

# 第48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 / 10

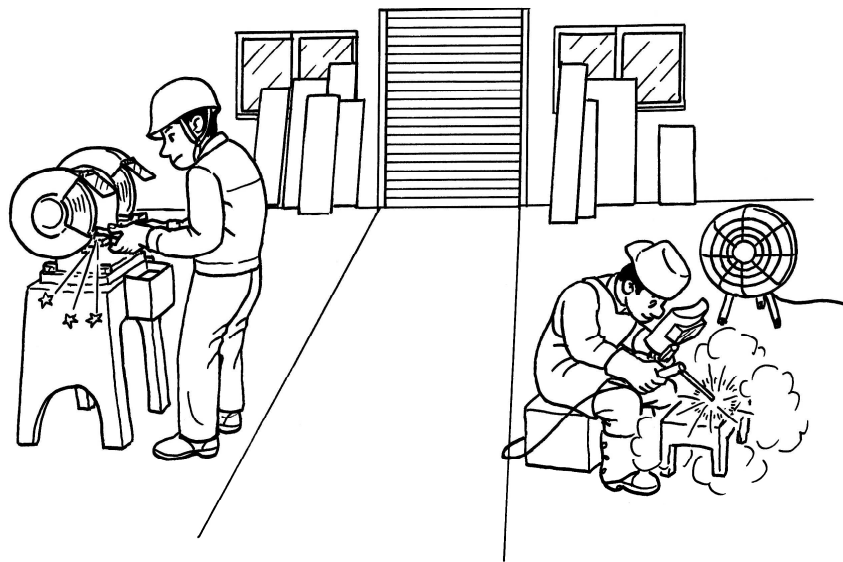
注：試験問題は全部で4問です。問1又は問2から1問、問3又は問4から1問、合計2問を選択して解答用紙に解答を記入してください。なお、各問の解答は、それぞれ専用の解答用紙を使用してください。

問 1 職場における労働衛生対策に関する次の設問に答えよ。

(1) 下記の図で表される二つの現場における労働衛生上の課題として、改善すべき点をそれぞれ三つ挙げよ。

① 金属加工作業場

(グラインダー作業と溶接作業)



② 原料加工作業場

(反応釜へ特定化学物質の粉体を投入している作業)



- (2) 空気中の化学物質についての分類や性状、用途などに関する以下の文章中の空欄 **A** ~ **S** に当てはまる語句を解答欄に記入せよ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語句が入る。

気体状物質のうち、ガスは常温、常圧での状態が **A** の物質であり、**B** は常温、常圧での状態が **C** または **D** の物質が、蒸気圧に応じて揮発または **E** して **A** となっているものである。業務上疾病の要因となる物質の例として、ガスでは **F**、**G**、**H** などを、また、**B** では **I**、**J**、**K** などを挙げることができる。**F** はコークス炉で発生する副生ガスとして製鉄用に利用され、**G** は黄緑色で刺激性があり漂白剤や消毒剤などに使用される。また、**H** は石油精製業や下水処理場などで発生し腐卵臭を有する。**I** は常温で **C** の唯一の金属として知られ、**J** はポリウレタン樹脂の製造、合成ゴム、塗料、接着剤の原料として使用される。**K** は接着剤や塗料の溶剤、ガソリンのアンチノック剤などに使用され、代謝物である尿中 **L** は生物学的モニタリングの指標として利用される。

粒子状物質のうち、**M** は **C** の微細な粒子が空気中に浮遊しているものであり、例えば **N** の **M** は、めっき作業場においてめっき槽などから発生して鼻潰瘍、**O** 穿孔、皮膚障害などを引き起こすことが知られている。**P** は金属 **B** などが空気中で **Q** や化学変化を起こし **D** の微粒子となって空気中に浮遊しているものである。主に亜鉛や銅が空気中で酸化された **P** を吸引して数時間後に悪寒と発熱、関節痛などが見られる **R** が知られるが、ポリマーの熱分解産物の **P** の吸引によっても同様の症状が見られ、これは **S** と呼ばれている。

- (3) 作業環境測定におけるデザインに関する以下の文章中の空欄 **A** ~ **F** に当てはまる語句を解答欄に記入せよ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語句が入る。

作業環境測定を行うには、測定対象作業場の作業環境の実態を明らかにするために、測定対象物質や **A**、測定日、測定時間帯、測定実施方法などを決定する。作業中の労働者全員の **B**、有害物質の **C**、局所排気装置の **D** などを確認するなどにより、母集団である環境を作業環境管理の対象となる区域に **E** を行い、作業環境測定のために必要な区域である **A** を決定する。

また測定日は有害物質濃度の **F** を考慮して、連続する2作業日に設定することが望ましいとされている。

- (4) 有機溶剤蒸気の発生や換気に関する以下の文章中の空欄 **A** ~ **G** に当てはまる語句や数値を解答欄に記入せよ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語句等が入る。

なお、数値は全て有効数字4桁で記すこと。

① 塗装作業場において、シンナー（トルエン70%、酢酸エチル15%、酢酸ブチル10%、1-ブタノール4%、エチレングリコールモノエチルエーテル1%）から発生する蒸気は、まず低 **A** 成分の **B**、**C** が主となり、さらに蒸発が進むと **B** がなくなり **C** 蒸気のみになり、その後、そのほかの高 **A** 成分が出てくる。

② ある屋内作業場において、キシレン70%を含む塗料を8時間当たり30kgの割合で消費している。このとき全体換気によってキシレン蒸気としての空気中平均濃度を50ppm以下にする最小換気量を求めたい。まずキシレンの分子量（モル質量）は106g/molであり、25℃、1気圧の気体1molの体積は **D** Lであるから、この作業場で使用されている塗料からキシレンは8時間で **E** cm<sup>3</sup> 発生している。

また全体換気は **F** 換気とも呼ばれ、一般に発生源から発生した有害物を **F** して屋外へ排出する。有害物であるキシレンが発生直後に作業場内の空気中へ均一に分散したと仮定すると、8時間で屋内へ導入された空気全体にキシレン **E** cm<sup>3</sup> が分散したと考えて、最小換気量は **G** m<sup>3</sup>/min と計算できる。

(5) 作業環境測定義務がなく管理濃度が決められていない化学物質 A 及び B に関し、下記の問いに答えよ。

① 物質 A について実験動物を用いて行ったばく露試験により、無毒性量 (No Observed Adverse Effect Level : NOAEL) が 500 mg/kg/day と得られている。作業者の体重を 60 kg、8 時間当たりの呼吸量を  $10 \text{ m}^3$ 、1 日の作業時間を 8 時間とし、不確実係数を 300 と仮定して、この物質を取り扱う労働現場におけるばく露限界値 [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] を求めよ。

ただし、計算過程も記すこと。

② 物質 B を取り扱う労働現場において、A 測定の方法を用いて気中濃度を測定したところ、幾何平均  $M$  [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] の対数值 ( $\log M$ ) が 0.7160、幾何標準偏差  $\sigma$  の対数值 ( $\log \sigma$ ) が 0.3364 であった。この物質のばく露限界値を管理濃度の代わりに用いるとしたとき、この作業場の管理区分を求めよ。

ただし、物質 B のばく露限界値は  $9.5 \text{ mg}/\text{m}^3$  とし、第一評価値、第二評価値の算出に当たっては、計算過程を記すこと。

なお、以下に示す式や値から適切なものを選んで使用することができる。

$$\log M + 1.151 (\log \sigma + 0.084)$$

$$\log M + 1.151 \{ (\log \sigma)^2 + 0.084 \}$$

$$\log M + 1.151 \sqrt{\log \sigma + 0.084}$$

$$\log M + 1.151 \sqrt{(\log \sigma)^2 + 0.084}$$

$$\log M + 1.645 (\log \sigma + 0.084)$$

$$\log M + 1.645 \{ (\log \sigma)^2 + 0.084 \}$$

$$\log M + 1.645 \sqrt{\log \sigma + 0.084}$$

$$\log M + 1.645 \sqrt{(\log \sigma)^2 + 0.084}$$

$$10^{0.7} = 5.01, 10^{0.8} = 6.31, 10^{0.9} = 7.94$$

問 2 振動ばく露作業における作業管理に関して、以下の設問に答えよ。

(1) 次の文章及び表 1 中の空欄 **A** ~ **R** 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。

ただし、同じ記号の空欄には同じ語句等が入る。

なお、必要に応じて、表 1 の数値を使用せよ。

手持ち振動工具を用いて作業をする際に発生する振動を振動計で測定する場合、通常  $W_h$  とよばれる **A** 係数を使用するが、この **A** 係数を考慮した振動加速度を **A** 振動加速度とよぶ。**A** 係数の値は振動の **B** に依存する。**A** 振動加速度は、時間変動する物理量であるため、**C** とよばれる量で評価する。すなわち、時刻  $t$  [秒] における **A** 振動加速度を  $a_w(t)$  とおくと、時刻  $t_0$  [秒] から  $t_0 + T$  [秒] までの  $T$  秒間の  $a_w(t)$  の **C** は、式 **D** で表される。例えば、 $a_w(t)$  が最大値  $A_0$  で周期  $T$  [秒] の正弦波振動の場合、**C** は、式 **E** で表される。

今、**A** 係数を考慮する前の 2 つの振動加速度  $a_1(t)$  及び  $a_2(t)$  を考える (単位は  $m/s^2$  である)。それぞれの振動加速度が、

$$a_1(t) = 20 \cdot \sin 198 t \qquad a_2(t) = 20 \cdot \sin 1256 t$$

で表されるとき、 $a_1(t)$  及び  $a_2(t)$  の **C** はともに **F** となり等しい。しかし、両者の **B** はそれぞれ **G** 及び **H** なので、これらの振動加速度に **A** 係数を考慮した **A** 振動加速度  $a_{1w}(t)$  及び  $a_{2w}(t)$  の **C** はそれぞれ **I** 及び **J** (いずれも有効数字 3 桁) となる。したがって、振動が人体に与える影響は、振動加速度  $a_1(t)$  と  $a_2(t)$  を比べると **K** の方が **L** 倍 (有効数字 2 桁) 大きいことがわかる。

実際の振動は 3 方向 (x 軸、y 軸、z 軸) の成分を持つことから、これらの方向ごとに振動の **A** 振動加速度の **C** を  $a_{hx}$ 、 $a_{hy}$ 、 $a_{hz}$  で表すと、**M** (以下、 $a_{hv}$  と表記) は式 **N** で表される。

表 1 **A** 係数の値

<b>B</b>	<b>A</b> 係数	<b>B</b>	<b>A</b> 係数	<b>B</b>	<b>A</b> 係数
12.5	0.958	40	0.411	125	0.127
16	0.896	50	0.324	160	0.101
20	0.782	63	0.256	200	0.0799
25	0.647	80	0.202	250	0.0634
31.5	0.519	100	0.160	315	0.0503

チェーンソーを選ぶ場合には、異なる動力源に対する  $a_{hv}$  の表示値を単純比較することはできない点に注意を要する。例えば、排気量が 80 cc 未満のエンジン式チェーンソーの場合、国際規格 ISO 22867 に定める試験方法にしたがって 3 種類の運転状態 **O**、**P**、**Q** におけるそれぞれの  $a_{hv}$  を測定し、それらの **R** の平方根が当該振動工具の振動表示値となる。一方、電動式チェーンソーの場合には、**O** 及び **P** の運転状態を考慮する必要がないため、電動式チェーンソーの振動表示値は **Q** における  $a_{hv}$  となる。

(2) ある作業者が一日の作業で A、B 及び C の 3 種類の振動ばく露作業を行う場合を考える。3 種類の振動ばく露作業それぞれで使用する振動工具の  $a_{hv}$  (設問 (1) における波線部の  $a_{hv}$  と同じ) 及び作業時間は表 2 の通りとする。

- ① 日振動ばく露量  $A(8)$  を  $5.0 \text{ m/s}^2$  以下とするために作業 C で使用する振動工具の最大使用可能時間 [分] を、計算過程を示し、求めよ (有効数字 2 桁)。

表 2 一日の振動ばく露作業

作業	$a_{hv} (\text{m/s}^2)$	作業時間(分)
A	9.0	120
B	6.0	30
C	5.0	

- ② 実際の作業では、一日当たりの作業 C の作業時間は 90 分かかると判明した (表 3 のとおり)。このときの日振動ばく露量  $A(8)$  及び振動ばく露限界時間  $T_L$  を、計算過程を示し、求めよ (いずれも有効数字 2 桁)。

表 3 一日の振動ばく露作業 (作業 C の作業時間が判明したとき)

作業	$a_{hv} (\text{m/s}^2)$	作業時間(分)
A	9.0	120
B	6.0	30
C	5.0	90

- ③ 上記②に従い作業 C の作業時間を 90 分として、一日当たり A、B 及び C の 3 種類の振動ばく露作業を行うとする。

一週間の就業日数が 5 就業日で、一日の就業時間が 8 時間である場合 (週 40 時間) に、一週間当たりの日振動ばく露量  $A_w(8)$  が  $5.0 \text{ m/s}^2$  を超えないようにするためには、振動ばく露作業を実施することができる日数を、一週間で最大何日間としたらよいか、計算過程を示し、答えよ。

ただし、振動ばく露作業を実施する日は、A、B 及び C の 3 種類の振動ばく露作業を行い、各作業における一日当たりの作業時間は変更できないものとする。

問 3 図に示す正方形のキャノピー型フードについて、以下の設問に答えよ。

ただし、空気密度は  $1.20 \text{ kg/m}^3$ 、水の密度は  $1000 \text{ kg/m}^3$  とする。計算は有効数字3桁で行い、解答も3桁で答えよ。

なお、諸元は次のとおりである。

フードと汚染源の間隔	H	=	0.35 m
汚染源の一辺の長さ	E	=	1.00 m
フードの一辺の長さ	W	=	1.20 m
フードの仮想高さ	Z	=	$2 \times E$ [m]

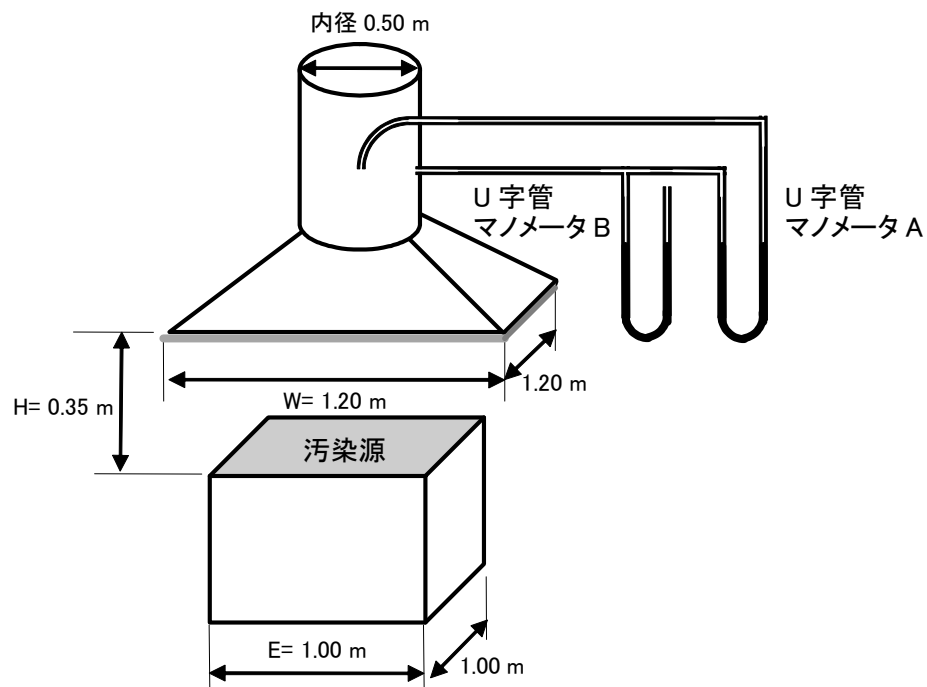


図 キャノピー型フードとダクト

(1) 図に示すキャノピー型フードにおいて汚染源に熱源がある場合に、正方形の汚染源からの上昇気流と周囲の空気との温度差  $\Delta t$  が  $120^\circ\text{C}$  であるときについて次の問に答えよ。

① 汚染源から発散する汚染気流の量  $Q_1$  [ $\text{m}^3/\text{min}$ ] を次の式を用いて計算せよ。

ただし、 $A$  は汚染源の面積 [ $\text{m}^2$ ] とする。

$$Q_1 = 0.57 \times A^{0.33} \times \Delta t^{0.45} \times Z^{1.5}$$

ただし  $\Delta t^{0.45} = 8.62$  とする。

② 漏れ安全係数と漏れ限界流量比の意味を考えて、以下のアからウの式のうち適切なものを選択して、キャノピー型フードの必要排风量  $Q_2$  [ $\text{m}^3/\text{min}$ ] を求めよ。漏れ安全係数と漏れ限界流量比の値は以下を用いよ。

漏れ安全係数： 5

漏れ限界流量比： 0.821

ア  $Q_2 = Q_1 \times (1 + \text{漏れ安全係数} \times \text{漏れ限界流量比})$

イ  $Q_2 = Q_1 \times \text{漏れ安全係数} \times \text{漏れ限界流量比}$

ウ  $Q_2 = Q_1 \times (\text{漏れ安全係数} + \text{漏れ限界流量比})$

- ③ キャノピー型フードの排風量  $Q_2$  の計算において漏れ安全係数が必要な理由を述べよ。
- ④ キャノピー型フードの排風量  $Q_2$  の計算において漏れ限界流量比が必要な理由を述べよ。

(2) 図に示すキャノピー型フードにおいて、汚染源に熱源のない同じ形状の台上で作業を行う場合について次の間に答えよ。

- ① 必要排風量  $Q_3$  [ $\text{m}^3/\text{min}$ ] を求めよ。必要排風量については次の式を用いよ。

$$Q_3 = 60 \times 1.4 \times (\text{フード周長}) \times H \times Vc$$

ここで制御風速  $Vc$  は  $1.0 \text{ m/s}$  とする。

- ② 設問 (1) で求めた排風量  $Q_2$  の排風機が据えつけられている場合について、 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$  の値を用いて、有害物除去の状況を簡潔に述べよ。
- ③ 上記②において、もし十分な有害物除去性能が得られない場合、このフードの改造方法について述べよ。

(3) 排風量が設問 (2) の  $Q_3$  の場合について次の間に答えよ。

ただし、キャノピー型フードの圧力損失係数は  $0.35$  とし、ダクトの部分の圧力損失は無視してよい。

- ① 図に示すマンメータ A の差圧を計算し、解答用紙の解答欄に示す圧力の単位に従って解答せよ。また、その計算過程を示せ。
- ② 図に示すマンメータ B の差圧を計算し、解答用紙の解答欄に示す圧力の単位に従って解答せよ。また、その計算過程を示せ。

問 4 図1に示した系統線図の局所排気装置について以下の設問に答えよ。

ただし、フード1から排気口までを主ダクト系列、フード2から主ダクトとの合流部までを枝ダクト系列とする。

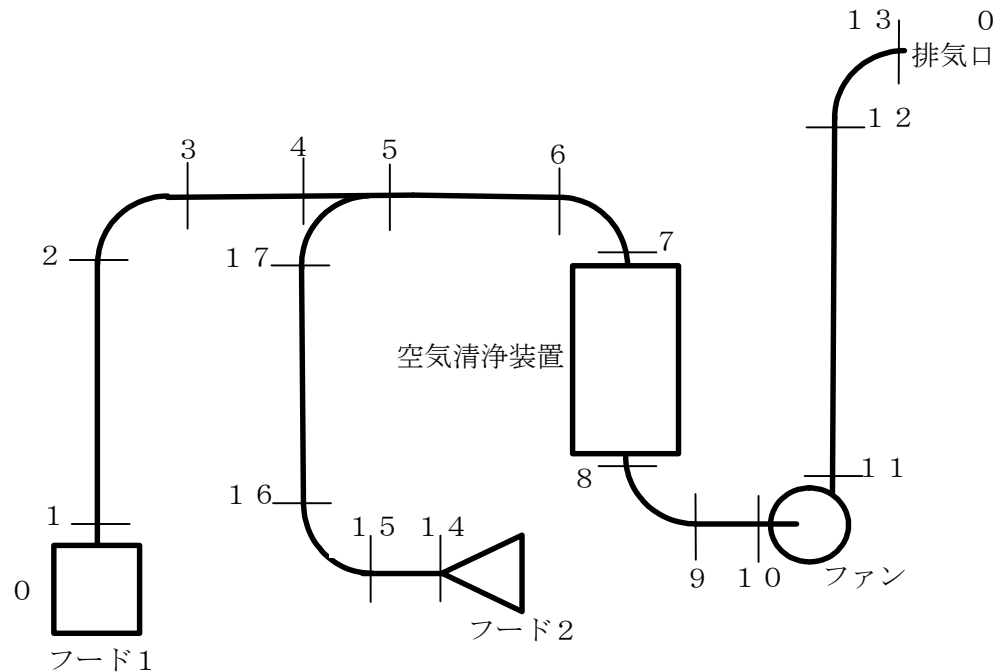


図1 局所排気装置の系統線図 (図中の数字は番地を示すが、局排外部は0番地とする。)

(1) 次の①～⑦に示した設計条件及び主ダクト系列の局所排気装置計算書に記載した数値を基に計算を行い、解答用紙の主ダクト系列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。計算は、有効数字3桁で行い、解答用紙の解答欄(空欄)には有効数字3桁(4桁目は切捨て)で解答を記入せよ。

なお、ダクトは円形のダクトとし、空気密度は  $1.20 \text{ kg/m}^3$  とする。

① フード1の排風量は  $72.0 \text{ m}^3/\text{min}$  とする。

② 直線ダクトの圧力損失係数の計算には、次式を用いること。

$$\text{直線ダクトの圧力損失係数} = 0.02 \times \text{ダクト長 } L [\text{m}] / \text{ダクト直径 } D [\text{m}]$$

③ フード2の排風量は  $13.1 \text{ m}^3/\text{min}$  とする。

なお、主ダクト系列と枝ダクト系列の合流部での静圧バランスがとられているものとする。

④ 合流部(図1の4-5番地)の主ダクト系列側の圧力損失は、主ダクト系列側の合流前の速度圧に比例するものとする。合流ダクトの静圧の記入欄には、合流後の静圧の値を記入すること。

⑤ 拡大ダクト(図1の5-6番地)の圧力損失は拡大前後の速度圧の差に比例するものとする。拡大ダクトの静圧の記入欄には、拡大後の静圧の値を記入すること。

⑥ 空気清浄装置の圧力損失は速度圧に比例するものとする。また、定格排風量が  $80 \text{ m}^3/\text{min}$  のときの圧力損失を  $100 \text{ Pa}$  とする。

⑦ 排気口はルーバ型排気口(開口比  $(a/A)$  は  $0.7$ )で、その圧力損失は排気口のルーバの間を通り抜ける気流の速度圧に比例するものとする。

ただし、 $a$  はルーバ間の隙間の総面積、 $A$  は排気口面積(拡大後のダクト断面積に等しい。)である。

なお、排気口の搬送速度と速度圧の欄はルーバの間を通り抜ける気流の速度と速度圧を記入すること。



主ダクト系列の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 <sup>2</sup> ]	排風量 [m <sup>3</sup> /min]	搬送速度 [m/s]	速度圧 [Pa]	ダクト 形状	圧損 係数	圧力損失[Pa]		静圧 [Pa]
								部分	累計	
0 - 1 フード 1	0.200	0.0314	72.0			—	0.08			
1 - 2 直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	L=3.0m				
2 - 3 90° ベンド	同上	同上	同上	同上	同上	r/D=1.25	0.55			
3 - 4 直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	L=15.0m				
4 - 5 合流 ダクト	合流前	同上	同上	同上	同上	$\theta = 45^\circ$	0.20			
	合流後	0.230	0.0415	85.1						
5 - 6 拡大 ダクト	拡大前	同上	同上	同上	同上	$\theta = 30^\circ$	0.58			
	拡大後	0.250	0.0490	同上						
6 - 7 90° ベンド	同上	同上	同上	同上	同上	r/D=1.25	0.55			
7 - 8 空気清浄装置	同上	同上	同上	同上	同上	—	—			
8 - 9 90° ベンド	同上	同上	同上	同上	同上	r/D=1.25	0.55			
9 - 10 直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	L=1.0m				
10 - 11 ファン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11 - 12 直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	L=10.0m				
12 - 13 90° ベンド	同上	同上	同上	同上	同上	r/D=1.25	0.55			
13 - 0 排気口	同上	同上	同上			a/A=0.7	1.50			

(2) 図 1 の設計した局所排気装置の局所排気装置計算書より求めたファン前後の圧力の値からファンの静圧（ファン前後の全圧差からファン出口の速度圧を差し引いた値）を求めよ。

なお、解答用紙の解答欄には計算過程を示し、計算は有効数字 3 桁で行い、解答は有効数字 3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で答えること。

(3) 局所排気装置計算書に基づいて実際に設置された図1に示した局所排気装置を稼動させたときについて、次の問に答えよ。

なお、解答用紙の解答欄には計算過程を示し、計算は有効数字3桁で行い、解答は有効数字3桁目を四捨五入して有効数字2桁で答えること。

- ① フード1は囲い式フードで、その開口面を16等分して、それぞれの中心の風速測定を行った結果、表1に示した値が得られた。囲い式フードの排風量の計算式で、開口面上での気流分布のムラを表す補正係数k値を計算せよ。

表1 開口面の風速測定結果 [m/s]

0.70	0.70	0.70	0.70
0.65	0.65	0.65	0.65
0.55	0.55	0.55	0.55
0.50	0.50	0.50	0.50

- ② 枝ダクト系列と主ダクト系列との合流点で全圧を測定したところ  $-1930 \text{ Pa}$  であった。この結果から、枝ダクト系列のダクトの断面積を  $0.00521 \text{ m}^2$  として、稼動時のフード2の排風量 [ $\text{m}^3/\text{min}$ ] を計算せよ。

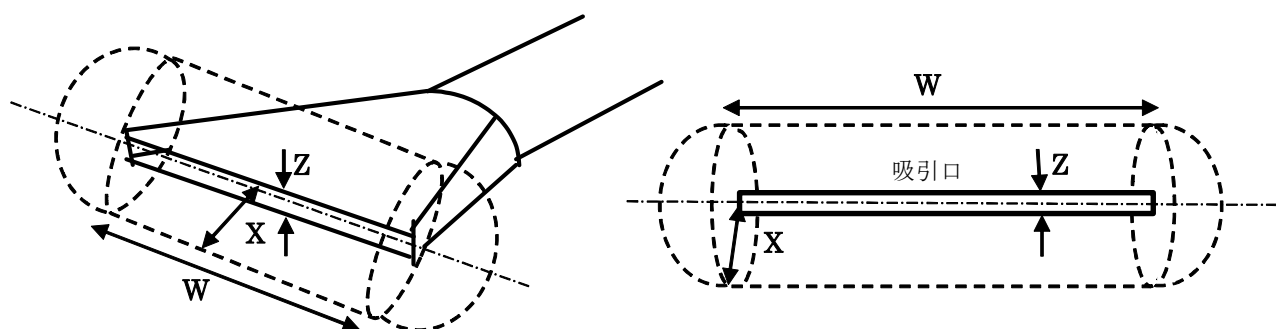
なお、合流点での主ダクト系列との静圧のバランスはとれており、静圧の値は設計時と変わらないものとする。

- ③ 枝ダクト系列のフード2はスロット型外付け式フードで、その外観図を図2の(a)に、吸引口周囲の等速度面を(b)に示した。等速度面は、図2の点線で示した図形の表面で、円柱の両端に半球が付いたものと考え、表2のスロット型外付け式フードの形状等を参考にして②で求めた排風量から等速度面上の気流の速度 [ $\text{m/s}$ ] を計算せよ。

なお、等速度面を考えると、等速度面上の吸引口の幅 (Z) は無視してよい。

表2 スロット型外付け式フードの形状等

スロット型フードの吸引口 (開口部) の長さ (W)	0.5 m
スロット型フードの吸引口 (開口部) の幅 (Z)	0.05 m
スロット開口部からの等速度面までの距離 (X)	0.1 m
半径 X の円の円周の長さ	$2 \times \pi \times X$
半径 X の円の面積	$\pi \times X^2$
半径 X の球の表面積	$4 \times \pi \times X^2$
半径 X の球の体積	$(4/3) \times \pi \times X^3$
円周率 ( $\pi$ )	3.14



(a) フードの外観図と等速度面

(b) フード吸引口の周囲の等速度面

図2 スロット型外付け式フード