

令和1年度

**機械設計技術者試験**

**2級 試験問題Ⅱ**

第2時間 12：40～14：40（120分）

- 3. 機械力学
- 5. 熱工学
- 6. 制御工学
- 9. 機械製図（記述式解答用紙に解答すること）
- 11. 環境・安全

令和1年11月17日実施

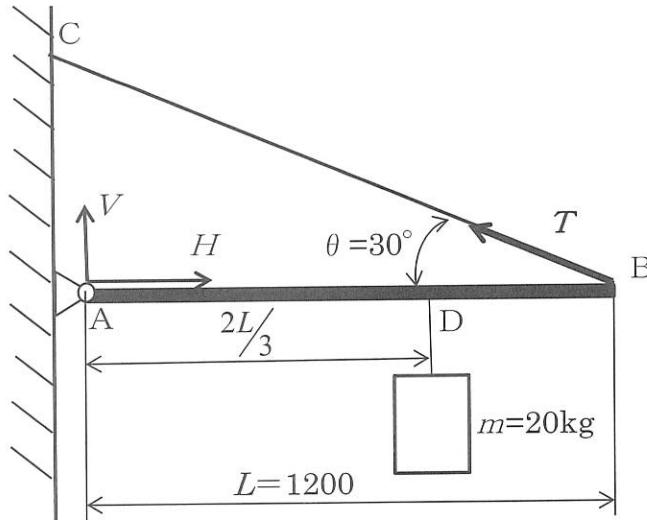
主催：一般社団法人 日本機械設計工業会

### [3. 機械力学]

1

図は、はりABが一端A点を回転自由に支持されていて、他端B点をロープで吊って水平に保たれている状態を示している。はりABのD点に、質量mの物体を吊した。ロープとのなす角度θは、 $30^\circ$ である。支点Aに生ずる反力の水平分力をH、垂直分力をVとする。以下の設問(1)～(4)に答えよ。

ただし $m = 20\text{ kg}$ 、 $L = 1200\text{ mm}$ 、重力加速度を $g = 9.8\text{ m/s}^2$ とする。



(1) ロープに生ずる張力  $T[\text{ N}]$  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〕

- ① 234.2    ② 252.1    ③ 261.3    ④ 274.5    ⑤ 283.2

(2) 支点Aに生ずる反力の水平成分力  $H[\text{ N}]$  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〕

- ① 226.3    ② 242.2    ③ 248.2    ④ 275.1    ⑤ 284.5

(3) 支点Aに生ずる反力の垂直成分力  $V[\text{ N}]$  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【C】にマークせよ。

〔数値群〕

- ① 25.1    ② 34.2    ③ 44.5    ④ 65.4    ⑤ 75.5

(4) 支点Aに生ずる反力  $[\text{ N}]$  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【D】にマークせよ。

〔数値群〕

- ① 235.6    ② 244.5    ③ 252.1    ④ 424.5    ⑤ 823.2

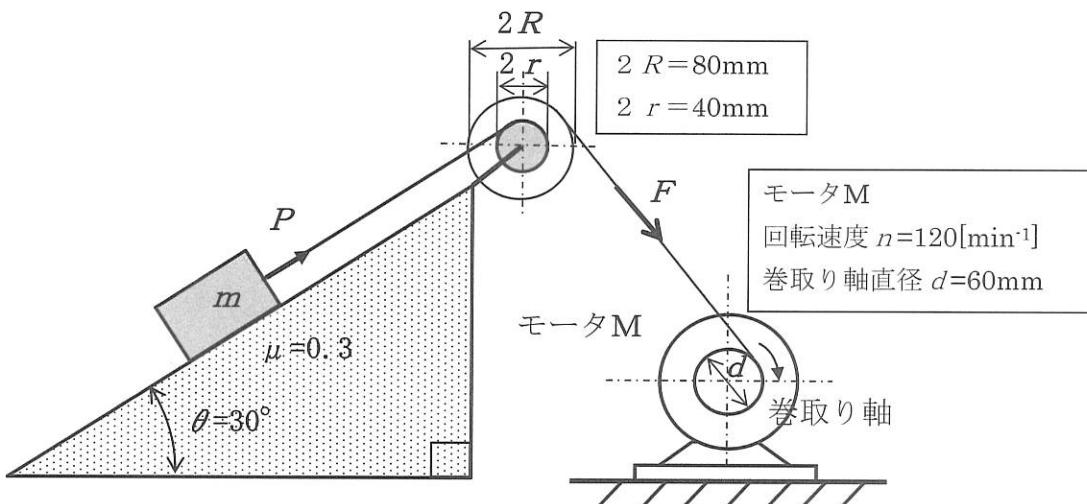
2

図は、傾斜角度  $30^\circ$  の斜面に置かれている質量  $m = 10\text{kg}$  の物体を、輪軸を使ってモータMにより、引き上げようとする状態を示している。

斜面と物体  $m$  との摩擦係数  $\mu$  は 0.3 とする。輪軸の外側円柱の直径  $2R$  を 80mm、内側円柱の直径  $2r$  を 40mm とする。ただし輪軸の円柱とロープとの摩擦は、すべて無視できるとする。重力加速度を  $g = 9.8\text{m/s}^2$  とする。

モータMの仕様は、回転速度  $n = 120[\text{min}^{-1}]$ 、巻取り軸直径  $d = 60\text{mm}$  である。

以下の設問 (1) ~ (5) に答えよ。



(1) 斜面に沿って上方へ引上げるために必要な力  $P[\text{N}]$  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〕

- ① 24.5      ② 34.2      ③ 52.1      ④ 74.5      ⑤ 83.2

(2) 輪軸を使って物体を引上げる力  $F[\text{N}]$  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〕

- ① 12.3      ② 18.3      ③ 25.3      ④ 37.2      ⑤ 42.6

(3) 上記の力  $F$  で巻き取る際に、モータの巻取り軸に生ずるトルク  $T[\text{N}\cdot\text{m}]$  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【C】にマークせよ。

〔数値群〕

- ① 1.1      ② 1.5      ③ 2.1      ④ 3.5      ⑤ 4.2

(4) この時のモータの巻取り軸の周速度  $v$  [ m / s ] 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【D】にマークせよ。

〔数値群〕

- ① 0.13      ② 0.38      ③ 0.42      ④ 0.56      ⑤ 0.83

(5) 巻き上げるために必要とするモータの動力  $L$  [ W ] 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【E】にマークせよ。

〔数値群〕

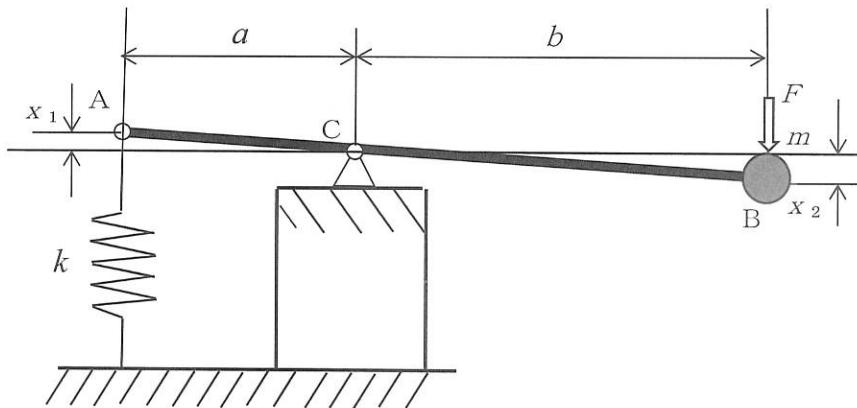
- ① 12.2      ② 14.0      ③ 21.2      ④ 25.1      ⑤ 28.6

3

図に示す棒 A B は、左端 A 点にはね定数  $k$  のばねが、右端 B 点に質量  $m$  の物体が取り付けられて水平となっている。

今、右端 B 点に力  $F$  を作用させたとする。A 点が  $x_1$ 、右端 B 点が  $x_2$  変位した。

棒 A B の等価ばね定数を  $k_e$  とする。以下の設問 (1) ~ (4) に答えよ。



(1) C 点回りのモーメントのつり合い式を、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〕

$$\textcircled{1} \ a \cdot kx_2 - b \cdot k_e x_1 = 0 \quad \textcircled{2} \ a \cdot kx_1 - b \cdot k_e x_2 = 0 \quad \textcircled{3} \ a \cdot k_e x_1 - b \cdot kx_2 = 0$$

$$\textcircled{4} \ b \cdot kx_2 - a \cdot k_e x_1 = 0 \quad \textcircled{5} \ b \cdot k_e x_1 - a \cdot kx_2 = 0$$

(2)  $x_1$  と  $x_2$  の関係を、てこの長さ  $a$ 、 $b$  で表す式を下記の〔数式群〕から一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \ \frac{x_1}{x_2} = \frac{b}{2a} \quad \textcircled{2} \ \frac{x_1}{x_2} = \frac{2a}{b} \quad \textcircled{3} \ \frac{x_1}{x_2} = \frac{a}{b} \quad \textcircled{4} \ \frac{x_1}{x_2} = \frac{b}{a} \quad \textcircled{5} \ \frac{x_1}{x_2} = \frac{a}{2b}$$

(3) 以上から、等価ばね定数  $k_e$  を表す式を下記の〔数式群〕から一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \ k \left( \frac{a}{b} \right)^2 \quad \textcircled{2} \ k \left( \frac{b^2}{a} \right) \quad \textcircled{3} \ k \left( \frac{a}{b} \right) \quad \textcircled{4} \ k \left( \frac{b}{a^2} \right) \quad \textcircled{5} \ k \left( \frac{b}{a} \right)^2$$

(4) この棒の固有振動数  $f_n$  を表す式を、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【D】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \quad \frac{1}{2\pi} \left( \frac{a}{b} \right)^2 \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\textcircled{2} \quad 2\pi \left( \frac{a}{b} \right) \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{1}{2\pi} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\textcircled{4} \quad 2\pi \left( \frac{b}{a} \right) \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{1}{2\pi} \left( \frac{a}{b} \right) \sqrt{\frac{k}{m}}$$

## [5. 热工学]

1

次の文章(1)、(2)は自動車の熱機関に関して述べた問題である。それぞれの手順の空欄【A】～【H】に当てはまる最も適切な数値、または記号を〔選択群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】～【H】にマークせよ。

- (1) 自動車のエンジンが動力  $P = 50 \text{ kW}$ 、熱効率  $\eta = 25\%$ で定常的に作動しているとする。このとき、エンジンが 1 時間で消費する燃料の質量  $m [\text{kg}]$  を求めよ。ただし、燃料の燃焼による発熱量は  $4.5 \times 10^4 \text{ kJ/kg}$  とする。

手順

熱機関の熱効率  $\eta$  は  $(\text{仕事 } L[\text{kJ}]) / (\text{受熱量 } Q[\text{kJ}])$  で定義されるが、定常的であり、1 秒間当たりの受熱量を  $Q_1[\text{kW}]$  とすると、 $\eta = P/Q_1$  で求められ、 $Q_1 = 【A】[\text{kW}]$  となる。したがって、1 時間で消費する燃料の質量を  $m [\text{kg}]$  とすると、その受熱量は  $m \times 4.5 \times 10^4 [\text{kJ}]$  となり、 $m \times 4.5 \times 10^4 [\text{kJ}] = 【A】[\text{kW}] \times 【B】[\text{s}]$  で求められ、 $m = 【C】[\text{kg}]$  が得られる。

- (2) 热機関の燃焼側の温度が  $727^\circ\text{C}$ 、外気側の温度が  $27^\circ\text{C}$  のとき、可逆カルノーサイクルで運転されていると仮定した場合、上記(1)と同じだけ燃料が使用されたときの熱効率はどれだけになるか。

手順

熱機関の動力を  $P[\text{kW}]$ 、熱効率を  $\eta$  で表し、燃料の 1 秒当たりの熱機関の受熱量を  $Q_1 [\text{kW}]$ 、外気に捨てる熱量を  $Q_2[\text{kW}]$ 、燃焼側の温度を  $T_1[\text{K}]$ 、外気側の温度を  $T_2 [\text{K}]$  とすると、カルノーサイクルでは  $Q_2/Q_1 = 【D】/【E】$  が成り立ち、この式から  $Q_2[\text{kW}]$  を求めることができる。したがって、熱力学第 1 法則より、 $P = 【F】-【G】$  が成り立ち、 $\eta$  の定義から  $\eta = 【H】\%$  となり、設問(1)より極めて高い熱効率となることがわかる。

〔選択群〕

- |         |         |          |         |       |
|---------|---------|----------|---------|-------|
| ① 15    | ② 30    | ③ 50     | ④ 70    | ⑤ 100 |
| ⑥ 200   | ⑦ 3600  | ⑧ $\eta$ | ⑨ $m$   | ⑩ $P$ |
| ⑪ $Q_1$ | ⑫ $Q_2$ | ⑬ $T_1$  | ⑭ $T_2$ |       |

2

次の文章は熱交換器について述べた問題である。手順の空欄に当てはまる最も適切な数値、数式または語句を【選択群】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。

内管側に内径 50mm、長さ 1m の銅管を何本か挿入した、一パスの多管式熱交換器（二重管式と同じと考えてよい）を設計したい。内管側は 700K で流量 3kg/s の油を流し、胴側（外管側）に流量 2kg/s の水を流すことで 300K から 310K 近くまで加熱するものとする。この場合に、向流形としたときの内管の本数を求めよ。ただし、油の比熱は  $C_{pa} = 1.1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、水の比熱は  $C_{pb} = 4.2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  とする。また、伝熱面積は内径を基準とし、内管から胴側への熱通過（熱貫流）による熱通過率（熱貫流率） $k$  は  $0.400 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  とする。

### 手順

内管側の油の入口温度を  $T_{a1}$ 、出口温度を  $T_{a2}$ 、流量を  $m_a [\text{kg}/\text{s}]$  とし、胴側の水の入口温度を  $T_{b1}$ 、出口温度を  $T_{b2}$ 、流量を  $m_b [\text{kg}/\text{s}]$  とすると、油から水への全伝熱量  $Q$  は熱収支から

$$Q = m_a C_{pa} (T_{a1} - T_{a2}) = m_b C_{pb} (\text{【A】})$$

が成り立ち、この式からまず  $Q$  を求めると【B】[kW] が得られ、さらに、同じ式から油の出口温度  $T_{a2}$  が求められ、 $T_{a2} = \text{【C】}[K]$  が得られる。さらに、内管から胴側への熱通過率  $k$  および伝熱面積を  $F [\text{m}^2]$  とすると内管側から胴側への伝熱量  $Q$  は

$$Q = kF \Delta T_{lm}$$

が成り立つ。ここで、 $\Delta T_{lm}$  は対数平均温度差であり、

$\Delta T_{lm} = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln (\Delta T_1 / \Delta T_2)$  で求められる。（ln は自然対数を意味する）

ここで、 $\Delta T_1$  および  $\Delta T_2$  は油の入口および出口の位置における、水の入口または出口とのそれぞれの温度差であり、並流式と向流式で異なり、本設問の向流式では

$$\Delta T_1 = T_{a1} - \text{【D】}, \Delta T_2 = T_{a2} - \text{【E】}$$

となる。上式に与えられた数値を代入すると、 $\Delta T_1 = \text{【F】}[K], \Delta T_2 = \text{【G】}[K]$  となり、これらを代入することにより  $\Delta T_{lm} = \text{【H】}[K]$  が得られ、この値から、伝熱面積  $F = \text{【I】}[\text{m}^2]$  が求められる。

内径 50mm、長さ 1m の銅管が用いられており、1 本の伝熱面積（管の内径基準の表面積）は  $\pi d L = 3.14 \times 0.05 \times 1 = 0.157[\text{m}^2]$  となり、【J】本以上の銅管が必要であることがわかる。

### 【選択群】

- |        |            |            |                     |                     |
|--------|------------|------------|---------------------|---------------------|
| ① 0.55 | ② 3        | ③ 4        | ④ 5                 | ⑤ 5.5               |
| ⑥ 80   | ⑦ 100      | ⑧ 375      | ⑨ 385               | ⑩ 390               |
| ⑪ 700  | ⑫ $T_{b1}$ | ⑬ $T_{b2}$ | ⑭ $T_{b1} - T_{b2}$ | ⑮ $T_{b2} - T_{b1}$ |

## [6. 制御工学]

1

制御用モータに関して述べた次の文章の空欄【A】～【L】に最も適切な語句を下記の〔語句群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】～【L】にマークせよ。ただし、重複使用は不可である。

駆動用に使われる代表的なモータとしてステッピングモータとサーボモータの二つがあり、どちらも運動の制御や高精度の位置決めに適したモータである。ステッピングモータは、一定【A】ずつ階段状に回転するモータであり、モータを駆動・制御する装置へ入力される【B】の周波数に【C】してモータの回転軸が回転し、【D】方式で制御されるため、センサが無くとも容易に機械の位置や速度の制御ができる。しかし、モータへの過負荷や急な速度変化の際、入力【B】とモータ回転との同期が失われる【E】現象を生ずる欠点を持つ。

一方、サーボモータは【F】を搭載し、制御信号が【G】方式で制御され、その性能指標は【H】の値で表される。サーボモータのうち、DC サーボモータは、【I】の交換などのメンテナンスを必要とするが、負荷が一定であれば電圧の大きさやその正負を変えるだけで、速度や回転方向が容易に変えられ、特性を安定させやすく、【J】制御の性能に優れている。

高速性と、急加速や停止性能が要求される場合には、一般的に【K】が使われる。しかし、機構の剛性や負荷条件などにもよるが、短い距離の短時間位置決めするときは、【L】の方が適する場合もある。

### 〔語句群〕

- |          |           |             |            |
|----------|-----------|-------------|------------|
| ① エンコーダ  | ② オープンループ | ③ 角度        | ④ クローズドループ |
| ⑤ サーボモータ | ⑥ ブラシ     | ⑦ ステッピングモータ | ⑧ 脱調       |
| ⑨ トルク    | ⑩ パワーレート  | ⑪ パルス信号     | ⑫ 反比例      |
| ⑬ 比例     |           |             |            |

2

制御では、システムの特性を把握する方法として「過渡応答法」と「周波数応答法」があり、どちらの系も伝達関数に基づく応答である。系の安定性や速応性などの制御特性は、それらの応答から得られる特性指標によって評価される。

伝達関数  $G(s) = \frac{10}{2s^2 + 5s + 10}$  で与えられるシステムについて、次の設問(1)～(4)に答えよ。

(1) この系の減衰係数  $\zeta$  を計算し、最も近い値を下記の〔数値群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数値群〕

- ① 0.35    ② 0.4    ③ 0.56    ④ 0.78    ⑤ 0.91    ⑥ 1.02    ⑦ 1.23    ⑧ 1.34

(2) この系のピークゲイン  $M_p$  を計算し、最も近い値を下記の〔数値群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔参考〕  $\omega_n$  を固有角周波数とすると、ピーク角周波数  $\omega_p$  は

$$|G(j\omega)| = \frac{\omega_n^2}{\sqrt{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4(\zeta\omega_n\omega)^2}}$$

の最大値、すなわち  $\frac{d|G(j\omega)|}{d\omega} = 0$  より、 $\omega_p = \omega_n\sqrt{1 - 2\zeta^2}$  と求まる

〔数値群〕

- ① 1.08    ② 1.58    ③ 2.16    ④ 2.98    ⑤ 3.54    ⑥ 4.22    ⑦ 4.94    ⑧ 5.53

(3) 設問(2)で求めたピークゲイン  $M_p$  は、何の制御特性を評価する指標となるか。「安定性」の場合は番号①、「速応性」の場合は番号②を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

(4) 制御系の解析・設計では、周波数応答で得られた制御特性を過渡応答の制御特性に変換して評価することも多い。設問(2)で求めたピークゲイン  $M_p$  の値から過渡応答法の整定時間  $T_s$ [s] を求めるといふくなるか。以下、〔参考〕の式を利用して計算し、最も近い値を下記の〔数値群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

〔参考〕 過渡応答法の整定時間  $T_s$  は

$$T_s = \frac{3}{\zeta\omega_n}$$

で求めることができる。

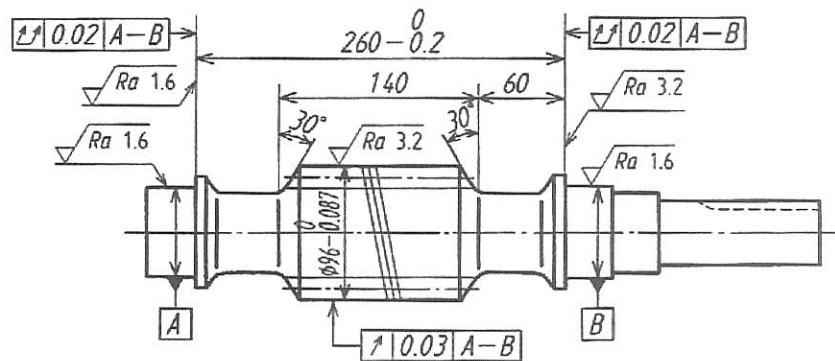
〔数値群〕 単位:s

- ① 1.3    ② 1.8    ③ 2.4    ④ 2.8    ⑤ 3.3    ⑥ 3.7    ⑦ 4.1    ⑧ 4.6

## [9. 機械製図]

1

次に示す図は、ウォーム軸の例である。文章（1）～（4）の空欄【A】～【L】に対応した適切な用語、数値を解答用紙の解答欄【A】～【L】に記入せよ。



- (1) 図の幾何公差記号 (  $\triangle$  ) の特性記号を【A】、(  $\triangle$  ) の特性記号を【B】という。  
また正方形で囲まれた ( [ ] ) の線に施された三角記号の名称を【C】という。幾何公差枠内に記入された (0.02)、(0.03) の数値は、【A】、【B】の公差をそれぞれ【D】、【E】以内におさめるという記入で、同じ枠内 ([ A - B ]) は A、B の【F】を示すものである。
- (2) 表面性状を表す記号 (  $\nabla^{Ra\ 1.6}$  ) の Ra は【G】を示すものである。
- (3) ウォームのねじれ方向は【H】である。
- (4) ウォームの材質は S48C であり、【I】鋼材を示す。第 1 位の S は【J】を、第 2 位の 48 の数値は炭素含有量約【K】%を、第 3 位の C は【L】を示す。

**2**

投影図において、文章（1）～（4）の空欄【A】～【E】に対応した適切な用語を解答用紙の解答欄【A】～【E】に記入せよ。

（1）第三角法の投影図の配置において、正面図を基準とした場合、平面図は【A】側に配置し、下面図は【B】側に配置する。

（2）尺度の種類には、現尺、縮尺、【C】の3種類がある。

（3）斜面部がある対象物で、その斜面の実形を表す必要がある場合には、斜面に対向する位置に【D】投影図によって表すのがよい。

（4）図の一部を示せば足りる場合には、その必要な部分だけを【E】投影図によって表すのがよい。この場合、省いた部分との境界を破断線で示す。

**3**

寸法記入法において、下記の文章の【A】～【H】に対応した適切な用語、記号を解答用紙の解答欄【A】～【H】に記入せよ。

（1）図面に  $8 \times 12$  キリと表示されている場合、8は【A】を表し、12は【B】を表している。また、キリとは【C】を表している。

（2）起点記号（○）を用い、1本の連続した寸法線によって簡便に寸法記入する方法を【D】という。

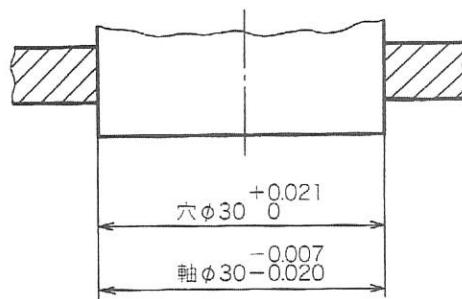
（3）寸法補助記号で板の厚さを表す場合、寸法数値の前に同じ大きさの記号【E】を記入する。また、コントロール半径の場合は、記号【F】を記入する。

（4）穴の表し方で“”は【G】を表し、“”は【H】を表している。

4

次に示す図は、組み立てた部品に許容限界を示した例である。文章の【A】～【J】に対応した適切な用語、数値を解答用紙の解答欄【A】～【J】に記入せよ。

穴の図示サイズは【A】、穴の上の許容サイズは【B】、下の許容サイズは【C】、サイズ公差は【D】である。また軸の上の許容サイズは【E】、下の許容サイズは【F】、サイズ公差は【G】である。このはめあいは【H】ばめで、最大すきまは【I】、最小すきまは【J】である。



5

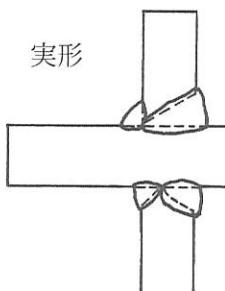
次に示す溶接の記号を解答用紙の図に示せ。

(1) すみ肉溶接

レ形開先溶接

レ形開先溶接

J形開先



実形の破線は溶接前の開先を示す

(2) 突合せ溶接

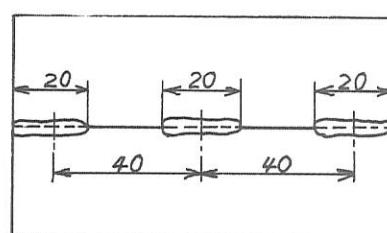
断続溶接

溶接長さ 20mm

溶接数 3

溶接の中心間隔 40mm

実形



実形の破線は溶接前の形状を示す

## [11. 環境・安全]

1

次の【A】～【J】の文章は、それぞれ環境関連のキーワードを解説したものである。最も関係の深い語句を下記の〔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。

【A】天然に産する纖維状けい酸塩鉱物で、スレート材、ブレーキ、断熱材、保温材などで使用された。纖維が極めて細いため、飛散して人が吸入し、肺線維症（じん肺）、悪性中皮腫等を発症するおそれがある。

【B】国連が定めた2016年から2030年までに世界が達成すべき持続可能な開発目標。貧困や健康、女性、環境などに関する17の目標と、169のターゲットが定められている。

【C】企業と社会が持続可能な発展をしていくために、地球環境と調和した企業経営を行うという考え方。

【D】ある製品・サービスのライフサイクル全体（資源採取一生産一流通・消費一廃棄・リサイクル）またはその特定段階における環境負荷を定量的に評価する手法。

【E】絶滅のおそれのある野生生物の種のリスト。

【F】1988年に国連環境計画と世界気象機関により設立された組織。人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的としている。

【G】化粧品や歯磨き粉などに使用される微小なプラスチック粒子。海洋マイクロプラスチック汚染の原因の一つになっている。

【H】電気・電子機器などへの化学物質の使用制限に関するEUの法律。水銀、鉛、ポリ臭化ビフェニル等の有害物質について規制値が定められている。

【I】水銀の一次採掘の禁止から水銀添加製品や製造工程、大気への排出、水銀廃棄物に係る規制に至るまで、水銀が人の健康や環境に与えるリスクを低減するための包括的な規制を定める条約。

【J】2020年からの温暖化対策に関する国際条約。21世紀末までの地球の気温上昇を2℃未満に抑え、できれば1.5℃よりも抑える努力を求めている。

〔語句群〕

- |           |          |                 |
|-----------|----------|-----------------|
| ① 環境経営    | ② 水俣条約   | ③ ライフサイクルアセスメント |
| ④ RoHS 指令 | ⑤ 石綿     | ⑥ パリ協定          |
| ⑦ マイクロビーズ | ⑧ レッドリスト | ⑨ IPCC          |
| ⑩ SDGs    |          |                 |

2

「機械安全」に関する次の文章の空欄【A】～【J】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】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。

$$\text{リスク} = \text{【B】} \times \text{危害の程度}$$

機械安全の国際規格【C】(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【D】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、【E】の実施と、それに基づく【F】の実施である。

ここに、機械安全の規格に基づき安全設計の手順をまとめると

#### 1.【E】の実施手順

- ① リスク（危険源、【G】）の洗い出し
- ② リスクの推定・評価
- ③ リスク低減対策の優先度の決定

#### 2.【F】の実施手順（JIS B 9700 では3ステップメソッドと言う）

- ①【H】…危険源を除去し機械そのものを本質的に安全化する。
- ②安全保護方策…設計で除去できなかったリスクを、安全保護方策（各種ガード）や付加保護方策（非常停止装置など）で除去する。
- ③【I】…それでも除去できないリスクは、使用者へ情報として提示し、対策してもらう。例えば機械に表示する「【J】」、「取扱説明書」など。

機械設計者は以上の手法に基づき、機械そのものを安全化し、同時に使用者側を支援し、両者の連携を密にして機械安全の推進を図るべきである。

#### 〔語句群〕

- |             |             |           |
|-------------|-------------|-----------|
| ① リスクアセスメント | ② ISO 12100 | ③ 使用上の情報  |
| ④ 警告表示      | ⑤ リスク低減方策   | ⑥ 受忍可能な   |
| ⑦ 初期段階      | ⑧ 本質安全設計    | ⑨ 危害の発生確率 |
| ⑩ 有害性       |             |           |

