

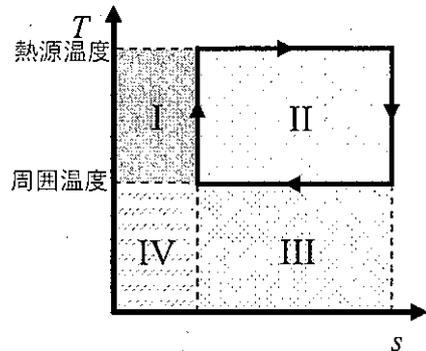
熱力学

- ◆ T, v, h および s はそれぞれ、温度、比体積、比エンタルピ、および比エントロピを示す。
- ◆ 一般ガス定数は $8.314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ とする。

1 右図の可逆サイクルについて、以下を表す面積を、I から IV を用いて示せ。（複数回答可）。

単位質量当たりの作動流体の

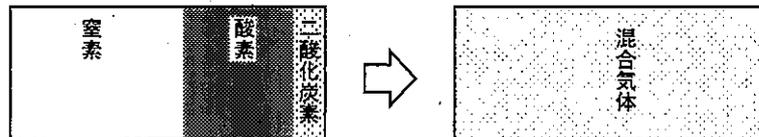
- (1) 受熱量
- (2) 放熱量
- (3) 正味の仕事
- (4) 有効エネルギー
- (5) 無効エネルギー



2 温度 300.0 K 、体積 $9.9768 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ の剛体容器内に窒素 3.0811 g 、酸素 2.2400 g および二酸化炭素 0.8802 g の混合気体が充填されている。モル質量はそれぞれ、 28.01 gmol^{-1} 、 32.00 gmol^{-1} および 44.01 gmol^{-1} である。この気体は理想気体の混合ガスとして扱えるものとし、以下の問いに答えよ。

- (1) 二酸化炭素の分圧を求めよ。
- (2) この気体の平均ガス定数を求めよ。

各気体が容器へ同時に充填され均圧し、混合が準静的等温変化でおこり平衡に至ったものとみなし、混合前後のエントロピを比較する。



- (3) 質量 m 、ガス定数 R の理想気体が、温度 T で準静的等温変化を経たときの気体のエントロピ変化 S_{12} を式で表せ。ただし、始めの体積および圧力はそれぞれ V_1, P_1 、終わりの体積および圧力はそれぞれ V_2, P_2 とする。
- (4) 気体の混合前後のエントロピ変化の総和を求めよ。

3 ガス定数 $230 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, 定積比熱 $780 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ の理想気体 10.0 g が準静的なポリトロープ変化を経た。この過程の始めの温度は 300 K , ポリトロープ指数は 1.20 , エントロピー変化は $+0.9831 \text{ JK}^{-1}$ であった。以下の問いに答えよ。

- (1) 熱力学第一法則 ($dq = du + dw$) から, 比熱が負となるポリトロープ指数 n の条件を導き, ガス定数 R および定積比熱 c_v の記号を用いて示せ。
- (2) 終わりの温度を求めよ。
- (3) 外部へ行った仕事を求めよ。

4 水を作動流体とする Rankine サイクルがある。復水器出口における圧力および過冷却度はそれぞれ, 10.0 kPa および 0.00 K , タービン入口の温度および圧力はそれぞれ, $600 \text{ }^\circ\text{C}$ および 3.50 MPa である。また, 作動流体の循環量は 0.600 kg s^{-1} である。種々の不可逆損失は無視して良いものとして, 以下の熱物性表を用いて各問いに答えよ。

圧力 [MPa]	飽和温度 [$^\circ\text{C}$]	v' [m^3kg^{-1}]	v'' [m^3kg^{-1}]	h' [kJkg^{-1}]	h'' [kJkg^{-1}]	s' [$\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]	s'' [$\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
0.01	45.81	0.00101027	10.02014	191.81	2583.9	0.64920	8.1488
3.50	233.86	0.00123496	0.057058	1049.8	2802.6	2.7254	6.1243

圧力 [MPa]	温度 [K]	v [kgm^{-3}]	h [kJkg^{-1}]	s [$\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
3.50	873.15	8.8297	3678.9	7.4356

*出典: REFPROP10 (NIST)

- (1) タービン出口の乾き度, および比エンタルピーを求めよ。
- (2) ポンプ仕事 $[W]$ を求めよ。ただし, この昇圧過程は等積変化と近似できるものとする。
- (3) サイクルの出力 W $[W]$ を求めよ。
- (4) サイクルの熱効率 (第一法則的理論効率) を求めよ。
- (5) この Rankine サイクルの出力を使い, 成績係数が 5 のヒートポンプを作動させた場合の一次エネルギー効率を求めよ。