

国際環境工学部
エネルギー循環化学科
総合問題

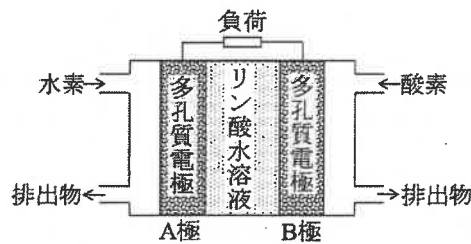
【注 意】

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3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)

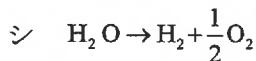
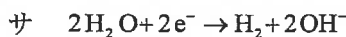
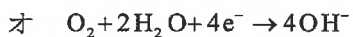
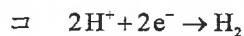
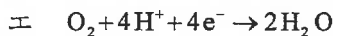
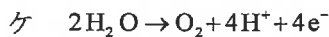
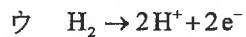
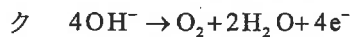
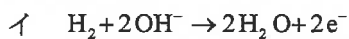
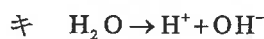
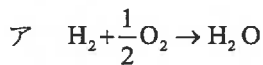
次の文を読み、以下の問いに答えよ。

(a) 燃料電池は水素と酸素の化学反応によって発電する装置であり、燃料電池自動車はこの電気エネルギーでモーターを回し走る自動車である。(b) 走行時に発生する物質は水のみであり、大気汚染の原因となる窒素酸化物、炭化水素、一酸化炭素、二酸化炭素および浮遊粒子状物質などを発生しないという特長がある。また、(c) ガソリン内燃機関自動車のエネルギー効率(15%~20%程度)と比較して高いエネルギー効率であるという特長がある。燃料電池の模式図を下に示す。ここでは、モーターを負荷という一般的な記述とした。



この燃料電池では、触媒を含有する2枚の多孔質の電極に仕切られた容器に、電解質としてリン酸水溶液が入れている。A極側には水素が、B極側には酸素が供給され、これらの気体は多孔質の電極を通してリン酸水溶液と接触できる仕組みとなっている。

問1 下線部 (a) について、A極およびB極で起こる反応式をそれぞれア~シから選べ。



問2 模式図中の負荷における電流の向きを下から選び、記号で答えよ。

① A極からB極

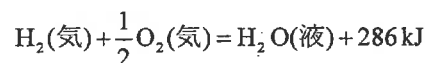
② B極からA極

問3 下線部 (b) について、排出物に水が含まれるのは下記のいずれかを記号で答えよ。

- ① A 極側の排出物
- ② B 極側の排出物

問4 下線部 (c) について、水素-酸素燃料電池の実験装置を実際に稼働させたところ、出力（単位時間当たりの電気エネルギー）が 193 W で、電圧が 0.500 V であった。次の (1) ~ (7) に答えよ。ただし解答に至る過程を記し、有効数値 2 桁で解答すること。ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

- (1) この燃料電池を 2.00×10^3 秒間稼働させたとき、燃料電池から供給された電気エネルギーは何 kJ か求めよ。
- (2) 負荷を流れている電流を求めよ。
- (3) この燃料電池を 2.00×10^3 秒間稼働させたとき、負荷を流れた電気量を求めよ。
- (4) この燃料電池を 2.00×10^3 秒間稼働させたとき、負荷を流れた電子の物質量を求めよ。
- (5) この燃料電池を 2.00×10^3 秒間稼働させたとき、反応した水素(H_2)の物質量を求めよ。
- (6) 水素の燃焼反応を、熱化学方程式を用いて表すと次のようになる。(5) で求めた物質量の水素が完全燃焼すると、発熱量は何 kJ になるか求めよ。



- (7) (6) で求めた水素の燃焼反応による発熱量に対する、(1) で求めた稼働による燃料電池から供給された電気エネルギーの割合は、何%か求めよ。

第2問 (化学)

[注意] 必要であれば、次の原子量と数値を用いよ。H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5, K = 39.0, 標準状態 (0°C, 1.01×10^5 Pa) の気体 1 mol の体積 : 22.4 L
 $\log_{10} 2.0 = 0.30$, $\log_{10} 3.0 = 0.48$, $\log_{10} 7.0 = 0.85$

問1 水の電離と pH (水素イオン指数) に関して、以下の問いに答えよ。

なお (2) では、単位をつけて有効数字 2 桁で答えること。また (4) および (5) では、解答の導出過程も記し、値を有効数字 2 桁で答えること。

- (1) 水の電離平衡の平衡式を記せ。また、モル濃度を用いて平衡定数 K を記せ。ただし、物質 A のモル濃度を $[A]$ のように記すこと。
- (2) 純粋な水は 25°C でわずかに電離し、水素イオンのモル濃度は 1.0×10^{-7} mol/L である。水のイオン積 K_w の値を求めよ。
- (3) 水溶液の酸塩基性の程度を表す指標として、pH が広く用いられている。pH の定義式を記せ。ただし、数値 B の常用対数は $\log_{10} B$ のように記すこと。
- (4) 硫酸は全て電離するとして、 2.0×10^{-3} mol/L 硫酸の pH を求めよ。
- (5) 2.0×10^{-5} mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の pH を求めよ。ただし、水酸化ナトリウムは全て電離するものとする。

問2 家庭用のガス燃料として広く用いられているものに、メタンとプロパンがあげられる。これに関して以下の問いに答えよ。

なお、(1) および (4) では、単位をつけて有効数字 3 桁で答えること。また (4) では、解答の導出過程も記すこと。

- (1) それぞれの物質のモル質量を求めよ。
- (2) それぞれの物質が完全燃焼するときの化学反応式を記せ。
- (3) メタンおよびプロパンの燃焼熱はそれぞれ、891 kJ/mol, 2220 kJ/mol である。それぞれの物質の燃焼の熱化学方程式を、物質の状態 ((気), (液) など) を添えて記せ。
- (4) 標準状態のメタン 1.12 L を燃焼させて得られる熱量と等しい熱量を得るために必要なプロパンの量は、標準状態で何 L か求めよ。
- (5) 前問のプロパンの必要量を質量で比較すると、その増減について当てはまるものを記号で記せ。プロパンを用いることで必要な質量は、
ア 約 20% 減少 イ 約 10% 減少 ウ 増減 1% 以内 エ 約 10% 増加 オ 約 20% 増加