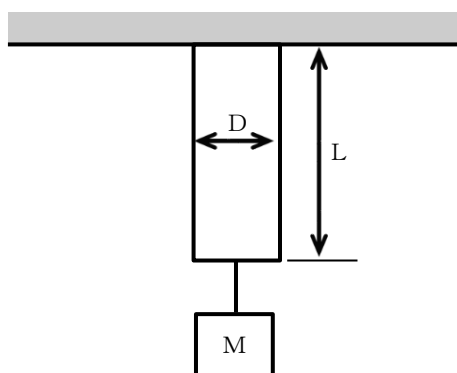


〔問 1〕

図のように質量 $M$ の物体を、長さ $L$ 、直径 $D$ の丸棒にワイヤーで吊るしたとき、次の設問（1）から（5）に答えよ。

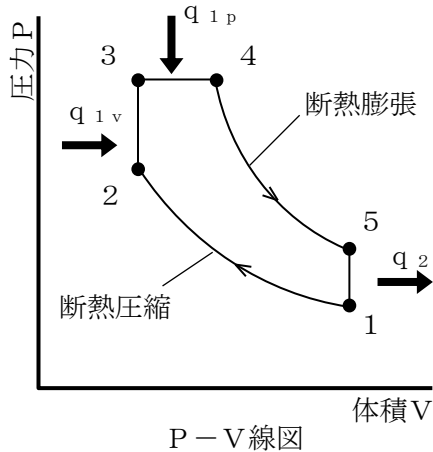
ただし、円周率を $\pi$ 、重力加速度を $g$ 、丸棒のポアソン比を $\nu$ とし、ワイヤーの重さは無視するものとする。



- (1) 丸棒に生じる引張荷重 $P$ を、 $M$ 、 $g$ を用いて表せ。
- (2) 丸棒に生じる引張応力 $\sigma$ を、 $P$ 、 $D$ 、 $\pi$ を用いて表せ。
- (3) 丸棒が引張荷重 $P$ により長さ $L$ が $L'$ に一様に変形するとき、縦ひずみ $\varepsilon$ を、 $L$ 、 $L'$ を用いて表せ。
- (4) 縦弾性係数 $E$ を、 $\pi$ 、 $D$ 、 $P$ 、 $\varepsilon$ を用いて表せ。
- (5) 引張後の直径 $D'$ を、 $D$ 、 $\nu$ 、 $\varepsilon$ を用いて表せ。

〔問2〕

図に示すサイクルについて、次の設問（1）から（5）に答えよ。  
ただし、求める式は全て理想気体1kg当りとする。



- 状態1：圧力 $P_1$ 、体積 $V_1$ 、温度 $T_1$
- 状態2：圧力 $P_2$ 、体積 $V_2$ 、温度 $T_2$
- 状態3：圧力 $P_3$ 、体積 $V_3$ 、温度 $T_3$
- 状態4：圧力 $P_4$ 、体積 $V_4$ 、温度 $T_4$
- 状態5：圧力 $P_5$ 、体積 $V_5$ 、温度 $T_5$
- $q_{1v}$ ：等容受熱の熱量
- $q_{1p}$ ：等圧受熱の熱量
- $q_2$ ：等容排熱の熱量

- (1) このサイクルに関して、空欄に入る適切な語句を次の解答群 a から e の中から選択し、記号で答えよ。

このサイクルは、上死点より前に燃料が噴射され燃焼が開始するため、状態2から状態3のように等容燃焼する。また、継続して噴射される燃料はピストンが下降しながら燃焼するため、状態3から状態4のように等圧燃焼する。このようなサイクルを（ア）サイクルという。

このサイクルの圧力上昇比 $\alpha$ を1とすると（イ）サイクルになり、また、縮切比 $\beta$ を1とすると（ウ）サイクルとなる。

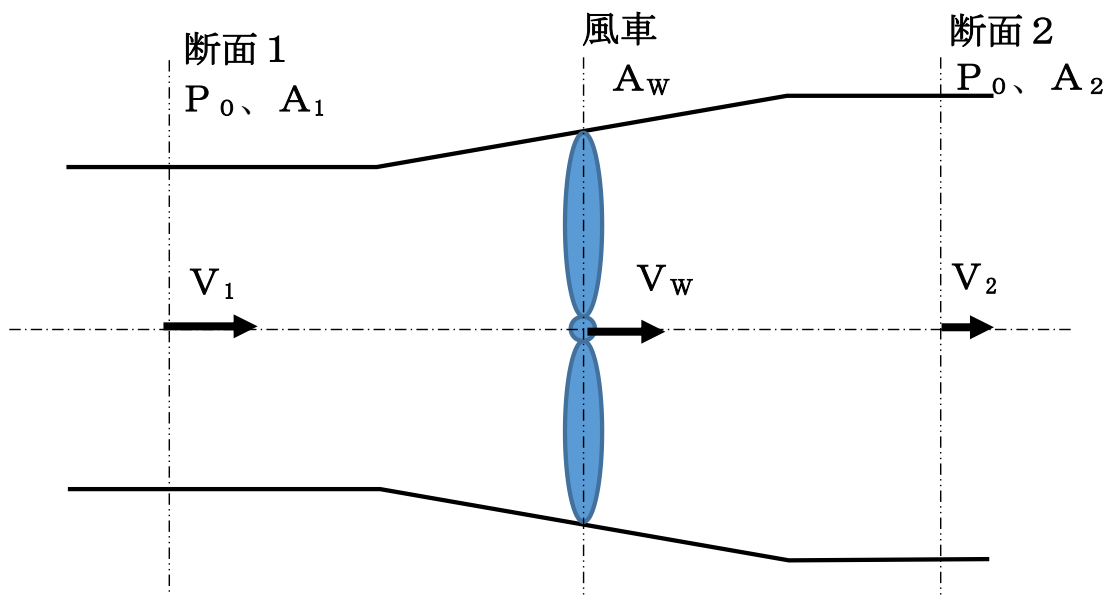
a：カルノー    b：オットー    c：ディーゼル    d：サバテ    e：ブレイトン

- (2) 圧力上昇比 $\alpha$ 、縮切比 $\beta$ を $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ のいずれかを用いて表せ。
- (3) 受熱量 $q_1$ 、排熱量 $q_2$ を $C_v$ 、 $C_p$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ のいずれかを用いて表せ。なお、 $q_1 = q_{1v} + q_{1p}$ 、 $C_v$ は定容比熱、 $C_p$ は定圧比熱とする。
- (4) このサイクルの仕事量 $W$ を $C_v$ 、 $C_p$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ を用いて表せ。
- (5) このサイクルの理論熱効率 $\eta$ を比熱比 $\kappa$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$ を用いて表せ。

〔問3〕

図のように水平軸まわりに回転するプロペラをもつ風車に密度  $\rho$  の空気が風速  $V_1$  の一様な流れで流れている場合について考える。流れに向けて垂直に設置されたプロペラの回転面の面積を  $A_w$ 、風車から十分に離れた上流断面1、下流断面2の面積をそれぞれ  $A_1$ 、 $A_2$  とし、断面1から断面2までを検査体積とする。回転面を通過する軸方向の風速を  $V_w$ 、断面2の風速を  $V_2$ 、断面1、断面2の圧力を大気圧  $P_0$  としたとき、次の設問(1)から(5)に答えよ。(計算過程も記載しなさい。)

ただし、重力加速度は  $g$  とし、断面の流れは一様で、流管の摩擦は無視できるものとする。



- (1) 風車直前の圧力を  $P_{w+}$ 、風車直後の圧力を  $P_{w-}$  とした時、断面1と風車との間、風車と断面2との間におけるベルヌーイの式を  $\rho$ 、 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_w$ 、 $P_0$ 、 $P_{w+}$ 、 $P_{w-}$  を用いてそれぞれ表せ。
- (2) 風車直前、風車直後の圧力差より、風車が受ける力  $F$  を  $\rho$ 、 $A_w$ 、 $V_1$ 、 $V_2$  を用いて表せ。
- (3) 運動量の法則より、風車が受ける力  $F$  を  $\rho$ 、 $A_w$ 、 $V_w$ 、 $V_1$ 、 $V_2$  を用いて表せ。
- (4)  $V_w$  を  $V_1$ 、 $V_2$  を用いて表せ。
- (5) 速度比  $\frac{V_2}{V_1} = e$  としたとき、風車が得た動力  $L$  を  $\rho$ 、 $A_w$ 、 $V_1$ 、 $e$  を用いて表せ。

〔問4〕

次の設問（1）から（4）の中から2つ選び、それぞれの空欄に入る適切な語句を答えよ。

解答用紙には、選択した設問（1）から（4）の数字を記入し、解答欄に語句を記入すること。

（1） 熱処理

熱処理とは、鉄鋼その他の金属に所要の性質および状態を付与するために行う加熱および冷却の操作であり、熱処理を行うことで同じ材料でも加熱温度や冷却速度などの相違によって、機械的性質等の異なった材料を得ることができる。主要な熱処理としては次のものがある。

- （ア）：常温加工をしやすい目的で行う処理であり、残留応力を除き、結晶粒を細かくするため、鋼を加熱した後に炉内で徐冷する。
- （イ）：組織を均一にする目的で行う処理であり、鋼を加熱した後に空气中で冷却する。
- （ウ）：硬さを増すことを目的に行う処理であり、鋼をオーステナイト化温度まで加熱した後に水または油などで急冷する。
- （エ）：部品全体ではなく、部品表面の硬さを増すことを目的に行う処理であり、必要な箇所だけにコイルを巻いて高周波電流を流し、表面を瞬間加熱した後に水または油などで急冷する。
- （オ）：部品全体ではなく、部品表面の硬さを増すことを目的に行う処理であり、炭素量の少ない軟らかい鋼の表面に、専用設備で炭素を浸み込ませてから（ウ）を行う。

## (2) ステンレス鋼

ステンレス鋼は種々の腐食環境において優れた耐食性をもつことから、機械材料として多く用いられている。ステンレス鋼の耐食性は主として合金元素の（ア）の効果であり、（ア）は材料の表面で酸化して（イ）を形成し内部の酸化を防止する。

（ウ）系ステンレス鋼には、代表的なものとしてSUS405、SUS410L、SUS430などがあり、耐食性と柔軟性があり、常温では磁性を有している。また、応力腐食割れを起こさず、安価で比較的加工しやすい。

（エ）系ステンレス鋼には、代表的なものとしてSUS304、SUS316L、SUS347などがあり、柔軟で溶接性や加工性、機械的性質に優れており、非磁性である。一方で（エ）系ステンレス鋼は粒界腐食や応力腐食割れを起こすという欠点があり、この欠点を補うために合金元素の添加量を調整し、上記の（ウ）系と（エ）系の量比がほぼ1：1となるようにした（オ）は強度が高く、耐腐食性にも優れている。

### (3) 機械加工

#### 1) 機械加工の精度

切削加工のように、工作物から一定量を加工工具によって除去する加工においては、製品の寸法や形状の精度は、工作機械の持つ動的精度によって制限される。言い換えれば、工作機械の精度以上の製品を作ることはできない。この特性を工作機械の（ア）という。

#### 2) 切削加工で生じる現象

（イ）とは、切れ刃に切りくずの一部が付着して、あたかも刃先のような役割を果たすもので、軟鋼やステンレス鋼、アルミニウムなどの粘っこい材料で生じやすい現象であり、加工が進むにつれて徐々に大きくなり、ある程度の大きさになると刃先から脱落し、また新たに付着が始まる。

（イ）が発生すると工作物を削りすぎることにより寸法精度が乱れ、加工表面も粗くなる。

#### 3) 軸と穴のはめあい

軸を穴に差し込む際の軸と穴とがはまり合う状態をはめあいという。軸が回るように穴に対して軸を細くした「すきまばめ」と軸を穴に固定するために穴に対して軸を太くした「しまりばめ」があり、さらにこれら2つの間の穴と軸の径がほとんど等しいようなはめあいを「（ウ）」といい、軸の運動に精度が要求される箇所などのはめあいに使用される。

#### 4) 研削加工における砥石の不適合

砥石の砥粒の切れ刃が摩耗しても脱落しないため、切れ刃が平坦化してしまった状態を（エ）といい、切れ味が悪く高温になるため、研削焼けにつながる。

#### 5) 曲げ加工における留意事項

曲げ加工を行った後に荷重を解放すると、材料に施した変形が若干もとに戻る。この現象を（オ）といい、硬い材料ほど、曲げる角度が大きいほど、板厚が薄いほど戻りが大きくなる。

(4) 安全・安心・環境に配慮した設計

- 1) 「故障は必ず起こる」と考え、損害を最小限に食い止める予防的な措置を講じた設計を（ア）といい、故障の影響による被害が大きい場合や人命にかかわる場合には必ず配慮しなければならない設計手法である。  
（例）ボイラーの安全弁は、過大な圧力が発生すると蒸気を逃がし、一定の圧力以上にならないようにしてボイラーの破損を防ぐ。
- 2) 「人間は必ずミスを犯す」と考え、人間が誤って操作した時は機械が動かないようにする設計を（イ）という。  
（例）プレス機械の作業空間内に人間の手が入った時は、センサーで検知して機械が作動しないようにする。
- 3) 機械は多数の部品から構成されているので、一つの部品に不具合が生じると機械全体が動かなくなることがある。そのため、予備の部品やユニットを装備し、不具合が生じた時に予備のものに切り替えて機械が運転し続けられるようにする設計を（ウ）という。  
（例）商用電力が停電した際にも電力が供給できるように自家用発電機を設置する。
- 4) 全ての人のために使いやすい設備や機器を設計することを（エ）という。  
（例）高齢者や障がい者、重い荷物を持つ人などの乗りやすさを考慮し、バスを低床化する。
- 5) 限られた地球上の資源を有効に利用するため、工業製品の製造から廃棄に至る一生の流れを分析し、リデュース、リユース、リサイクルを考慮して設計することを（オ）という。  
（例）自動車部品でのバイオプラスチックの使用、複写機トナー容器の再利用、電子基板から金などの材料を回収し新たな材料として利用など。

〔問5〕

次の文章を読んで、問いに答えよ。

再生可能エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策に資するほか、分散型エネルギーシステムとしてのメリットも期待できる貴重なエネルギーであり、その普及は、持続可能な開発目標（SDGs※）の1つにあげられている。

この再生可能エネルギーは、化石燃料による発電と比較して「資源が枯渇せず繰り返し利用できる」、「発電時に二酸化炭素をほとんど排出しない」などの長所がある一方で、「発電コストが高い」などの短所もある。

そこで、再生可能エネルギーを利用した代表的な発電方法である、「太陽光発電」、「風力発電」、「水力発電」、「バイオマス発電」の中から2つ選び、選択した発電方法を明記した上で、「エネルギーの変換方法」、「長所」、「短所」について具体的に述べよ。ただし「長所」と「短所」は、上記例示のものを除き、選択した発電方法に対して、それぞれ2つずつ解答すること。なお、選択した2つの発電方法の「長所」と「短所」の解答内容が同じ場合には、一方を加点しないこととする。

※SDGs : Sustainable Development Goals