

## 第49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 / 9

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以下の設問に答えよ。

(1) 次に示す作業①～④において発生した健康障害について、その原因として最も可能性の高い、化学物質とその状況を記し、ばく露防止に有効と考えられる工学的対策又は保護具を具体的に記せ。

例) 新築工事現場の浴室の防水工事において、塗料(トルエン49%、酢酸エチル15%を含む。)を手持ちローラーで壁面に塗布する作業を行っていた作業員1名が、病院へ搬送された。

化学物質 : トルエン及び酢酸エチル

状況 : 発散した有機溶剤蒸気を作業員が吸引した

保護具 : 防毒マスク又は送気マスク

① 飲食店において換気フードを掃除するため、作業員が塩化ビニル製手袋を着用し、希釈した苛性カリ(水酸化カリウム)を含浸させた洗浄布で換気フードの表面を拭いていた。数時間の作業後に作業員の右手指が炎症を起こした。なお使用前の手袋に穴開きや亀裂などはなかった。

② 工場において、アーク溶射機を使用して、鋼材(H形鋼 最大長さ: 4 m)に亜鉛溶射吹付け作業を行っていた作業員4名に、帰宅後に発熱、吐き気等があった。

③ 床暖房を設置するため、仮囲いの内部において、エンジンカッターやブレーカーによるコンクリート床スラブの切断、破砕作業を行っていたところ、作業員1名が倒れ、他の5名も体調不良を訴えた。

④ ディスクサンダー等を用いて高速道路の橋梁桁に塗布された防錆塗料のかき落とし作業に従事した作業員に貧血、腹痛及び末梢神経障害の症状が見られた。

(2) 粉じん作業を行う屋内作業場において作業環境測定を実施したところ、以下に示す結果を得た。質量濃度と質量濃度変換係数K値を求め、この作業場における管理濃度と管理区分を決定せよ。

なお、併行測定は、測定時間が60分間で、吸引ポンプ流量は20 L/min、捕集フィルターの秤量値は捕集前が49.13 mg、捕集後が49.33 mg、相対濃度計の計数値は10800カウントであり、バックグラウンド値は無視する。

A 測定の結果、第一評価値  $E_{A1}$  : 0.12 mg/m<sup>3</sup>、第二評価値  $E_{A2}$  : 0.068 mg/m<sup>3</sup> が得られた。

B 測定は10分間行い、相対濃度計の計数値は3750カウントであった。

遊離けい酸含有率は8.0%であった。

(3) 以下の作業及びその付帯作業において化学物質等による健康障害を起こすばく露状況として主要なものを、それぞれ三つずつ挙げよ。

① 塗装作業

② 溶接作業

③ 鋳造作業

問 2 騒音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。

なお、必要に応じて、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ 、 $\log_{10} 5 = 0.70$ 、 $\log_{10} 7 = 0.85$ 、 $\sqrt{2} = 1.414$ 、 $\sqrt{3} = 1.732$ 、 $\sqrt{5} = 2.236$  を用いよ。

(1) 次の文章及び表 1 中の空欄 **A** ~ **U** に当てはまる語句、数式、数値等を解答用紙の解答欄に記入せよ。

ただし、同じ記号の空欄には同じ語句等が入る。

騒音ばく露は、音圧に周波数重みづけを施した **A** 音圧を使用して **B** と呼ばれる量で評価する。騒音の **C** は **A** 音圧の **D** (記号では  $p$  で表す。) の **E** に比例するので、基準音圧を  $p_0$  とすると、**B** は式 **F** で表すことができる。この式より、騒音の **C** が 2 倍になると、**B** は **G** dB 増加する。また、 $p$  が 2 倍になれば、**B** は **H** dB 増加することになる。実際の騒音は時間変動するため、時刻  $t_0$  [秒] から  $t_0 + T$  [秒] までの  $T$  秒間における瞬時 **A** 音圧  $p(t)$  の **E** の時間平均は、式 **I** で表されるが、これは  $T$  秒間における  $p^2$  に等しい。この関係を **F** に代入することにより式 **J** が得られるが、これを **K** と呼んでいる。

日本産業衛生学会が定める騒音のばく露許容基準は、「この基準以下であれば、1日8時間以内のばく露が常習的に10年以上続いた場合にも、騒音性永久閾値移動 (NIPTS) を 1 kHz 以下の周波数で 10 dB 以下、2 kHz で 15 dB 以下、3 kHz 以上の周波数で 20 dB 以下にとどめることが期待できる」というものである。このばく露許容基準では、騒音の周波数分析を行うことを原則としており、その分析方法の一つとしてオクターブ分析がある。オクターブ分析では、各オクターブバンドの中心周波数を  $f_0$ 、下限周波数を  $f_1$ 、上限周波数を  $f_2$  とすると、 $f_0$  は、 $f_1$  と  $f_2$  の **L** 平均として定義され、式 **M** で表される。また、 $f_1$  と  $f_2$  の関係は式 **N** で表される。したがって、各オクターブバンドの周波数範囲と **A** 周波数重みづけの関係は、表 1 のようになる。なお、周波数重みづけにはほかに **O** と呼ばれるものがあり、表 1 に表すような特性を持っている。

表 1 オクターブバンドの周波数重みづけ

中心周波数 [Hz]	周波数範囲 [Hz]	<b>A</b> 周波数重みづけ [dB]	<b>O</b> 周波数重みづけ [dB]
250	177 ~ <b>P</b>	-9	0
500	<b>P</b> ~ <b>Q</b>	-3	0
1k	<b>Q</b> ~ <b>R</b>	0	0
2k	<b>R</b> ~ <b>S</b>	+1	0
4k	<b>S</b> ~ <b>T</b>	+1	-1
8k	<b>T</b> ~ <b>U</b>	-1	-3

(2) ある作業者が屋外で騒音作業をしていた時、作業者の近くで騒音を測定してオクターブバンドによる周波数解析を行ったところ、表 2 の結果が得られた。以下の①~③の間に答えよ。

ただし、問題文中の空欄には上記 (1) の同じ記号の空欄と同じ語句等が入る。

なお、必要に応じて表 1 の数値及び図 1 の  $y = 10^x$  のグラフを用いてよい。

表2 騒音の測定結果

オクターブバンド中心周波数[Hz]	250	500	1k	2k	4k	8k
騒音のオクターブバンド音圧レベル実測値[dB]	87	87	96	91	89	97

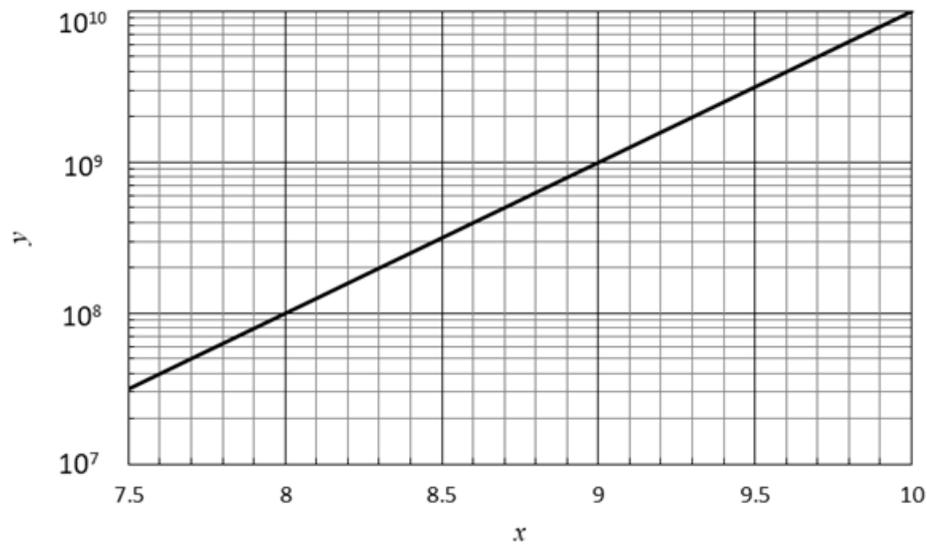


図1  $y = 10^x$  のグラフ

- ① 日本産業衛生学会の騒音のばく露許容基準（図2）を用いて、この騒音のばく露許容時間 [分] を、計算過程を示し、求めよ。（有効数字2桁）
- ② この騒音の **K** を、計算過程を示し、求めよ。（有効数字3桁）
- ③ この騒音現場で作業者が耳栓（SNR 値：25 dB）を使用するとき、耳栓装着後に期待される作業者の **B** を、計算過程を示し、求めよ。（有効数字2桁）

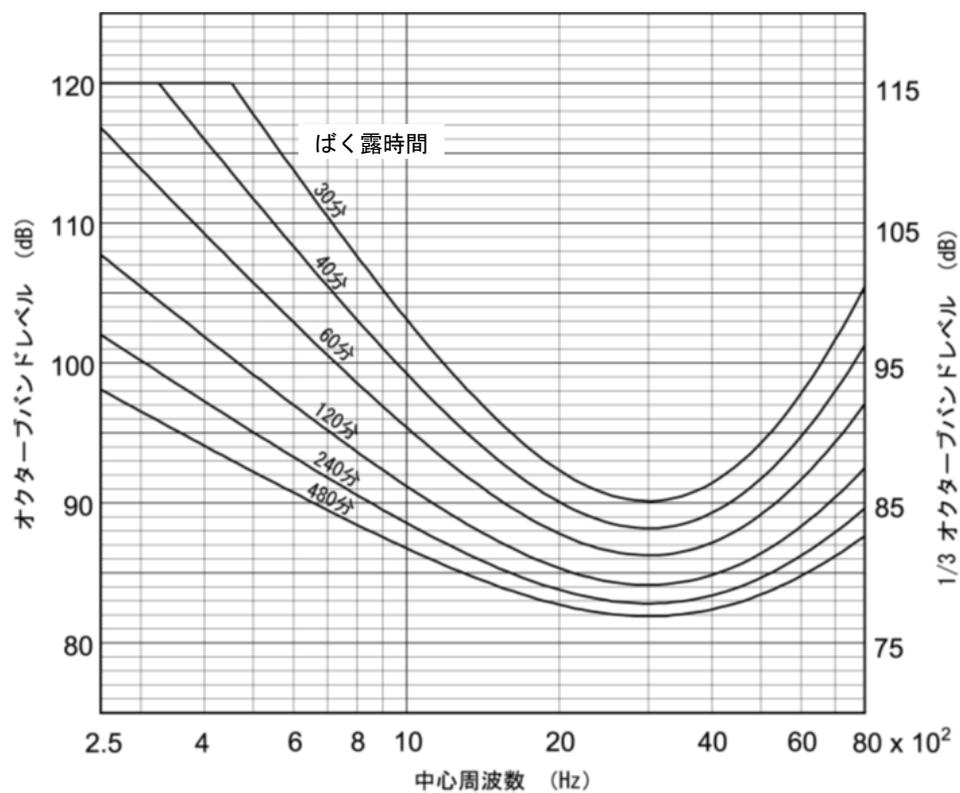


図2 騒音のばく露許容基準

問 3 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  $60.0 \text{ m}^3/\text{min}$  とする。設問(1)、(4)、(5)、(6)については計算過程又は理由を示せ。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。設問(2)の局所排気装置計算書は5桁目を四捨五入して有効数字4桁で答えよ。

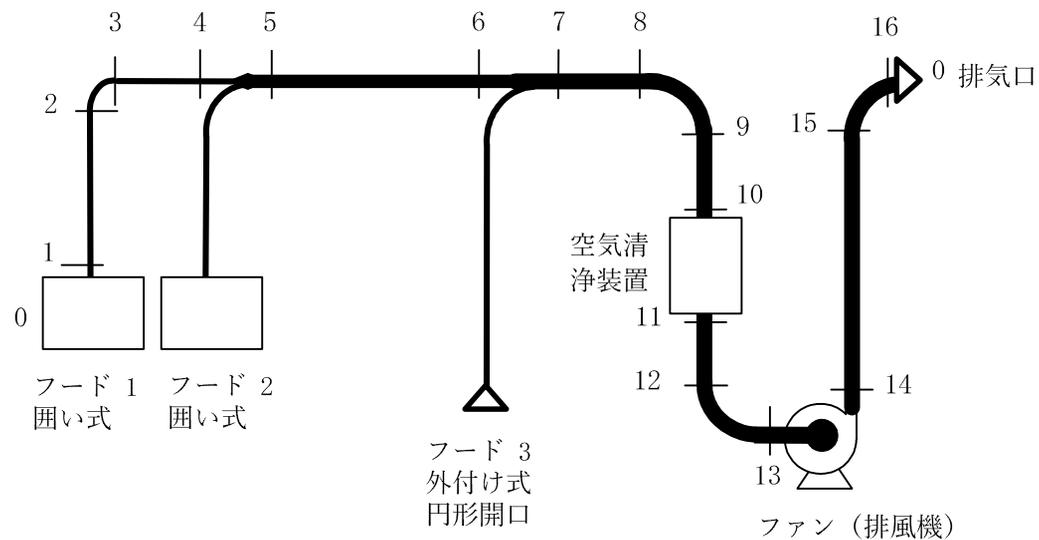


図1 局所排気装置の系統図

(1) 図2に示す同じ形状の囲い式のフード1及びフード2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  $0.50 \text{ m/s}$ 、開口面の気流分布の補正係数  $k$  は  $1.1$  とする。

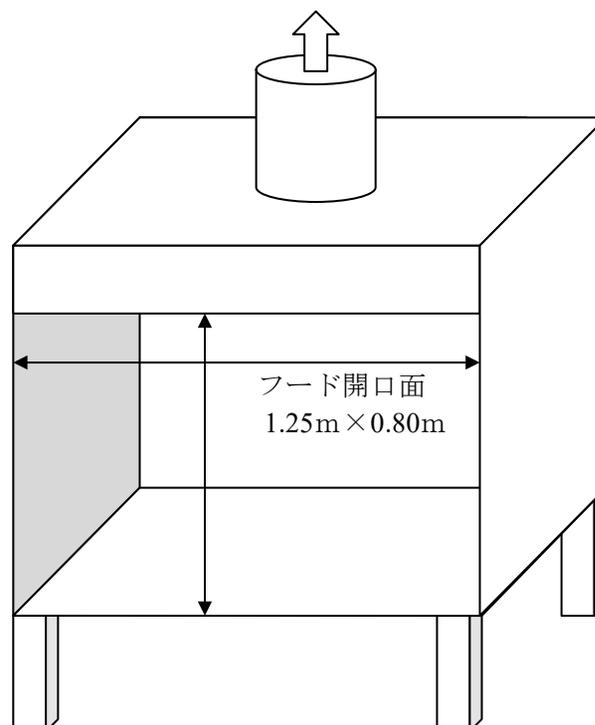


図2 囲い式のフード1及びフード2

(2) 主ダクト系列の局所排気装置計算書の空欄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 120 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。

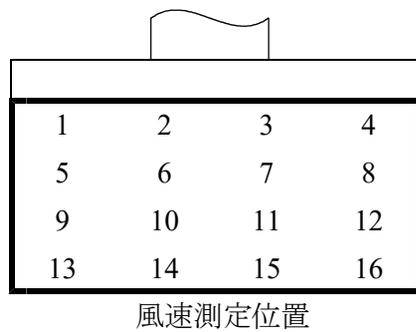
また、直線ダクトの圧力損失は、計算書に直管圧損が未記入の番地については、ダクトの摩擦係数を0.02として計算せよ。

局所排気装置計算書（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								0.5			
1 - 2	直線ダクト	0.22	0.038	同上	同上	同上	11.4	4				
2 - 3	バンド	同上	同上	同上	同上	同上			0.55			
3 - 4	直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上	11.4	2				
4 - 5	合流前	同上	同上	同上	同上	同上			0.2			
	合流後	0.3	0.0707									
5 - 6	直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上		8				
6 - 7	合流前	同上	同上	同上	同上	同上			0.2			
	合流後	0.45	0.159043									
7 - 8	直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上		2				
8 - 9	バンド	同上	同上	同上	同上	同上			0.55			
9 - 10	直線ダクト	同上	同上	同上	同上	同上		1				
10 - 11	空気清浄装置			同上								
11 - 12	直線ダクト	0.45	0.159043	同上	同上	同上		1				
12 - 13	バンド	同上	同上	同上	同上	同上			0.55			
13 - 14	ファン											
14 - 15	直線ダクト	0.45	0.159043	同上	同上	同上		10				
15 - 16	バンド	同上	同上	同上	同上	同上			0.55			
16 - 0	排出口	同上	同上	同上	同上	同上			1			

- (3) 主ダクトと枝ダクトとの合流点（図1の4-5番地）でフード1とフード2の二系統の静圧のバランスがとれていない場合にバランスをとる方法を二つ挙げ簡潔に説明せよ。
- (4) 局所排気装置計算書からファン前後の静圧の差を求めよ。
- (5) 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、ファン前後の静圧の差は何倍となるか。
- (6) 局所排気装置完成後にフード1の開口面での風速分布を測定したところ下表のような結果を得た。この囲い式フードの補正係数  $k$  の実際の値を答えよ。

表 フード開口面の風速分布測定結果



測定位置	風速[m/s]	測定位置	風速[m/s]
1	0.85	9	0.63
2	0.80	10	0.64
3	0.82	11	0.64
4	0.82	12	0.65
5	0.75	13	0.60
6	0.77	14	0.50
7	0.75	15	0.50
8	0.72	16	0.55

- (7) フード1の実際の補正係数  $k$  を設計値 1.1 に近づける方法を二つ簡潔に述べよ。

問 4 局所排気装置に関する以下の設問に答えよ。計算問題は計算過程を示し、計算は有効数字3桁で行い、解答紙の解答欄（空欄）には有効数字3桁目を四捨五入して有効数字2桁で解答を記入せよ。

なお、ダクトの断面は円形とし、空気密度は  $1.20 \text{ kg/m}^3$  とする。

(1) 図1のフランジなしのフード開口面からの距離  $X$  の位置の風速  $v_0$  が  $0.39 \text{ m/s}$  であったとき、このフードにフランジを付けたときのフード開口面からの距離  $X$  の位置の風速  $v$  [m/s] を求めよ。

ただし、フード開口面積  $A_0$  は  $0.113 \text{ m}^2$ 、フード開口面からの距離  $X$  は  $0.40 \text{ m}$  とし、フランジなしのフード開口面からの距離  $X$  での等速度面の面積は、 $10X^2 + A_0$  で計算できるものとする。

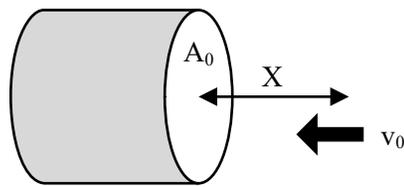


図1 フランジなしのフード

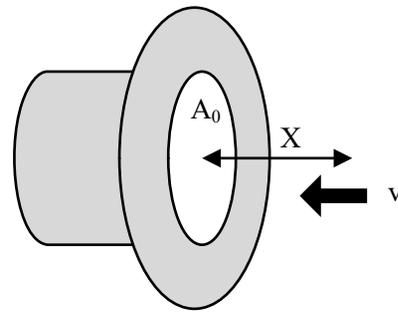


図2 フランジを付けたフード

(2) 図3-1～図3-4に示した局所排気装置の×印の位置で詰まり等が生じた場合、A、B、Cの位置での静圧をマンメータで測定したときの静圧の値の絶対値は、「増加する」、「減少する」、「変化しない」のいずれになるか答えよ。

① 主ダクト（×の位置）に詰まりが生じた場合

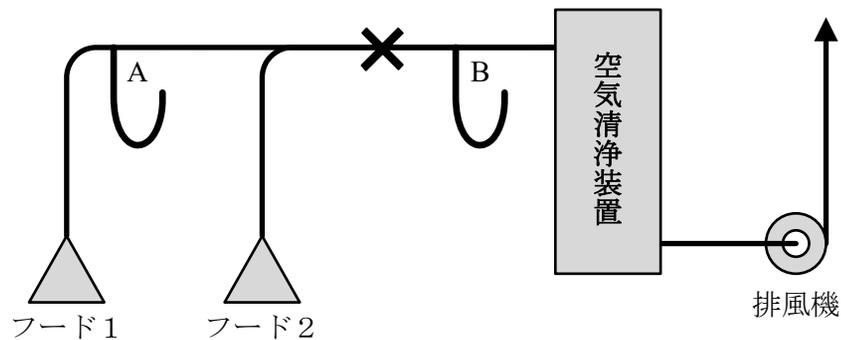


図3-1 局所排気装置

② 主ダクト（×の位置）に穴があいた場合

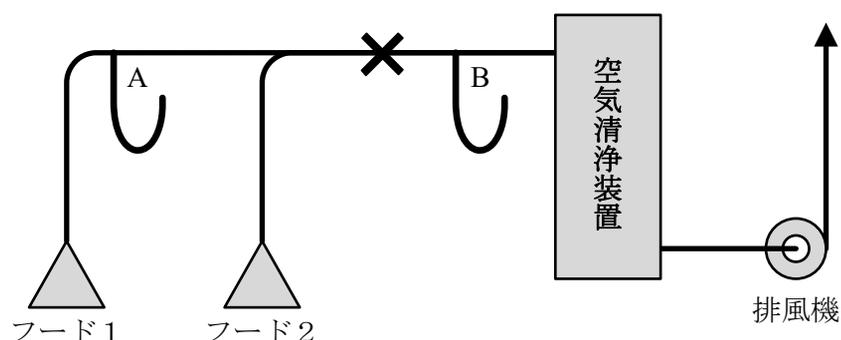


図3-2 局所排気装置

③ 排気ダクト（×の位置）に詰まりが生じた場合

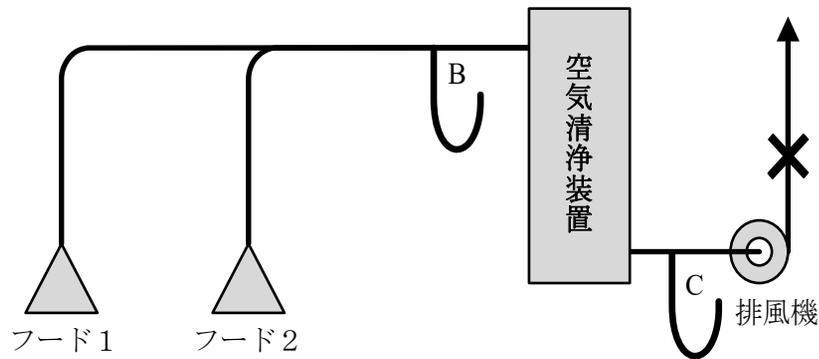


図3-3 局所排気装置

④ 空気清浄装置に詰まりが生じた場合

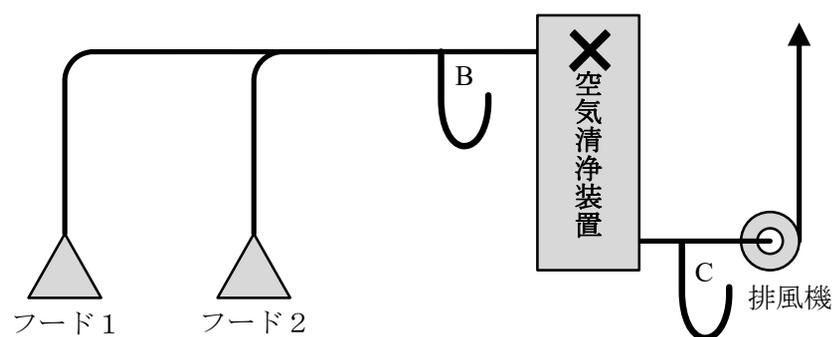


図3-4 局所排気装置

(3) 図4に示した空気清浄装置前後の水柱マンメータによる圧力測定の結果、水柱マンメータの水面の高さの差（絶対値）は、水柱マンメータAが10 mm、水柱マンメータBが63 mmであった。この結果から空気清浄装置の圧力損失を求めよ。

ただし、排風量は  $40 \text{ m}^3/\text{min}$ 、空気清浄装置前後の円形ダクトの直径は  $0.38 \text{ m}$  とする。

なお、 $1 \text{ mm}$  水柱は  $9.80 \text{ Pa}$  とし、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。

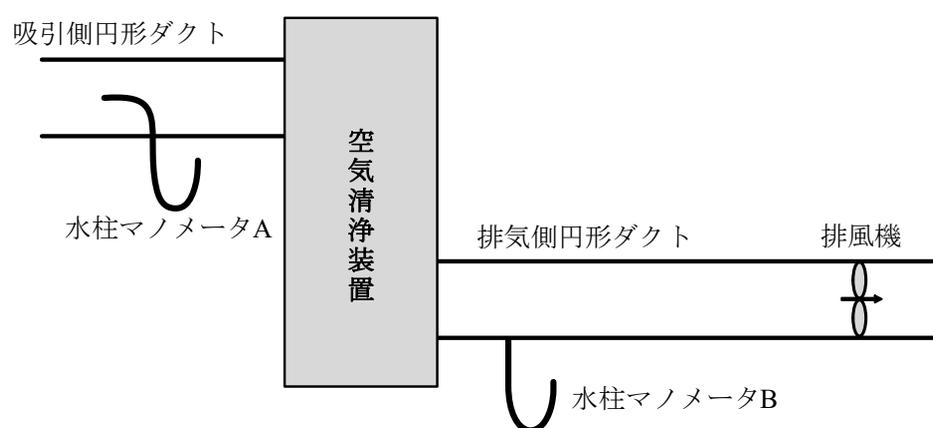


図4 空気清浄装置前後の圧力測定

(4) ろ過式除じん装置には、ろ過材としてバグフィルタとよばれるフェルト状のろ布を使用したものと充填層フィルタ（又は、エアフィルタ）とよばれるHEPA（High Efficiency Particulate Air Filter）フィルタを使用したものがある。どちらも粒子径の小さい粒子の捕集が可能であるが、捕集原理が異なる。この捕集原理の違いについて簡潔に説明せよ。

また、粉じんが高濃度の場合ではどちらのろ過材を使ったろ過式除じん装置を選択すべきか答えよ。

(5) 図5は、排風機前後の圧力分布のグラフの上に排風機の絵を重ねたものである。グラフの圧力分布は大気圧との比較で示している。圧力a～dについて、静圧、速度圧、全圧のいずれになるか答えよ。

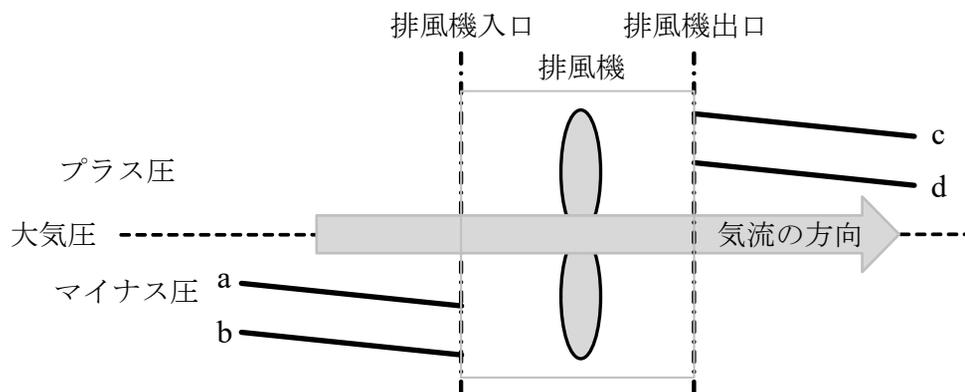


図5 排風機前後の圧力分布

(6) 局所排気装置の設計計算を行った結果、排風量が  $Q$ 、排風機にかかる静圧が  $P_s$  となった。図6には、使用する排風機の静圧曲線（実線）とダクト系の静圧曲線（点線）を示したが、次の間に答えよ。

なお、ア～ウの動作点については図6の該当する番号①～⑦で答えよ。

ア 排風機を回転数  $X$  で運転させた場合の動作点

イ 排風機を回転数  $Y$  で運転させた場合の動作点

ウ 排風機を回転数  $X$  で運転させた場合、排風量の設計値  $Q$  が変化しないようにするため、ダンパーで静圧の値を増加させるように調整を行ったときの動作点

エ 気密性の高い屋内作業場に局所排気装置のフードを設置し、その排気口が屋外にある場合と排気口がフードと同じ屋内作業場にある場合について、運転したときの実際の排風量はどのようになるかその理由とともに簡潔に説明せよ。

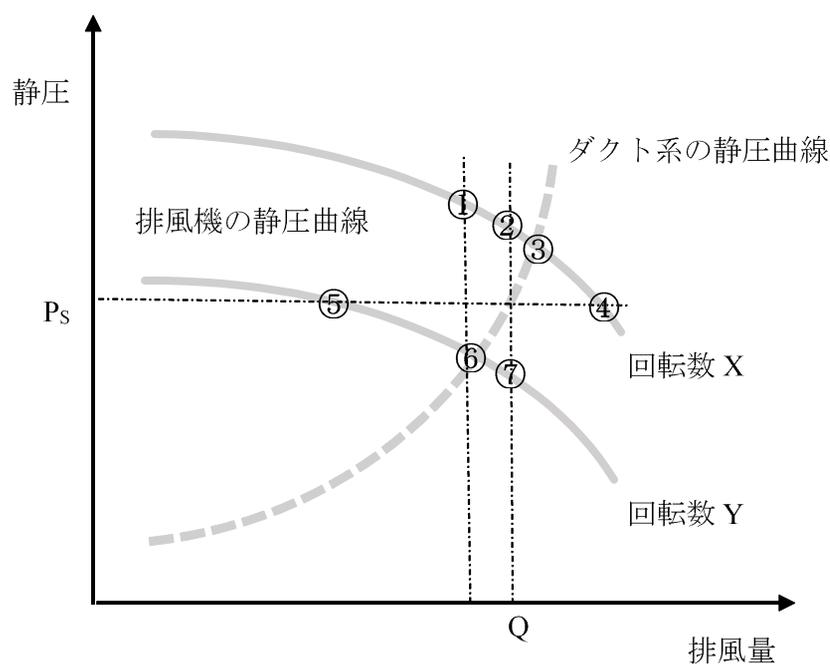


図6 排風機の特性能線図