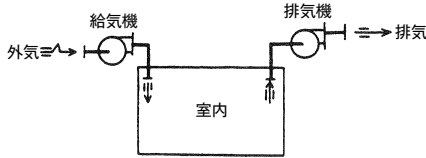


図1. (a) 第1種機械換気設備

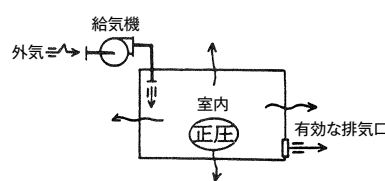


図2. (b) 第2種機械換気設備

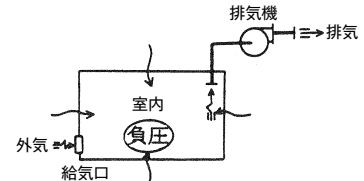


図3. (c) 第3種機械換気設備

## 1-3. 必要換気量の求め方

必要換気量は、在室人員による CO<sub>2</sub> 発生量、火を使用することによる廃ガス発生量その他の条件によって、各種計算方法があります。決定にあたっては、室の利用目的と使用状況を十分考慮し、換気目的に従い換気が必要とする要因ごとに換気量を算定し、その最大値をもって室の換気量を設定してください。

### 1) 居室の人員密度による方法

- Q=30N (居室人員が確定している場合)
- Q=30A・n (在室人員が未定の場合)
- Q: 必要換気量 (m<sup>3</sup>/h)
- N: 実人員数 (人)
- A: 居室の床面積 (m<sup>2</sup>)
- n: 居室の人員密度 (人/m<sup>3</sup>)

表2. 居室の人員密度

室名	n 人/m <sup>3</sup>
事務室	0.1~0.2(0.15)
会議室	0.3~0.6(0.5)
講堂	0.3~1.0(0.7)
食堂	0.5~1.0(0.8)

表3. 居室の必要換気量参考値

番号	室名	標準人員密度 人/m <sup>2</sup>	必要換気量 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h	番号	室名	標準人員密度 人/m <sup>2</sup>	必要換気量 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h	番号	室名	標準人員密度 人/m <sup>2</sup>	必要換気量 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h
1	事務所(個室)	0.2	6.0	7	宴会場	1.2	37.5	13	小会議室	1.0	30.0
2	事務所(一般)	0.24	7.2	8	ホテル客室	0.1	3.0	14	バー	0.6	17.7
3	銀行営業室	0.2	6.0	9	劇場・映画館(普通)	1.6	50.0	15	美容室・理髪店	0.2	6.0
4	売店売場	0.3	9.1	10	劇場・映画館(高級)	1.2	37.5	16	住宅・アパート	0.3	9.0
5	レストラン・喫茶(普通)	1.0	30.0	11	休憩室	0.5	15.0	17	食堂(営業用)	1.0	30.0
6	レストラン・喫茶(高級)	0.6	17.7	12	娯楽室	0.3	9.0	18	食堂(非営業用)	0.5	15.0

(注) 1. 必要換気量は、室内二酸化炭素許容濃度 0.1%となるよう、1人当りの換気量を 30m<sup>3</sup>/h として算出しています。  
2. 建築基準法施工令、第20条の2第2号を下回らないようにする。

### 動物の最低必要換気量参考値

- 鶏 1羽当り(ウインドレス鶏舎) ..... 0.25~0.27m<sup>3</sup>/min (夏)
- 牛・豚1頭(100kg相当)当り ..... 3m<sup>3</sup>/min (夏)
- ※鶏の換気量は10週齢時(2.2~2.4kg/羽)

### 2) 1人当りの占有面積による方法 (機械換気設備の場合)

$$Q = \frac{20A_f}{N}$$

- Q: 必要換気量 (m<sup>3</sup>/h)
- A<sub>f</sub>: 居室の床面積 (m<sup>2</sup>)
- ただし、窓等の有効な開口部がある場合、その面積の20倍したものを減じる。
- N: 1人当りの占有面積 (m<sup>2</sup>)
- ただし、N>10の場合は10とする。

(注) 1. 上式は建築基準法施工令第20条の2号に基づいています。  
2. 「20」は20(m<sup>3</sup>/h・人)の意味で根拠は成人男子が静かに座っている時のCO<sub>2</sub>排出量に基づいた必要換気量です。喫煙などが考えられる場合は、別途計算が必要です。

表4. 1人当りの占有面積

建物区分	1人当り占有面積	備考
飲食店・レストラン	3m <sup>2</sup>	営業の用途に供する部分の床面積
喫茶店	3m <sup>2</sup>	〃
キャバレー・ビヤホール	2m <sup>2</sup>	〃
料亭・貸席	3m <sup>2</sup>	〃
店舗・マーケット	3m <sup>2</sup>	〃
球突場・卓球場	2m <sup>2</sup>	〃
ダンスホール・ボーリング場	2m <sup>2</sup>	〃
パチンコ店・囲碁クラブ	2m <sup>2</sup>	〃
マージャンクラブ	2m <sup>2</sup>	〃
旅館・ホテル・モーテル	10m <sup>2</sup>	〃
特殊浴場	5m <sup>2</sup>	〃
集会場・公会堂	0.5~1m <sup>2</sup>	単位当り算定人数と同時に収容しうる人員
事務所	5m <sup>2</sup>	事務所の床面積

※首都整備局設定数値

3) 室内の温・湿度、清浄度を制御する方法  
(温度制御の場合)

$$Q = \frac{H_s}{0.069 (t_r - t_o)}$$

Q : 必要換気量 (m<sup>3</sup>/h)  
H<sub>s</sub> : 室内発生顕熱量 (kJ/h)  
t<sub>r</sub> : 室内許容温度 (°C)  
t<sub>o</sub> : 導入外気温度 (°C)

(湿度制御の場合)

$$Q = \frac{W}{1.2 (X_i - X_o)}$$

Q : 必要換気量 (m<sup>3</sup>/h)  
W : 室内水蒸気発生量 (kg/h)  
X<sub>r</sub> : 室内許容絶対湿度 (kg/kg<sup>'</sup>)  
X<sub>o</sub> : 導入外気の絶対湿度 (kg/kg<sup>'</sup>)

(清浄度制御の場合)

$$Q = \frac{K}{(P_2 - P_1)}$$

Q : 必要換気量 (m<sup>3</sup>/h)  
K : 汚染物質発生量 (m<sup>3</sup>/h)  
P<sub>1</sub> : 新鮮空気中の濃度 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)  
P<sub>2</sub> : 許容室内濃度 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

参考 1) 新鮮空気中の炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)濃度=0.0003(0.03%)=300PPm  
2) 許容濃度は日本産業衛生協会等の基準によります。  
3) 人体よりの発生物以外は局所換気が望ましい。ここでは全体換気(希釈換気)の場合の算出式を示します。外気は室内空気よりも清浄であるとして。

4) 換気回数による方法

必要換気量は、換気をする場所により表5の換気回数より求められます。

$$Q = V \cdot a$$

Q : 必要換気量 (m<sup>3</sup>/h)  
V : 建築物容積 A×H (m<sup>3</sup>)  
a : 毎時換気回数 (回/h)  
A : 床面積 (m<sup>2</sup>)  
H : 高さ (m)

この必要換気量に、ダクト途中の漏れなどの考慮をもたせ、送風機の風量を決めます。ただし、表5の数値は目安ですので、換気に関する法規と合わせてご計画ください。

表5. 換気回数(衛生試験所指針抜粋)

区分	部屋の種類	換気回数
一般家庭	居間、浴室、応接間	6
	便所	10
	台所	15
飲食店	食堂、レストラン、寿司屋	6
	おでん屋、てんぷら屋	10
	調理室	20
旅館 ホテル	客室、廊下	5
	ダンスホール、大食堂	8
	洗面所、便所	10
	調理室、洗濯室	15
	エンジン室、ボイラー室	20
病院	診療室、病室、事務室、廊下	6
	待合室、浴室、食堂、便所、呼吸器病室	10
	洗濯室、調理室、手術室、消毒室	15
学校	教室、図書館、講堂、化学実験室	6
	体育館	8
	便所	12
	調理室	15
劇場 映画館	観客室、廊下	6
	喫煙室、便所	12
	映写機室	20
工場	事務室、一般作業室、電話交換室、紡績工場、印刷工場	6
	蓄電池室	10
	化学工場、食品工場	15
	木工工場	20
	鑄造工場	50
一般建物	事務室	6
	待合室	10
	会議室	12
公衆便所		20
有害ガスまたは可燃性ガスの発生する部屋		20以上

5) 理論廃ガス量による方法

火を使用する室(厨房など)の換気量は、各排気フードの必要換気量(建築基準法)の合計値、フード部の面風速(0.3m/sec以上)、換気回数(40回/h以上)などを満足させる。

換気扇などを設けた場合の必要換気量

①換気上有効な換気扇のみを設ける場合

$$Q \geq 40kq$$

Q : 必要換気量 (m<sup>3</sup>/h)

k : 燃料の単位燃焼量当りの理論廃ガス量 (m<sup>3</sup>/kg または m<sup>3</sup>/kJ)

q : 燃焼器具の燃焼消費量 (kg/h または kJ/h)

②換気上有効な換気扇などを排気フードを有する排気筒に設ける場合

$$Q \geq 30kq \text{ (排気フードI形)}$$

$$Q \geq 20kq \text{ (排気フードII形)}$$

③換気上有効な換気扇などを煙突に設ける場合

$$Q \geq 2kq$$

(注) 上式は、建築基準法施工令第20条の3第2項に基づいています。

表6. 火を使用する室等の換気方式等

火を使用する室	換気が必要な要因					換気方法			換気量 換気回数 (回/h)	
	臭 気	熱	燃 焼 ガ ス 酸 素 供 給	湿 気	有 毒 ガ ス	自 然 換 気	第 一 種 換 気	第 二 種 換 気		第 三 種 換 気
湯沸室		○	○				△		○	5
理容室			○						○	
厨房	○	○	○	○			○			40~60

(備考) ○: 一般的に採用する方式 △: 採用してもよい方式  
フードの形状によって換気量が変わる。

表7. 燃料による理論廃ガス量

燃料の種類		理論廃ガス量
燃料の名称	発熱量	
都市ガス		0.000258m <sup>3</sup> /kJ
LPガス(プロパン主体)	50,232kJ/kg	12.9m <sup>3</sup> /kg
灯油	43,116kJ/kg	12.1m <sup>3</sup> /kg

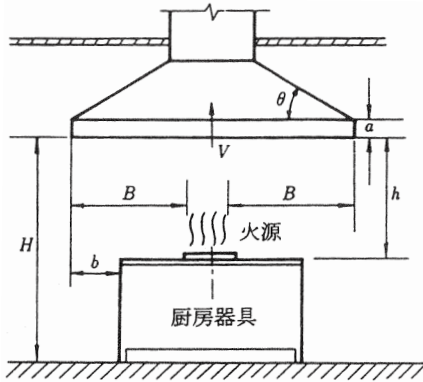


図4. 排気フード

表8

		法規制値			実用値
		II形フード	I形フード	I形フードと同等とみなせるフード	
高さ	h	1.0m 以下	1.0m 以下	1.2m 以下	1.0m 以下
	H	—	—	—	1.8~2.0m
大きさ (火源の周囲)	B	h/2 以上	火源等を覆うことができるもの	h/6 以上	—
集気部分	a	5cm 以上	排ガスが一樣に捕集できる形状	排ガスが一樣に捕集できる形状	5cm 以上
	θ	10°以上	—	—	10°以上
材質		不燃材料	不燃材料	不燃材料	ステンレス
面風速	V	—	—	—	(注) 0.3~0.5m/sec

(注) 1. 二重フードとする場合の周囲スロット幅は 10~20mm とし、換気量は周囲スロット 1m 当り 0.2~0.3m<sup>3</sup>/sec とする。  
 2. 排ガス、油、蒸気等が発生する器具からの排気は、排気フードII形を設け機械換気を行う。  
 3. ASHRAE applications 1982 によります。

### 1-4. 厨房排気送風機の換気量選定例

表9

火を使用する室の換気(都市ガス発熱量 20,930kJ/Nm <sup>3</sup> )											
送風機 記号	系統	階	室名	換気種別	面積 m <sup>2</sup>	容積 m <sup>3</sup>	換気回数 回/h	換気率 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h	換気風量 m <sup>3</sup> /h	系統別風量 m <sup>3</sup> /h	備考

系統名	設置場所	換気種別	器具名	燃料種別	理論排ガス量 k m <sup>3</sup> /kg 又は m <sup>3</sup> /kJ	燃料消費量 q kg/h 又は kJ/h	排気装置別定数	有効換気量 m <sup>3</sup> /h	換気回数による 換気量 m <sup>3</sup> /h	系統別風量 m <sup>3</sup> /h
FE-2	厨房	1	瞬間湯沸器	ガス	0.000258	94,186	2	50	① 9,300 ← ②	9,300
			食器洗浄機	〃	〃	108,837	30	840		
			炊飯器	〃	〃	90,000	〃	700		
			ガスフライヤ	〃	〃	50,233	〃	390		
			魚焼器	〃	〃	48,140	〃	370		
			ガスレンジ	〃	〃	251,163	〃	1,940		
			ガステーブル	〃	〃	71,163	〃	550		
			ガス回転釜	〃	〃	113,023	〃	870		
			瞬間湯沸器	〃	〃	94,186	2	50		
			貯湯式器	〃	〃	46,047	30	360		
(計)							6,120	① 9,300 ← ②	9,300	
								換気量 =	9,300	9,300

### 1-5. 風速の選定資料

#### 制御風速

制御風速とは、図5の例で示すように、発生源Aから飛散している粉じん、ガス、蒸気、フォーム等を、その飛散限界点又は飛散限界内のある点Bで捕え、フード開口内へ流入させるために必要な最小吸込速度をいう。

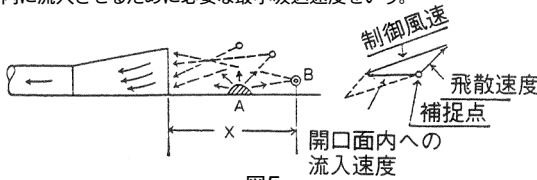


図5

表10. 汚染物の制御風速

汚染物の発生条件	例	搬送風速 (m/sec)
静かな大気中に、実際上ほとんど速度がない状態で飛散する場合	液面から発生するガス、蒸気、フーム等	0.25~0.5
比較的静かな大気中に、低速度で飛散する場合	ブース式フードにおける吹付塗装作業、断続的容器詰め作業、低速コンベア、溶接作業、メッキ作業、酸洗作業	0.5~1.0
速い気道のある作業場所に、活発に飛散する場合	奥行の小さなブース式フードの吹付塗装作業、樽詰作業、コンベアの落し口、破砕機	1.0~2.5
非常に速い気道のある作業場所に、高初速度で飛散する場合	研磨作業、プラスト作業、タンプリング作業	2.5~10.0

表11. 有機溶剤に対する制御風速

フードの型式	搬送風速 (m/sec)	
囲い式フード	0.4	
外付け式フード	側方吸引型	0.5
	下方吸引型	0.5
	上方吸引型	1.0

表12. いわゆる抑制濃度の定められていない特化物に対する制御風速

物の状態	搬送風速 (m/sec)
ガス状	0.5
粒子状	1.0

表13. 特定以外の粉じん発生源に対する制御風速

フードの型式	搬送風速 (m/sec)	
囲い式フード	0.7	
外付け式フード	側方吸引型	1.0
	下方吸引型	1.0
	上方吸引型	1.2

粉体輸送の風速

表14. (a) 粉体・気体輸送の風速

作業	フード型式・風速	搬送風速 (m/sec)
吹付け研磨		18
自動車車庫	テイルパイプと局所フード	10
ちゅう房用レンジ	天がいフード前面開口部風速 0.5m/sec	7.5~9
グラインダ	標準フード	18
岩石せん孔(乾式)		18
ふるい	フード開口部を通じる吸込み速度 0.8~1.0m/sec	18
噴霧塗装	ブース・ブース断面において 0.5m/sec	7.5~10

(注) 粉体が沈積しない最低推奨速度を示す。

表15. (b) 固体輸送の風速

搬送物質	搬送風速 (m/sec)
砂	35
セメント	35
赤鉄塩	32.5
小麦	29
羊毛	25
木綿	22.5
微粉	20
のこくず	15

表16. 低圧ダクトおよび送風機吹出し・吸込み口の風速 (ASHRAE, 1963)

(m/sec)

ダクトの部位	推奨風速			最大風速		
	住宅	公共建物	工場	住宅	公共建物	工場
送風機吸込み口	3.5	4.0	5.0	4.5	5.0	7.0
送風機吹出し口	5.0~8.0	6.5~10.0	8.0~12.0	8.25	7.5~11.0	8.5~14.0
主ダクト	3.5~4.5	5.0~6.5	6.0~9.0	4.0~6.0	5.5~8.0	6.5~11.0
分岐ダクト	3.0	3.0~4.5	4.0~5.0	3.5~5.0	4.0~6.5	5.0~9.0
分岐立上がりダクト	2.5	3.0~3.5	4.0	3.25~4.0	4.0~6.0	5.0~8.0

(注) 高圧1ダクト・高圧2ダクトの送風ダクト以外は上記に準ずる。

### 1-6. ピトー管による風量測定

① 静圧および動圧を同時に測定する場合のピトー管の構造は図6のようになります。

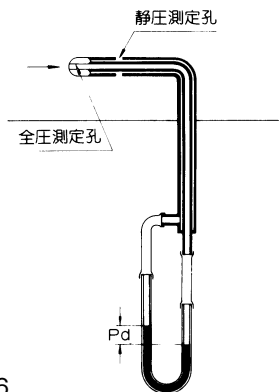


図6

② ピトー管による風量の計算

ピトー管によって風量を求めるには、ピトー管の各測定点の動圧Pdからその点の風速を算出して、その平均値と管路断面積とから風量を算出します。

$$\begin{aligned}
 \text{風量 } Q &= 60AV \\
 &= 60A \sqrt{\frac{2Pd}{\gamma}} \text{ m}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

$A$  : 管路断面積  $\text{m}^2$   
 $Pd$  : 動圧  $\text{Pa}$   
 $\gamma$  : 気体の密度  $\text{kg}/\text{m}^3$   
 $V$  : 風速  $\text{m}/\text{s}$

### 1-7. 理論動力

ある風量のある圧力まで上昇させるのに要する動力を理論動力といいます。これは次式によって算出されます。

$$AKW = \frac{Q \times P_t}{60000}$$

$Q$  : 風量  $\text{m}^3/\text{min}$   
 $P_t$  : 送風機全圧  $\text{Pa}$

また、理論動力 (AKW) と電動機軸動力 (SKW) との比が送風機の効率 ( $\eta$ ) になります。

$$\eta = \frac{AKW}{SKW} \times 100\%$$