

滋賀医科大学
平成 30 年度
医学科一般入試(前期日程)

問題冊子

理 科

物 理	1 ページ～ 6 ページ
化 学	7 ページ～12 ページ
生 物	13 ページ～21 ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 21 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち 2 科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始 120 分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

化 学 (3 問題)

I 次の文章を読み、問 1～5 に答えよ。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、気体定数を $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。(配点 32)

燃料と酸素を外部から供給し、それらの化学反応のエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を ① といい、現在、¹水素を燃料としたものがよく使われている。ガソリンエンジンなどでは稼働時に二酸化炭素が生じるのに対して、① では ② しか生じないので環境にやさしいとされている。ここで、燃料となる水素は天然にはほとんど存在しないので、²触媒を用い、メタンと水蒸気を反応させて工業的に製造されている。このとき、同時に二酸化炭素が生成する。さらに、³反応器を高温にするために反応器の周りでメタンを燃焼させている。このように、水素を得るためにメタンを消費して二酸化炭素を排出しているのが現状である。したがって、⁴真に環境にやさしい水素製造技術の開発を進めることが望まれる。

問 1 文中の ① と ② に、適切な語を入れよ。

問 2 下線部 1 について、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 電解液としてリン酸水溶液を用いた場合に、(ア)正極および(イ)負極で起こる反応を電子 e^- を用いたイオン反応式で表せ。
- (2) 標準状態において 112 L の酸素と 112 L の水素がある。これらを用いて得られる最大の電気量を有効数字 3 桁で答えよ。
- (3) 炭素電極と氷晶石 (Na_3AlF_6) を用い、(2) で得られた電気量で酸化アルミニウムの融解塩電解を行った。このとき、陽極から二酸化炭素と一酸化炭素の混合気体が標準状態において 67.2 L 発生した。
 - (ア) 陰極で得られた物質の物質量を有効数字 2 桁で答えよ。
 - (イ) 陽極で起こる 2 つの反応を電子 e^- を用いたイオン反応式で表せ。
 - (ウ) 陽極で発生した混合気体の混合比 $\left(= \frac{\text{二酸化炭素の物質質量}}{\text{一酸化炭素の物質質量}} \right)$ を有効数字 2 桁で答えよ。

問 3 下線部 2 について、次の(1)~(5)に答えよ。ただし、300 K での水の蒸気圧を 4.0×10^3 Pa として、液体の水や触媒の体積、および気体の水への溶解は無視できるとする。必要ならば、表 1、表 2 を用いよ。

表 1 化学反応や物質の状態変化に伴って
出入りする熱量 (1.01×10^5 Pa, 298 K)

化学反応や物質の状態変化	熱量 [kJ/mol]
水の蒸発熱	44
水(気体)の生成熱	242
メタンの燃焼熱	891*

*液体の水が生成するときの数値

表 2 結合エネルギー
(1.01×10^5 Pa, 298 K)

結 合	結合エネルギー [kJ/mol]
O=O	494
H—H	432
C=O	799*

*CO₂ 分子内の 1 つの結合についての数値

- (1) メタンと水蒸気から水素と二酸化炭素が生成する反応の 1.01×10^5 Pa, 298 K における熱化学方程式を書け。
- (2) この反応は、2 段階の反応で進行しており、1 段階目ではメタンと水蒸気から水素と一酸化炭素が生じ、2 段階目ではその一酸化炭素が水蒸気と反応して水素と二酸化炭素が生成する。この 2 つの反応を、それぞれ化学反応式で表せ。
- (3) 5.0 L の真空の密閉容器に、触媒と、 2.0×10^{-2} mol のメタンおよび 3.4×10^{-2} mol の水を入れる。これを高温にしてしばらく反応させた。反応後の混合気体中のメタンと一酸化炭素は、それぞれ 7.0×10^{-3} mol と 2.0×10^{-3} mol であった。
 - (ア) 反応後に容器を 300 K にしたとき、混合気体中の水素の分圧は何 Pa になるか。有効数字 2 桁で答えよ。
 - (イ) 反応後に容器を 300 K にしたとき、全圧は何 Pa になるか。有効数字 2 桁で答えよ。
- (4) メタンの C—H 結合の結合エネルギーは何 kJ/mol か。有効数字 3 桁で答えよ。
- (5) 実験室で、酢酸ナトリウムからメタンを得る反応を化学反応式で表せ。また、メタンの適切な捕集方法の名称を書け。

問 4 下線部 3 で反応器を高温にするのはなぜか。その理由を 2 つ答えよ。

問 5 下線部 4 の水素製造技術にはどのようなものが考えられるか。エネルギー供給源を含めて 1 つ挙げよ。

Ⅱ 次の文章を読み、問 1 ～ 4 に答えよ。(配点 33)

タヌキの置物で有名な滋賀県の信楽焼は、付近の古琵琶湖層の粘土が陶器づくりに適していたことから古来より発展し、平成 29 年度に日本遺産に認定された日本六古窯の 1 つである。二酸化ケイ素¹やケイ酸塩は陶器の主原料であるが、信楽焼の特徴でもある温かみのある火色は、粘土中の鉄分²に由来するものである。一方、石灰石は、陶器と同じくセラミックスに分類されるセメントの主原料の 1 つである。石灰石は地殻中に豊富に存在し、大気中の二酸化炭素が溶け込んだ雨水³と反応すると、炭酸水素カルシウムに変化して水に溶けるようになる。こうして炭酸水素イオンは河川や湖沼に大量に流れ込むため、陸水中⁴に最も多く存在する陰イオンとなっている。

問 1 下線部 1 について、次の(1)、(2)に答えよ。

- (1) 二酸化ケイ素からつくられるシリカゲルは、乾燥剤や吸着剤として利用される。シリカゲルを乾燥剤として使うことができない気体を以下から選んで、その理由を説明せよ。

[二酸化硫黄、硫化水素、二酸化炭素、一酸化窒素、アンモニア、酸素]

- (2) 二酸化ケイ素と酸化アルミニウムと酸化亜鉛の粉末混合物がある。実験室的な手法で、まず、(ア)二酸化ケイ素を取りだし、引き続き、(イ)アルミニウムのみを水酸化アルミニウムとして取り出すにはどうすればよいか述べよ。

問 2 下線部 2 について、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 火色の原因となる鉄の酸化物から鉄の単体が生じる反応を 2 つ、化学反応式で表せ。
- (2) 鉄を濃硝酸に入れると、ある状態となり溶けない。その状態の名称を答え、溶けなくなる理由を説明せよ。
- (3) 鉄を希硫酸に溶かした水溶液をビーカーに入れたまま長時間放置した。そこに水酸化ナトリウム水溶液を加えると赤褐色の沈殿が生じた。この赤褐色の成分の化学式を示し、長時間放置したときに起こった変化について説明せよ。

問 3 下線部 3 の二酸化炭素が溶け込んだ水の中では、二酸化炭素は、次の式①、②に示すような 2 段階の電離をし、それぞれの酸の電離定数を K_1 、 K_2 とする。



水溶液中に存在している二酸化炭素由来の物質は、 CO_2 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} の 3 種類である。それらのモル濃度の総和に対する、 CO_2 のモル濃度 $[\text{CO}_2]$ 、 HCO_3^- のモル濃度 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 CO_3^{2-} のモル濃度 $[\text{CO}_3^{2-}]$ のそれぞれの割合と、水溶液の pH との関係を図 1 に示す。下の(1)、(2)に解答せよ。必要ならば $\log_{10} 2.0 = 0.30$ を用い、有効数字 2 桁で答えよ。

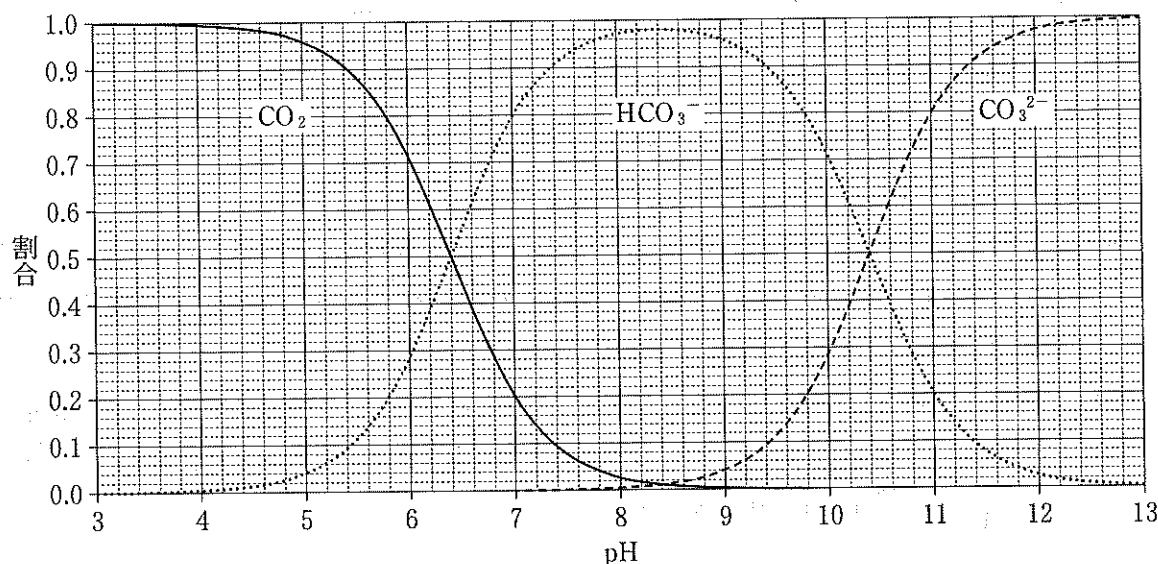


図 1 $[\text{CO}_2]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ 、および $[\text{CO}_3^{2-}]$ の割合と水溶液の pH との関係

- (1) 電離定数 K_1 、 K_2 は、それぞれいくらか、図 1 を使って求めよ。
- (2) 二酸化炭素が溶け込んだ水の中の水素イオン濃度を測定したところ、 $2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ であった。次の(ア)～(ウ)に答えよ。ただし、水の電離による影響は無視できるとする。
 - (ア) この水溶液中の CO_3^{2-} の濃度は何 mol/L か。水溶液中の陽イオンの電荷と陰イオンの電荷のそれぞれの合計が等しいことを利用して求めよ。
 - (イ) この水溶液中に存在する二酸化炭素由来の物質の濃度の総和は何 mol/L か。
 - (ウ) この水溶液中の HCO_3^- の濃度は何 mol/L か、図 1 を使って求めよ。

問 4 下線部 4 について、雨水が弱酸性を示すにもかかわらず、河川や湖沼の水は弱塩基性を示し、pH は安定している。(ア)弱塩基性と(イ)安定性を示す理由を、それぞれイオン反応式を使って説明せよ。

Ⅲ 次の文章(i)と(ii)を読み、問1～8に答えよ。(配点 35)

- (i) 滋男くんと賀子さんが、解熱鎮痛剤であるアセトアミノフェン(図1)を合成する方法について議論している。下の問1～5に答えよ。

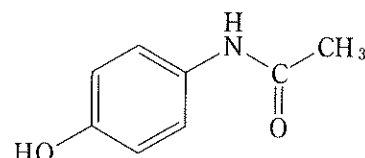


図1 アセトアミノフェン

- 滋男 「アセトアミノフェンは、A に無水酢酸を反応させると合成できそうだね。」
 賀子 「でも、A に無水酢酸を反応させると、それ以外に B とか C もできないかな。」
 滋男 「① 基より ② 基の方が無水酢酸と反応しやすければ B ができてしまうだろうし、同じくらいの反応性ならば C ができるかもしれない。」
 賀子 「それなら、A の物質量の 2 倍以上の無水酢酸を使って C をつくってから、一部を加水分解してアセトアミノフェンを得るとするのはどうかな。 ③ 結合より ④ 結合の方が加水分解されやすいのなら、アセトアミノフェンが得られそうね。」
 滋男 「なるほど。反応性の違いでいろいろな合成経路が考えられるということか。ところで、A は、スズと塩酸を用いて D から合成することができるはずだね。」
 賀子 「D はフェノールから合成できるけど、異性体の E も同時にできるはずよ。フェノールからつくった D と E の混合物の段階か、D と E の混合物からつくった A と F の混合物の段階で、D あるいは A を分離精製する必要があるわね。」
 滋男 「D が実験室の試薬棚にあるようだから、A を合成して、A と無水酢酸を 1 : 1 で反応させてみようか。生成物を分析して、何ができたかを確認すれば、無水酢酸に対する ① 基と ② 基の反応性の違いがわかるだろうね。」

問 1 文中の ① ～ ④ に、適切な語を入れよ。

問 2 化合物 A, B, C, E の構造式を書け。

- 問 3 下線部の生成物中には、未反応の A, アセトアミノフェン, B, C の 4 つの化合物が存在するかもしれないので、これらを有機溶媒に溶かし、抽出操作によって分離したい。その方法を図2に示すような流れ図で示せ。ただし、使用できる試薬は希塩酸、希水酸化ナトリウム水溶液、および炭酸水素ナトリウム水溶液のみとする。

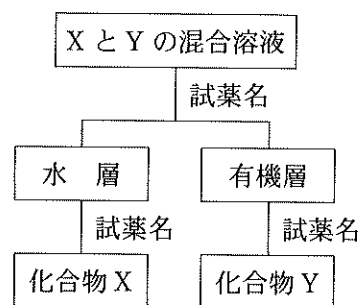


図2 流れ図の例

問 4 問 3 の 4 つの化合物を 2 種類の反応アとイを使って区別したい。下の表 1 のア 1, イ 1 には適切な試薬を, ア 2, イ 2 には観察される変化を, また, (ア 3, イ 3) ~ (ア 5, イ 5) には記号 +, - を書け。記号 + と - は, 変化が観察される場合とされない場合をそれぞれ示す。

表 1 確認試験

	試 薬	変 化	アセトアミノフェン	化合物 A	化合物 B	化合物 C
反応ア	ア 1	ア 2	+	ア 3	ア 4	ア 5
反応イ	イ 1	イ 2	-	イ 3	イ 4	イ 5

問 5 アセトアミノフェンの構造異性体の中で, 酸にも塩基にも溶けやすく不斉炭素原子をもつベンゼンの一置換体 G, 酸にも塩基にも溶けにくいベンゼンの三置換体 H の構造式をそれぞれ 1 つずつ書け。

(ii) アセチルサリチル酸も解熱鎮痛剤として用いられる。市販の頭痛薬のアセチルサリチル酸含有率を求めるために操作【a】~【c】を行ったところ, 下に示す結果を得た。問 6 ~ 8 に答えよ。

操作：

【a】 頭痛薬をすりつぶし, その粉末 1.00 g を試験管に入れる。

【b】 0.500 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 25.0 mL を【a】の試験管に入れて, 約 10 分間穏やかに煮沸する。

【c】 【b】の試験管の内容物をビーカーに移し, フェノールフタレインを指示薬として, 未反応で残っている水酸化ナトリウムを 0.250 mol/L 硫酸で滴定する。

結果：

硫酸の滴下量は 14.6 mL であった。

問 6 【b】で起こるアセチルサリチル酸の変化を化学反応式で示せ。ここでは, アセチルサリチル酸と水酸化ナトリウムは 1 : 2 で反応する。

問 7 指示薬として, フェノールフタレイン(変色域 pH 8.0~9.8)の代わりにメチルオレンジ(変色域 pH 3.1~4.4)を用いることはできない。その理由を述べよ。

問 8 アセチルサリチル酸と反応した水酸化ナトリウムの物質質量, および, アセチルサリチル酸の含有率(%)を有効数字 3 桁で答えよ。ただし, 頭痛薬に含まれる他の成分は水酸化ナトリウム, および硫酸とは反応しないものとする。また, 空気中の二酸化炭素の影響は無視してよい。