

令和3年度

機械設計技術者試験

2級 試験問題Ⅱ

第2时限 12:40~14:40 (120分)

- 2. 力学分野
- 4. 材料・加工分野
- 6. 環境・安全分野

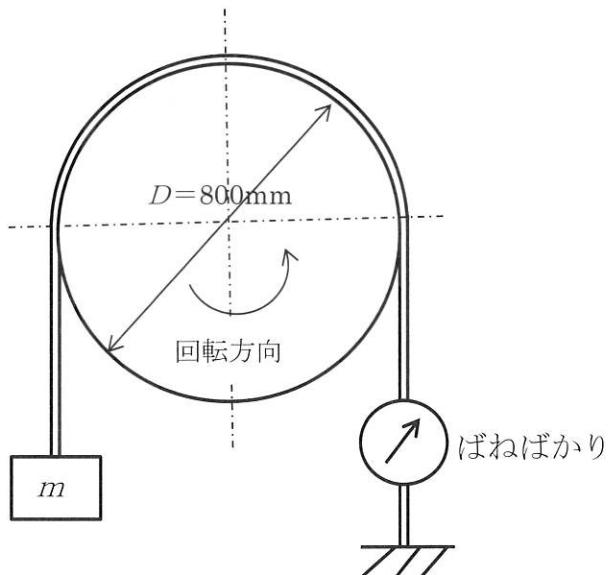
令和3年11月21日 実施

主催：一般社団法人 日本機械設計工業会

[2. 力学分野]

1

図に示すように、モータによって回転する直径 $D = 800\text{ mm}$ のロータに巻かれたバンドの一端が、ばねばかりを介して固定してある。バンドの左端には質量 m のおもりをつり下げてある。以下の設問（1）～（3）に答えよ。ただし、重力加速度 g は、 9.8 m/sec^2 として計算せよ。



(1) 質量 $m = 20\text{ kg}$ のおもりをつり下げた時、ばねばかりの読みが 400 N になった。この時、ロータの回転速度 $n = 360\text{ min}^{-1}$ であった。ロータの外周速度 v [m/sec] を、下記の〔数値群〕から最も近い値を一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数値群〕 単位 : m/sec

- ① 10 ② 15 ③ 24 ④ 35 ⑤ 42

(2) この時のモータの回転動力 L [kW] を、下記の〔数値群〕から最も近い値を一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数値群〕 単位 : kW

- ① 1 ② 3 ③ 5 ④ 6 ⑤ 8

(3) ロータを回転させるために、新たに動力が 2 kW のモータに取りかえた。この時のロータの回転速度は、前問同様に $n = 360\text{ min}^{-1}$ になった。ばねばかりの読みが 400 N になるためには、どの程度の質量 m のおもりをつり下げる必要があるか、下記の〔数値群〕から最も近い値を一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数値群〕 単位 : kg

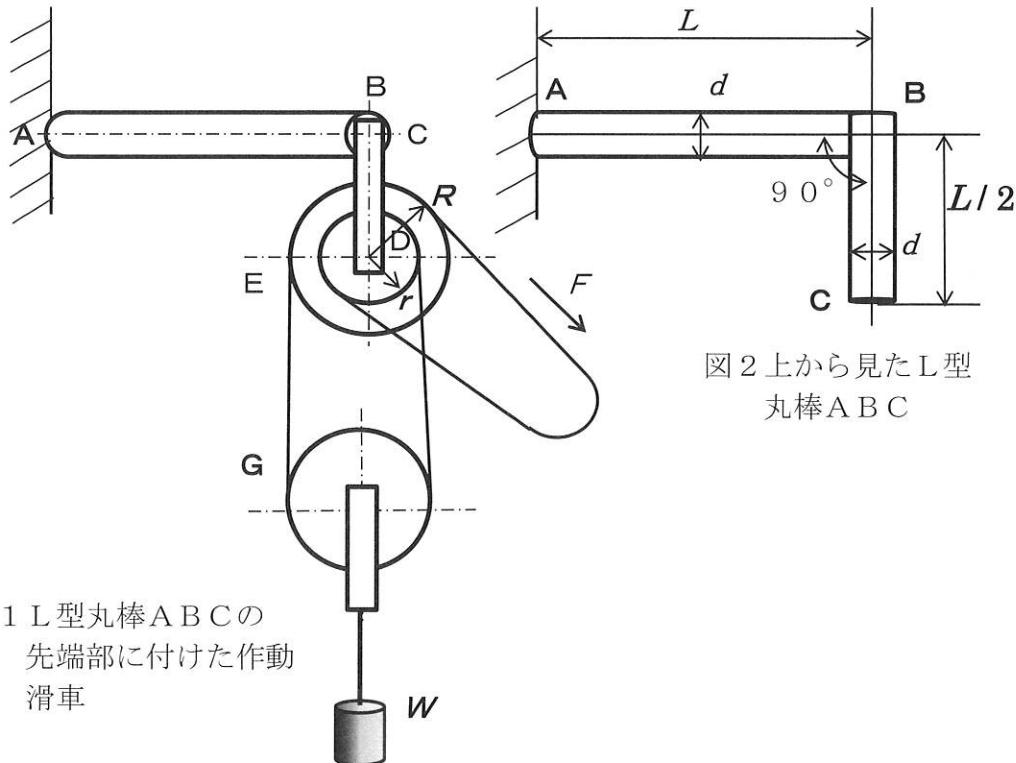
- ① 16 ② 27 ③ 35 ④ 42 ⑤ 58

2

図1は、L型の丸棒ABCの先端Cに、差動滑車（定滑車）Eと動滑車Gを介して荷重W[N]のおもりが取り付けられている。差動滑車Eは、チェーンブロックにより力F[N]で巻き上げられている。

L型の丸棒ABCを上面から見た図が、図2である。

以下の設問（1）～（4）に答えよ。ただし、差動滑車E、動滑車G、ロープそしてチェーンブロックの重量は無視する。したがって、C点には荷重Wのみが負荷されているとする。



- (1) 差動滑車Eに取り付けられているチェーンブロックで引張る力Fについて、荷重Wとの関係式を下記の〔数式群〕から一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

[数式群]

$$\textcircled{1} \quad F = \frac{(R-r)}{2WR}$$

$$\textcircled{2} \quad F = \frac{R(R-r)}{2W}$$

$$\textcircled{3} \quad F = \frac{2R}{W(R-r)}$$

$$\textcircled{4} \quad F = \frac{W(R-r)}{2R}$$

$$\textcircled{5} \quad F = \frac{WR}{2(R-r)}$$

(2) L型の丸棒A B Cの固定点Aに生ずる最大曲げ応力 σ_b を、下記の〔数式群〕から一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\begin{array}{lll} \textcircled{1} \quad \sigma_b = \frac{64WL}{\pi d^3} & \textcircled{2} \quad \sigma_b = \frac{\pi d^3}{32WL} & \textcircled{3} \quad \sigma_b = \frac{16WL}{\pi d^3} \\ \textcircled{4} \quad \sigma_b = \frac{16\pi d^3}{WL} & \textcircled{5} \quad \sigma_b = \frac{32WL}{\pi d^3} & \end{array}$$

(3) L型の丸棒A B Cの固定点Aに生ずる最大ねじり応力 τ_p を、下記の〔数式群〕から一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\begin{array}{lll} \textcircled{1} \quad \tau_p = \frac{8WL}{\pi d^3} & \textcircled{2} \quad \tau_p = \frac{16WL}{\pi d^3} & \textcircled{3} \quad \tau_p = \frac{\pi d^3}{8WL} \\ \textcircled{4} \quad \tau_p = \frac{\pi d^3}{16WL} & \textcircled{5} \quad \tau_p = \frac{64WL}{\pi d^3} & \end{array}$$

(4) 丸棒A Bには曲げモーメント M と、ねじりモーメント T が同時に作用している。次式の相当曲げモーメント M_e を採用した時、丸棒A Bに生ずる最大主応力 σ_1 を、下記の〔数式群〕から一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

$$M_e = \frac{M + \sqrt{M^2 + T^2}}{2}$$

〔数式群〕

$$\begin{array}{lll} \textcircled{1} \quad \sigma_1 = \frac{\pi d^3}{8(2+\sqrt{5})WL} & \textcircled{2} \quad \sigma_1 = \frac{8(2+\sqrt{5})WL}{\pi d^3} & \textcircled{3} \quad \sigma_1 = \frac{(2+\sqrt{5})WL}{16\pi d^3} \\ \textcircled{4} \quad \sigma_1 = \frac{WL}{8(2+\sqrt{5})\pi d^3} & \textcircled{5} \quad \sigma_1 = \frac{WL}{16(2+\sqrt{5})\pi d^3} & \end{array}$$

3

図1に示すような、水平面と θ の角度をなす平行な二つの斜面がある。上の斜面からは、長さ $\ell = 1.3\text{m}$ の片持ちはりABが突き出している。はりの断面形状は、図2に示すような一辺の長さ $b = 30\text{mm}$ の正方形とし材質は炭素鋼製とする。質量 M の物体が、摩擦係数 $\mu = 0$ の滑らかな斜面を距離 a 滑り落ちて、はりの先端Aに衝突して停止する。

斜面の角度 $\theta = 30^\circ$ とし、はりの先端のたわみを δ とするとき、下記の設問(1)～(4)に答えよ。

参考：荷重 P が作用する長さ ℓ の片持ちはりのたわみ δ は次式で表される。

$$\delta = \frac{P \ell^3}{3 EI}$$

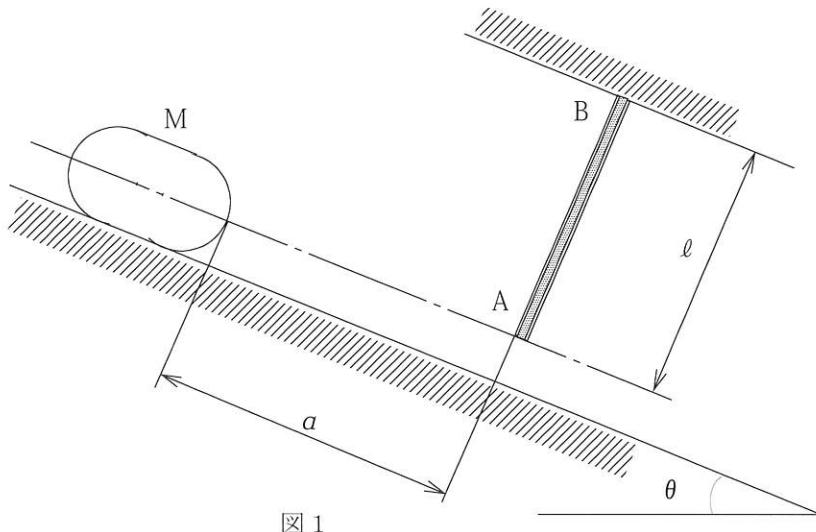


図1

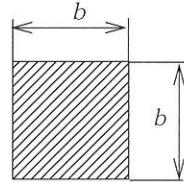


図2

(1) 質量 M の物体が斜面を距離 a だけ滑り落ちて、はりの先端が δ たわんだとき、物体の消費した位置エネルギーの大きさを求める式で正しいものを下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数式群〕

① $M g (a + \delta)$

② $\frac{M g (a + \delta)}{\sqrt{2}}$

③ $\frac{M g (a + \delta)}{\sqrt{3}}$

④ $\frac{M g (a + \delta)}{2}$

⑤ $\frac{M g (a + \delta)}{2\sqrt{3}}$

(2) はりの先端が δ たわんだとき、はりに蓄えられるひずみエネルギーの大きさを求める式で正しいものを下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\frac{EI \delta^2}{2 \ell^3}$

② $\frac{3EI \delta^2}{4 \ell^3}$

③ $\frac{3EI \delta^2}{2 \ell^3}$

④ $\frac{EI \delta^2}{\ell^3}$

⑤ $\frac{3EI \delta^3}{4 \ell^3}$

(3) 質量 $M = 2.5\text{kg}$ の物体が斜面を距離 $a = 1.5\text{m}$ 滑り落ちて、はりの先端Aが δ たわんだとき、物体の消費した位置エネルギーが全て片持はりのひずみエネルギーに変換されるものとする。たわみ δ の値として最も近いものを下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。重力加速度は $g = 9.8\text{m/sec}^2$ とする。

〔数値群〕 単位：mm

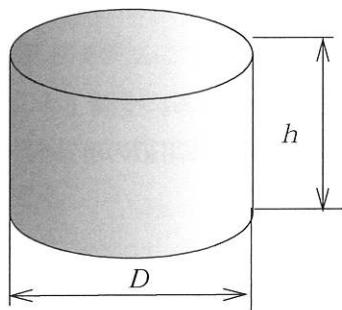
- ① 25 ② 30 ③ 45 ④ 50 ⑤ 55

(4) はりの先端Aが δ たわんだとき、はりに生ずる最大曲げ応力 σ_{\max} の値として最も近いものを下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

〔数値群〕 単位：MPa

- ① 200 ② 212 ③ 220 ④ 245 ⑤ 255

4



内圧 $p = 900\text{ kPa}$ のガスを蓄える直径 $D = 10\text{ m}$ の円筒形状の鋼製タンクを製作する場合を考える。
ただし、タンクは直径に対して板厚 t が十分薄い薄肉円筒と考え、タンクの高さ h は十分高いものとする。
下記の設問（1）～（4）に答えよ。

（1）円周方向応力 σ_t を求める式で正しいものを下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\begin{array}{c} \textcircled{1} \frac{2pD}{t} \quad \textcircled{2} \frac{pD}{t} \quad \textcircled{3} \frac{pD}{2t} \quad \textcircled{4} \frac{pD}{4t} \quad \textcircled{5} \frac{pD}{6t} \end{array}$$

（2）軸方向応力 σ_z を求める式で正しいものを下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\begin{array}{c} \textcircled{1} \frac{2pD}{t} \quad \textcircled{2} \frac{pD}{t} \quad \textcircled{3} \frac{pD}{2t} \quad \textcircled{4} \frac{pD}{4t} \quad \textcircled{5} \frac{pD}{6t} \end{array}$$

（3）使用する鋼材の許容応力 $\sigma_{al} = 125\text{ MPa}$ として、タンクの板厚 t として計算上最も適当な値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数値群〕 単位：mm

$$\begin{array}{ccccc} \textcircled{1} 30 & \textcircled{2} 40 & \textcircled{3} 45 & \textcircled{4} 50 & \textcircled{5} 55 \end{array}$$

（4）使用する鋼材の縦弾性係数 $E = 206\text{ GPa}$ およびポアソン比 $\nu = 0.3$ として、内圧を受けるタンクの半径方向変位 u を計算し、最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

〔数値群〕 単位：mm

$$\begin{array}{ccccc} \textcircled{1} 2.5 & \textcircled{2} 3.7 & \textcircled{3} 4.5 & \textcircled{4} 5.5 & \textcircled{5} 7.7 \end{array}$$

[4. 材料・加工分野]

1

次の文章（1）～（10）は種々の鉄鋼材料について記述したものである。空欄【A】～【J】に最適と思われるものを下記の〔語句群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】～【J】にマークせよ。ただし、重複使用は不可である。

- (1)【A】は、クロム (Cr) を 11% 以上含有する鋼で、金属組織の違いによって、オーステナイト系、マルテンサイト系、フェライト系などに分類される。
- (2)【B】は、転がり軸受に使用されるもので、通称ペアリング鋼ともよばれている。
- (3)【C】は、加工精度を重視する場合によく使用されるもので、合金元素としてイオウ (S) が添加されている。
- (4)【D】は、絞り加工など塑性加工用のもので、JIS では SPCC (一般用)、SPCD (絞り用)、SPCE (深絞り用) の 3 種類がある。
- (5)【E】は、通常 SS 材とよばれているもので、JIS では引張強さによって分類されており、最も一般的なものは SS400 である。
- (6)【F】は、0.12～0.50% の炭素の他に、クロム (Cr) など種々の合金元素を適量添加したものの、高張力ボルトなどに使用されている。
- (7)【G】は、ドリルやバイトなど切削工具によく使用されているもので、JIS では SKH で表示されており、通称ハイスともよばれている。
- (8)【H】は、化学成分だけでなく、焼入れした際の表面から内部への硬さ推移まで保証したものである。主な用途は肉厚の大型部品であり、通称 H 鋼ともよばれている。
- (9)【I】は、各種工具類に使用されるもので、JIS では SK で表示されて、その後に炭素量を示す数字が付記されている。例えば、SK85 の炭素量は 0.80～0.90% である。
- (10)【J】は、0.10～0.60% の炭素を含有するもので、通称 SC 材とよばれており、S と C の間に二けたの数字が表示されている。なお、この数字は規定されている炭素量の中間値を示している。

〔語句群〕

- ① 一般構造用圧延鋼材 ② 冷間圧延鋼板・鋼帯 ③ 熱間圧延鋼板・鋼帯
④ 機械構造用炭素鋼鋼材 ⑤ 機械構造用合金鋼鋼材 ⑥ 冷間圧造用合金鋼鋼材
⑦ 快削鋼鋼材 ⑧ 高炭素クロム軸受鋼鋼材 ⑨ 炭素工具鋼鋼材
⑩ 合金工具鋼鋼材 ⑪ 高速度工具鋼鋼材 ⑫ ステンレス鋼棒
⑬ ばね鋼鋼材 ⑭ 焼入性を保証した構造用鋼鋼材

2

次の表は、各種硬さ試験法の測定原理と JIS による硬さの表示例を示したものである。個々の硬さ試験法について、測定原理の欄（【 A 】～【 E 】）については〔原理群〕の中から、JIS による硬さの表示例の欄（【 F 】～【 J 】）については〔表示群〕の中から、最も適切なものを一つずつ選び、その番号を解答用紙の解答欄にマークせよ。ただし、重複使用は不可である。

表 各種硬さ試験法の測定原理と JIS による硬さの表示例

硬さ試験法	測定原理	JIS による硬さ表示例
ブリネル硬さ試験	【 A 】	【 F 】
ビックカース硬さ試験	【 B 】	【 G 】
ロックウェル硬さ試験	【 C 】	【 H 】
ショア硬さ試験	【 D 】	【 I 】
ヌープ硬さ試験	【 E 】	【 J 】

〔原理群〕

- ① 円すい形ダイヤモンドまたは鋼球の圧子を表面に押し込み、永久くぼみ深さを測定する。
- ② 対りょう角が 172.5° 及び 130° で底面がひし形のダイヤモンド圧子を表面に押し込み、その永久くぼみの長いほうの対角線長さを測定する。
- ③ 正四角すいのダイヤモンド圧子を表面に押し込み、その永久くぼみの対角線長さを測定する。
- ④ 三角すいのダイヤモンド圧子を表面に押し込み、その永久くぼみ深さを測定する。
- ⑤ 超硬合金球の圧子を表面に押し込み。その永久くぼみの直径を測定する。
- ⑥ 鋼球の圧子を表面に押し込み、永久くぼみの表面積を測定する。
- ⑦ ダイヤモンドハンマーを一定の高さから落下させ、その跳ね上がり高さを測定する。

〔表示群〕

- | | | | |
|---------|---------|---------|----------|
| ① 30HS | ② 600HV | ③ 60HF | ④ 300HBW |
| ⑤ 600HK | ⑥ 60HRC | ⑦ 600HN | |

3

機械加工は除去機構の観点から強制（切込み）加工法と選択的圧力加工法に分類できる。前者は切込みを与えることで精度を得るものであり、後者は相対する面の圧力の高い部分を除去していくことで精度を確保する加工法である。以下の加工精度に関する説明文は主にどちらに属するものか、強制加工法に関する事項には①を、選択的圧力加工法に関するものは②を解答用紙の解答欄【A】～【N】にマークせよ。

- 【A】工作物に対して一定量の切込みを与えて削り取ることで寸法精度が決まる。
- 【B】工具または工作物に負荷を与えるながら相対運動をさせることによって工作物を削り取るもので加工量（削り取り量）や加工精度は、加工距離や加工時間に依存する。
- 【C】角形砥石を工作物の円筒内面に押し付け、回転運動と往復運動を与えながら軸方向に移動させることで高精度な仕上げ面を得る加工法がホーニングである。
- 【D】加工精度に対してアップベの法則が成り立つ。
- 【E】定盤など高精度な平面を加工するためには3面すり合わせ法が用いられる。
- 【F】旋盤で高精度な円筒を加工するためには、高精度な回転精度の主軸と直線案内を有することが最低限必要となる。
- 【G】精密加工を目指すには、切削加工では鋭利な切れ刃を有する工具で切込み、送りを小さくして加工を行い、研削加工では砥粒の粒度を小さく、切込み深さを小さくして加工する。
- 【H】工具の形状精度や工具保持剛性が保持されていれば、加工精度の確保は比較的容易である。
- 【I】工具（ラップ）と工作物の間に微細な砥粒を入れ、工作物をラップに押し付けながら相対運動をさせることで精度の高い平滑な面を仕上げる加工法がラッピングである。
- 【J】工具摩耗が加工精度を確保するために重要な要因となる。
- 【K】工具と工作物の両者が摩耗することで、両者が同時に精度が向上していくため高精度な加工物が得られることが期待される。
- 【L】工作機械の精度が加工物に直接影響を与えるという母性原則が成立する。
- 【M】回転する円筒外周面に角形砥石を押し付けながら、振動を与えて仕上げる加工法が超仕上げである。
- 【N】加工機械のコストは比較的低く、その維持管理も容易である。

4

工作機械などの加工機械においては、軸受と軸や容器のふたの隙間から流体や気体が漏れることを防ぐためにシール（密封装置）が用いられている。以下の文章はシールについて述べたものである。文章中の空欄【 A 】～【 J 】に最適と思われる語句を下記の〔語句群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【 A 】～【 J 】にマークせよ。ただし、語句の重複使用は不可である。

- (1) シールの役割は、機械装置から【 A 】など流体の外部漏洩を防止するだけでなく、外部からの【 B 】や水分などが装置内に侵入することを防ぐことである。
- (2) シールにおいて、一般的に回転や往復運動する場所に用いられるシールを【 C 】と呼び、静止部分に使われる固定されたシールを【 D 】と呼んでいる。
- (3) 運動部に用いられるシールは運動面に接触する接触型シールとわずかな隙間を有する非接触型に分類できる。接触型は【 E 】は優れるが、動作時の摩擦やそれに伴う温度上昇が大きくなる。非接触型は摩擦の影響がほとんどないので、【 F 】の時などに有利である。
- (4) 【 G 】は機械部品の回転軸部分に使用する接触型のシールであり、合成ゴムや金属でできている。回転する軸などとは弾性体で接触することでオイルが漏れることを防いでいる。
- (5) 【 H 】も回転部に使用される接触型シールで、回転軸に固定された回転リングと固定部に取り付けられた固定リングの端面がコイルばねと流体圧で押し付けられ接触して封印する構造である。この面は封印した流体で潤滑されてスムーズに回転できる。構造が複雑であるが、両リングはコイルばねで一定の力で押し付けられているために、増し締めなどのメンテナンスが不要である。
- (6) 運動部に用いられる非接触型シールに属する【 I 】は、回転軸と固定部の間に凹凸の隙間を何段も設けることで徐々に漏れる圧力を低下させる原理であるが、構造上漏れを完全に防ぐことはできない。
- (7) 配管のフランジなどボルトで固定されている静止部分に使われるシールには、その材質によって様々なものがあるが、金属製のものと紙、ゴム、プラスチックなどで作られている非金属製のものに大別される。金属製は強度や【 J 】に優れているために過酷な環境下での使用に適している。

〔語句群〕

- ① パッキン ② ラビリンスシール ③ 粉塵 ④ 耐熱性
⑤ オイルシール ⑥ 潤滑剤 ⑦ 密封性 ⑧ 高速回転
⑨ ガスケット ⑩ メカニカルシール

〔6. 環境・安全分野〕

1

次の（1）～（5）の文章は、それぞれ環境関連のキーワードについて解説したものである。以下の設問の空欄【A】～【J】を埋めるのにもっとも適切な語句を下記の〔語句群〕より一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】～【J】にマークせよ。

- (1) 地球の気温上昇を抑えるため、温暖化ガスの排出量を実質ゼロにすることを【A】という。温暖化ガス削減目標では、世界の主要な国で2050年において【A】とする目標を定めている。日本でも最近同様の目標を定めたが、2030年には従来の目標である2013年度比26%を大幅に上回る46%削減を目標としている。このため、低炭素から脱炭素への動きが加速され、省エネの強化が求められるとともに、二酸化炭素排出に値段を付けて企業などに削減を促す【B】についても検討が始まった。
- (2) 陸から海に流出するマイクロプラスチックの量が世界中で増えており、2050年には海のプラスチックの重量は世界中の魚の重量と同じになると言われている。マイクロプラスチックの影響としては、生物が窒息したり栄養を取れなくなることによる物理的な影響と有害化学物質の吸着による化学的影響と考えられる。プラスチックは海の中で波浪や【C】等の影響により細かくなり、マイクロプラスチックになってゆく。なお、マイクロプラスチックとは、大きさが【D】以下のものとされている。
- (3) 温暖化ガスの排出量を削減するには、石油や石炭等の化石燃料から再生可能エネルギーである太陽光発電や【E】、地熱発電等を増やしていく必要がある。最近は、石炭火力発電所で石炭の代わりに一部【F】を燃焼させて二酸化炭素を減少させることも検討されている。
- (4) SDGsとは、【G】が定めた2015年から2030年にかけての持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals)の略である。このアジェンダ(行動計画)は私たち人間と人間が暮らす母なる地球のための行動計画で、この中で出された具体的な目標がSDGsである。SDGsには環境、社会、経済に視点をおいた【H】のゴール(目標)とそれぞれの下に、より具体的な169のターゲット(達成基準)がある。
- (5) 石綿(アスベスト)は、自動車のブレーキパッドや【I】等に使用されていたが、昭和50年に原則禁止とされた。石綿の纖維は、肺線維症(じん肺)、悪性中皮腫の原因と言われ、【J】を起こす可能性があることが知られている。また、発症までの潜伏期間が長いという特徴がある。

〔語句群〕

- ① カーボンプライシング ② カーボンフットプリント ③ カーボニュートラル
④ 紫外線 ⑤ 風雨 ⑥ 0.5mm ⑦ 5mm ⑧ 原子力発電
⑨ 風力発電 ⑩ アンモニア ⑪ 天然ガス ⑫ W H O ⑬ 国連
⑭ 8 ⑮ 17 ⑯ 断熱材 ⑰ 緩衝材 ⑱ 結核
⑲ 肺がん

2

「機械安全」に関する次の文章の空欄【A】～【J】を埋めるのに最も適切な語句を、下記の〔語句群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】～【J】にマークせよ。ただし、重複使用は不可である。

機械の安全設計を進めるためには安全とリスクの意味をよく理解することが大切である。安全とは、リスクを【A】なレベルまで低減することであり、リスクとは以下の式で表される。

$$\text{リスク} = \text{危害の発生確率} \times \text{【B】}$$

機械安全の国際規格 ISO 12100 (JIS B 9700) は、設計者が安全な機械を設計するためには、機械安全の取り組みを、設計の初期段階から「安全のための技術原則」にのっとり実施することを規定している。すなわち、【C】の実施と、それに基づくリスク低減方策の実施である。

1. リスクアセスメントの実施

リスクアセスメントの実施手順は、まずリスク（【D】、有害性）の洗い出し、次にリスクの推定・評価、最後にリスク低減対策の優先度の決定となる。

2. リスク低減方策の実施

リスクアセスメントの結果、リスクが大きすぎて許容可能といえない場合には、リスク低減方策を実施しなければならない。現在の国際安全規格では、実施すべきリスク低減方策の順番をきめており、通常【E】と言われる。

一番最初にやるべきリスク低減方策は【F】と呼ばれる方策で、「設計によるリスク低減」策とも呼ばれる。これは、設計の段階で危険の度合いが小さくなるように初めから設計しないということである。

【F】の基本は、以下の3つに分類される。

- 【D】の除去
- 危害のひどさの低減
- 危害の【G】の低減

しかし、機械の機能上、【D】は残ってしまう。その場合には、2番目のステップとして安全保護方策を施す。具体的には、【H】や防護装置をつけることである。

安全保護策を施しても、まだ十分にリスクが下げられない場合がある。その場合には3番目のステップとして【I】によるリスクの低減になる。

リスクは、いくら下げても必ず【J】と呼ばれるリスクが残る。これについては、警告表示や取扱説明書への記載などで知らせることになる。

〔語句群〕

- | | | | |
|-------------|-------------|----------|--------|
| ① 使用上の情報 | ② 残留リスク | ③ 危害の程度 | ④ 発生確率 |
| ⑤ 3ステップメソッド | ⑥ 危険源 | ⑦ 本質安全設計 | ⑧ 安全装置 |
| ⑨ 受容可能 | ⑩ リスクアセスメント | | |