

平成31年度専攻科入学者選抜学力検査問題・解答用紙

# 専 門 科 目

## 生産システム工学コース(I群)

( 検査時間 10:00 ~ 12:00 )

( 注 意 )

- 1 「はじめ」の合図があるまで開かないこと。
- 2 専門科目の問題・解答用紙は、表紙(本紙)と問題・解答用紙からなっています。
- 3 下記の3科目の中から2科目を選択すること。
- 4 選択した科目の問題・解答用紙には必ず受検番号、氏名を記入すること。
- 5 問題・解答用紙は切り離さないで提出すること。
- 6 下記の表に受検番号、氏名を記入し、選択する科目名を○で囲むこと。

(※印の欄は記入しないこと)

|      |  |     |  |   |
|------|--|-----|--|---|
| 受検番号 |  | 氏 名 |  | ※ |
|------|--|-----|--|---|

| 群 | 科 目 名                        |
|---|------------------------------|
| I | 材料力学 (※ )、流体力学 (※ )、熱力学 (※ ) |

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |
| I 群 | 材 料 力 学 (1/4)  |      |  |

1 引張りと圧縮に関する以下の問に答えなさい。

- (1) 図1-1に示すように断面積  $A = 120\text{mm}^2$  の黄銅棒に荷重  $P = 20.0\text{kN}$ 、 $Q = 10.0\text{kN}$  が作用するとき、棒の伸び入を求めよ。ただし、 $a = 70.0\text{mm}$ 、 $b = 50.0\text{mm}$ 、棒の縦弾性係数  $E = 100\text{GPa}$  とする。有効数字は3桁で表示すること。[15点]

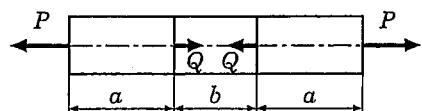


図1-1

- (2) 図1-2に示すように2つの異なった材料からなる丸棒と円筒でできた長さ  $l$  の組合せ棒の両端を剛性板で固定し、荷重  $P$  を作用させたとき、丸棒と円筒にそれぞれ生じる応力  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  を求めよ。ただし、丸棒と円柱の断面積と縦弾性係数はそれぞれ  $A_1$ 、 $E_1$ 、 $A_2$ 、 $E_2$  とする。[15点]

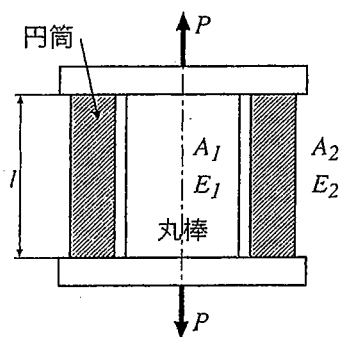


図1-2

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |

I 群

材 料 力 学 (2/4)

2 図2-1のような外径  $d$ 、内径  $\frac{2d}{3}$  の中空軸に  $T = 1200\text{N}\cdot\text{m}$  のトルクが作用する場合、 $d$  は最低何 mm 必要か。ただし、材料の許容せん断応力を  $\tau_a = 50.0\text{MPa}$  とする。有効数字3桁で表示すること。【25点】

なお、直径  $d$  の円形断面を有する中実軸にトルク  $T$  が作用するとき、軸の中心から  $r$  の位置におけるせん断応力  $\tau$  は、

$$\tau = \frac{T}{I_P} r$$

と表される。ここで  $I_P$  は極断面二次モーメントであり、

$$I_P = \frac{\pi d^4}{32}$$

である。

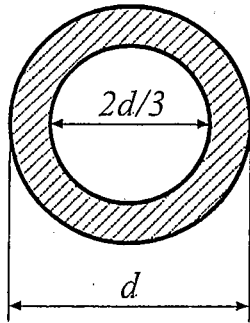


図2-1

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |

I 群 材 料 力 学 (3/4)

- 3 図3-1のようにスパンの半分に等分布荷重を受ける片持ちはりのせん断力と曲げモーメントを求め、せん断力図(S.F.D.)と曲げモーメント図(B.M.D.)を描け。[25点]

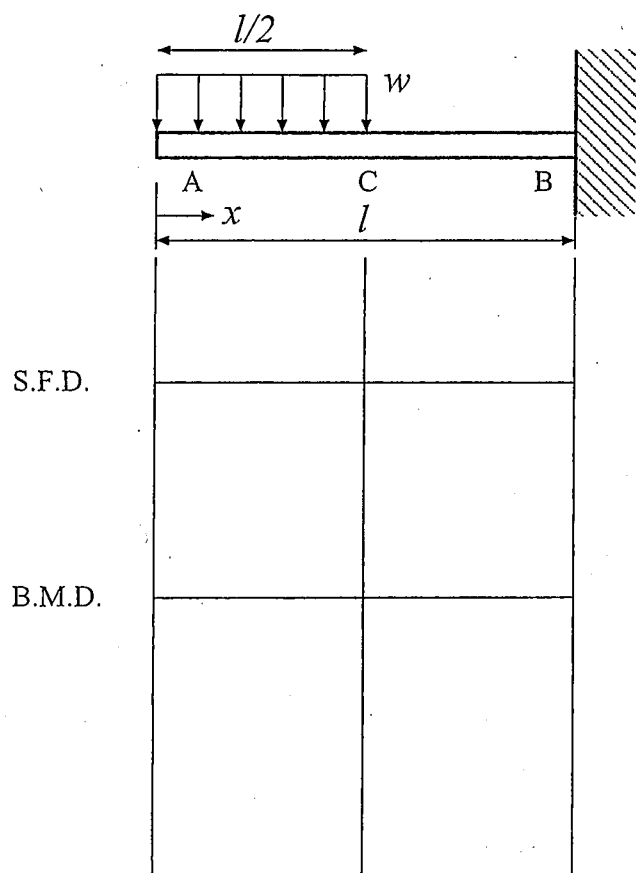


図3-1

※  ※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |
| I 群 | 材 料 力 学 (4/4)  |      |  |

4 図4-1のように片端に偶力  $M_0$  が作用する単純支持はりのたわみ曲線  $y(x)$  と最大たわみ  $y_{max}$  を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性を  $EI$  とする。(微分方程式を解く過程を示すこと) [20点]

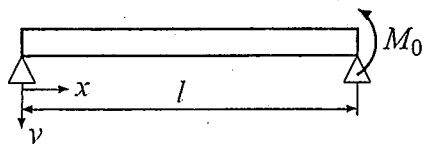


図4-1

※  ※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |
| I 群 | 流 体 力 学 (1/4)  |      |  |

1 図1-1～図1-3についての以下の設問に答えよ。重力加速度を  $g$  とする (30点)。

(1) 図1-1: それぞれ密度  $\rho_A, \rho_B$  の流体が入った容器 A, B 内の圧力の差  $p_A - p_B$  を,  $h_1, h_2, g, \rho_A, \rho_B$  を用いて表せ (10点)。

(2) 図1-2: 断面積が  $S_A$  から  $S_B$  へ変化している筒にピストンを挿入し、断面積  $S_B$  のピストンにバネ定数  $k$  のバネを繋げた。  $S_A$  のピストンに紙面右方向に  $F$  の力を加えて全体が静止したとき、バネの変位  $x$  を  $F, S_A, S_B, k$  を用いて表せ (10点)。

(3) 図1-3: 密度が  $\rho_w$  の液体に長辺  $h$  の中実の直方体を浮かべたところ、直方体は水面に対して垂直に  $h_1$  だけ突き出て図のように静止した。直方体の密度  $\rho$  を  $h, h_1, \rho_w, g$  を用いて表せ (10点)。

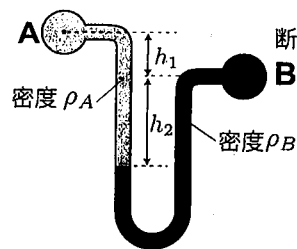


図1-1

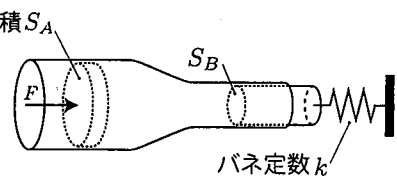


図1-2

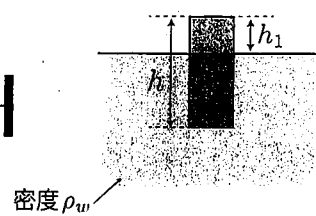


図1-3

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |

I 群

流 体 力 学 (2/4)

2 図2-1は、底面積  $S_1$  の円筒型の容器の底に面積  $S_2$  の排水口が空いていて、流体が排出されている様子である。排水口での流体の速度を  $v_2$ 、排水に伴う水面の下降速度を  $v_1$ 、重力加速度を  $g$  とする。流れは非圧縮であるとして、以下の問いに答えよ (30点)。

(1) 流量の保存則から、 $v_1$  と  $v_2$  の間に成り立つ関係式を書け (5点)。

(2)  $S_1$  に対して  $S_2$  が十分に小さく、速度  $v_1$  が無視できる ( $v_1 = 0$  とみなせる) と仮定する。底を基準とした水面の高さが  $h$  であるとき、ベルヌーイの定理を用いて速度  $v_2$  を  $g, h$  を用いて表せ (5点)。

以下  $v_1$  が無視できないとする。 $v_1, v_2, h$  の時間依存性をあらわすために、これらを  $v_1(t), v_2(t), h(t)$  と書く。

(3) ベルヌーイの定理を適用して、流速  $v_2(t)$  を、 $g, h(t), S_1, S_2$  を用いて表せ (5点)。

(4)  $h(t)$  と  $v_2(t)$  に対する方程式  $S_1 \frac{dh(t)}{dt} = -S_2 v_2(t)$  を解き  $h(t)$  を求めよ。初期条件を  $h(0) = H$  とする (10点)。

(5) 容器の流体がすべて排出されるのに要する時間を求めよ (5点)。

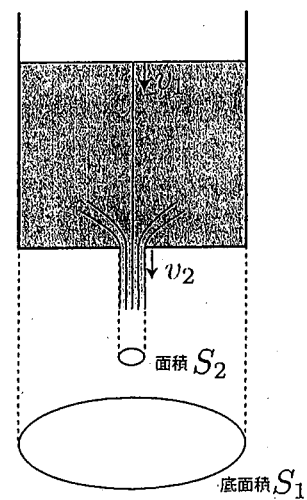


図2-1

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |
| I 群 | 流 体 力 学 (3/4)  |      |  |

3 粘性応力がせん断変形速度に比例するニュートン流体について、粘度を $\eta$ として以下の問いに答えよ(20点)。

(1) 図3-1のような、間隔 $h$ で平行に置かれた2枚の無限に広い板の間にニュートン流体が満たし、上の板を $u$ 、下の板を $-u$ で一定速度で動かした。定常状態において、図に示した $y$ 軸に垂直な面に対する $x$ 方向のせん断変形速度を答えよ(5点)。

(2) 小問(1)において板に加わる粘性応力を答えよ(5点)。

(3) 長い円筒の中に長さ $l$ 、半径 $r$ の円柱を配置して図3-2のような幅 $\delta$ の環状すきまを作り、ニュートン流体を満たした。外側の円筒が静止し、内側の円柱が一定の角速度 $\omega$ で回転している。 $\delta$ が $r$ に比べて十分に小さい場合、すきまのせん断変形速度は一定とみなせる。図に示した $r$ 軸に垂直な面に対する $\theta$ 方向のせん断変形速度を答えよ(5点)。

(2) 小問(3)において、 $l$ が $r$ に比べて十分に長く端の効果が無視できる場合、粘性応力によって円柱に働く単位長さあたりのトルクを求めよ(5点)。

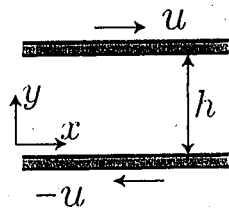


図3-1

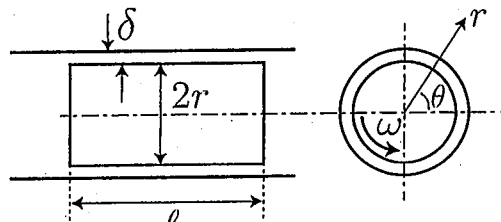


図3-2

※

※受検者は何も記入しないでください。



平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |

I 群

流 体 力 学 (4/4)

4 速度が  $U$  の定常な一様流のなかに、直径が  $d$  の固体の球が置かれている。流体の粘度を  $\eta$ 、密度を  $\rho$  とする (20点)。

(1) この流れのレイノルズ数  $Re$  を、上に与えられた記号を用いて書き表せ (5点)。

(2) レイノルズ数が1にくらべて小さい場合、流れは粘性が支配的であり、球が受ける抗力  $D$  は密度  $\rho$  に依存しないので、 $D \propto \eta^a U^b d^c$  と予想できる。このことから次元解析を用いて、 $a, b, c$  を決定せよ (5点)。

(3) 一般的に球の受ける抗力は、抗力係数  $C_D$  を用いて

$$D = \frac{C_D}{2} \rho A U^2$$

と表される。ここで  $A = \frac{\pi d^2}{4}$  は流れ方向から見た球の断面積である。小問(2)の場合について、抗力係数が  $C_D \propto Re^{-1}$  であることを示せ (10点)。

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |

I 群

熱力学 (1/4)

1 圧力  $p_1=700$  [kPa], 体積  $V_1=1.4$  [m<sup>3</sup>]の空気が, 圧力一定のもとで体積  $V_2=0.4$  [m<sup>3</sup>]まで圧縮され, その際,  $Q_1=240$  [kJ]の放熱があった. このとき, 以下の問いに答えよ. (12点×2=24点)

(1) 外部から空気に与えた仕事  $L$  [J]を求めよ.

(2) 内部エネルギーの増加量  $\Delta U$  [J]を求めよ.

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |

I 群

熱力学 (2/4)

2 流量  $G_f=10$  [kg/s]で、流体が熱流体機械の入口から比エンタルピー $h_1=2000$  [kJ/kg]で流入し、出口から比エンタルピー $h_2=200$  [kJ/kg]で流出する。このとき熱流体機械の入口と出口の間の位置エネルギー差と速度エネルギー差、および機械損失は無視できるが、全体の熱損失として冷却水による  $Q_c=10$  [MW]の割合の冷却を伴うものとして、以下の問いに答えよ。(12点×2=24点)

(1) この熱流体機械が周囲になす単位時間あたりの仕事  $P$  [W]を求めよ。

(2) 冷却水の比熱が  $c_w=4.2$  [kJ/(kg·K)]、冷却水の温度上昇が  $10$  [°C]であるとし、冷却水の質量流量  $G_w$  [kg/s]を求めよ。

※

※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |

|     |           |
|-----|-----------|
| I 群 | 熱力学 (3/4) |
|-----|-----------|

3 質量  $m_w = 3.8$  [kg] で温度  $T_w = 285$  [K] の水の中に温度  $T_c = 520$  [K] で質量  $m_c = 0.7$  [kg] の銅の塊を投入した後、よく攪拌して熱平衡状態に達した。周囲への熱損失はないものとして以下の問いに答えよ。ここで水の比熱は  $c_w = 4.2$  [kJ/(kg·K)]、銅の比熱が  $c_c = 0.4$  [kJ/(kg·K)] とする。(12点×2=24点)

(1) 熱平衡状態の温度  $T_m$  [K] を求めよ。

(2) この操作に伴う系全体のエントロピー変化量  $\Delta S$  [J/K] を求めよ。

※

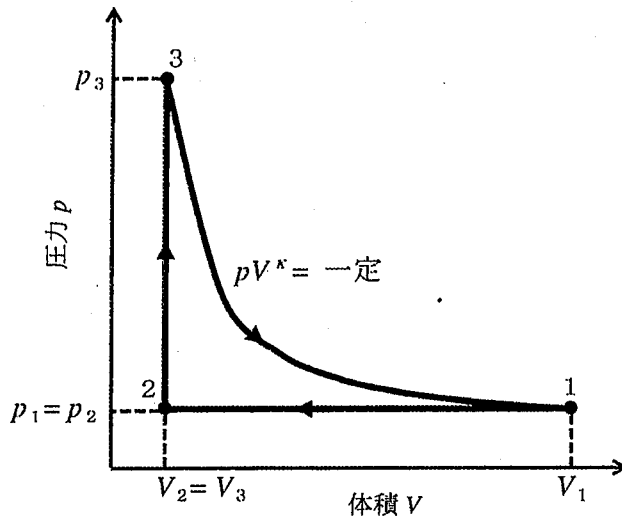
※受検者は何も記入しないでください。

平成31年度仙台高等専門学校専攻科入学者選抜

|     |                |      |  |
|-----|----------------|------|--|
| 専攻名 | 生産システムデザイン工学専攻 | 氏名   |  |
|     |                | 受検番号 |  |

I 群 熱力学 (4/4)

- 4 完全ガスを作動流体として、問図4-1の  $p-V$  (圧力-体積) 線図で1231と示すサイクルを行う熱機関がある。過程2→3では加熱されて体積一定の状態での圧力が増加する。過程3→1では断熱変化、過程1→2では圧力一定のもとで放熱される。圧縮比を  $\varepsilon=V_1/V_2$ 、比熱比を  $\kappa=c_p/c_v$  とするとき、このサイクルの熱効率  $\eta_{th}$  を  $\varepsilon$  と  $\kappa$  のみを使う式で表せ。(28点)



問図4-1  $p-V$  (圧力-体積) 線図

※  ※受検者は何も記入しないでください。