

平成30年度
機械設計技術者試験
2級 試験問題Ⅱ

第2時限 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

平成30年11月18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 下図は、巻上機の正面と側面から見た図を示している。
 巻上機のドラムⅢ（直径 d ）に質量 m のおもりが吊されている。ドラムⅢで吊るされているおもりは、Ⅰのロータ（直径 D ）に巻き付けてあるロープの張力 F と、つり合っている。巻上機は、Ⅱ a とⅡ b の軸受けで支えられている。

以下の数値が与えられている時に、下記の設問に答えよ。

ただし重力加速度 g は、 9.8 m/sec^2 とする。

$m = 80 \text{ kg}$, $D = 500 \text{ mm}$, $d = 250 \text{ mm}$,

$L = 300 \text{ mm}$, $t = 200 \text{ mm}$

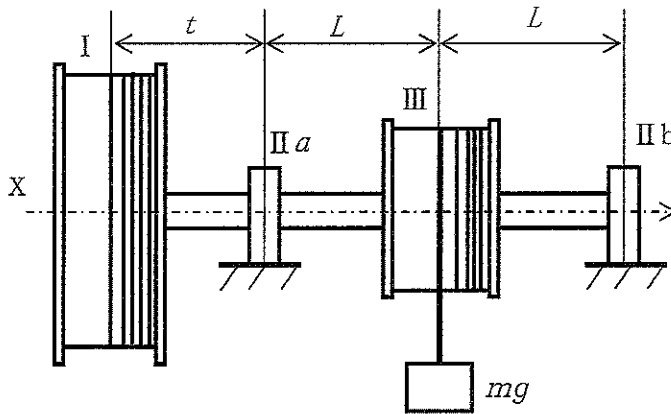


図1 巻上機

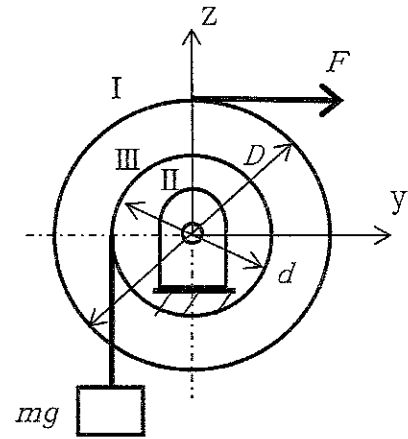


図2 側面からの図

- (1) 軸受けⅡ a に生ずる反力 R_a の値を下記の〔数値群〕から最も近い値の一つを選び、解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数値群〕 単位 [N]

- ① 268 ② 468 ③ 654 ④ 742 ⑤ 825

- (2) 軸受けⅡ b に生ずる反力 R_b の値を下記の〔数値群〕から最も近い値の一つを選び、解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数値群〕 単位 [N]

- ① 362 ② 413 ③ 528 ④ 638 ⑤ 842

- (3) ロープの張力 F の値を下記の〔数値群〕から一つを選び、解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

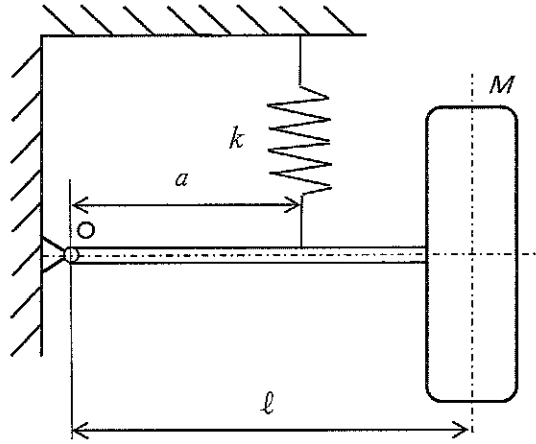
〔数値群〕 単位 [N]

- ① 392 ② 468 ③ 564 ④ 723 ⑤ 832

2

下図は、車輪の懸架装置をモデル化したものである。車軸のO点を回転自由の支点とし、その先端部に質量Mの車輪（円板）が取り付けられている。ただし、車軸は、質量を無視した剛体棒とする。また、車輪の慣性モーメントも省略する。

下記の設問に答えよ。



(1) 車軸の支点O点回りの慣性モーメントIの式を、下記の〔数式群〕から一つ選び、解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数式群〕

① $I = M^2 \ell^2$ ② $I = \frac{M^2}{\ell}$ ③ $I = M \ell^2$ ④ $I = M^2 \ell$ ⑤ $I = \frac{M}{\ell^2}$

(2) 車軸のO点回りの回転運動に関する運動方程式を、下記の〔数式群〕から一つ選び、解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。ただし θ は車軸のO点を中心とした右回りの回転角度である。

〔数式群〕

① $M^2 \ell^2 \ddot{\theta} = -ka \theta$ ② $\frac{M}{\ell^2} \ddot{\theta} = -ka^2 \theta$ ③ $\frac{M}{\ell} \ddot{\theta} = -ka^2 \theta$
 ④ $M \ell^2 \ddot{\theta} = -ka^2 \theta$ ⑤ $M^2 \ell \ddot{\theta} = -ka \theta$

(3) 車軸の固有振動数 f_n を、下記の〔数式群〕から一つ選び、解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{M \ell^2}{ka^2}}$ ② $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{ka^2}{M \ell^2}}$ ③ $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{ka^2}{M^2 \ell}}$
 ④ $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{ka}{M \ell^2}}$ ⑤ $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{ka}{M \ell}}$

[5. 熱工学]

1

以下の文章は水平に置かれた平板からの放熱に関して、自然対流とふく射による伝熱を考慮した設問である。空欄【A】～【H】に当てはまる最も適切な数値、語句、式を〔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。

設問

静止空気中（無限空間とする）に一辺が 30cm の正方形の平板が水平に置かれている。平板上面の放射率（射出率） ε を 0.9、温度を 127℃、空気の温度を 27℃として、空気中へふく射伝熱と自然対流熱伝達を考慮して、空気中への自然対流による放熱量 Q_c とふく射による放熱量 Q_r を求め、この和から、全放熱量 Q を求めよ。さらに、ふく射による熱伝達率 h_r を求め、自然対流熱伝達率 h_c と比較せよ。ただし、下面への放熱はないものとし、また、平面上の自然対流熱伝達率 h_c を $7.0\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ と仮定する。その解答手順に次の定義式を参考にしてもよい。

壁面温度を $T_w[\text{K}]$ 、空気の温度を $T_a[\text{K}]$ とすると、ふく射伝熱による熱流束 q_r は次式で定義される。

$$q_r = \varepsilon \sigma (T_w^4 - T_a^4)$$

ここで、 σ はステファン・ボルツマン定数であり、 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ である。さらに、ふく射熱伝達率 h_r は、

$$q_r = h_r (T_w - T_a)$$

で定義することにより、対流熱伝達率 h_c と比較することができる。

手順

まず、自然対流熱伝達による熱流束を求めると、 $q_c = \text{【A】W}/\text{m}^2$ となる。次に、ふく射による熱流束を求めると、 $q_r = \text{【B】W}/\text{m}^2$ が得られる。したがって、平板からの全放熱量は両熱流束の和に平板面積をかけて求めることができ、 $Q = (q_c + q_r) \times \text{平板面積【C】m}^2$ から $Q = \text{【D】W}$ が得られる。

次にふく射熱伝達率はふく射熱伝達の定義式とふく射伝熱式を等しく置くことにより、 $h_r = \text{【E】}/\text{【F】}$ で求められ、結局数値を代入すると $h_r = \text{【G】W}/(\text{m}^2\text{K})$ が得られ、対流熱伝達率と比較し、【H】ことがわかる。

〔選択群〕

- | | | | | |
|---------------|-------------------|----------|----------|-----------|
| ① 0.09 | ② 8.9 | ③ 0.9 | ④ 70 | ⑤ 140 |
| ⑥ 700 | ⑦ 800 | ⑧ 890 | ⑨ 893 | ⑩ 900 |
| ⑪ 1000 | ⑫ 8930 | ⑬ 140000 | ⑭ q_r | ⑮ q_c |
| ⑯ $T_w - T_a$ | ⑰ $T_w^4 - T_a^4$ | ⑱ 非常に大きい | ⑲ 非常に小さい | ⑳ ほぼ同じである |

2

高温の鉄の塊を低温の水に入れ、平衡状態にしたときの温度およびエントロピー変化を求める問題である。手順の空欄【A】～【H】に当てはまる最も適切な語句、式および最も近い数値を〔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。

設問

容器に 10℃の水が 3.5kg 入っている。その中に 300℃の鉄 1.5kg を入れた場合の最終平衡温度を求め、それぞれのエントロピー変化量および系全体でのエントロピー変化量を求めよ。ただし、水の比熱 C_A は 4.2kJ/(kgK)、鉄の比熱 C_B は 0.45kJ/(kgK) とする。

手順

鉄を入れた場合の最終平衡温度を T_f とすると、熱力学第 1 法則より、平衡温度に達するまでの熱エネルギーは保存され、鉄の失うエネルギーと水が得たエネルギーの量は等しく、変化しないので、水の質量を m_A 、鉄の質量を m_B とすると、

$(m_A C_A + m_B C_B) T_f = \text{【A】}$ が成り立ち、この式に題意の数値を代入することにより、 $T_f = \text{【B】}$ K が得られる。

次に、状態 1 から状態 2 に変化した場合の水と鉄の塊のエントロピー変化量 ΔS_A 、 ΔS_B はエントロピー変化量を ΔS (kJ/K)、質量を m (kg)、比熱を C (kJ/kgK)、 T_1 、 T_2 を最初の状態の温度、平衡状態の温度とすると、

$\Delta S = mC \ln \text{【C】}$ より

$\Delta S_A = \text{【D】}$ kJ/K が得られる。

また、鉄のエントロピー変化量 ΔS_B も同様にして求められ、

$\Delta S_B = \text{【E】}$ kJ/K が得られる。

したがって、系全体のエントロピー変化量 ΔS_T は

$\Delta S_T = \text{【F】}$ kJ/K となり、水の得たエントロピーの変化量と鉄が失ったエントロピーの変化量は等しくならず、系全体のエントロピーは【G】する。このことは【H】法則をエントロピー変化により示したものである。

〔選択群〕

- | | | | |
|-------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① -0.660 | ② -0.446 | ③ -0.214 | ④ 0.214 |
| ⑤ 0.446 | ⑥ 0.660 | ⑦ 245 | ⑧ 296 |
| ⑨ T_2/T_1 | ⑩ T_1/T_2 | ⑪ $m_A C_A T_A + m_B C_B T_B$ | ⑫ $m_A C_A T_A - m_B C_B T_B$ |
| ⑬ 増加 | ⑭ 減少 | ⑮ 熱力学第 2 | ⑯ 熱力学第 1 |

[6. 制御工学]

1

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

- ある制御系において伝達関数が不明であっても、振動系の単位ステップ応答曲線が得られる場合には、1周期ごとの行き過ぎ量の比から【A】を推定し、その後行き過ぎ時間から【B】、行き過ぎ量から【C】を同定すれば、2次遅れ要素の代表根による近似伝達関数を求めることができる。
- 遅れ時間とは、ステップ応答がその定常値の【D】%に達するまでの時間に等しく、制御特性の【E】を表す指標である。
- 定常偏差とは、安定な制御系において【F】と定常値が一致しない場合の隔たりであり、PID制御では【G】要素を入れることで誤差を小さくすることができる。
- ボード線図による安定評価を行う場合、位相交差周波数 ω_{cp} におけるゲインの【H】の符号が【I】ならば安定であり、ゲイン交差周波数 ω_{cg} における位相角の絶対値が【J】度より【K】ときは安定である。

〔選択群〕

- | | | | |
|-------|--------|--------|----------|
| ① 50 | ② 63.2 | ③ 90 | ④ 180 |
| ⑤ 正 | ⑥ 負 | ⑦ 大きい | ⑧ 小さい |
| ⑨ 安定性 | ⑩ ゲイン | ⑪ 減衰係数 | ⑫ 固有角周波数 |
| ⑬ 時定数 | ⑭ 制御量 | ⑮ 積分 | ⑯ 速応性 |
| ⑰ dB値 | ⑱ 比例 | ⑲ 微分 | ⑳ 目標値 |

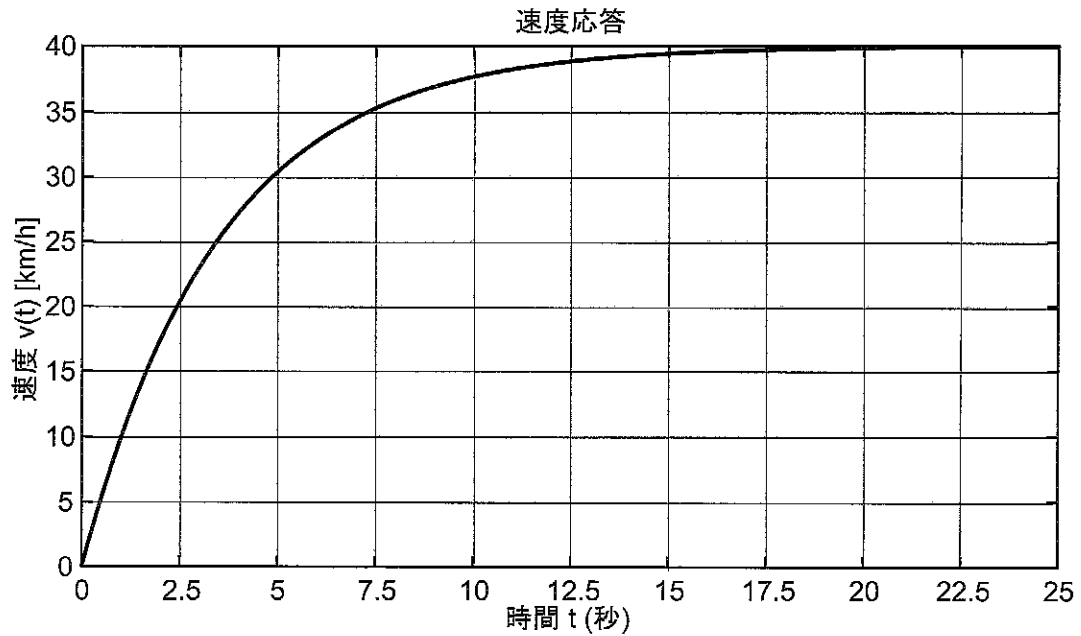
2

制御系を構成する要素は信号を伝達し、関数として表現した伝達関数は、制御系を解析・設計するための基礎となり、そのシステムの挙動や制御特性を評価する重要な役割を演じる。
いま、2台のオートバイAとBにおいて、アクセルグリップの開度を入力、速度を出力とするとき、次の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) オートバイAのアクセルグリップに単位ステップ入力を与えたところ、速度が図のような1次遅れ要素の応答曲線として得られた。このときの伝達関数 $G(s)$ として、最も適切な式を下記の〔数式群〕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。

〔数式群〕

- | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① $\frac{61}{10s+2}$ | ② $\frac{10}{61s+2}$ | ③ $\frac{80}{7s+2}$ | ④ $\frac{7}{80s+2}$ |
| ⑤ $\frac{41}{5s+2}$ | ⑥ $\frac{5}{41s+2}$ | ⑦ $\frac{40}{25s+2}$ | ⑧ $\frac{25}{40s+2}$ |



- (2) オートバイ B の伝達関数 $G(s) = \frac{20}{9s+4}$ とする。アクセルグリップに単位ステップ入力を与えたときの立ち上がり時間 T_r [s] 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。

ただし、1 次遅れ要素の単位ステップ応答 $v(t)$ は、比例ゲインを K 、時定数を T とすれば、

$$v(t) = K \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$$

で求めることができる。

〔数値群〕 単位：s

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.89 | ② 1.58 | ③ 2.27 | ④ 2.98 |
| ⑤ 3.54 | ⑥ 4.22 | ⑦ 4.94 | ⑧ 5.53 |

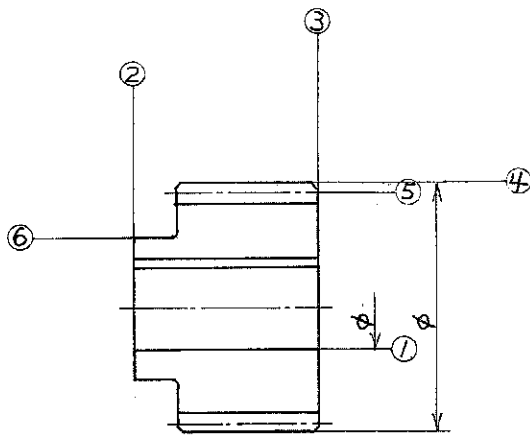
- (3) オートバイ B のアクセルグリップに単位ステップ入力を与えたときの整定時間 T_s [s] (応答が定常値の $\pm 5\%$ 以内に入るまでの時間) を計算し、最も近い値を下記の〔数値群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数値群〕 単位：s

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 5.26 | ② 5.88 | ③ 6.23 | ④ 6.74 |
| ⑤ 7.21 | ⑥ 7.86 | ⑦ 8.37 | ⑧ 8.99 |

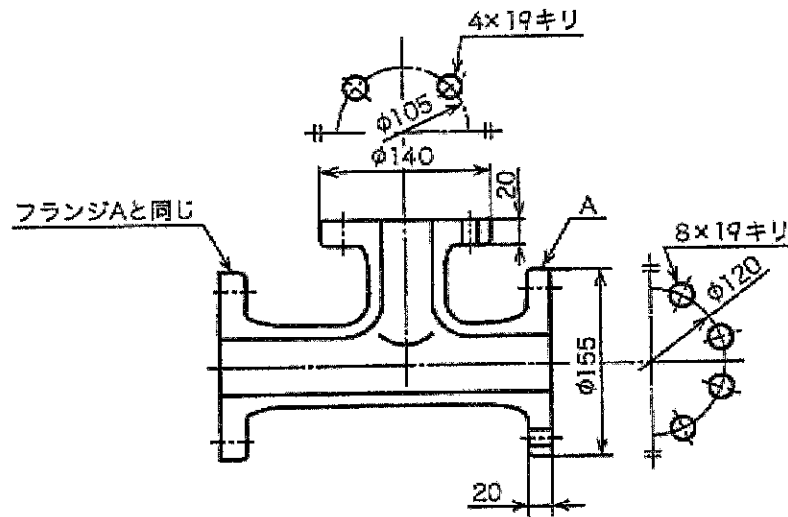
[9. 機械製図]

9-1 図に示した平歯車の各面に、表に示す仕上（表面性状）を施したい。それぞれの対象面①～⑥に表面性状の図示記号を図示せよ。また、穴の軸直線をデータム A とし、歯車の外径の振れ公差を 0.1mm 以内に、右側面（ボス反対側）の全振れを 0.03mm 以内におさめ、さらに、右側面をデータム B としたとき、ボス側面の平行度を 0.02mm 以内にする場合の、これらの幾何公差の指示を図に記入せよ。



対象面	表面性状 Raの値(μm)	除去加工 の要否
①	1.6	必要
②	3.2	必要
③	3.2	必要
④	3.2	必要
⑤	1.6	必要
⑥	6.3	必要

9-2 下の図を参照して、文章 (1) ～ (3) の空欄【A】～【F】に対応した適切な用語を解答用紙の解答欄【A】～【F】に記入せよ。



- (1) 4 × 19 キリと表示してあるが、数字の 4 は【A】を表し、19 は【B】を表している。またキリとは【C】を表している。
- (2) 右側 (8 × 19 キリを示した図) に穴の位置と穴の大きさの局部だけを表している図があるが、この図を【D】投影図という。また、中心線の上下に書かれている 2 本の平行線は、対称図形を省略する場合に用いられる記号で【E】という名称である。
- (3) この図は T 型フランジ管継手を断面図示したもので、この断面図の名称は【F】である。

9-3 下記の文章の【A】～【T】に対応した適切な用語、数値、記号を解答用紙の解答欄【A】～【T】に記入せよ。

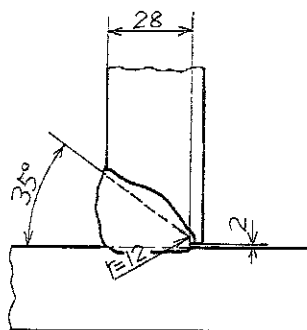
(1) 穴 $\phi 40H7 \begin{matrix} +0.025 \\ 0 \end{matrix}$ と軸 $\phi 40f6 \begin{matrix} -0.025 \\ -0.041 \end{matrix}$ のはめあいにおける図示サイズは【A】、穴の上の許容サイズは【B】、下の許容サイズは【C】、サイズ公差は【D】である。また軸の上の許容サイズは【E】、下の許容サイズは【F】、サイズ公差は【G】である。このはめあいは【H】ばめで、最大すきまは【I】、最小すきまは【J】である。

(2) 穴 $\phi 50H7 \begin{matrix} +0.025 \\ 0 \end{matrix}$ と軸 $\phi 50m6 \begin{matrix} +0.025 \\ +0.009 \end{matrix}$ のはめあいにおける図示サイズは【K】、穴の上の許容サイズは【L】、下の許容サイズは【M】、サイズ公差は【N】である。また軸の上の許容サイズは【O】、下の許容サイズは【P】、サイズ公差は【Q】である。このはめあいは【R】ばめで、最大しめしろは【S】、最大すきまは【T】である。

9-4 次に示す溶接の記号を解答用紙の図に示せ。

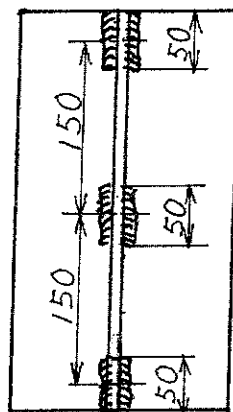
- (1) J形開先
 開先深さ 28mm
 開先角度 35°
 ルート間隔 2mm
 ルート半径 12mm

実形



- (2) すみ肉溶接
 並列溶接
 脚長 8mm
 溶接長さ 50mm
 溶接数 3
 ピッチ 150mm

実形



[11. 環境・安全]

1

次の【A】～【K】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】～【K】にマークせよ。

- 【A】海中の海草や海藻、植物プランクトンなどが、大気中の二酸化炭素（CO₂）を吸収し固定化したもの。
- 【B】放射性物質が原因で汚染された草木、焼却灰、下水の汚泥、など1キログラム当たり8000ベクレルを超える廃棄物。放射性物質汚染対処特別措置法により、自治体の申請にもとづき環境相が指定する。
- 【C】事業活動で消費する電力を100%再生可能エネルギーにする事を目指す国際イニシアティブ。
- 【D】陸上の樹木や植物などが大気中の二酸化炭素（CO₂）を吸収し固定化したもの。
- 【E】他人が吸ったタバコの煙を吸い込むこと。タバコによる健康被害は科学的に明らかで、世界保健機構（WHO）と国際オリンピック委員会は「タバコのない五輪」を推進しており、2020年オリンピックを迎える日本は、対応に揺れている。
- 【F】電気自動車の活用を推進する国際イニシアティブ。輸送における電気自動車の使用と、2030年までに電化輸送を一般的にするための環境整備（充電施設など）の促進を目指す。
- 【G】省エネを推進して、エネルギー効率を2030年までに2005年比2倍にする事を目標にする国際イニシアティブ。
- 【H】太陽光・太陽熱、風力、水力、バイオマス、地熱など、自然由来の持続的な再生可能エネルギーで発電した電力。
- 【I】食べられるのに捨てられた食品。我が国では年間700万トン弱にものぼる。国連がSDGs（持続可能な開発目標）の中で半減を求めている。
- 【J】「パリ協定」で「温暖化による世界の平均気温の上昇を、産業革命以前と比べ、2℃以内に抑える」と言う目標に見合った、温暖化ガスの削減目標を立てた企業が、その目標が「科学的根拠に基づいている」と認められればこの認定が得られ、投融資を優先的に受けられるなどの利点が期待できる。

【K】大きさが5ミリメートル以下のプラスチックごみで、海に流れ込んだビニール袋やペットボトルが、紫外線や波の力で粉々になったもの。中でも小さな粒子は、マイクロビーズと呼ばれ、洗顔料や歯磨き粉などに含まれる。これらは海中の有害物質を付着し、生態系に影響を与える可能性があるため、世界的に規制が始まっている。

〔語句群〕

- | | | |
|------------|--------------|----------|
| ① グリーンカーボン | ② 指定廃棄物 | ③ SBT 認定 |
| ④ RE100 | ⑤ EV100 | ⑥ EP100 |
| ⑦ 受動喫煙 | ⑧ ブルーカーボン | ⑨ 食品ロス |
| ⑩ グリーン電力 | ⑪ マイクロプラスチック | |

2

「機械安全」に関する次の文章の空欄【A】～【N】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】～【N】にマークせよ。

今日、社会のいたる所で機械設備が使われ、人々の暮らしを便利にし、豊かにしている。しかし、その陰で痛ましい事故もしばしば発生している。事故の原因は人的要因、機械設備の要因、使用環境要因そして管理要因があげられる。

設計者は設計の原点を、設計対象物件の【A】に置き知恵を絞る。この時安全や環境性能にどれ程のエネルギーを割くであろうか。【B】で安全機能・環境性能を組み込んでおけば、事故の【C】は激減するはずである。稼働時の安全だけでなく、機械設備の一生（製造、設置、稼働、保守・点検、廃棄）にわたる安全にまで、設計時に配慮して置くべきである。設計時の安全配慮にかかる費用は、【D】の対策費に比べれば、微々たるものである。設計時の配慮は非常に重要であり、効果も大きい。設計者の責任は非常に大きいのである。

機械設備による災害は、機械設備の【E】と、操作する人の不安全行動によって起こる。本質的な安全化のためには、この不安全な状態を無くすことが最重要である。それには次の二つの方策が必要である。

i) 人の不安全行動に対して…【F】化：

人が誤って不適切な操作をしても、結果が事故や災害につながらないか、あるいは正常な動作を妨害しない仕組み。

ii) 機械設備の【E】に対して…【G】化：

動力源が故障したり、機械の構成部品やシステムのどこかに故障が生じて、確実に安全側（例：機械が止まるなど）に落ち着く仕組み。

労働災害は人が努力しても必ずおこる。人の努力より技術的な対策、つまり【H】が重要である。

機械安全の国際規格【I】(JIS B 9700)は、安全・環境配慮の設計のために実施すべき手法・手順を次のように規定している。

(1) 【J】の実施

- [手順] ① リスク (【K】、有害性) の洗い出し
② リスクの【L】
③ リスク低減の優先度の決定

(2) 【M】の実施

- [手順] 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 設計で除去出来なかったリスクを、安全防護方策(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 それでも除去出来ないリスクは【N】として、使用者に提示する。例えば機械に表示する「警告表示」、「取扱説明書」など。

設計者は以上の手法に基づき、機械装置そのものの安全化に努めると同時に、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 | ② 不安全状態 | ③ リスク低減策 |
| ④ 機能・性能 | ⑤ リスクアセスメント | ⑥ 推定と評価 |
| ⑦ 設計時点 | ⑧ 本質安全設計 | ⑨ ISO 12100 |
| ⑩ フェールセーフ | ⑪ 危険性 | ⑫ 事故・事件発生後 |
| ⑬ 使用上の情報 | ⑭ フールプルーフ | |