

令和8年度総合生産科学研究科博士前期課程総合生産科学専攻
一般入試（夏期募集）

共生システム科学コース 電気・機械システム分野（機械系）
海洋未来科学コース（機械系）

熱力学

- ◆ P , T , v , h および s はそれぞれ、圧力、温度、比体積、比エンタルピー、および比エントロピーを示す。
- ◆ $'$ および $''$ は、飽和液および飽和蒸気状態の物理量を示す。
- ◆ 一般ガス定数は $8.314 \text{ [Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}]$ とする。
- ◆ 答案用紙には導出過程を示し、解答を解答欄へ記載すること。

1 Carnot の熱機関サイクルについて以下の問いに答えよ。

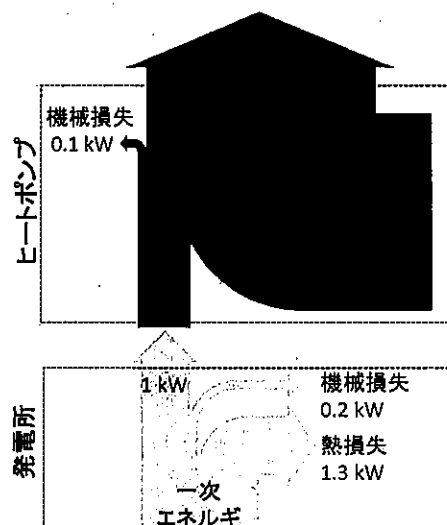
- (1) 熱源温度がそれぞれ 1200 [K] および 300 [K] である場合の第一法則的効率 η_I を求めよ。
- (2) 熱源温度がそれぞれ 1200 [K] および 300 [K] である場合の第二法則的効率 η_{II} を求めよ。
- (3) 熱源温度がそれぞれ 1200 [K] および 300 [K] である場合の不可逆損失エネルギー $L \text{ [kJkg}^{-1}]$ を求めよ。

2 浴槽に 180.0 [kg] のお湯を溜めたところ、 $45.00 \text{ [}^\circ\text{C]}$ であった。 $11.00 \text{ [}^\circ\text{C]}$ の冷水を加えて熱平衡温度 $41.00 \text{ [}^\circ\text{C]}$ にする。水の比熱は $4.186 \text{ [kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$ で一定であるとし、熱損失、ポンプ動力などは無視する。

- (1) 必要な冷水は何 [kg] か。
- (2) この系全体のエントロピー増加量 $\Delta S \text{ [JK}^{-1}]$ を求めよ。

3 右図は、一次エネルギーを燃焼させて電気を作る発電所からの電気を使用する、ヒートポンプのエネルギーフローである。以下の値を求めよ。

- (1) 発電所の第一法則的効率 η_I
- (2) ヒートポンプの暖房 COP
- (3) ヒートポンプの一次エネルギー効率



4 等積比熱 $742.32 \text{ [Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$ ，モル質量 $28.00 \text{ [gmol}^{-1}]$ の理想気体を，装置で定常的に昇圧させた．入口および出口の圧力はそれぞれ， 0.1000 [MPa] および 1.000 [MPa] であり，また出口温度は 579.21 [K] であった．この装置が理想気体に加えた工業仕事は 1160.7 [W] であった．装置入口から出口まで変化を準静的断熱過程とし，この気体の (1) 比熱比，(2) 入口の温度 $[\text{K}]$ ，(3) 質量流量 $[\text{kg s}^{-1}]$ ，(4) 比内部エネルギー変化量 $[\text{kJkg}^{-1}]$ ，(5) 単位時間あたりのエントロピー変化量 $[\text{WK}^{-1}]$ を求めよ．ただし変化量は，増加には+，減少には-を付して示すこと．

5 Rankine サイクルについて，表の蒸気表を参考にして以下の問いに答えよ．1 は復水器出口，2 はボイラ入口，3 はボイラ出口，4 はタービン出口の状態を示す番号とする．復水器出口は圧力 100 [kPa] で飽和液の状態，ボイラ出口は圧力 3.50 [MPa] ，過熱度 234.29 [K] であった．

表 蒸気表 (出典：REFPROP10 NIST)

圧力	飽和温度	v'	v''	h'	h''	s'	s''
$[\text{MPa}]$	$[\text{K}]$	$[\text{m}^3\text{kg}^{-1}]$	$[\text{m}^3\text{kg}^{-1}]$	$[\text{kJkg}^{-1}]$	$[\text{kJkg}^{-1}]$	$[\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$	$[\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$
0.1000	372.76	0.001043	1.69394	417.50	2674.90	1.3028	7.3588
3.5000	515.71	0.001235	0.05706	1049.80	2802.60	2.7254	6.1243

圧力 $[\text{MPa}]$	温度 $[\text{K}]$	$v \text{ [m}^3\text{kg}^{-1}]$	$h \text{ [kJkg}^{-1}]$	$s \text{ [kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$
3.5000	750.00	0.095874	3399.1	7.0903

- (1) T - s 線図へサイクルの状態を実線で示せ．方向を示す矢印，状態を示す点と番号，飽和曲線を示す破線を付すこと．付されていない場合は不正解とする．
- (2) 乾き度 x_4 ，および比エンタルピー h_4 を求めよ．
- (3) 比エンタルピー h_3 を求めよ．
- (4) ポンプ仕事 $[\text{kJ kg}^{-1}]$ を求めよ．ただし，ポンプ内の過程は等積変化とする．
- (5) ポンプの流量が $1.2133 \text{ [kg s}^{-1}]$ であるときの，タービン出力 $W \text{ [kW]}$ を求めよ．
- (6) 第一法則的理論効率 η_1 を求めよ．
- (7) (1) で作成した T - s 線図上へ，出力 W および無効エネルギー Q_L に相当する面積をそれぞれハッチングし，「 W 」「 Q_L 」と記入せよ．