

**国際環境工学部
環境化学工学科
総合問題**

【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 試験時間は 10 時 00 分から 12 時 00 分までの 120 分、配点は 60 点です。
(配点の内訳：第 1 問 30 点・第 2 問 30 点)
3. この問題冊子は、表紙以外に 4 ページあり、解答用紙は 2 枚あります。
4. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 解答用紙には、解答箇所以外に受験番号記入欄（各解答用紙 2 箇所）、氏名記入欄（各解答用紙 1 箇所）があるので、受験番号と氏名を正しく記入してください。正しく記入されていない場合には、採点できないことがありますので、十分注意してください。
6. 解答はすべて指定した解答用紙に記入してください。
7. 解答用紙を持ち出してはいけません。持ち出した場合、試験をすべて無効とします。
8. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
9. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

第1問 (環境に関する科学)

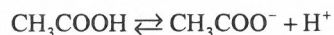
問1 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

有機性廃棄物を資源化(有用な化合物への変換)する方法として、微生物を利用したメタン発酵プロセスがある。このプロセスでは、微生物が有機性廃棄物中の有機化合物を分解して、最終的に、バイオガスとよばれる (a) 二酸化炭素と (b) メタンの混合ガスが生成する。また、有機性廃棄物中の有機化合物のうち、(c) 窒素を含む化合物からは (d) アンモニアも生成する。さらに、メタン発酵プロセスの水溶液中では、(e) 二酸化炭素が水に溶けて生成した化合物由来の陰イオンとアンモニア由来の陽イオンから塩が生成できる。

- (1) 下線部 (a) の化合物が水に溶けると、水溶液は弱酸性を示す。この水溶液中で、電離平衡の状態に達したときのイオン反応式を示せ。ここでは、2段階の電離のうち、1段階目の電離のみを考える。
- (2) 下線部 (a) の化合物と下線部 (b) の化合物をそれぞれが気体のままで、触媒を用いて高温で反応させることで一酸化炭素と水素が生成する。この反応を化学反応式で示せ。ここでは、触媒を示す必要はない。
- (3) 下線部 (c) の化合物を、次から選び答えよ。
デンプン タンパク質 セルロース グリセリン
- (4) 下線部 (d) の化合物は水に容易に溶けて、水溶液は弱塩基性を示す。この反応を、イオン反応式で示せ。ここでは、平衡を考慮しない。
- (5) 下線部 (e) について、イオン反応式を示せ。ここでは、二酸化炭素が水に溶けて生成した化合物由来の陰イオンは、2段階の電離のうち、1段階目の電離で生成した陰イオンのみを考える。また、生成した塩の電離平衡を考慮しない。

問2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

酢酸は、水溶液中では一部が電離し、次のような電離平衡が成立する。



このとき、電離していない酢酸と酢酸イオンを合計した全酢酸のモル濃度(全モル濃度)を $[\text{A}_{\text{total}}]$ 、酢酸イオンのモル濃度を $[\text{A}^-]$ とそれぞれ表す。また、 $[\text{A}^-]$ は、酢酸の電離定数 K_a 、水素イオンのモル濃度 $[\text{H}^+]$ 、全モル濃度 $[\text{A}_{\text{total}}]$ を用いて式① で表される。

$$[A^-] = \frac{K_a}{K_a + [H^+]} \times [A_{\text{total}}] \quad \text{式①}$$

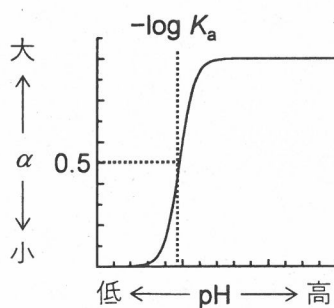
式① から、酢酸の電離度 α は、式② のように表される。

$$\alpha = \frac{[A^-]}{[A_{\text{total}}]} = \frac{K_a}{K_a + [H^+]} \quad \text{式②}$$

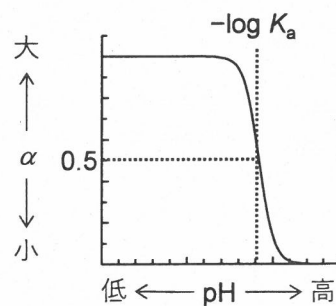
- (1) 電離度 α , 電離定数 K_a , pH の関係を正しく表した図を以下のグラフから選び、記号で答えよ。
 なお, pH は水素イオン濃度 $[H^+]$ の逆数の常用対数を用いて, 式③ のように表される。

$$\text{pH} = -\log_{10}[H^+] \quad \text{式③}$$

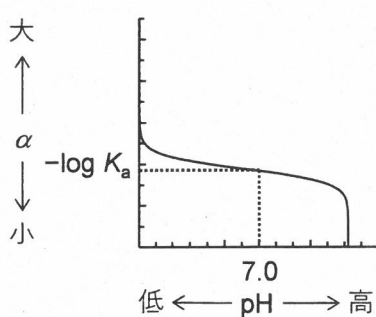
グラフ A



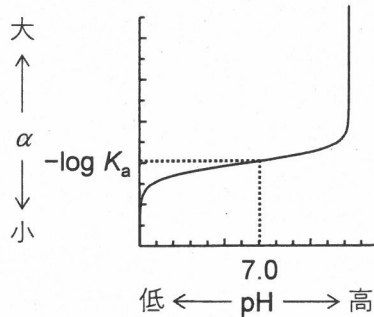
グラフ B



グラフ C



グラフ D



- (2) 電離定数 K_a が $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ で、電離度 α が 0.5 になるときの水素イオンのモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を求めよ。解答に至る過程も示し、解答は有効数字 2 桁で答えること。

第2問 (化学)

[注意] 必要であれば、次の原子量、数値を使うこと。

H : 1.0, C : 12.0, O : 16.0, S : 32.0

気体定数 : $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

問1 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

硫酸は、工業的には、接触法によってつくられる。この方法では、まず、硫黄の燃焼により (a) 二酸化硫黄を得る。次に、(b) 得られた二酸化硫黄を、酸化バナジウム (V) を触媒として、空気中の酸素で酸化することで酸化物を得る。続いて、得られた酸化物を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを (c) 希硫酸で薄めて濃硫酸にする。

市販の濃硫酸は濃度約 98% で、無色で粘性の大きい液体であり、次のような性質をもつ。

- ① ア が強く、中性・酸性気体の乾燥剤に用いられる。
- ② 有機化合物から水素と酸素を、 $\text{H}:\text{O}=2:1$ の割合で奪う イ がある。
- ③ 熱濃硫酸は強い ウ をもち、銅や銀などを溶かす。

(1) 下線部 (a) の化合物は、硫化水素のような強い還元剤に対しては酸化剤としてはたらく。下線部 (a) の化合物と硫化水素との反応を化学反応式で示せ。

(2) 下線部 (b) の反応を化学反応式で示せ。ここでは、触媒を示す必要はない。

(3) 下線部 (c) の物質は、電離度が大きく強い酸性を示す。硫化鉄 (II) に下線部 (c) の物質を加えると、無色で腐卵臭のある気体が発生する。この反応を化学反応式で示せ。

(4) 空欄 ア ～ ウ に適する語句を次から選び、それぞれ答えよ。

不揮発性 吸湿性 脱水作用 酸化作用 強酸性

(5) 硫黄が完全に硫酸に変えられたとすると、1.0 kg の硫黄から質量パーセント濃度が 98% の濃硫酸は何 kg できるか求めよ。解答は、計算の過程を示しながら、有効数字 2 桁で答えよ。

問2 内容積が 15.0 L で、温度によって体積が変化しない耐圧容器に、2.60 g のアセチレン C_2H_2 と 16.0 g の酸素を入れて 27°C にした。以下の問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体とみなしてよい。ここでは、混合により化学反応は起きないものとする。

(1) 混合気体中のアセチレンおよび酸素のそれぞれの分圧 [Pa] を有効数字 3 桁で答えよ。なお、解答用紙には答えのみを記すこと。

- (2) アセチレンと酸素の混合気体に点火して完全燃焼させた。燃焼により、封入した混合気体のどちらか一方の気体は、反応してすべて消費された。燃焼後、容器内部の温度を 177°C に保った。このときの混合気体の全圧 $[\text{Pa}]$ を求めよ。ここでは、水は完全に蒸発しているとする。解答は、計算の過程を示しながら、有効数字3桁で答えよ。

問 3 気体の二酸化炭素の生成エンタルピーが -394 kJ/mol 、液体の水の生成エンタルピーが -286 kJ/mol 、気体のプロパンの燃焼エンタルピーが -2220 kJ/mol であるとき、気体のプロパンの生成エンタルピー $[\text{kJ/mol}]$ を求めよ。解答は、計算の過程を示しながら、有効数字3桁で答えよ。