

平成16年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

1. 以下の文章中の空欄について、適切な式や語句あるいは数値を解答せよ。

【25点】

熱力学の第一法則より、考える系への入熱量 dQ は内部エネルギーの増分と外部への仕事の和に等しく、内部エネルギー U 、圧力 p 、体積 V を用いて以下のように書ける。

(ア)

また、可逆・不可逆の両過程を考慮すると、一般に dQ とそのときの絶対温度 T に対して、系全体のエントロピー変化 dS は

(イ)

の関係にある。式および式より、系の内部エネルギー U 、体積 V 、エントロピー S のそれぞれの変化は、

(ウ)

の関係を満たす。

一方、エンタルピー H と T 、 S を用いて

(エ)

と定義される G をギブスの自由エネルギーとよぶが、式を用いれば、 dG は、

(オ)

と書ける。式より、等温・等圧変化する系における G の変化 dG は、

(カ)

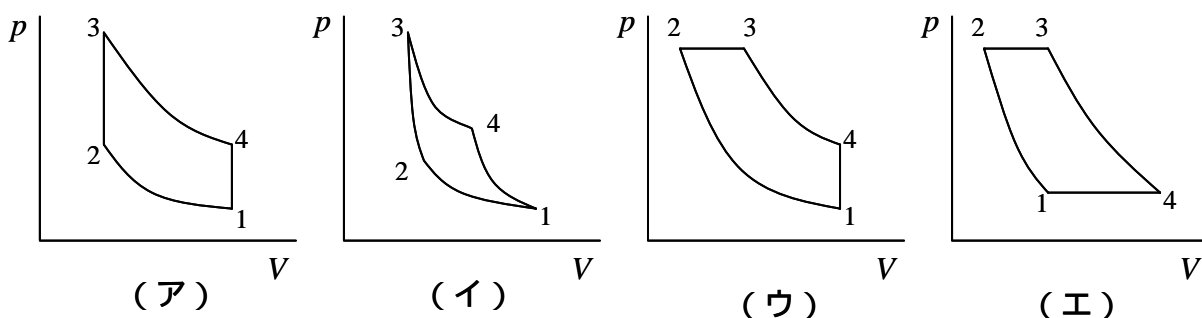
の関係を満たすことがわかる。すなわち、等温・等圧変化で熱平衡に至る不可逆な状態変化においては、 dG は(キ)となることから、例えば化学反応に伴う G の値の増減を調べれば、その反応が自然に進行するか否かを議論するための指標ともなりうる。

今、 $\text{H}_2 + (1/2)\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ で表される反応より、標準状態(298K, 1atm)において仕事を取り出すことを考える。この反応は、反応前後で $\Delta G = -237.2 \text{ kJ/mol}$ 、 $\Delta H = -286.0 \text{ kJ/mol}$ (ク 基準(HHV, Higher Heating Value))であるので、 $\Delta S = (\text{ケ})$ となる。理論上の熱効率(=仕事として取り出しうるエネルギー / 発生するエネルギー)の上限は約(コ)%となり、標準状態を低温熱源とするカルノーサイクルで同じ熱効率を得るには、(サ)の温度の高温熱源が必要となる。

2. Otto サイクルに関する以下の問に答えよ。

【25点】

- (1) 下図(ア)～(エ)の中から、Otto サイクルを表すのにもっとも適切な p - V 線図を選べ。また、作動流体の変化過程を図中の番号と対比させて、
 1 2 等温圧縮 2 3 断熱膨張 ……
 の要領で述べよ。



- (2) シリンダ内のガスの定積熱容量 C_v ならびに p - V 線図上の状態 1～4 の温度 $T_1 \sim T_4$ のみを適宜用いて、供給される熱量 Q_{in} と排出熱量 Q_{out} 、熱効率 η をそれぞれ表せ。
- (3) サイクルの行程を考慮して、 $T_1 \sim T_4$ の4つの温度が満たす一つの関係式を導け。
- (4) (2) で求めた熱効率を、比熱比 κ ならびに状態 1～4 の体積 $V_1 \sim V_4$ のみを適宜用いて表せ。

論点 [熱力学]

- 1 . 熱力学の第一・第二法則、ならびに自由エネルギーに関する理解度を問う。

- 2 . サイクルに関する理解度を問う。
 - (1) p - V 線図の理解度を問う。

 - (2) 熱機関の熱効率に関する理解度を問う。

 - (3) サイクルの行程に関する理解度を問う。

 - (4) 熱機関の熱効率に関する理解度を問う。