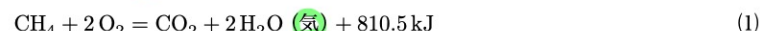


## 第1問

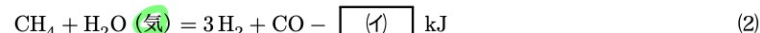
## 【問題文】

次の文章を読んで、後の問に答えよ。ただし、ファラデー定数を  $96500 \text{ C/mol}$  とする。また、 $1 \text{ J} = 1 \text{ C} \times 1 \text{ V}$  である。

メタンを空気中で燃焼させると、次の反応により熱を放出する。☆熱の種類もcheck ④のときは数値代入が有利



また、メタンは次の反応で水蒸気と反応し、水素と一酸化炭素を生成する。



水素と一酸化炭素も空気中で燃焼させると、次の反応により熱を放出する。

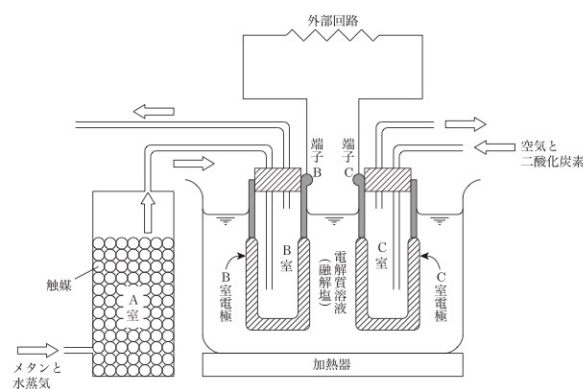


式(2)の反応の速度は、温度が  $\boxed{(a)}$  になったり、容器の圧力が  $\boxed{(b)}$  になると速くなるが、化学平衡は、温度が  $\boxed{(c)}$  になったり、容器の圧力が  $\boxed{(d)}$  になると右辺に移動する。

式(3)や式(4)の反応の化学平衡は、温度が  $\boxed{(e)}$  になったり、容器の圧力が  $\boxed{(f)}$  になると右辺に移動する。

2 mol の水と 1 mol のメタンの入った容器を  $300 \text{ K}$  に保つと、容器内の圧力はちょうど  $10^5 \text{ Pa}$  になった。温度を上昇させ、 $600 \text{ K}$  で一定に保つと式(2)の反応が進み、メタンの  $x \text{ [mol]}$  が反応して平衡に達した。このとき、容器内の全物質の量は  $\boxed{(g)}$  mol となり、圧力は  $\boxed{(h)}$  Pa となった。ただし、全ての水は  $300 \text{ K}$  では液体であり、 $600 \text{ K}$  では気体であるものとし、液体の体積は無視できるものとする。また、温度変化による容器の体積変化も無視できるものとする。

式(3)や式(4)の反応を利用して電池を作ることができる。高温融解状態にある炭酸ナトリウムを電解質溶液に用いた、次の図のような電池が研究されている。



図の A 室にメタンと水蒸気の混合気体を連続的に導き、触媒を使って(2)式の反応をさせた後、電池の B 室にメタン、水蒸気、水素、一酸化炭素の混合気体を導く。B 室の電極では水素と一酸化炭素のみが、電解質溶液中の  $\text{CO}_3^{2-}$  と反応し、式(5)、式(6)に示すように  $\boxed{(g)}$  されて消失する。



一方、電池の C 室に、十分な量の二酸化炭素を混合した空気を導くと、C 室内の電極で酸素と二酸化炭素が反応し、酸素が  $\boxed{(h)}$  されて  $\text{CO}_3^{2-}$  が生成して電解質溶液中に溶け込む。式(5)と式(6)の反応が式(2)の反応に比べ、はるかに速いものとするれば、A 室でメタンが 1 mol 消失するときに、B 室では  $\boxed{(i)}$  mol の水素と 1 mol の一酸化炭素が消失し、C 室では  $\boxed{(j)}$  mol の酸素と  $\boxed{(k)}$  mol の二酸化炭素が消失する。このとき、 $\boxed{(l)}$  クーロンの電流量が外部回路を流れ、端子 B が電池の  $\boxed{(i)}$  となり、電池の電圧は  $0.80 \text{ V}$  を示した。この電池を用いると、式(1)で得られる熱エネルギーの  $\boxed{(f)}$  % の電気エネルギーが得られることになる。

問1  $\boxed{(a)}$  ~  $\boxed{(i)}$  にふさわしい語句を、{1.高く, 2.低く, 3.酸化, 4.還元, 5.正極, 6.負極}の中から選び、番号で答えよ。

問2  $\boxed{(f)}$  ~  $\boxed{(j)}$  に適した数値または数式を答えよ。ただし、 $\boxed{(f)}$  の数値は小数点以下1位まで、 $\boxed{(h)}$  の数値は有効数字3桁で、 $\boxed{(j)}$  の数値は有効数字2桁で答えよ。

(f): ☆熱化学の解法選択: 数値代入法

まわりの熱は全て燃焼熱

⇒ 0を代入するのは  $\text{O}_2(\text{g})$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ,  $\text{CO}_2(\text{g})$ ? 状態check

$$\begin{aligned} \Delta H &= 3 \cdot \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) - \text{CH}_4(\text{g}) - \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \\ &= 3 \times \frac{487.2}{2} + \frac{562.8}{2} - 810.5 - 0 = 201.7 \end{aligned}$$

(a)~(d) ☆反応速度と平衡の区別!

反応速度↑ - T↑, 濃度↑, 触媒あり

(a): 温度は高く, 1. (d) 濃度↑には圧力は高く, 1.

平衡右へ(吸熱, 気体粒子数↑)

(c): 温度は高く, 1. (d) 全体濃度↓には圧力は低く, 2.

(e), (f): 平衡を右へ(発熱, 気体粒子数↓)

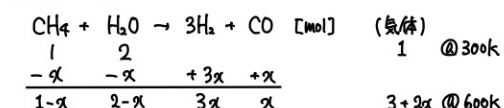
(e): 温度は低く, 2. (f) 全体濃度↑には圧力は高く, 1.

(g), (h) ☆気体反応での水の扱い

・ all 液体 / all 気体 / -部 液体 の判定

⇒ 今回は,  $300 \text{ K}$  で all 液体,  $600 \text{ K}$  で all 気体.

反応表は以下



あと,  $3+2x \dots (g)$

$$P = \frac{nRT}{V} \text{ で } \begin{cases} n: (3x+2) \text{ 倍} \\ T: 2 \text{ 倍} \end{cases}$$

$$\text{ゆえ, } 2(3+2x) \times 10^5 \dots (h)$$

(g) ...  $\text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  /  $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$  と酸素がくっついてるので,

酸化: 3

(h) ... 0原子が酸化数  $0 \rightarrow -2$  と変化しているんで,

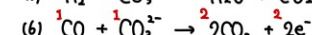
還元: 4

(i)~(k)

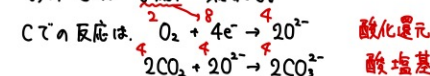
(2)式より,  $\text{CH}_4$  が 1 mol 消費されると,

$\text{H}_2$  が 3 mol,  $\text{CO}$  が 1 mol 生じる ... 3... (i)

→ (5), (6) の反応は素早く起こり, 以下のように反応。



あと,  $\text{e}^-$  は 8 mol 流れる。



と考えることができ,  $\text{O}_2$  は 2 mol,  $\text{CO}_2$  は 4 mol 反応。

2... (h), 4... (k)

$$(h): 8 \text{ mol} \times 96500 \text{ C/mol} = 7.72 \times 10^5 \text{ C}$$

(f) 結局, 全体反応は (1) なので,

$$\frac{0.80 \text{ V} \times (7.72 \times 10^5 \text{ C})}{810.5 \times 10^3 \text{ J}} \times 100 = 76.1 \approx 76\%$$

第2問

【問題文】

次の文を読んで、問1～5に答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.00$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $S = 32.0$ ,  $Cu = 63.5$ ,  $Zn = 65.4$ ,  $Ag = 108$ ,  $Pt = 195$  とし、ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、すべての気体は理想気体であり、気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。また、圧力の単位換算には  $760 \text{ mmHg} = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  を用いよ。

試験管に取った硝酸銀水溶液に銅板を浸し、しばらく放置すると、銀が銅板に析出するとともに、溶液の色は ア から イ になる。このことから、水溶液中では、銅の方が銀より陽イオンになりやすく、ウ されやすいことが分かる。

金属元素の単体が、水または水溶液中で陽イオンとなる性質の強さを、その金属の エ という。金属の単体が陽イオンになるとき オ を他の物質に与えるので、エ の大きい金属ほど ウ されやすい。

2種類の金属を電解質水溶液に浸して導線でつなぐと、エ の大きな方の金属が カ 極となり、エ の小さな方の金属が キ 極となって、電流が流れる。

図1のように、中央を素焼きの板で仕切った同じ大きさの容器A、B、Cを用意し、それぞれ次のような水溶液を満たし、金属板を浸した。

- (1) 容器Aの片側には硫酸亜鉛水溶液を、もう一方の側には硫酸銅(Ⅱ)水溶液を入れ、亜鉛板①および銅板②をそれぞれ浸す。
- (2) 容器Bの両側に硫酸銅(Ⅱ)水溶液を入れ、白金板③、④をそれぞれ浸す。
- (3) 容器Cの片側には硝酸銅(Ⅱ)水溶液を、もう一方の側には硝酸銀水溶液を入れ、銅板⑤および銀板⑥をそれぞれ浸す。

これらの金属板のうち②と③、④と⑤、⑥と①とを導線で結ぶと回路に電流が流れ、質量の変化する金属板や表面から気体の発生する金属板があった。

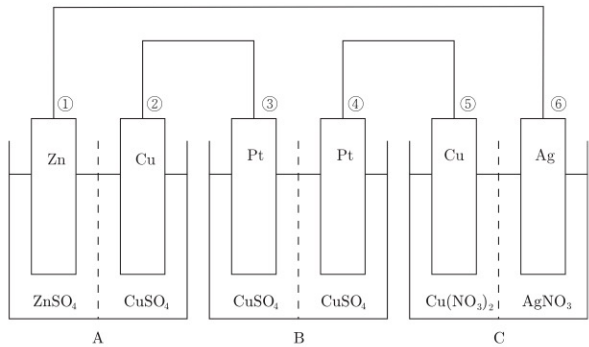


図1

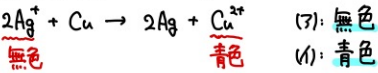
- 問1 ア ～ キ に適切な語句を入れよ。
- 問2 金属板②と③を結ぶ導線に流れる電流の方向は、②→③あるいは③→②のいずれであるかを記せ。
- 問3 金属板①、④および⑥で進行する化学反応をイオン反応式で記せ。
- 問4 気体の発生する金属板の番号を記せ。
- 問5 発生した気体を捕集し、温度  $27^\circ\text{C}$ 、圧力  $760 \text{ mmHg}$  の下で体積を測定したところ、 $249 \text{ cm}^3$  であった。

(a) 発生した気体は何 mol か。有効数字3桁で答えよ。

(b) 金属板①、③および⑥の質量変化は何 g か。増減を含めて有効数字3桁で答えよ。

問1: (ア)～(ウ)

イオン化傾向:  $Cu > Ag$  ㍿



- (ア): 無色
- (イ): 青色

$e^-$  を失うことは.. (ウ): 酸化

(エ): イオン化傾向 (オ): 電子 (カ): ( $e^-$  を出す㍿) 負

※ イオン化Eと異なり、水中! (キ): 正

問2: ※ たくさんの電池や電解槽あり⇒有名電池を見つける

今回は、Aがダニエル電池ゆえ、 $e^-$  は①→② ... た3㍿

Bは起電力なし、Cも確かにイオン化傾向④の

Cuが負極、Agが正極で㍿た3㍿

㍿.  $e^-$  は③→④ ㍿. 電流は②→③

問3: ①: 負極で、 $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

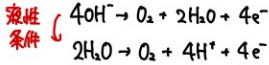
④: 陰極で、イオン化傾向㍿  $Cu < H_2$  ㍿.  $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

⑥: 正極で、 $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

問4: 残りも考察

②: 正極で、 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

③: 陽極で、極板Pt㍿反応  $I^- > Br^- > Cl^- > OH^-$



⑤: 負極で、 $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$  ㍿. ③

問5: (㍿) 求める気体:  $n [\text{mol}]$  とすると、E.O.S ㍿

$1.00 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \frac{249}{1000} \text{ L} = n [\text{mol}] \cdot 8.3 \times 10^3 \cdot 300 \text{ K}$

$\therefore n = 1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$

(㍿) ③㍿.  $e^-$  は  $4n [\text{mol}]$  流れた。

①㍿. Znは  $2n [\text{mol}]$  減少。

$2n [\text{mol}] \times 65.4 \text{ g/mol} = 1.308 \div 1.31 \text{ g}$

減少

③㍿. 金属板は変化せず、0g

⑥㍿. Agは  $4n [\text{mol}]$  増加。

$4n [\text{mol}] \times 108 \text{ g/mol} = 4.32 \text{ g}$

増加。