令和６年度　豊橋技術科学大学第３年次入学者選抜学力検査問題解答例

専門科目（１：機械工学）

［1］

(1) ア．深さ h での圧力は，$p_h = p_0 + \rho g h$

イ．流出速度を u とし，液面から管中心を通って流出する流線にベルヌーイの定理を適用すると，容器直径が十分大きく流出による液面の低下速度は無視できるので，

$$\frac{p_0}{\rho g} + h = \frac{u^2}{2g} + \frac{p_0}{\rho g} \quad \therefore u = \sqrt{2gh}$$

したがって，$Q = \frac{\pi}{4} d_1^{\,2} u = \frac{\pi}{4} d_1^{\,2} \sqrt{2gh}$

(2) ア．連続の式より，$\frac{\pi}{4} d_1^{\,2} v_1 = \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} v_2$。したがって，$v_1 = \frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}} v_2$

イ．面 A に作用する圧力は p_1 なので，$F = p_1\left(\frac{\pi}{4} d_2^{\,2} - \frac{\pi}{4} d_1^{\,2}\right) = \frac{\pi}{4} p_1\left(d_2^{\,2} - d_1^{\,2}\right)$

ウ．流量を $Q' = \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} v_2$ とすると，

$$\Delta M = \rho Q'\left(v_2 - v_1\right) = \rho \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} v_2 \left(v_2 - v_2 \frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}\right) = \rho \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} v_2^{\,2} \left(1 - \frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}\right)$$

エ．壁面に図 1.2 の左向き F が作用することから，液体には右向きに F が作用する。このことを踏まえ，断面①と断面②の間の液体に運動量の法則を適用すると，

$$\Delta M = \frac{\pi}{4} d_1^{\,2} p_1 - \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} p_2 + F$$

これにイ.の結果とウ.の結果を代入して整理すると，

$$\rho \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} v_2^{\,2} \left(1 - \frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}\right) = \frac{\pi}{4} d_1^{\,2} p_1 - \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} p_2 + \frac{\pi}{4} p_1\left(d_2^{\,2} - d_1^{\,2}\right) \Leftrightarrow \rho v_2^{\,2}\left(1 - \frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}\right) = p_1 - p_2$$

一方，拡大管の中心軸を通る流線にベルヌーイの定理を適用すると，

$$\frac{v_1^{\,2}}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^{\,2}}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + H$$

これに上で求めた $p_1 - p_2$ とア.の結果を代入して整理すると，

$$H = \frac{v_1^{\,2} - v_2^{\,2}}{2g} + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{1}{2g}\left\{\left(\frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}} v_2\right)^2 - v_2^{\,2}\right\} + \frac{1}{\rho g} \rho v_2^{\,2}\left(1 - \frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}}\right) = \frac{v_2^{\,2}}{2g}\left(\frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}} - 1\right)^2$$

オ．液面から拡大管中心を通って流出する流線にベルヌーイの定理を適用すると，

$$\frac{p_0}{\rho g} + h = \frac{v_2^{\,2}}{2g} + \frac{p_0}{\rho g} + H \Leftrightarrow \frac{v_2^{\,2}}{2g} = h - H$$

エ.の結果を代入して整理すると，

$$\frac{v_2^{\,2}}{2g} = h - H = h - \frac{v_2^{\,2}}{2g}\left(\frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}} - 1\right)^2 \Leftrightarrow \frac{v_2^{\,2}}{2g}\left\{1 + \left(\frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}} - 1\right)^2\right\} = h \Leftrightarrow v_2^{\,2} = \frac{2gh}{\left(\frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}} - 1\right)^2 + 1}$$

$$\therefore Q' = \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} v_2 = \frac{\pi}{4} d_2^{\,2} \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{d_2^{\,2}}{d_1^{\,2}} - 1\right)^2 + 1}}$$

［２］

(1)

ア．$n=0$を代入すると$P=B$となるため，①等圧変化である。

イ．$n=1$を代入すると$PV=RT=B$となるため，③等温変化である。

ウ．$PV^n=B$より$V=\sqrt[n]{BP^{-1}}$。$n\to\infty$のとき右辺→1のため，②等積変化である。

(2)

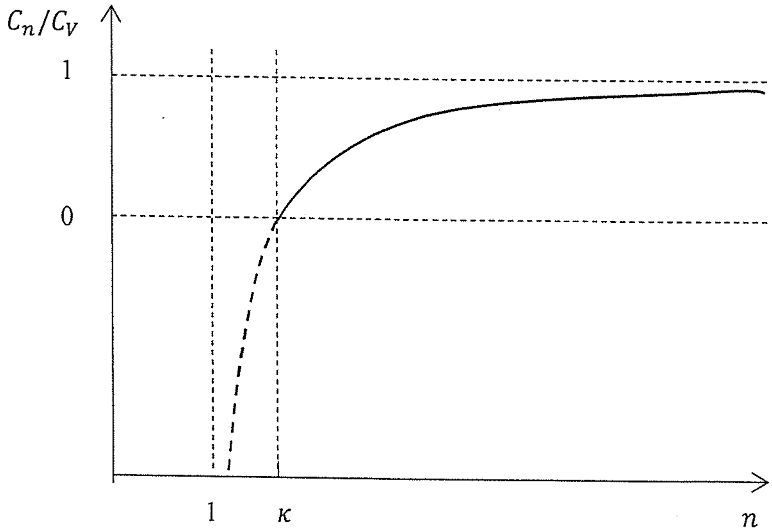
ア．熱力学第一法則から$\mathrm{d}U=\Delta Q-\Delta W$。したがって$\underline{\Delta Q=\mathrm{d}U+\Delta W}$。

イ．$\Delta W=P\mathrm{d}V$。一方，$PV^n=B$より$P=BV^{-n}$。以上より$\Delta W=BV^{-n}\mathrm{d}V$。
すなわち$\underline{\alpha=BV^{-n}}$。

ウ．$P=BV^{-n}$より両辺を微分して$\mathrm{d}P=B(-n)V^{-n-1}\mathrm{d}V$。
$B=PV^n$を用いてBを消去すると$V\mathrm{d}P=-nP\mathrm{d}V$。
状態方程式を両辺微分すると$R\mathrm{d}T=V\mathrm{d}P+P\mathrm{d}V=(1-n)P\mathrm{d}V$
$\Delta W=P\mathrm{d}V$であることを考えれば，$\Delta W=R/(1-n)\mathrm{d}T$。

内部エネルギーの変化は$\mathrm{d}U=C_V\mathrm{d}T$とかけるため，ア．より
$\Delta Q=\mathrm{d}U+\Delta W=C_V\mathrm{d}T+R/(1-n)\mathrm{d}T=(C_V+R/(1-n))\mathrm{d}T$。
よって$C_n=C_V+R/(1-n)$
マイヤーの関係式と比熱比より，$R=C_P-C_V=(\kappa-1)C_V$となるため
$\underline{C_n=C_V(\kappa-n)/(1-n)}$

エ．



（$1<n<\kappa$（理想気体の比熱比）の領域は点線でも実線でも可とする）

［３］

(1) 3 本の棒に作用している力の合計が荷重 P と等しくなるので，

$$P=\sigma_1 A+\sigma_2 A+\sigma_3 A=(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3)A$$

(2) 棒 2 と棒 3 に作用している力，および，それぞれ棒の棒 1 との間隔より，点 O まわりのモーメントのつり合いを考え，

$$a\times\sigma_2 A=b\times\sigma_3 A$$

$$\sigma_3=\frac{a}{b}\sigma_2$$

(3) フックの法則より，

$$\sigma_1=\frac{\lambda_1}{l}E_1$$

$$\therefore\lambda_1=\frac{l}{E_1}\sigma_1$$

(4) 棒 2 と棒 1 の伸びの差と間隔，および，棒 1 と棒 3 の伸びの差と間隔とが比例関係にあるので，

$$\lambda_2-\lambda_1:\lambda_1-\lambda_3=a:b$$

$$\frac{a}{b}=\frac{\lambda_2-\lambda_1}{\lambda_1-\lambda_3}$$

(5) (4)の解を変形し，

$$(\lambda_1-\lambda_3)a=(\lambda_2-\lambda_1)b$$

(3)で求めた λ_1 と同様にして λ_2，λ_3 を求め，上式の $\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3$ に代入し，

$$\left(\frac{l}{E_1}\sigma_1-\frac{l}{E_2}\sigma_3\right)a=\left(\frac{l}{E_2}\sigma_2-\frac{l}{E_1}\sigma_1\right)b$$

$$(\sigma_1 E_2-\sigma_3 E_1)a=(\sigma_2 E_1-\sigma_1 E_2)b$$

(2)で求めた σ_3 を代入して，

$$\left(\sigma_1 E_2-\frac{a}{b}\sigma_2 E_1\right)a=(\sigma_2 E_1-\sigma_1 E_2)b$$

$$(a+b)\sigma_1 E_2=\frac{a^2+b^2}{b}\sigma_2 E_1$$

$$\sigma_2=\frac{b(a+b)}{a^2+b^2}\frac{E_2}{E_1}\sigma_1$$

上式の σ_2，および(2)の解に上式の σ_2 を代入した σ_3 を，(1)の解に代入し，

$$\frac{P}{A}=\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3=\sigma_1+\frac{b(a+b)}{a^2+b^2}\frac{E_2}{E_1}\sigma_1+\frac{a}{b}\left\{\frac{b(a+b)}{a^2+b^2}\frac{E_2}{E_1}\sigma_1\right\}$$

$$=\frac{(a^2+b^2)E_1+(a+b)^2E_2}{(a^2+b^2)E_1}\sigma_1$$

$$\sigma_1=\frac{(a^2+b^2)E_1}{(a^2+b^2)E_1+(a+b)^2E_2}\frac{P}{A}$$

[4]

(1)

ア.

A	上降伏点
B	下降伏点

イ. 転位密度上昇による加工硬化

ウ. $\varepsilon_n = \dfrac{l - l_0}{l_0}$

エ. $\varepsilon_T = \ln\dfrac{l}{l_0}$ なので，これに上式を代入して $\varepsilon_T = \ln(1+\varepsilon_n)$

オ. 破断時の単位面積あたりの荷重なので，単純に 200÷0.8 = 250 MPa

(2)

ア　7.流動性	イ　19.摩耗性
ウ　4.共晶点	エ　2.共晶
オ　14.デンドライト状	カ　6.初晶
キ　21.α_2—α_3	ク　30.α_{10}—α_{11}
ケ　8.変化しない	コ　12.ほとんど固溶しない