

第53回 労働衛生コンサルタント試験 (労働衛生工学)

071021

労働衛生工学

1/11

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 職場における有害物管理に関する以下の設問に答えよ。

- (1) 労働安全衛生法令に基づき、化学物質等による危険性又は有害性等の調査（以下「リスクアセスメント」という。）をしなければならない化学物質（以下「リスクアセスメント対象物」という。）のリスクアセスメントにおけるリスクの見積りの方法のうち、ばく露の程度及び有害性の程度を考慮する方法を四つ説明せよ。
- (2) リスクアセスメント対象物のうち、濃度基準値が設定されている物質について、ばく露される程度が濃度基準値以下であることを確認するための測定を「確認測定」という。確認測定における試料採取に関して次の問に答えよ。
 - ① 確認測定の試料空気の採取は、作業に従事する労働者の身体に装着する試料採取機器等を用いて、当該労働者の呼吸域における物質の濃度を測定するが、この呼吸域とはどのような領域か述べよ。
 - ② 室温において、蒸気とエアロゾル粒子が同時に存在する物質の確認測定を行う場合の試料採取において留意すべき事項を述べよ。
- (3) 事業者が、リスクアセスメントの過程でリスクアセスメント対象物の確認測定を行い、リスクアセスメントの結果等に基づき、労働者のばく露の程度を最小限度とし、労働者のばく露の程度を濃度基準値以下とするために講じた措置に関して、関係労働者に対して事業者が行うべきことは何か述べよ。
- (4) 下記の災害が発生した作業において改めてリスクアセスメントを実施した。その結果に基づき検討すべきリスク低減措置について、検討の優先順位に従い四つ挙げ、検討する際の留意点を含めて説明せよ。

作業者はボンベスプレーを用いて、メタクリル酸メチルを5%含有する薬品を製品に塗布する作業を行っていた。塗布作業は、室内で窓を閉めて換気扇を停止させて行っていた。作業中は使い捨て式防じんマスクを装着し、薄手のポリエチレン製の使い捨て手袋及びゴーグルを装着して行っていた。作業者は、作業中に鼻、喉及び皮膚の刺激、めまいや頭痛等の症状を訴え、医療機関を受診し、後に急性中毒と診断された。

- (5) メタノールの GHS 分類における危険有害性クラス及び危険有害性区分に関する次の文中の A 及び B に入る語句並びに C に入る絵表示の組合せとして、適切なものを次の①～⑨の中から選び番号で解答せよ。

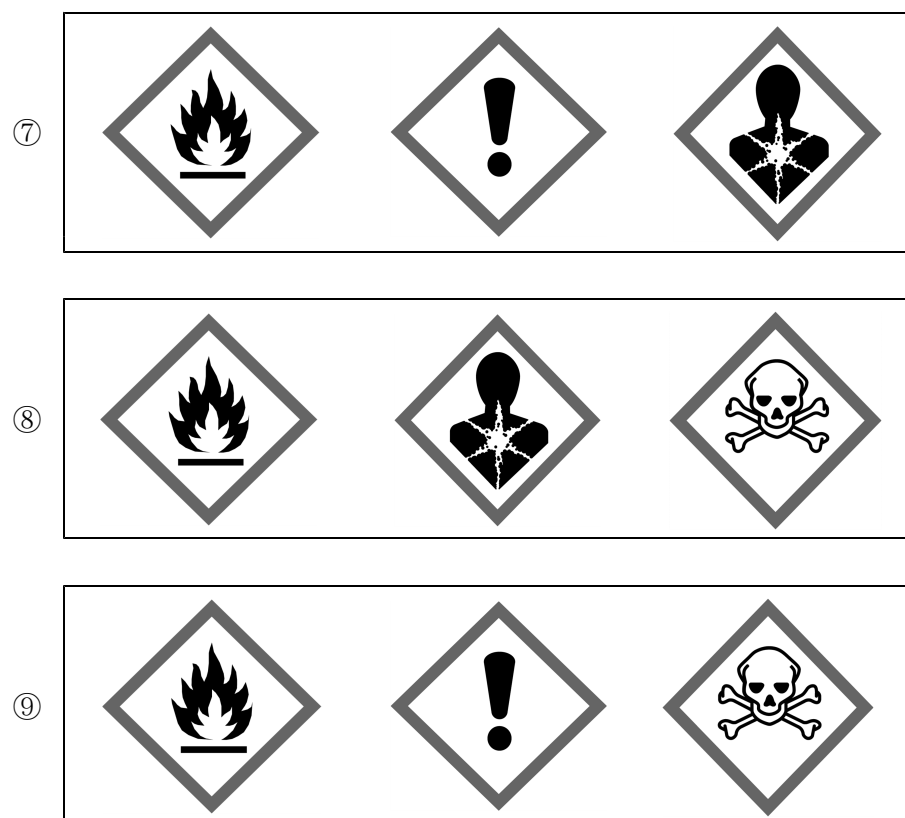
物理化学的危険性については引火性液体（区分 2）に分類されている。

健康に対する有害性については、次のとおり分類されている。

- a) 急性毒性（経口）（区分 4）に分類されている。
- b) 眼に対する重篤な損傷・眼刺激性（区分 2 A）に分類されている。
- c) 単回ばく露又は反復ばく露により A 系や視覚器に有害な影響を及ぼす性質から、特定標的臓器毒性（単回ばく露）（区分 1）及び特定標的臓器毒性（反復ばく露）（区分 1）に、また、単回ばく露により麻酔作用があり、特定標的臓器毒性（単回ばく露）（区分 3）に分類されている。
- d) ヒトにおける証拠は限られているが、B の結果から、ヒトに対して生殖毒性がある可能性があると判断され、生殖毒性（区分 1 B）に分類されている。

以上のことから、メタノールのラベルの絵表示は C となる。

- ①自律神経 ②中枢神経 ③三叉神経 ④動物実験 ⑤培養細胞実験 ⑥疫学調査



- (6) 次の作業環境測定の結果の評価（管理区分）を答えよ。なお、求めた管理区分の根拠や計算過程を示すこと。

屋内の作業場において、1名の作業員によりメタノールを用いた製品の洗浄作業が行われており、当該単位作業場所についてメタノールを対象とした作業環境測定を実施した。当該作業員に吸引ポンプを装着してサンプラーによるD測定を15分間行った。また、1日8時間の作業時間中に、分割サンプリングによるC測定を行った。作業後に回収されたD測定の捕集試料を溶媒にて脱着して分析したところ、脱着溶媒中の濃度は $640 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ であった。また、C測定の第1評価値は 210 ppm、第2評価値は 90 ppm であった。

ただし、脱着溶媒量は 1 mL、吸引流量は $0.1 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 、メタノールの管理濃度は 200 ppm、モル質量は $32.0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、脱着率は 100 %とする。また、25 °C、1 気圧下の気体 1 mol の体積は 24.47 L とする。

問 2 振動に関して、以下の設問に答えよ。

(1) 手腕振動ばく露作業における作業管理について、次の文中の空欄 **A** ～ **J** に当てはまる数式、数値等を解答欄に記入せよ。

同一の作業者が1日に3種類の振動ばく露作業（作業1、作業2及び作業3）を行う場合、使用する振動工具の周波数補正振動加速度実効値の三軸合成値を a_{hv1} [m/s²]、 a_{hv2} [m/s²]及び a_{hv3} [m/s²]、それぞれの振動ばく露時間を T_1 [時間]、 T_2 [時間]及び T_3 [時間] とすると、日振動ばく露量 **A**(8) との関係は、次式で表される。

$$\text{A} = \text{B} \times 8$$

A(8)が日振動ばく露限界値を超えないようにするためには、

$$\text{A} \leq \text{C} \times 8$$

を満たす必要がある。このときの振動ばく露許容時間の限界値 T_L は、次式で表される。

$$T_L = \text{D}$$

さらに望ましいのは、

$$\text{A} \leq \text{E} \times 8$$

を満たすように作業1、作業2及び作業3で使用する振動工具の周波数補正振動加速度実効値の三軸合成値並びにそれぞれの作業における振動ばく露時間を調整することである。このときの **A**(8)の値は **F** と呼ばれており、その値は **G** である。また、このときのばく露許容時間 T は、次式で表される。

$$T = \text{H}$$

作業1の振動ばく露時間を2倍、作業3の振動ばく露時間を半分に変更しても1日の総振動ばく露時間が同じ場合、**I** の関係式が成り立つ。また、作業1で使用する振動工具の周波数補正振動加速度実効値の三軸合成値を2倍、作業2で使用する振動工具の周波数補正振動加速度実効値の三軸合成値を半分に変更しても **A**(8)の値が同じ場合、式 **J** が成り立つ。

(2) 下の表は、ある建設作業現場で働く作業者の1週間の作業計画である。1週間のうち3日間（月・水・金曜日）は、搬入された鉄骨をクレーンを用いて組み立てる際のインパクトレンチを使用したボルト締め作業である。火・木・土曜日は鉄骨の搬入・仮置き作業のみのため、手腕振動ばく露作業はない。作業に使用するインパクトレンチ **A** 及びインパクトレンチ **B** の周波数補正振動加速度実効値の三軸合成値は、それぞれ 12.0 m/s² 及び 10.5 m/s² である。次の①～④の間に答えよ。なお、いずれも計算過程を示すとともに、答が数値の場合、小数点以下第2位を四捨五入して解答すること。

表 建設作業現場における1週間の作業計画

曜日	作業内容	振動工具の使用
月	大型鉄骨のボルト締め	インパクトレンチA
火	鉄骨の搬入・仮置き	なし
水	大型鉄骨のボルト締め	インパクトレンチA
木	鉄骨の搬入・仮置き	なし
金	中型鉄骨のボルト締め	インパクトレンチB
土	鉄骨の搬入・仮置き	なし
日	休み	—

- ① 月曜日の作業終了時点でインパクトレンチAを使用した鉄骨のボルト締め作業における振動ばく露時間は1.3時間であった。火・木曜日の鉄骨搬入量が増加するため、水・金曜日の鉄骨のボルト締めの作業時間は増加することが予想された。作業日ごとの振動ばく露時間を振動ばく露限界時間の範囲に収めようとした場合、水・金曜日の鉄骨のボルト締めによる振動ばく露時間を x [時間]及び y [時間]とするとき、 x 及び y の満たすべき条件を求めよ。
- ② ①のとき、想定される振動ばく露時間を勘案して1日当たりのばく露限界時間の範囲に収めることが難しいと判断した場合、1週間当たり（40時間）の日振動ばく露量 $A_w(8)$ が日振動ばく露限界値を超えないようにするための x 及び y の満たすべき条件を求めよ。
- ③ 月曜日に予定していたボルト締め作業の進捗が思わしくなかったため、水曜のボルト締め作業が当初の予定より増加して、最終的には水曜日の振動ばく露時間が2.5時間に達した。水曜日の日振動ばく露量 $A(8)$ を求めるとともに、1週間当たり（40時間）の日振動ばく露量 $A_w(8)$ が日振動ばく露限界値を超えないようにするための y の満たすべき条件を求めよ。
- ④ 金曜日に予定していたボルト締め作業における振動ばく露時間は、実際には3.5時間であった。次週以降の振動ばく露作業管理では、インパクトレンチA及びインパクトレンチBそれぞれを低振動工具に置き換えることで1週間当たりの日振動ばく露量 $A_w(8)$ を日振動ばく露対策値を超えないように対策したい。インパクトレンチA及びインパクトレンチBの代替工具の周波数補正振動加速度実効値の三軸合成値 $a[m/s^2]$ 及び $b[m/s^2]$ が満たすべき条件を求めよ。

問 3 粉じん取扱い作業場所に設置しようとする局所排気装置及び既に設置されている密閉式プッシュプル型換気装置について、以下の設問に答えよ。ただし、ダクトは円形ダクト、空気密度は 1.20 kg/m^3 とし、計算は、有効数字4桁で行い、解答は有効数字4桁目を四捨五入して有効数字3桁で答えよ。

(1) 粉じん取扱い作業場所に設置しようとする局所排気装置のフード1及び系統線図を図1に示した。次の①～②の間に答えよ。

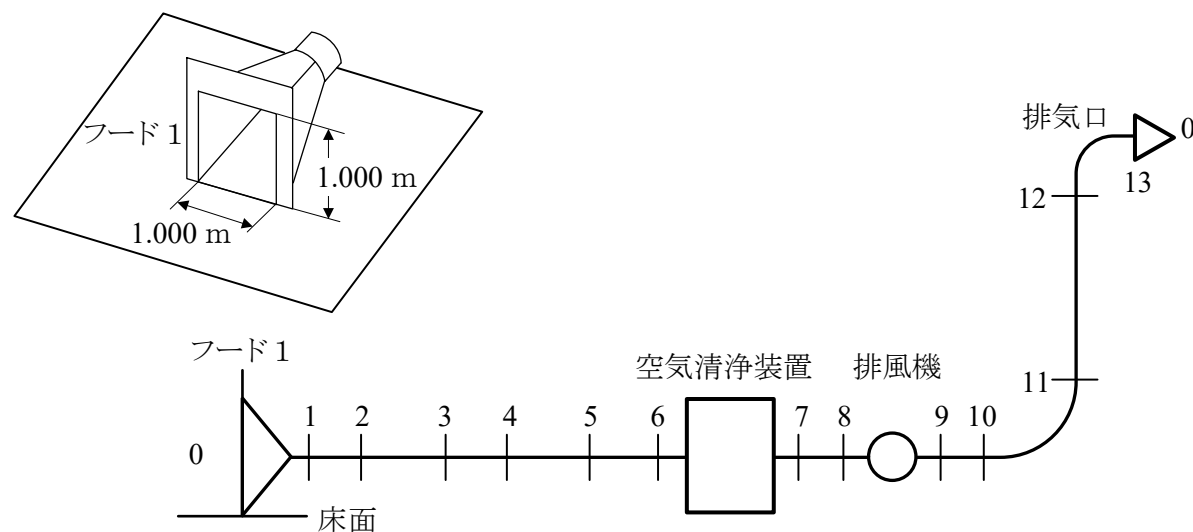


図1 局所排気装置のフード1及び系統線図

- ① 表1の局所排気装置計算書に記載した数値及び次のi)～vi)の条件を基に計算を行い、解答用紙の局所排気装置計算書の空欄にその計算結果を記入せよ。
- i) フード1は床面に設置されたフランジ付きの側方吸引型外付け式フードで、制御風速を 1.00 m/s 、フード開口面から捕捉点までの距離を 1.200 m とする。なお、自由空間に設置されたフランジなしの側方吸引型外付け式フードの等速度面の面積 (A_c) の計算式は、 $A_c = 10 \times X^2 + A_0$ とし、 X はフード開口面から捕捉点までの距離、 A_0 はフードの開口面積とする。
 - ii) 直線ダクトの圧損係数の計算式は、 $0.02 \times (\text{ダクトの長さ (L)} / \text{ダクトの直径 (D)})$ とする。
 - iii) 拡大ダクト又は縮小ダクトの圧力損失は拡大前後又は縮小前後の速度圧の差に比例するものとする。また、拡大ダクト又は縮小ダクトの静圧の記入欄には、拡大後又は縮小後の静圧を記入すること。
 - iv) 空気清浄装置の静圧の記入欄には、空気清浄装置出口の直線ダクト入口の静圧を記入すること。
なお、空気清浄装置の圧力損失は速度圧に比例するものとし、定格排風量が $300.0 \text{ m}^3/\text{min}$ のときの圧力損失を 2000 Pa とする。
 - v) 90° ベンド及び 110° ベンドの圧損係数は、ベンドの曲率半径 (r) を 0.625 m として、表2の 90° ベンドの圧損係数を基に決定すること。なお、 D はダクト直径である。
 - vi) 13-0番地の排気口はルーバ型排気口で形状 a/A は開口比を表す。なお、 A は排気口の開口面積、 a はルーバ開口面積で、圧損係数はルーバを通過する気流速度を基に定められているものとし、表1の13-0番地の搬送速度の記入欄にはこの気流速度の値を記入すること。

表 1 局所排気装置計算書

(解答は解答用紙に記入すること。)

番地 名称	ダクト直径 [m]	ダクト 断面積[m ²]	排风量 [m ³ /min]	搬送速度 [m/s]	速度圧 [Pa]	形状	圧損係数	圧力損失[Pa]		静圧 [Pa]
								部分	累計	
0-1 フード1	0.500	0.1962				図 1	0.50			
1-2 直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	L=5.00 m				
2-3 拡大ダクト	拡大前	同上	同上	同上	同上	—	0.20			
	拡大後	0.650	0.3316	同上						
3-4 直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	L=5.00 m				
4-5 縮小ダクト	縮小前	同上	同上	同上	同上	—	0.080			
	縮小後	0.500	0.1962	同上						
5-6 直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	L=5.00 m				
6-7 空気清浄装置	—	—	同上	—	—	—	—			
7-8 直線ダクト	5-6番地 と同じ値	5-6番地 と同じ値	同上	5-6番地 と同じ値	5-6番地 と同じ値	L=2.00 m				
8-9 排風機	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9-10 直線ダクト	7-8番地 と同じ値	7-8番地 と同じ値	7-8番地 と同じ値	7-8番地 と同じ値	7-8番地 と同じ値	L=2.00 m				
10-11 90°ベンド	同上	同上	同上	同上	同上	—				
11-12 直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	L=7.00 m				
12-13 110°ベンド	同上	同上	同上	同上	同上	—				
13-0 排気口	同上	同上	同上			a/A=0.70	1.50			

表 2 90°ベンドの圧損係数

曲率 (r/D)	圧損係数
0.5	1.2
0.75	1.0
1.00	0.8
1.25	0.55
1.50	0.39
1.75	0.32
2.00	0.27

- ② 局所排気装置の除じん装置（空気清浄装置）には、主として、(A)遠心力除じん装置（サイクロン）、(B)慣性除じん装置、(C)バグフィルターを使つたろ過除じん装置が使用されるが、捕集される粉じんの粒径の小さい順（部分捕集率が 80 %以上となる粒径で比較）に英文字記号で答えよ。なお、部分捕集率とは、ある粒径の粉じんが何パーセント捕集されるかを表す値をいう。

(2) 粉じん取扱い作業場所に既に設置されている密閉式プッシュプル型換気装置のフード2及び系統線図を図2に示した。次の①～②の間に答えよ。なお、フード2は、吸引フード、送風機の付いた吹出フード及びブースから構成される密閉式プッシュプル型換気装置である。なお、吸引フードと吹出フードの排風量は等しいものとする。

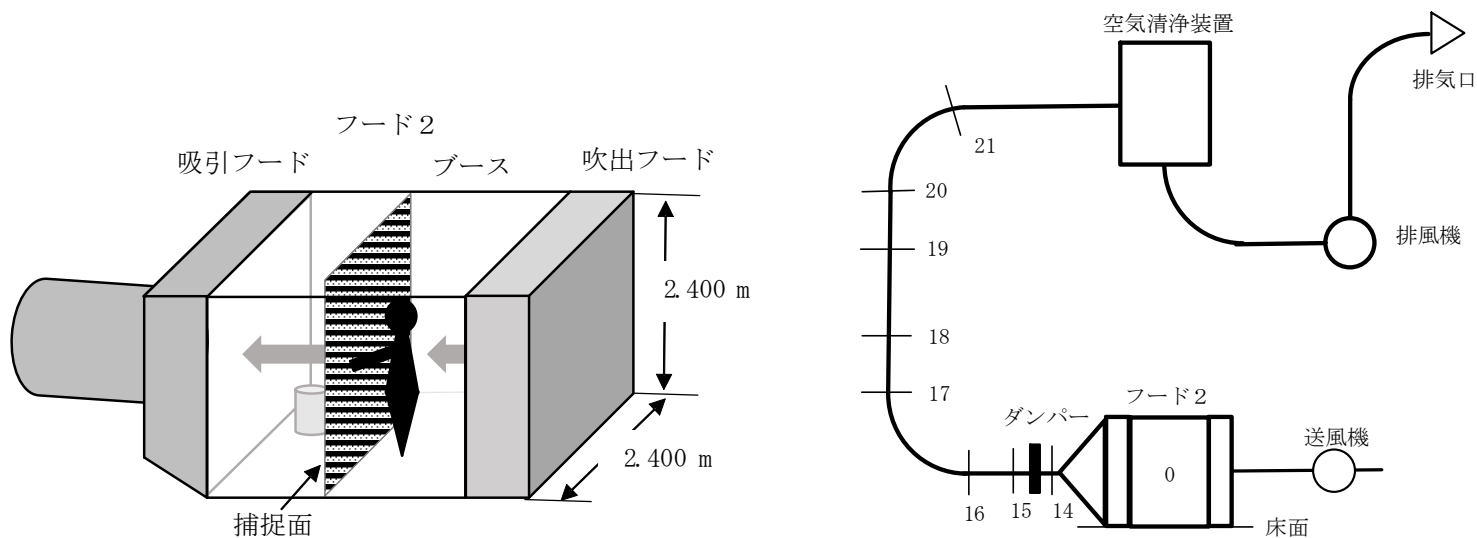


図2 密閉式プッシュプル型換気装置のフード2及び系統線図

① フード2の密閉式プッシュプル型換気装置のブース内の捕捉面を16等分した各面の中心の風速測定を行った結果、図3の結果が得られた。密閉式プッシュプル型換気装置の風速に関する要件を満たしているかの有無について判定せよ。なお、判定には風速の測定結果を用いて行うこと。

0.18	0.24	0.21	0.14
0.21	0.29	0.31	0.23
0.22	0.32	0.33	0.21
0.16	0.23	0.24	0.16

図3 捕捉面の風速測定結果（単位：m/s）

② 水柱マンノメーターを用いて行ったダクト内の圧力測定結果（水面の高さの差の絶対値）を図4に示した。この結果及び図3の風速測定結果並びに表3の密閉式プッシュプル型換気装置計算書に記載した数値を基に計算を行い、解答用紙の密閉式プッシュプル型換気装置計算書の空欄に計算結果を記入せよ。なお、水柱マンノメーターの水面の高さの差の絶対値1.0mmは9.8Paとする。

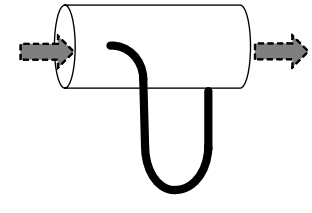
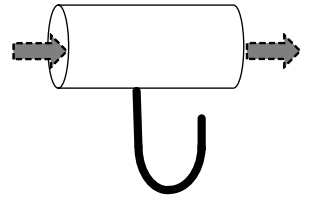
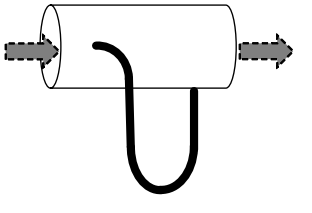
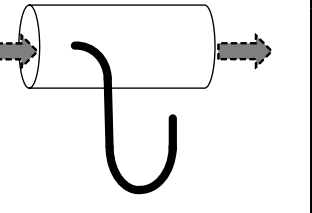
 図2の18番地での圧力 測定結果：21.5 mm	 図2の18番地での圧力 測定結果：49.8 mm	 図2の19番地での圧力 測定結果：16.6 mm	 図2の21番地での圧力 測定結果：37.7 mm
--	--	--	--

図4 水柱マンノメーター（太い線）の測定位置と圧力測定結果（水面の高さの差の絶対値）

表3 密閉式プッシュプル型換気装置計算書

(解答は解答用紙に記入すること。)

番地 名称		ダクト 直径[m]	ダクト 断面積[m ²]	排風量 [m ³ /min]	搬送速度 [m/s]	速度圧 [Pa]	形状	圧損 係数	圧力損失[Pa]		静圧[Pa]
									部分	累計	
0 - 14 フード2							図2	—	—	—	—
14 - 15 ダンパー		同上	同上	同上	同上	同上	—	—	—	—	—
15 - 16 直線ダクト		同上	同上	同上	同上	同上	—	—	—	—	—
16 - 17 90°ベンド		同上	同上	同上	同上	同上	—	—	—	—	—
17 - 18 直線ダクト		同上	同上	同上	同上		—	—	—		
18 - 19 拡大ダクト	拡大前	同上	同上	同上	同上	同上	—	0.58			
	拡大後			同上							
19 - 20 直線ダクト		同上	同上	同上	同上	同上	—	—	—	—	—
20 - 21 45°ベンド		同上	同上	同上	同上	同上	—	—	—		

(3) 図5のように、フード2の系列の21番地以降に合流ダクトを設置して、フード1の系列の2-3番地に接続しようと計画した。フード2の排風量やダクトの形状等是不変で、合流部で静圧のバランスをとる方法として、フード2の系列のダンパーにより行う場合について、次の①～③の間に答えよ。なお、計算過程も示すこと。

- ① フード2の系列に追加して設置した合流ダクト(21-3番地)のみの圧力損失(部分)を求めよ。なお、合流ダクト(21-3番地)の圧損係数は0.28とする。
- ② フード2の系列について、フード2から45°ベンド(20-21番地)までの圧力損失(累計)に①で求めた合流ダクト(21-3番地)の圧力損失(部分)を加えた、フード2から合流部までの圧力損失(累計)及び合流部の静圧を求めよ。
- ③ フード2の系列のダンパーの調整によって合流部の静圧を、表1の局所排気装置計算書の2-3番地の静圧と同じにしようとするとき、必要とされるダンパー(14-15番地)の圧力損失(部分)を求めよ。なお、圧力損失(部分)はダンパー開放時のダンパー自身の圧力損失を含んだものとする。

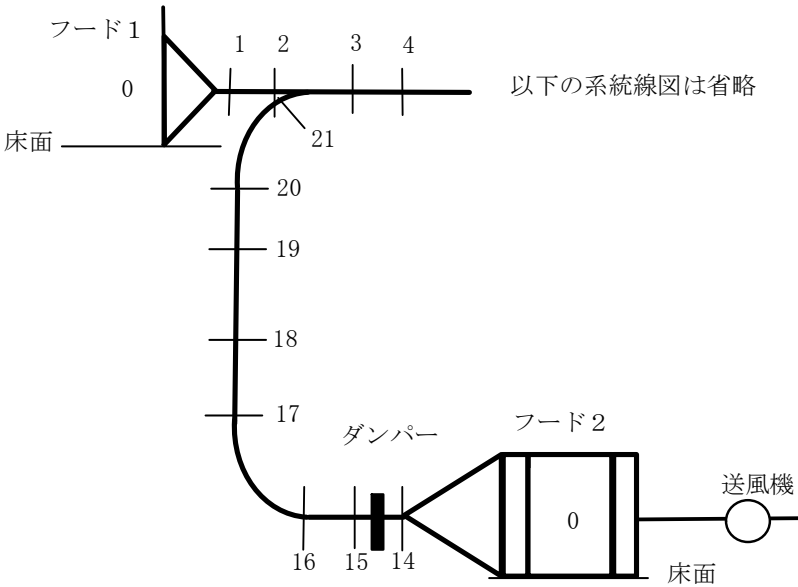


図5 フード1の系列にフード2の系列を接続した後の系統線図

問 4 局所排気装置について以下の設問に答えよ。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。解答欄に計算過程の欄がある場合は計算過程を示すこと。なお、前段の小問で解答した数値を後段の小問で用いるときは、4桁目を四捨五入する前の数値を用いること。

(1) 有機溶剤を使用する作業場所に設置された、図1で構成される局所排気装置（ダクトは全て円形とする。）について次の①～⑦の間に答えよ。なお、空気密度は 1.20 kg/m^3 、 $1 \text{ mmH}_2\text{O}$ は 9.80 Pa とする。

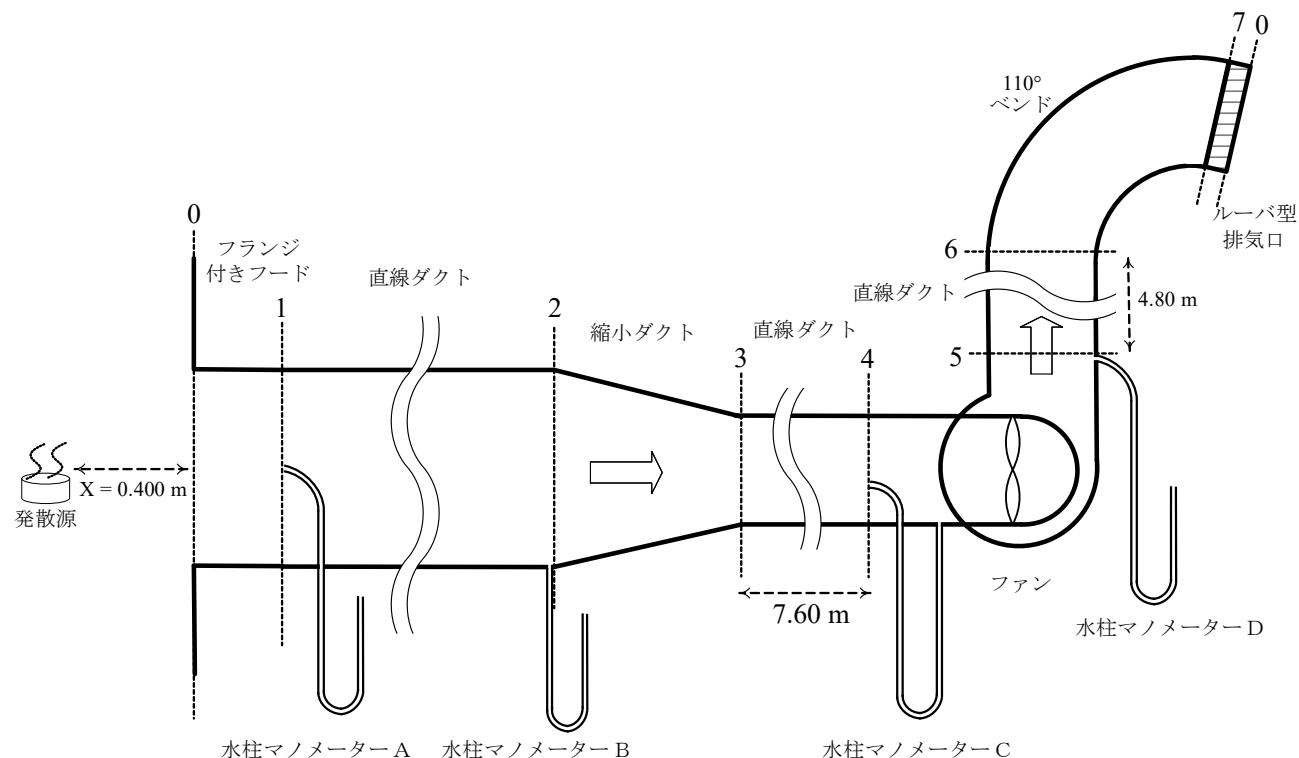


図1 系統線図

① 図2の外付け式フードの必要排風量 Q_1 [m^3/min] を計算せよ。フードは自由空間に設けたフランジ付きの丸形とし、適切な計算式を次の(ア)～(エ)の中から選択して計算すること。フードの開口部の直径を $d = 0.714 \text{ m}$ 、開口面から発散源までの距離を $X = 0.400 \text{ m}$ 、制御風速を $V_c = 0.500 \text{ m/s}$ とする。

- (ア) $Q_1 = 60 \times V_c \times (10 \times X^2 + A)$
 (イ) $Q_1 = 60 \times 0.75 \times V_c \times (10 \times X^2 + A)$
 (ウ) $Q_1 = 60 \times V_c \times (5 \times X^2 + A)$
 (エ) $Q_1 = 60 \times 0.75 \times V_c \times (5 \times X^2 + A)$
 ただし、 A は開口面の面積とする。

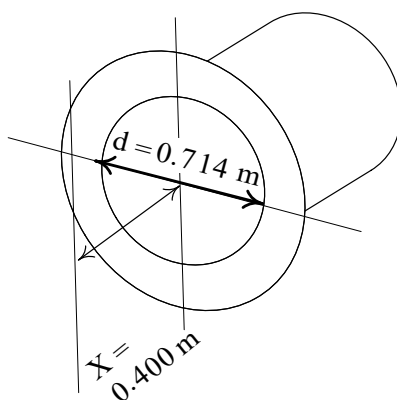


図2 フランジ付きフード

- ② 局所排気装置の直線ダクト(縮小前)の両端の位置で水柱マンノメーター A(1 番地)と水柱マンノメーター B(2 番地)で圧力を測定したところ、その読み値の絶対値がそれぞれ 2.62 mm、11.4 mm であった。フランジ付きフード(0-1 番地)の圧力損失係数 ζ_1 及び直線ダクト(縮小前)(1-2 番地)の圧力損失係数 ζ_2 を求めよ。ダクト直径(縮小前)を $D_1 = 0.320$ m とする。
- ③ 水柱マンノメーター C(4 番地)の圧力を測定したところ、その読み値の絶対値が 21.6 mm であった。フランジ付きフード入口(0 番地)から縮小ダクト後(3 番地)までの圧力損失 P_{L0-3} [Pa]を求めよ。縮小ダクト(2-3 番地)の圧力損失係数を $\zeta_3 = 0.100$ とし、縮小ダクトの圧力損失は、縮小ダクト前後の速度圧の差に比例するものとする。
- ④ ルーバ型排気口が、曲がり角度 $\theta = 110^\circ$ のベンドと開口比 0.9、圧力損失係数 $\zeta_7 = 1.25$ のルーバで構成されているとき、ファン出口(5 番地)から排気口(0 番地)までの圧力損失 P_{L5-0} [Pa]を求めよ。ファン出口からベンドまで(5-6 番地)の直線ダクトの長さを $L_3 = 4.80$ m、縮小ダクト後からファン入口(3-4 番地)及びファン出口からベンドまで(5-6 番地)のダクト直径を共に $D_2 = 0.190$ m とする。なお、曲がり角度 90° のベンドの圧力損失係数を 0.39 とし、ルーバ型排気口の圧力損失係数 ζ_7 は、ルーバ間の気流速度を基に定められたものとする。
- ⑤ ファンの出口における水柱マンノメーター D の読み値[mm]及びファン前後の静圧差 P_{si} [Pa] (ファンの出口の静圧(P_{s5})－ファン入口の静圧(P_{s4}))を求めよ。マンノメーター D の読み値は絶対値ではなくプラス値又はマイナス値を明記すること。なお、縮小ダクト後(3 番地)からファン入口に設置された水柱マンノメーター C(4 番地)までの長さは $L_2 = 7.60$ m とする。
- ⑥ 図 3 はあるファンの性能曲線図である。⑤で求めたファン前後の静圧差 P_{si} [Pa]と排風量 Q_2 [m³/min]から性能曲線図にダクト系の静圧曲線を記入し、このファンの回転数が 800 rpm における動作点を◎、700 rpm における動作点を●で記入せよ。なお、ファン前後の静圧差 P_{si} をファンにかかる静圧とする。

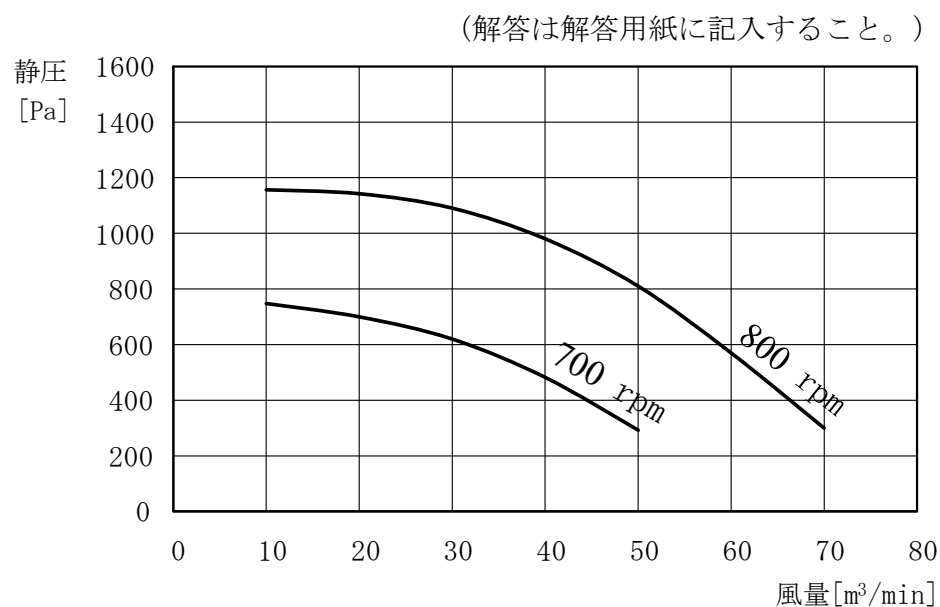


図 3 ファンの性能曲線図

- ⑦ 風量を変えずに Q_2 [m³/min]の値で動作させるために、風量調整ダンパーを新たに設置することとした。このダンパーの操作によって風量を Q_2 [m³/min]の値に固定する場合、このファンの回転数を 800 rpm と 700 rpm のどちらに設定することが適切であるか答えよ。また、その理由を⑥の解答を利用して示せ。なお、ここでは風量調整ダンパー自体の圧力損失は考慮しないものとする。

(2) 図4は、ある遠心式ファンの回転数 500 rpm における性能曲線図である。このファンの特性について次の間に答えよ。

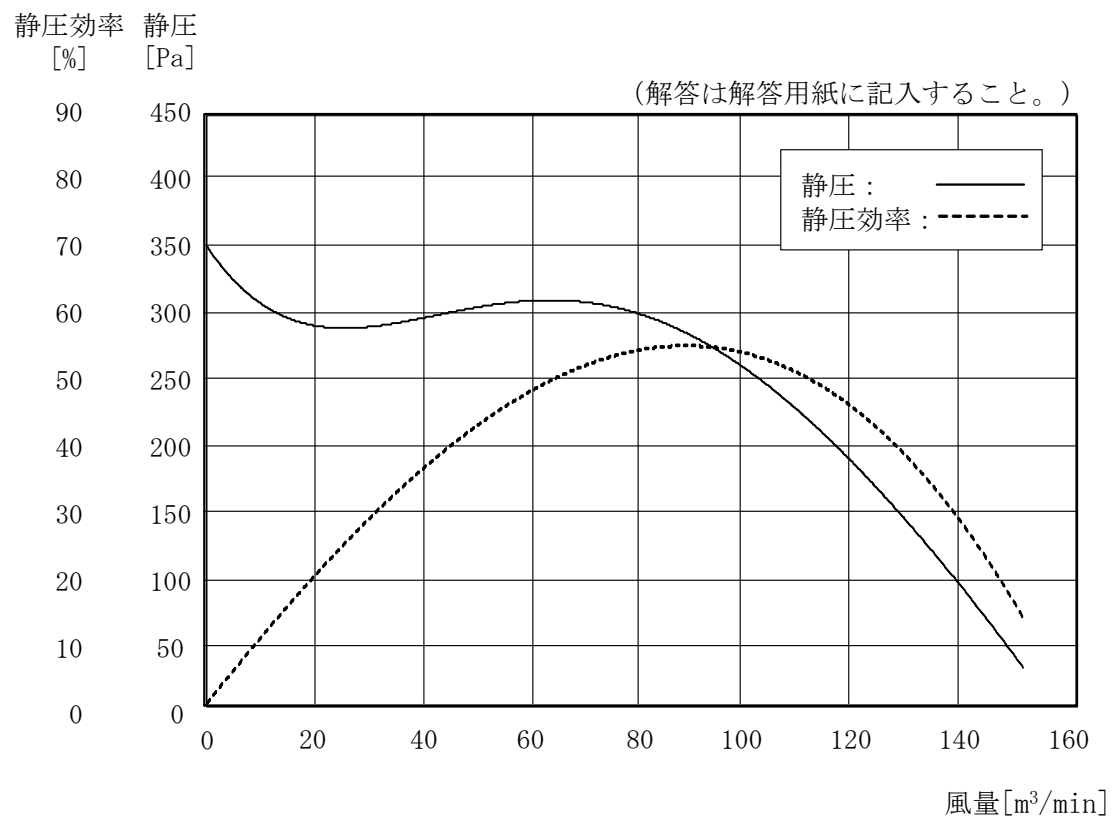


図4 遠心式ファンの性能曲線図

- ① 遠心式ファンの性能曲線図における静圧のサージング領域を実線で囲って示し、サージング現象について説明せよ。図示は解答用紙の図4に記入すること。
- ② サージング現象と静圧効率を考慮して、運転に適した領域を静圧曲線上に点線で囲って示せ。図示は解答用紙の図4に記入すること。また、その領域が運転に適する理由を述べよ。