

問題6 熱力学 (100点)

以下の問い (問1～問3) に答えよ。

問1 内部エネルギーについて次の(a)～(c)の問いに答えよ。

(a) 内部エネルギーの微小変量 (dE) が以下の式で表わされることを示せ。

$$dE = nC_v dT + \left\{ \frac{n(C_p - C_v)}{\alpha V} - P \right\} dV \quad (1)$$

ただし、 n はモル数、 T は温度、 V は体積、 P は圧力である。定圧モル比熱 C_p と定積モル比熱 C_v 、熱膨張率 α は次の式で表わされる。

$$C_p = C_v + \frac{1}{n} \left\{ \left(\frac{\partial E}{\partial V} \right)_T + P \right\} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P, \quad C_v = \frac{1}{n} \left(\frac{\partial E}{\partial T} \right)_V, \quad \alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

- (b) 理想気体の内部エネルギーは温度のみの関数である。この事実から式(1)を用いて、理想気体の C_p と C_v の間に成り立つ関係を導け。
- (c) 不可逆変化で、エントロピーが必ず増大する系は、孤立系 (物質の出入りなく、熱の出入りもない系) である。不可逆変化で、内部エネルギーが必ず減少するような系はどのような系か答えよ。理由も説明すること。

問2 状態1 (温度 T_1 , 体積 V_1) の超臨界状態の H_2O 流体を以下の3つの方法で体積 V_2 ままで膨張させることを考える。

- A) 準静的に断熱膨張させ、状態A (T_A , V_2) にする。
B) 断熱自由膨張させ、状態B (T_B , V_2) にする。
C) 準静的に等温膨張させ、状態C (T_C , V_2) にする。

状態Aと状態B、状態Cの温度 (T_A , T_B , T_C) を測定すると $T_A < T_B < T_C$ であった。この状態変化について次の(a)～(d)の問いに答えよ。

- (a) 方法Aで膨張させる時、保存される状態量は何か答えよ。その理由も述べよ。
(b) 状態1と状態Bで同じ値となる状態量は何か答えよ。その理由も述べよ。

(次ページに続く)