

# 第47回 労働衛生コンサルタント試験 (労働衛生工学)

労働衛生工学

1/8

注：試験問題は全部で4問です。問1又は問2から1問、問3又は問4から1問、合計2問を選択して解答用紙に解答を記入してください。なお、各問の解答は、それぞれ専用の解答用紙を使用してください。

問 1 労働環境における有害物質に関する以下の設問に答えよ。

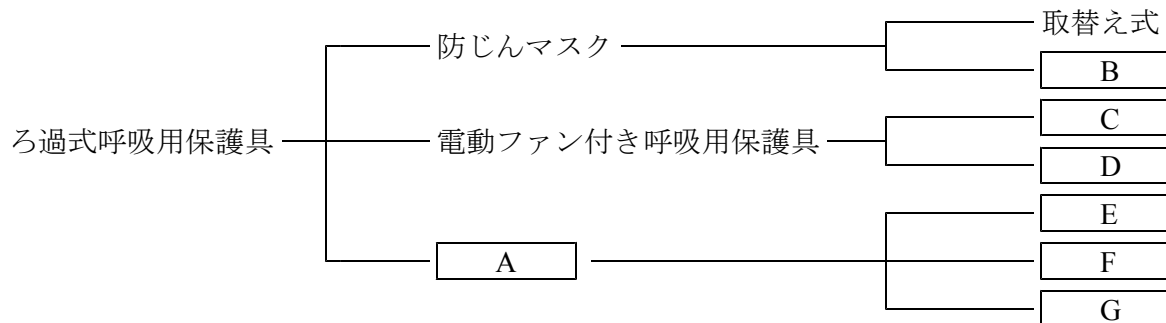
(1) 日本産業衛生学会による「許容濃度等の勧告」に記された「化学物質の許容濃度」の定義の一部である以下の文中の **A** ~ **F** に当てはまる語句又は数値を解答欄に記入せよ。

許容濃度とは、労働者が1日 **A** 時間、週間 **B** 時間程度、**C** 的に激しくない **D** 強度で有害物質にばく露される場合に、当該有害物質の平均ばく露濃度がこの数値以下であれば、**E** の労働者に健康上の悪い影響が見られないと判断される濃度である。ばく露時間が **F**、あるいは **D** 強度が弱い場合でも、許容濃度をこえるばく露は避けるべきである。

(2) 国際がん研究機関(International Agency for Research on Cancer) による発がん性分類を説明せよ。

(3) ろ過式呼吸用保護具について次の問に答えよ。

① ろ過式呼吸用保護具の分類について、次の図の **A** ~ **G** に当てはまる語句を解答欄に記入せよ。



② 電動ファン付き呼吸用保護具の構造を説明し、その性能を防じんマスクとの違いに注目して簡潔に述べよ。

(4) 次の語句について、説明せよ。

- ① 作業環境測定における B 測定
- ② 作業場内の有害物質の濃度における対数正規分布
- ③ 吸入性 (レスピラブル) 粉じんと吸引性 (インハラブル) 粉じん
- ④ リスク低減措置の優先順位

(5) 以下の災害事例について、発生を防止するための対策を四つ記せ。

作業員 X、Y、Z の3名は、漬物の製造を行う事業場にあるしょう油貯蔵タンク内の水洗い清掃を行うことになった。このしょう油貯蔵タンクは、高さ 1.7 m、直径 1.6 m の円筒の形状をしており、その上部には内径 45 cm の蓋、しょう油注入口及び空気弁 (脱気口・直径 6 cm) が付いている。

作業員 X がまず、しょう油貯蔵タンクの上にある蓋を取りはずして、足から中に入った。このとき作業員 Y がタンクの外側から「しょう油はどれくらい残っているか。」と問いかけたところ、返事がないので、蓋から中をのぞいたところ X が倒れていた。Y が X を救出するため同様にタンクの内部に立ち入ったところ、同じようにタンクの内部で倒れてしまった。Z がそれを発見し、通報した。

問 2 騒音に関して、以下の設問に答えよ。

(1) 騒音ばく露作業における作業環境測定について、次の文中の  $\boxed{\text{A}}$  ～  $\boxed{\text{O}}$  に当てはまる語句、数式、数値等（単位も含めること）を解答欄に記入せよ。

作業場で発生する騒音は時間変動する。したがって、その影響を評価するためには瞬時の音圧に周波数重みづけ（ $\boxed{\text{A}}$  と呼ばれる。）を施した瞬時  $\boxed{\text{A}}$  音圧  $p(t)$  の騒音レベルをエネルギー的に時間平均した  $\boxed{\text{B}}$  と呼ばれる量で評価する。例えば、時刻  $t_0$  [秒] から  $t_0 + T$  [秒] までの  $T$  秒間における瞬時  $\boxed{\text{A}}$  音圧  $p(t)$  の二乗の時間平均は瞬時  $\boxed{\text{A}}$  音圧  $p(t)$  の  $\boxed{\text{C}}$  の二乗に相当し、式（ $\boxed{\text{D}}$ ）で表される。さらに基準の音圧を  $p_0$  とすると、 $\boxed{\text{B}}$  は式（ $\boxed{\text{E}}$ ）で表すことができる。

ただし、基準の音圧の値は  $\boxed{\text{F}}$  である。

騒音源に近接する場所での作業がともなう屋内作業場で騒音に関する作業環境測定をする場合、二種類の測定（ $\boxed{\text{G}}$  および  $\boxed{\text{H}}$ ）を実施する。

$\boxed{\text{G}}$  については、当該作業場に等間隔（ $\boxed{\text{I}}$  以下）に引いた縦・横の線の交点を測定点とし、測定点の高さは  $\boxed{\text{J}}$  の範囲とする。

ある作業場内で  $\boxed{\text{G}}$  を行ったとき、各測定点での測定値が表 1 のようであった場合、この作業場の  $\boxed{\text{G}}$  の  $\boxed{\text{K}}$  は  $\boxed{\text{L}}$ （有効数字 2 桁）となる。

また、同一作業場内で  $\boxed{\text{H}}$  の測定値が 89dB であった場合、これら二種類の測定結果にもとづいて総合的に判断することにより、この作業場は  $\boxed{\text{M}}$  管理区分となる。

表 1 騒音測定（ $\boxed{\text{G}}$ ）の結果

測定点	測定値 [dB]	測定点	測定値 [dB]	測定点	測定値 [dB]
1	78	5	80	9	81
2	84	6	87	10	82
3	85	7	88	11	83
4	81	8	79	12	79

一日の中で複数の異なる騒音レベルの状態勤務する作業者がばく露する騒音レベルを評価する場合、 $\boxed{\text{N}}$  時間相当に換算した  $\boxed{\text{B}}$  ( $L_x$  で表記) で表す。今、ある作業者が一日のうち、3種類の騒音レベル  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ （それぞれの作業時間は  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  [分] とする。）の中で作業する場合、この作業者の 1 日当たりの  $L_x$  は式（ $\boxed{\text{O}}$ ）で表される。

(2) 騒音ばく露対策で使用される遮音壁について、以下の問に答えよ。

- ① 次の文中の空欄に当てはまる語句、数値等（単位も含めること。）を解答欄に記入せよ。なお、計算結果は小数第一位まで答えよ。必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.3$ 、 $\log_{10} 3 = 0.5$ 、 $\log_{10} 5 = 0.7$  を用いよ。

作業者の騒音ばく露量を低減するために、作業者と騒音源である機械装置の間に遮音壁を設けることがある。例えば、ある均質材料で作られた遮音壁の騒音軽減量（透過損失） $TL$  [dB] は、近似的に次式で表すことができた。

$$TL = 18 \log_{10} (f \cdot m) - 44$$

ここで、 $f$  は周波数 [Hz]、 $m$  は遮音壁の単位面積当たりの質量（面密度： $\text{kg/m}^2$ ）である。この式によれば、遮音壁の厚みを 1.5 倍にすると  $TL$  は  増加し、2 倍にすると  $TL$  は  増加することがわかる。また、騒音の周波数が 2 倍になると  $TL$  は  増加することがわかる。例えば、1 kHz における  $TL$  が 28 dB の場合、4 kHz における  $TL$  は計算上は  になる。

上に述べた式からわかるように、遮音壁の  $TL$  を高めるためには  材料を用いればよい。しかしながら、実際の遮音壁の  $TL$  には、ある特定の周波数帯域で上式を用いた計算によって得られた  $TL$  よりも著しく  値を示すこと（コインシデンス効果という。）があり、予測することはかなり難しい。したがって、実際に遮音壁を導入する際には、遮音壁の材料の  $TL$  を調べるか、実際に  $TL$  を測定するなどの注意を要する。

- ② 上記①における波線部（                    ）の方法のほかに、中空二重壁を遮音壁として用いることがあるが、その利点を述べよ。

(3) 騒音防止対策に関する以下の問に答えよ。なお、計算結果は小数第一位まで答えよ。また、必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.3$ 、 $\log_{10} 3 = 0.5$ 、 $\log_{10} 5 = 0.7$  を用いよ。

- ① ある屋内作業場において、1 台の動力機械が稼働していたが、この動力機械が発する騒音を作業者の位置で測定したところ、表 2 のような周波数分析結果（オクターブバンド分析）が得られた。今後、作業量の大幅な増大が見込まれることから、当該作業場に同種の動力機械を 3 台追加して 4 台設置・稼働させる設備計画（作業者に対する各動力機械の距離及び向きは 1 台のときの測定時と同じものとする。）を立案した。このとき、作業者の位置において予想される各オクターブバンドにおける騒音レベルを、計算過程を示して求めよ。

表 2 動力機械 1 台の時の騒音周波数分析結果

中心周波数 [Hz]	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
各オクターブバンドにおける騒音レベル [dB]	83	90	94	91	86	79

- ② 上記①の設備計画において、作業者の近くに 9 mm の厚さの合板を用いて遮音壁を設けることにする。調べたところ、厚さ 6 mm の同じ材質の合板の騒音軽減量（透過損失） $TL$  [dB] は、500 Hz のオクターブバンドで 16 dB であった。この材質の合板の  $TL$  が

$$TL = 18 \log_{10} (f \cdot m) - 44$$

に従うとしたときの各オクターブバンドにおける  $TL$  を、計算過程を示して求めよ。

ただし、 $f$  は周波数 [Hz]、 $m$  は遮音壁の単位面積当たりの質量（面密度： $\text{kg/m}^2$ ）である。なお、この材質の遮音壁は 4 kHz 付近でコインシデンス効果が認められ、4 kHz における  $TL$  は 22 dB（厚さ：6 mm）及び 25.6 dB（厚さ：9 mm）であることがわかっている。

- ③ 上記②の遮音壁を上記①の設備計画に適用したときの作業者の位置において予想される各オクターブバンドにおける騒音レベルを求めよ。

問 3 有機溶剤業務を行う作業場に設置されているダクトの断面積 ( $0.0452 \text{ m}^2$ ) が一定で、排風量が  $12.0 \text{ m}^3/\text{min}$  である図1の局所排気装置について、以下の設問に計算過程を示して答えよ。

ただし、計算は有効数字3桁(4桁目は切り捨て)で行い、解答は有効数字3桁目を四捨五入して有効数字2桁で答えよ。

なお、空気密度を  $1.20 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度を  $9.80 \text{ m/s}^2$  とする。

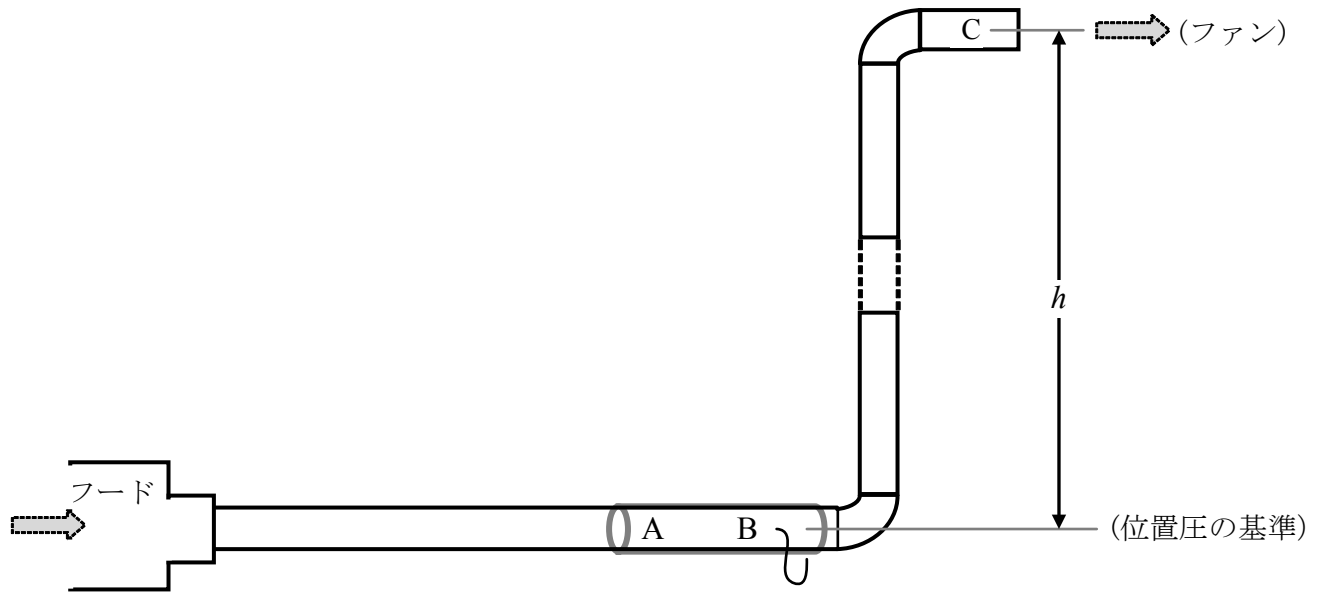


図1 局所排気装置

(1) 図2に示した図1の局所排気装置の囲い式フードについて、開口面の風速を求め、制御風速  $0.40 \text{ m/s}$  を満足しているか、いないか判定せよ。

なお、開口部(灰色)は作業者の前方と後方にそれぞれ1面あり、開口部における開口面の風速のばらつきを表す $k$ 値は1.20とする。

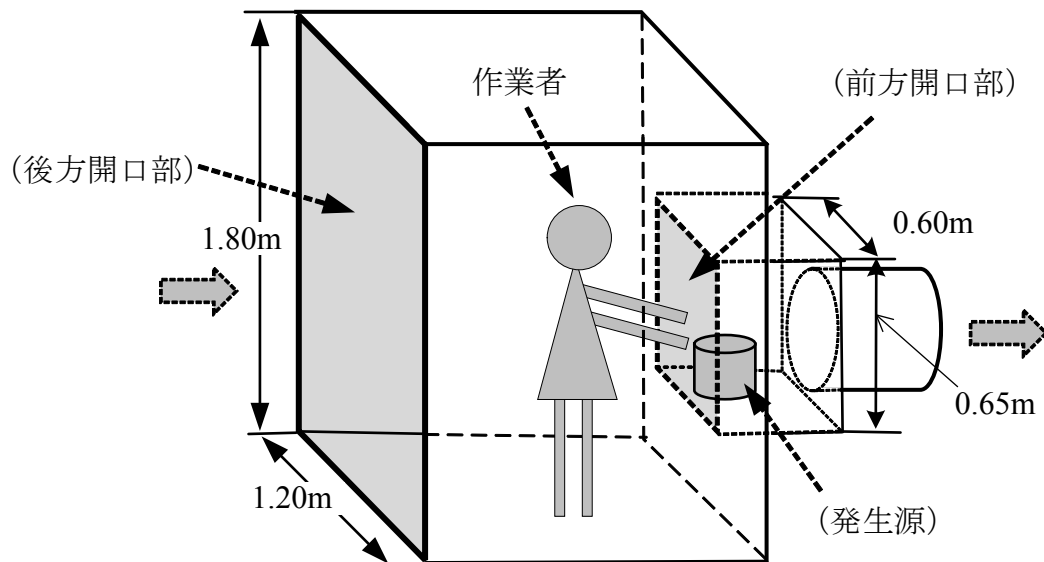


図2 フードと作業者及び発生源の位置

(2) 圧力は、単位面積あたりに加わる力と定義されているが、1 mmH<sub>2</sub>O の圧力とは、高さ 1.0 mm の水柱がその底面の単位面積あたりに加わる力である。また、1 m<sup>2</sup> の面積に 1 ニュートン (N) の力がはたらくとき、この圧力を 1 Pa と定義している。1 mmH<sub>2</sub>O の圧力がパスカル (Pa) 単位で 9.8 Pa であることを以下の問に従って説明せよ。

① 図 3 に示した容器に入っている水の質量 [kg] を求めよ。

なお、水の密度は 1.00 g/cm<sup>3</sup> とする。

② 図 3 に示した容器の底面にかかる圧力を N/m<sup>2</sup> 単位で求めよ。

なお、力 [N] = 質量 [kg] × 重力加速度 [m/s<sup>2</sup>] とする。

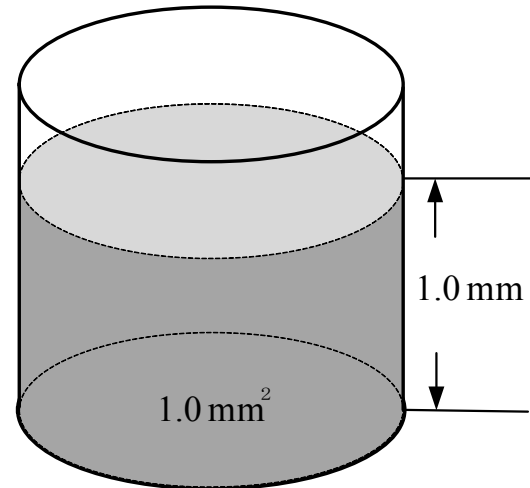


図 3 水の入った容器

(3) 図 1 の局所排気装置の A 点から B 点について、以下の問に答えよ。

① フードから A 点までの圧力損失が 15.5 Pa であるとき、A 点の全圧をパスカル (Pa) 単位で求めよ。

② B 点に図 4 のように水柱マンメータ (水の入った U 字管マンメータ) を設置し、圧力測定を行った結果、水柱マンメータの左右の水面の高さの差の値が 2.5 mm であった。A 点から B 点間の圧力損失をパスカル (Pa) 単位で求めよ。

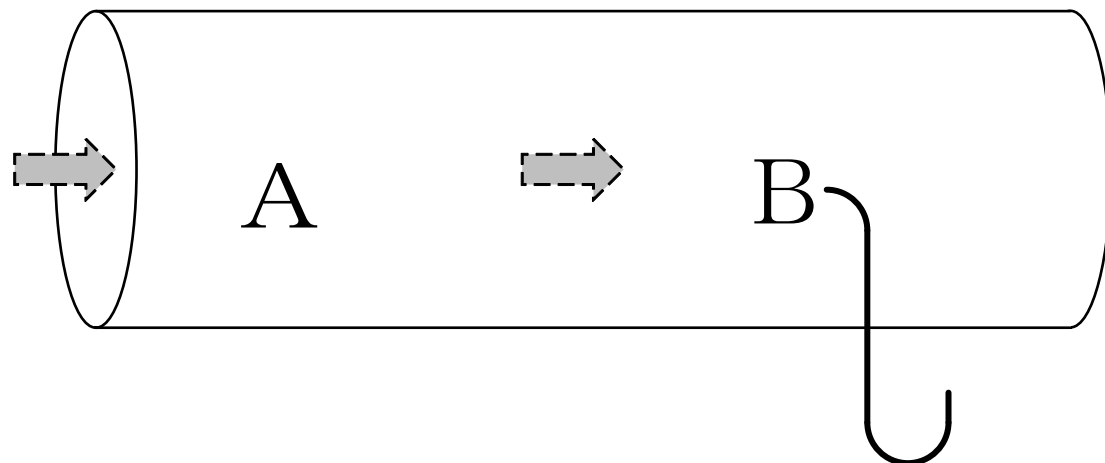


図 4 B 点に設置した水柱マンメータ (水柱マンメータ中の水は省略してある。)

(4) 位置圧が無視できない場合は、全圧を求めるときに位置圧を考慮する必要があるが、2 点間の高低差が 20.0 m であるとき、2 点間の位置圧の差をパスカル (Pa) 単位で求めよ。

(5) 位置圧が無視できる場合は、全圧は静圧と速度圧の和となるが、位置圧が無視できない場合は、静圧と速度圧の和に位置圧を加えたものが全圧となる。図 1 の B 点と C 点の高低差 ( $h$ ) が 20.0 m あり、この間の圧力損失が 19.4 Pa であるとき、C 点の速度圧と静圧をパスカル (Pa) 単位で求めよ。なお、B 点から C 点間は、ベンズの圧力損失とベンズの高さは無視し、長さ  $h$  の直線ダクトとみなすものとする。

問 4 図1に示す局所排気装置の系統図について以下の設問に答えよ。

ただし、ダクトの断面は全て円形とし、空気密度は  $1.20 \text{ kg/m}^3$ 、フード3の必要排風量は  $40.0 \text{ m}^3/\text{min}$  とする。(1)、(2)及び(7)については計算過程を示せ。計算は有効数字4桁で行い、解答は4桁目を四捨五入して有効数字3桁で答えよ。(3)及び(4)の局所排気装置計算書は有効数字4桁で答えよ。

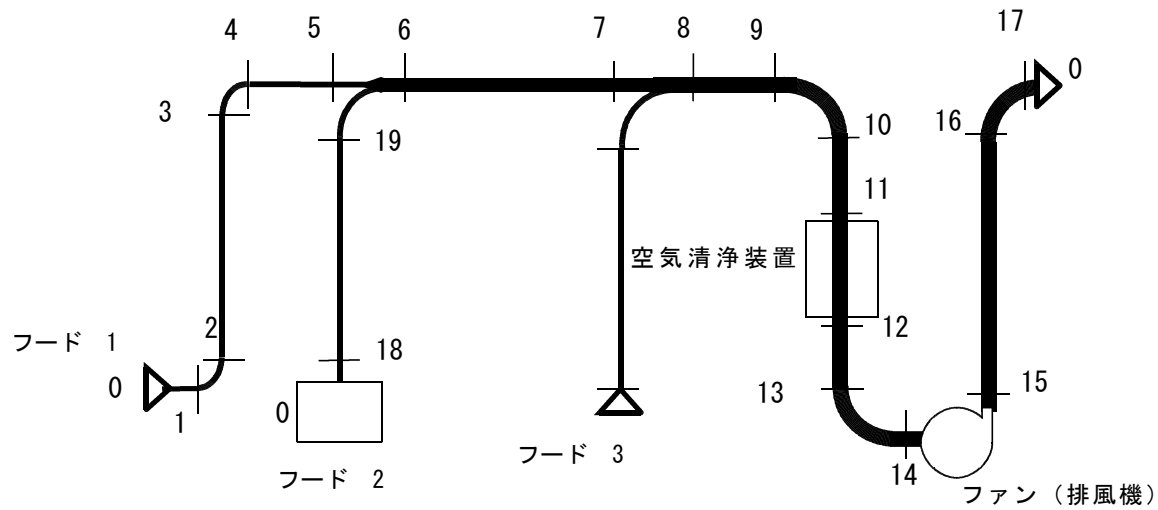


図1 局所排気装置の系統図

(1) フード1の側方吸引型外付け式フードについて必要排風量  $[\text{m}^3/\text{min}]$  を求めよ。

ただし、フード1の詳細を図2に示す。制御風速  $1.0 \text{ m/s}$  が確保される捕捉点のフード開口面からの距離  $X [\text{m}]$  を  $0.30 \text{ m}$  とする。

なお、外付け式フード開口面から距離  $X [\text{m}]$  における等速度面の面積  $A_c [\text{m}^2]$  は次式で計算するものとする。

$$A_c = 0.75 (5X^2 + A_0) \quad (A_0 [\text{m}^2]: \text{フード開口部面積})$$

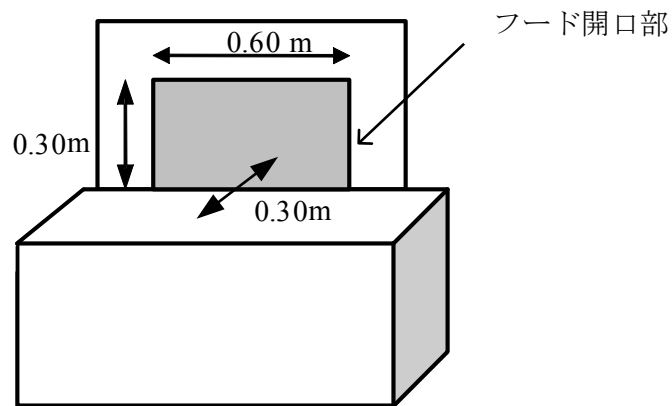


図2 フード1の詳細

注) 開口部は  $0.60 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$  である。

(2) フード2の囲い式フードについて必要排風量  $[\text{m}^3/\text{min}]$  を求めよ。

ただし、制御風速  $0.70 \text{ m/s}$ 、開口面の気流分布の補正係数  $k$  は  $1.1$ 、開口部の断面積は  $1.0 \text{ m}^2$  とする。

(3) フード1から始まる主ダクト系列の局所排気装置計算書①の空欄（解答用紙）に計算結果を記入せよ。  
 合流部の圧力損失は合流前の速度圧に圧力損失係数を乗じて求めるものとする。空気清浄装置の圧力損失は、排风量 100 m<sup>3</sup>/min のとき 150 Pa である。空気清浄装置の圧力損失は排风量の2乗に比例するとして計算せよ。

また、直線ダクトの圧力損失は、計算書に直管圧損が未記入の番地については、ダクトの摩擦係数を0.02として計算せよ。

局所排気装置計算書① （解答は解答用紙に記入すること。）

番地 名称	ダクト 径[m]	ダクト 断面積 [m <sup>2</sup> ]	排风量 [m <sup>3</sup> /min]	搬送 速度 [m/s]	速度圧 [Pa]	直管 圧損 [Pa/m]	ダクト 長 [m]	圧損 係数	圧力損失[Pa]		静圧 [Pa]
									部分	累計	
0-1 フード1	0.24	0.0452						0.5			
1-2 バンド	0.24	0.0452	同上	同上	同上			0.55			
2-3 直線ダクト	0.24	0.0452	同上	同上	同上	5.45	4				
3-4 バンド	0.24	0.0452	同上	同上	同上			0.55			
4-5 直線ダクト	0.24	0.0452	同上	同上	同上	5.45	2				
5- 6	合流前 合流後	0.24 0.35	0.0452 0.0962	同上 同上	同上 同上			0.2			
6-7 直線ダクト	0.35	0.0962	同上	同上	同上		8				
7- 8	合流前 合流後	0.35 0.45	0.0962 0.159	同上 同上	同上 同上			0.2			
8-9 直線ダクト	0.45	0.159	同上	同上	同上		2				
9-10 バンド	0.45	0.159	同上	同上	同上			0.55			
10-11 直線ダクト	0.45	0.159	同上	同上	同上		1				
11-12 空気清浄装置	0.45	0.159	同上	同上	同上						
12-13 直線ダクト	0.45	0.159	同上	同上	同上		1				
13-14 バンド	0.45	0.159	同上	同上	同上			0.55			
14-15排風機 (ファン)											
15-16 直線ダクト	0.45	0.159	同上	同上	同上		10				
16-17 バンド	0.45	0.159	同上	同上	同上			0.55			
17-0 排出口	0.45	0.159	同上	同上	同上			1			

(4) フード2 から主ダクト系列との合流まで (図1の6番地) の枝ダクト系列の局所排気装置計算書②の空欄 (解答用紙) に計算結果を記入せよ。

また、直線ダクトの圧力損失は、計算書に直管圧損が未記入の番地については、ダクトの摩擦係数を0.02として計算せよ。

局所排気装置計算書② ( 解答は解答用紙に記入すること。)

番地 名称	ダクト 径 [m]	ダクト 断面積 [m <sup>2</sup> ]	排风量 [m <sup>3</sup> /min]	搬送 速度 [m/s]	速度圧 [Pa]	直管 圧損 [Pa/m]	ダクト 長 [m]	圧損 係数	圧力損失[Pa]		静圧 [Pa]
									部分	累計	
0 - 18 フード2	0.24	0.0452						0.5			
18- 19 直線ダクト	0.24	0.0452	同上	同上	同上		5				
19- 6 バンド	0.24	0.0452	同上	同上	同上			0.55			
6- 合流前	0.24	0.0452	同上	同上	同上			0.06			

(5) 主ダクトと枝ダクトとの合流点 (図1の6番地) でフード1 とフード2 の風量は実際にはどうなるか計算書の値を基に定性的に述べよ。

(6) フード1 とフード2 の静圧バランスをとる方法を二つ簡潔に述べよ。

(7) 静圧バランスが合うようにフード1 を基準にフード2 を調整した後、局所排気装置計算書①より求めたファン前後の静圧の値を用いて、ファン前後の静圧差を求めよ。

(8) 同じ局所排気装置でファン排風量を現在の2倍にした場合、ファン前後の静圧差は何倍となるか。その根拠も示せ。