

第2問

次のⅠ，Ⅱの各問に答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。

元 素	H	C	N	O	K	Fe
原子量	1.0	12.0	14.0	16.0	39.1	55.8

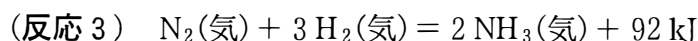
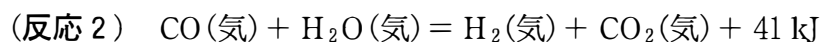
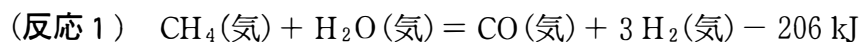
物質(状態)	CH ₄ (気)	CO ₂ (気)	H ₂ O(液)
生 成 熱 [kJ/mol]	75	394	286

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ ，気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

Ⅰ 次の文章を読み，問ア～オに答えよ。

火力発電の燃料として，天然ガスよりも石炭を用いる方が，一定の電力量を得る際の二酸化炭素 CO₂ 排出が多いことが問題視されている。そこで，アンモニア NH₃ を燃料として石炭に混合して燃焼させることで，石炭火力発電からの CO₂ 排出を減らす技術が検討されている。

従来 NH₃ は，主に天然ガスに含まれるメタン CH₄ と空気中の窒素 N₂ から製造されてきた。その製造工程は，以下の3つの熱化学方程式で表される反応により，CH₄(気)とN₂(気)とH₂O(気)から，NH₃(気)とCO₂(気)を生成するものである。



このように得られる NH₃ は，燃焼の際には CO₂ を生じないものの，製造工程で CO₂ を排出している。発電による CO₂ 排出を減らすために石炭に混合して燃焼させる NH₃ は，CO₂ を排出せずに製造される必要がある。

そこで，太陽光や風力から得た電力を使い，水の電気分解により得た水素を用いる NH₃ 製造法が開発されている。

〔問〕

- ア 下線部①に関して、石炭燃焼のモデルとして C(黒鉛)の完全燃焼反応(反応 4)，天然ガス燃焼のモデルとして CH₄(気)の完全燃焼反応(反応 5) を考える。C(黒鉛)1.0 mol，CH₄(気)1.0 mol の完全燃焼の熱化学方程式をそれぞれ記せ。ただし，生成物に含まれる水は H₂O(液)とする。また，反応 4 により 1.0 kJ のエネルギーを得る際に排出される CO₂(気)の物質量は，反応 5 により 1.0 kJ のエネルギーを得る際に排出される CO₂(気)の物質量の何倍か，有効数字 2 桁で答えよ。
- イ 下線部②に関して，NH₃(気)の燃焼反応(反応 6)からは N₂(気)と H₂O(液)のみが生じるものとする。C(黒鉛)と NH₃(気)を混合した燃焼(反応 4 と反応 6)により 1.0 mol の CO₂(気)を排出して得られるエネルギーを，反応 5 により 1.0 mol の CO₂(気)を排出して得られるエネルギーと等しくするためには，1.0 mol の C(黒鉛)に対して NH₃(気)を何 mol 混ぜればよいか，有効数字 2 桁で答えよ。答えに至る過程も示せ。
- ウ 下線部③の製造工程により 1.0 mol の NH₃(気)を得る際に，エネルギーは吸収されるか放出されるかを記せ。また，その絶対値は何 kJ か，有効数字 2 桁で答えよ。答えに至る過程も示せ。
- エ CO₂ と NH₃ を高温高压で反応させることで，肥料や樹脂の原料に用いられる化合物 A が製造される。1.00 トンの CO₂ が NH₃ と完全に反応した際に，1.36 トンの化合物 A が H₂O とともに得られた。化合物 A の示性式を，下記の例にならって記せ。
- 示性式の例：CH₃COOC₂H₅
- オ 下線部④に関して，下線部③の製造工程により 1.0 mol の NH₃(気)を得る際に排出される CO₂(気)の物質量を有効数字 2 桁で答えよ。また，この CO₂ 排出を考えたとき，反応 6 により 1.0 kJ のエネルギーを得る際に排出される CO₂(気)の物質量は，反応 5 により 1.0 kJ のエネルギーを得る際に排出される CO₂(気)の物質量の何倍か，有効数字 2 桁で答えよ。