

長崎大学 一般（前期）

令和2年度 入学試験問題

理 科

ページ

化 学..... 16～28

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Br = 80。
気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

物質の温度や圧力を変化させていくと、固体、液体、気体の間で状態変化が起きる。気体が液体になる変化を **ア**，液体が固体になる変化を凝固，固体が液体を経ず直接気体になる変化を **イ** という。

物質を加熱すると、熱エネルギーを受け取り、温度上昇が起こる。しかし、純物質が融解や沸騰を始めると、融解や沸騰が終わるまでは加熱し続けても温度は一定に保たれる。一方、純物質の液体を冷却していくと、凝固点より温度が低下しても凝固しないことがある。この状態を **ウ** という。

問1 文章中の **ア** ～ **ウ** に入る適切な語句を答えよ。

問2 下線部①に関して、その理由を30字以内で答えよ。

問3 次の記述(a)～(i)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 気体が液体になるとき、蒸発熱とは異なる熱量が放出される。
- (b) 液体が固体になるとき、融解熱と等しい熱量が吸収される。
- (c) 純物質の凝固点は融点と等しい。
- (d) 氷は液体の水より密度が小さいが、それは、氷が隙間の多い結晶構造をとっているからである。
- (e) 一定温度では、水に塩化ナトリウムを加えても飽和水蒸気圧は変わらない。
- (f) 飽和水蒸気圧のもとでは、液体から気体への水分子の変化は停止する。

- (g) 一般に、粒子を結びつけている力が弱い物質ほど融点や沸点は高くなる。
- (h) 物質を構成している粒子が、規則性をもたずに配列している固体をアモルファス(非晶質)という。
- (i) ケイ素の結晶は、すべてのケイ素原子が正四面体の中心から頂点方向へ共有結合を繰り返した構造をとり、配位数は4である。

問 4 二酸化炭素を冷やすと固体になり、ドライアイスができる。このとき、分子を1つの粒子のように見た場合、二酸化炭素分子は面心立方格子の配置となる。次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) ドライアイス中の二酸化炭素の分子間にはたらく力(分子間力)の具体的な名称を答えよ。
- (2) 単位格子の辺の長さを a (cm)、アボガドロ数を N_A (/mol)としたとき、ドライアイスの密度 $[g/cm^3]$ を a と N_A を用いて答えよ。

問 5 常温・常圧で液体の単体を2つ、元素記号で答えよ。

問 6 メタンと一酸化炭素と水素との混合気体が90.0 mLある。これに酸素200 mLを加えて完全燃焼させたところ、体積が148 mLになった。燃焼後の気体を水酸化カルシウム水溶液に通じたら、体積はさらに減少して89.0 mLになった。最初の混合気体中のメタン、一酸化炭素および水素のモル分率を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、小数点以下第2位まで求めよ。ただし、体積はすべて25℃、 1.01×10^5 Paのもとで測定し、生じた水はすべて液体で、その体積は無視できるものとする。また、メタン、一酸化炭素、水素および酸素は、水酸化カルシウム水溶液に溶解しないものとする。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

化学の授業で化学反応の速さについて学習したAさんとBさんは、課題研究の時間に過酸化水素の分解反応の実験を行った。室温の20℃と同じ温度の水槽の中で3.0%(質量パーセント濃度)の過酸化水素水10.0 mLと0.1 mol/Lの鉄ミョウバン $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 水溶液2.0 mLとを二又試験管に入れ、水槽に浸したまま2液を混合し図1に示すような気体発生量を測定する装置を用いて、発生した酸素が20 mL, 40 mL, 60 mL, 80 mL たまるまでの時間をそれぞれ測定した。その結果を表1のようにまとめた。表1にはあらかじめ過酸化水素のモル濃度、過酸化水素の平均のモル濃度、過酸化水素の減少モル濃度、過酸化水素の減少にかかった時間、および過酸化水素の平均の反応速度を記載する欄を設けておいた。また、AさんとBさんは、この日の大気圧が $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ であること、実験に使用した溶液はどれも密度を1.00 g/mLとして扱ってよいこと、溶液の混合による体積変化と気体の発生に伴う反応溶液の体積変化は無視できること、および発生した酸素が図1の装置内の水に溶ける量は無視できることを確認していた。

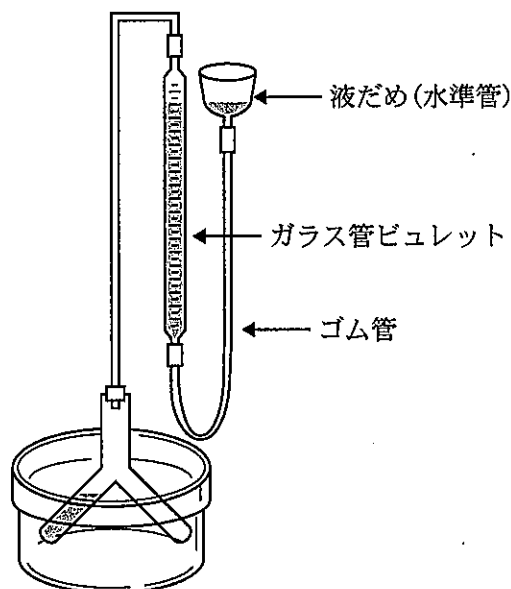


図1 気体発生量を測定する装置

表1 気体の発生量と発生に要した時間

発生体積[mL]	0	20	40	60	80
発生に要した時間[s]	0	27	60	105	175
過酸化水素のモル濃度[mol/L]	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	0.18
過酸化水素の平均のモル濃度[mol/L]					
過酸化水素の減少モル濃度[mol/L]					
過酸化水素の減少にかかった時間[s]					
過酸化水素の平均の反応速度 [$\times 10^{-3}$ mol/L \cdot s]	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)	

以下は、AさんとBさんの会話である。

A：実験は、上手く行ったみたいだね。鉄ミョウバンは、ちゃんと溶けて溶液全体にわたって触媒の役割を果たしてくれたよ^①うだね。

B：そうね。20℃というそれほど高い温度でなくても比較的短い時間で反応が進んだみたいね。よかったわ。^②

A：それに先生が貸してくれた気体発生量を測定する装置は便利だね。ガラス管ピュレットの値の変化が発生した気体の体積として直接読み取れるからね。

B：そうね。でも、この装置の扱いで1つだけ注意しなければならないことがあったわ。^③

A：仕方ないさ。大気圧下での正確な気体の発生量を知るためだからね。さて、記録した測定結果から、過酸化水素のモル濃度が時間の変化にともなってどのように変化したのか調べてみよう。

B：それなら、まず両液を混合した直後のモル濃度(ア)を私が計算してみるわ。^④

Aさんは、気体が20 mL発生した毎のモル濃度を計算してみて。気体の体積は、温度で変化するから気をつけてね。

A：了解。

A：僕のほうは、(イ)～(エ)と最後は0.18 mol/Lになったよ。

B：この結果を見ると、過酸化水素のモル濃度の減少にともなって気体が^⑤(問題は、次ページに続く。)

20 mL 発生するのにかかる時間がだんだん長くなっているわね。

A：そうだね。それなら、反応物のモル濃度の減少量をその反応時間で割って単位時間あたりの反応の速さ、つまり過酸化水素の分解速度を求めてみよう。

B：そうね。各時間の過酸化水素のモル濃度はわかっているから、例えば(イ)と(ウ)の濃度の差をかかった時間で割ればいいわね。簡単だから、私が計算するわ。

A：ありがとう。それなら僕は、そのかかった時間における過酸化水素の平均のモル濃度を求めるよ。この過酸化水素の平均のモル濃度に対して過酸化水素の平均の反応速度をグラフにすれば、反応物の濃度と反応速度の関係を表した反応速度式を導くことができるね。 (会話は以上)

問 1 文章の下線部①のように溶液に溶けてはたらく触媒を何触媒と呼ぶか。名称を答えよ。

問 2 鉄ミョウバンは触媒としてはたらくが、触媒を加えとなぜ下線部②のように反応が速く進行するのか。その理由を 25 字以内で記せ。

問 3 文章の下線部③のように B さんが捕集した気体の体積として正確性を保持するために注意して行わなければならなかったことは、ガラス管ビュレットの液面と液だめ(水準管)の液面とを常に一致させておくことであった。もし、B さんが液だめを気体の発生量に応じて動かさず、ガラス管ビュレットの液面より常に高い位置に液だめの液面を保持していたら、発生した気体の体積に対してどのような影響を与えることになるか。与える影響とその理由を記した次の(a)~(e)の記述のうち最も適切なものを 1 つ選び記号で答えよ。

(a) 大気圧下で行われた実験なので発生した気体の体積にあまり影響はない。

(b) ガラス管ビュレットの液面より液だめの液面が高い位置にあると、大気圧に加えてその液面差分の水圧がかかることになるので、正味の体積より大きな値を示すことになる。

(c) ガラス管ビュレットの液面より液だめの液面が高い位置にあると、大気圧からその液面差分の水圧が除かれることになるので、正味の体積より小

小さな値を示すことになる。

(d) ガラス管ビュレットの液面より液だめの液面が高い位置にあると、大気圧に加えてその液面差分の水圧がかかることになるので、正味の体積より小さな値を示すことになる。

(e) ガラス管ビュレットの液面より液だめの液面が高い位置にあると、大気圧からその液面差分の水圧が除かれることになるので、正味の体積より大きな値を示すことになる。

問 4 文章の下線部④の両液を混合した直後のモル濃度(ア)の値を求めよ。解答にあたっては、小数点以下第3位を四捨五入して、小数点以下第2位まで示せ。

問 5 文章の下線部⑤にあるように、過酸化水素のモル濃度が減少すると酸素が発生するのに時間がだんだん長くなるようになることを説明した下記の文章中の(ケ)～(サ)に最も適する語を下記の語群(a)～(i)から選び、それぞれ記号で答えよ。ただし、同じ語を複数回選択してはいけない。

(説明文)

過酸化水素のモル濃度が減少するということは、(ケ)中の過酸化水素の分子数が減少することを示している。その結果、(コ)あたりの(サ)が減少するため反応速度が小さくなり、同じ発生量に達するのに時間がだんだん長くなるようになる。

(語群)

(a) 単位面積 (b) 単位体積 (c) 単位時間 (d) 単位長さ (e) 単位質量
(f) 溶質 (g) 1 mol (h) 衝突回数 (i) 分子数

問 6 文章の下線部⑥のグラフを描くために、解答欄の(オ)～(ク)に過酸化水素の平均の反応速度[$\times 10^{-3}$ mol/L·s]を計算し、有効数字2桁で示せ。次に、過酸化水素の平均のモル濃度の値に対する過酸化水素の平均の反応速度の値を解答欄のグラフ上にプロットし、点と点の間の関係がわかるようにフリーハンドで構わないので線を引くこと。

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

化学反応には、反応に関わる原子の電子密度が大きく変化するものとそうでないものがある。この電子密度の変化をわかりやすく理解するために、酸化数という指標が考案された。

化学反応には、酸と塩基の中和反応のように反応する物質に含まれる原子の酸化数が変化しない反応と、窒素ガスと水素ガスを反応させアンモニアを合成する^①反応のように反応する物質に含まれる原子の酸化数が変化する反応がある。酸化数が変化する反応では、分子間または同一の分子に含まれる原子間で電子の授受が起きる。電子の授受をともなう酸化と還元は必ず同時に起こり、このような反応を酸化還元反応とよぶ。反応に関わる原子の酸化数の変化から、その原子がどのような化学反応を行うか推察できる場合もある。

実験室で気体を発生させる場合も、反応する物質の間で電子の授受をともなう場合とそうでない場合がある。たとえば、酸化マンガン(IV)などの触媒存在下で過酸化水素から酸素ガスが生じる反応では、一方の過酸化水素の酸素が還元剤としてはたらく、もう一方の過酸化水素の酸素が酸化剤としてはたらくと考えることができる。

冷やした水酸化ナトリウム水溶液に塩素ガスを通じると化合物Aが生成する。^②化合物Aは、漂白剤や殺菌剤として広く利用されている。化合物Aが生成する反応では、塩素分子の一方の塩素原子は酸化され、もう一方の塩素原子は還元されると考えることができる。

問1 下線部①の反応を化学反応式で記せ。

問2 実験室で気体を発生させる次の(a)～(d)の反応を化学反応式で記せ。

- (a) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加え加熱する。
- (b) 銅に濃硫酸を加え加熱する。
- (c) 亜鉛に希硫酸を加える。
- (d) 炭酸水素ナトリウム(重曹)に希塩酸を加える。

問 3 問 2 の反応(a)~(d)の中から，反応する物質の酸化還元をともなう反応をすべて選び，記号で答えよ。

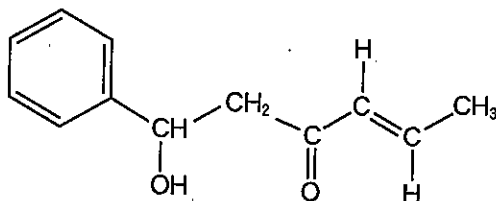
問 4 過酸化水素中の酸素原子と酸素ガス中の酸素原子の酸化数をそれぞれ記せ。

問 5 下線部②の化合物 A が生成する反応を化学反応式で記せ。さらに，化合物 A の名称と化合物 A に含まれる塩素原子の酸化数を記せ。

問 6 化合物 A が漂白剤や殺菌剤として用いられる理由を 20 字以内で記せ。

- 4 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問5に答えよ。解答を構造式で示す場合には例にならって記せ。

(例)



(文章Ⅰ)

アルコールの分子内脱水反応においては、一般にヒドロキシ基(-OH)が結合している炭素原子の隣の炭素原子のうち、結合している水素原子の数がより少ない炭素原子から水素原子が失われたアルケンの方が生成しやすい。このような経験則をザイツェフの法則という。たとえば、図1に示すように、2-ブタノールの分子内脱水反応では、1番目の炭素原子から水素原子が失われた1-ブテンよりも、3番目の炭素原子から水素原子が失われた2-ブテンの方がより多く生じる。

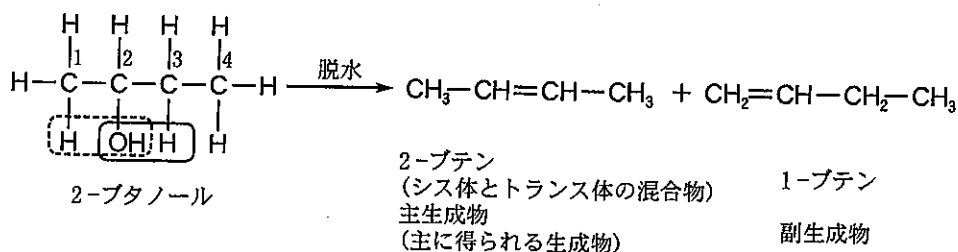


図1 2-ブタノールの分子内脱水反応

化合物A～Dは、いずれもC₅H₁₂Oの分子式をもつ構造異性体の関係にあるアルコールで、これらの化合物の中で化合物AとBだけが、不斉炭素原子をもっている。化合物A～Dそれぞれを酸化した。化合物Dは酸化されにくかった。化合物Aからは、化合物Eが得られ、さらに酸化を続けると、水中で弱酸性を示す化合物に変化した。化合物Eをフェーリング液に加えて加熱すると赤色沈殿を生じた。化合物BとCの酸化により得られた化合物は、いずれもフェーリング液と反応しなかった。次に、化合物B、CおよびDそれぞれに濃硫酸を加えて加熱す

ることにより分子内脱水反応を行った。化合物 B と D からは、主生成物として同じ化合物 F が得られた。一方、化合物 C の分子内脱水反応では、互いにシーストランス異性体(幾何異性体)の関係にある化合物 G と H が生じた。化合物 G の二重結合に対する置換基の配置(空間配置)は、フマル酸の配置と同じであった。

(文章 II)

アニリンは、代表的な芳香族アミンである。ニトロベンゼンにスズと濃塩酸を加えて還元すると、アニリン塩酸塩が生じる。^②アニリン塩酸塩の水溶液に水酸化ナトリウムの水溶液を加えると、油状のアニリンが遊離する。アニリンに無水酢酸を作用させて **ア** 化すると、かつて解熱剤として使用されていた **イ** が生じる。アニリンは酸化されやすい物質であり、**ウ** の水溶液を加えると、赤紫色を呈し、ニクロム酸カリウム硫酸酸性溶液を加えると、**エ** とよばれる水に溶けにくい染料に変化する。

アニリンの希塩酸溶液に 0～5℃で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、**オ** が生じる。**オ** の水溶液にナトリウムフェノキシドを加えると、橙赤色のアゾ化合物の一種を生じる。^③芳香族アゾ化合物は、黄色や橙色、赤色の化合物であり、染料や顔料として用いられる。

問 1 文章 I に関して、 $C_5H_{12}O$ の分子式をもつアルコールには、全部で 8 種類の構造異性体がある。化合物 A～G の構造式を示せ。ただし、ヒドロキシ基をもつ化合物の脱水反応はすべてザイツェフの法則に従うものとする。なお、鏡像異性体(光学異性体)は区別する必要はない。

問 2 文章 I 中の下線部①の赤色沈殿の化合物を化学式で記せ。

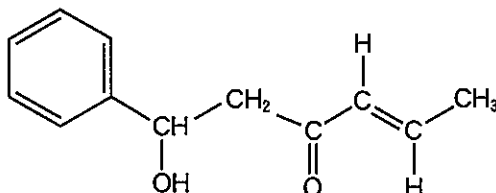
問 3 文章 II 中の **ア** ～ **オ** に入る適切な語句を記せ。

問 4 文章 II 中の下線部②の反応式を記せ。

問 5 文章 II 中の下線部③の反応式を記せ。

- 5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問6に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。

(例)



(文章Ⅰ)


ゴムノキの樹皮を傷つけると、ア とよばれる乳白色の粘性のある樹液が採取される。このア にギ酸や酢酸などの有機酸を加えて凝固させ、乾燥させることで天然ゴムが得られる。天然ゴムの主成分はイ が付加重合したシス形ポリイ であり、特有の弾性を示す。天然ゴムに硫黄を加えて加熱すると、ゴム分子どうしを結びつけた構造(架橋構造)を形成し、弾性が大きくなり、化学的にも機械的にも強くなる。この操作をウ といい、生じたゴムを弾性ゴムという。

一方、イ やそれに似た分子構造をもつ化合物を付加重合させると合成ゴムが得られる。例えば、2-クロロ-1,3-ブタジエン(クロロプレン)を付加重合させるとポリクロロプレン(クロロプレンゴム)が得られる。また、共重合で生じるものもあり、スチレンとブタジエンを共重合させると、スチレン-ブタジエン^①ゴム(SBR)が得られる。

(文章Ⅱ)

表1に示す6個の異なるアミノ酸を構成成分とする直鎖状のペプチドXがある。ペプチドXをある酵素で加水分解すると、鏡像異性体(光学異性体)を持たないアミノ酸A、ジペプチドB、トリペプチドCが生じた。ジペプチドBは塩基性アミノ酸を含んでいた。また、ジペプチドBはキサントプロテイン反応^②を示した。トリペプチドCに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、酢酸で中和後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿^③を生じた。

表1 ペプチドXを構成するアミノ酸の名称、分子量、等電点および側鎖の構造式

アミノ酸名	分子量	等電点	側鎖 ^{注)} の構造式
グリシン	75	6.0	H-
アラニン	89	6.0	H ₃ C-
チロシン	181	5.7	HO-  -CH ₂ -
システイン	121	5.1	HS-CH ₂ -
リシン	146	9.7	H ₂ N-(CH ₂) ₄ -
グルタミン酸	147	3.2	HOOC-(CH ₂) ₂ -

注) 側鎖は、アミノ酸を一般式 R-CH(NH₂)COOH で表したときの R に相当する。

問1 文章I中の ア ~ ウ に入る適切な語句を記せ。

問2 下線部①で得られたSBRのスチレンとブタジエンの構成単位数の比が1:4であるとき、4.0gのSBRを臭素と完全に反応させると、何gの臭素が消費されるか。ブタジエンの分子量を54、スチレンの分子量を104として計算せよ。ただし、臭素はベンゼン環とは反応せず、また、置換反応も起こらないものとする。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。

問3 アミノ酸Aについて、次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) アミノ酸Aの名称を答えよ。
- (2) アミノ酸Aの水溶液のpHが13のとき、最も多いアミノ酸Aイオンの構造式をアミノ酸の電離状態がわかるように記せ。

問4 ジペプチドBが下線部②の反応を示したのは、あるアミノ酸が含まれているからである。そのアミノ酸の名称を答えよ。

問5 下線部③について、黒色沈殿の化合物を化学式で記せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 6 トリペプチド C について、次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) トリペプチド C に含まれているすべてのアミノ酸の名称を答えよ。
- (2) 32.1 g のトリペプチド C をエタノールで完全にエステル化したとき何 g の化合物が生じるか答えよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。