

前期日程

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題

- 13 時 15 分 —— 14 時 45 分 地域デザイン科学部志願者(社会基盤デザイン学科を志願した者)
- 14 時 15 分 —— 16 時 15 分 工学部志願者(基盤工学科を志願した者)
- 13 時 15 分 —— 14 時 45 分 農学部志願者(生物資源科学科・応用生命化学科・森林科学科を志願した者)

理 科 (本文 30 ページ)

[注意]

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この問題冊子には、「物理 1 頁～10 頁(5 問題)」、「化学 11 頁～23 頁(3 問題)」、「生物 24 頁～30 頁(3 問題)」の 3 科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合は、申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したもののは、無効である。
5. 地域デザイン科学部「社会基盤デザイン学科」の志願者は、物理は第 1 問～第 4 問を解答すること。
6. 工学部「基盤工学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 5 問を、化学は第 1 問～第 3 問を解答すること。
7. 農学部「生物資源科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。「応用生命化学科」の志願者は、化学は第 1 問～第 2 問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 3 問を、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。
8. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

化 学

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第3問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.0,
K = 39.0, Ag = 108.0, I = 127.0

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$, 気体はすべて理想気体とする。

字数が指定されている解答は、以下の例にならって記述せよ。

例

H	2	O	は	,	H	+	と	反	応	す	る	が	,
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

第1問 次の1から7の文章を読み、以下の問い合わせ(問1～問9)に答えよ。

1 化合物Aは、あるアルカンの両端の炭素原子に結合する水素がカルボキシ基に置換された、2価カルボン酸(ジカルボン酸)である。化合物Bは、化合物Aの炭素原子に結合する水素の1つがアミノ基にかわった、 α -アミノ酸である。化合物Bは

① 異性体がある。

イ 異性体どうしは、物理的性質や化学的性質はほとんど同じであるが、うま味などの味、におい、薬の作用などの生物に対する作用は異なる。うま味は、舌の表面にある感覚器官(味蕾(みらい))に存在するタンパク質の特定の部位に、うま味成分が立体的に結合することによって生じる感覚である。化合物Bは昆布に含まれるうま味成分であるが、化合物Bの

② 異性体

L型にはうま味があるが、D型にはうま味がない。

2 昆布にはヨウ素I₂が含まれる。ヨウ素は二原子分子であり、2つの原子が

ウ 結合することによって分子になっている。ヨウ素の結晶は、ヨウ素分子が分子間力によって規則正しく配列したエである。一般に

工は融点が低く、昇華しやすいものが多い。ヨウ素は常温で昇華性をもつ黒紫色の固体である。

ヨウ素分子がつくる工の単位格子は、各辺が $4.8 \times 10^{-8} \text{ cm}$,
③ $7.3 \times 10^{-8} \text{ cm}$, $9.8 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の直方体で、直方体の 8 つの頂点と、6 つの面の中央にヨウ素分子が位置している。

3 カリウム K を含む昆布を強熱して灰にしてから、水で抽出してヨウ化カリウム KI を取り出した。次の 4 つの操作によって、ヨウ化カリウムを酸化する
④ とヨウ素が生じる。

- (i) ヨウ化カリウム水溶液に、塩素 Cl_2 の水溶液を加える。
- (ii) 硫酸で酸性にしたヨウ化カリウム水溶液に、過酸化水素水 H_2O_2 を加える。
- (iii) ヨウ化カリウム水溶液に、オゾン O_3 を通じる。
- (iv) 硫酸で酸性にしたヨウ化カリウム水溶液に、過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液を加える。

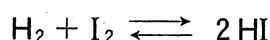
4 デンプンは分子量が大きく、1 つの分子でもコロイド粒子の大きさをもつ。

このようなコロイドを オ という。デンプンは多数の α -グルコースが縮合重合してできた多糖類である。デンプンには、 α -グルコースが直鎖状に結合した構造をもち、温水に溶けやすいアミロースと、直鎖状に加えて枝分かれ状構造が多く、温水に溶けにくいアミロペクチンの 2 種類の成分がある。アミロースは、米(うるち米)に含まれるデンプンの 20~25 % を占める。一般にアミロース含量が高いと炊飯米は粘り気がない食感になり、中程度であれば適度な粘り気をもつ。ちなみに、良食味品種のコシヒカリは、アミロース含量が中程度(16 % 前後)の米である。また、もち米はアミロースがほとんど含まれない、アミロペクチンだけからなる米である。アミロースやアミロペクチンの直鎖状部分は、グルコース 6 個で 1 回転する 力 構造をとる。

ヨウ素は水に溶けにくいが、ヨウ化カリウム水溶液中ではヨウ化物イオン

I^- と反応してヨウ化物イオン I_3^- として溶け、褐色のヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素液)になる。デンプンの水溶液は、ヨウ素液と反応して青紫色になる。これを キ 反応という。デンプン分子の 力 構造にヨウ素が入り込むと、 力 構造が長いアミロースの場合は青色に、短いアミロペクチンの場合は赤紫色に呈色する。

5 水素とヨウ素の混合気体を加熱すると、ヨウ化水素 HI が生成する。反対に、ヨウ化水素を加熱すると水素とヨウ素に分解する。



このようにどちらの方向にも進む反応を ク 反応といい、右向きの反応を ケ 反応、左向きの反応を コ 反応という。なお、一方向にしか進行しない反応を サ 反応という。

6 ヨウ化水素は水に溶解しやすい気体である。ヨウ化水素の水溶液であるヨウ化水素酸は強酸である。ヨウ化水素酸を水酸化カリウム KOH で完全に中和して、^⑥ ヨウ化カリウム水溶液を得た。 ある濃度以上のヨウ化カリウム水溶液と硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液を反応させると、黄色のヨウ化銀 AgI が沈殿する。 ヨウ化銀の微小粒子を核として水晶を形成させて、降雨を起こさせる人工降雨事業が試みられたが、効果や環境影響などの課題があり、実用には至っていない。

7 水酸化カリウムの水溶液中でヨウ素は、アセトン CH_3COCH_3 と反応して、^⑧ 特異臭をもつヨードホルム CHI_3 の黄色の沈殿が生じる(ヨードホルム反応)。
アセトンのような シ 基 CH_3CO- をもつ化合物や、酸化によって シ 基が生じる構造をもつ化合物もヨードホルム反応を示す。なお、アセトンとヨウ素の反応の化学反応式は次の通りである。



問 1 ア ~ シ にあてはまる語句を記せ。

問 2 下線部①について、以下の問いに答えよ。

1. 584 g の化合物 A を完全に燃焼させたところ、2.640 g の二酸化炭素と 0.864 g の水が得られた。化合物 A および化合物 B の示性式をそれぞれ記せ。なお、示性式を導くための計算過程も示せ。

問 3 下線部②のように、化合物 B の L 型と D 型でうま味の有無が生じる理由を‘立体構造’という語句を使って説明せよ。

問 4 下線部③について、次の問い(1)および(2)に答えよ。

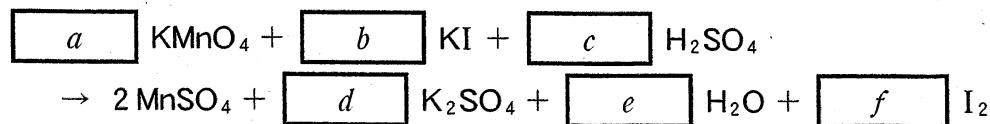
(1) 単位格子中のヨウ素原子の数は何個になるか答えよ。

(2) ヨウ素の結晶の密度 [g/cm³] を有効数字 2 柱で求めよ。なお、
 $4.8 \times 7.3 \times 9.8 = 343$ である。また、アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

問 5 下線部④について、次の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) 3 つの操作(i), (ii), (iii)によって起こる反応を化学反応式で記せ。

(2) 操作(iv)によって起こる反応の化学反応式は、次の通りである。各物質の係数 a~f を答えよ。



問 6 下線部⑤について、次の問い合わせ(1)および(2)に答えよ。

- (1) 容積一定の密閉容器に、水素 1.5 mol とヨウ素 1.5 mol の混合気体を入れて、ある温度に保ったところ、ヨウ化水素が生じて、反応開始後 60 分で平衡状態に達した。この温度における平衡定数は 64 であった。平衡状態におけるヨウ化水素の物質量[mol]を有効数字 2 術で求めよ。なお、計算過程も示せ。
- (2) 図 1—1 に、 $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ の反応速度の時間変化を模式図で示した。 $2HI \rightarrow H_2 + I_2$ の反応速度の時間変化を解答用紙のグラフに書き込め。

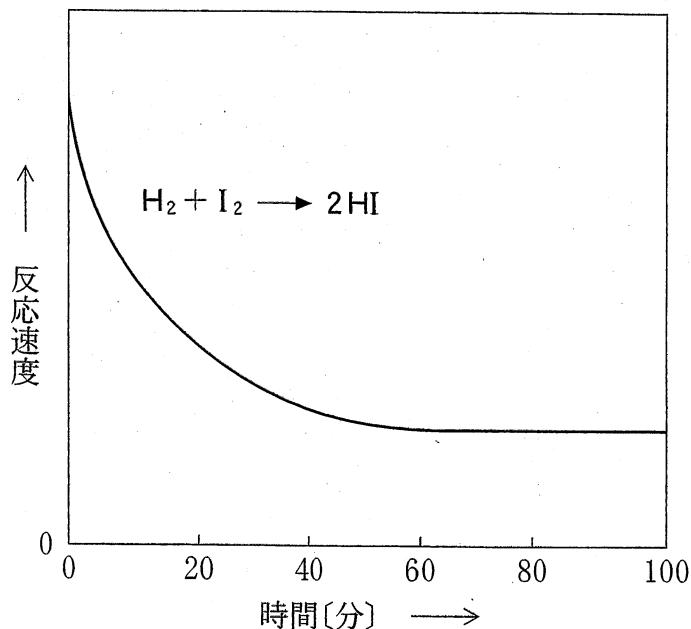


図 1—1 $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ の反応速度の時間変化

問 7 下線部⑥で得たヨウ化カリウム水溶液を、陰極および陽極ともに白金 Pt 電極を用いて電気分解した。次の問い(1)~(3)に答えよ。

- (1) 陰極における反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。
- (2) 陽極における反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。
- (3) 陽極の周りの水溶液は褐色になる。陽極で生じたヨウ素が溶けて、褐色のヨウ素ヨウ化カリウム水溶液になるためである。このヨウ素が溶ける反応をイオン反応式で示せ。

問 8 下線部⑦について、次の問いに答えよ。

$3.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ のヨウ化カリウム水溶液 20 mL に、 $2.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液 20 mL を加えて混合した。ヨウ化銀が沈殿するか、しないかを答えよ。答えは、解答用紙の所定の欄の、沈殿する・沈殿しない、のどちらかを○で囲み、その理由を述べよ。なお、ヨウ化銀の溶解度積 K_{SP} は、 $2.1 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ であり、混合液の体積は混合する溶液の体積の合計とする。

問 9 下線部⑧とは異なり、ヨウ素と反応してヨードホルムが生じない化合物を、次の(a)~(d)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) アセトアルデヒド
- (b) エタノール
- (c) 酢 酸
- (d) 乳 酸

第2問 ベンゼンを出発物質とし、図2-1に示す反応A, B, Cにより、フェノールを合成することができる。また、フェノールとホルムアルデヒドから、図2-2に示す反応DまたはEにより、電気絶縁性に優れるフェノール樹脂を合成することができる。以下の問い合わせ(問1～問10)に答えよ。

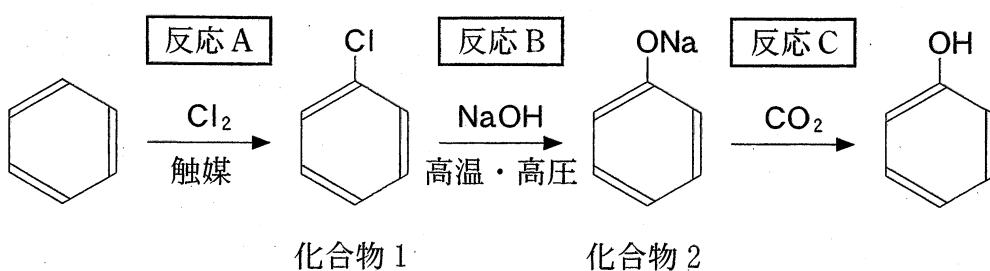


図2-1 フェノールの合成反応

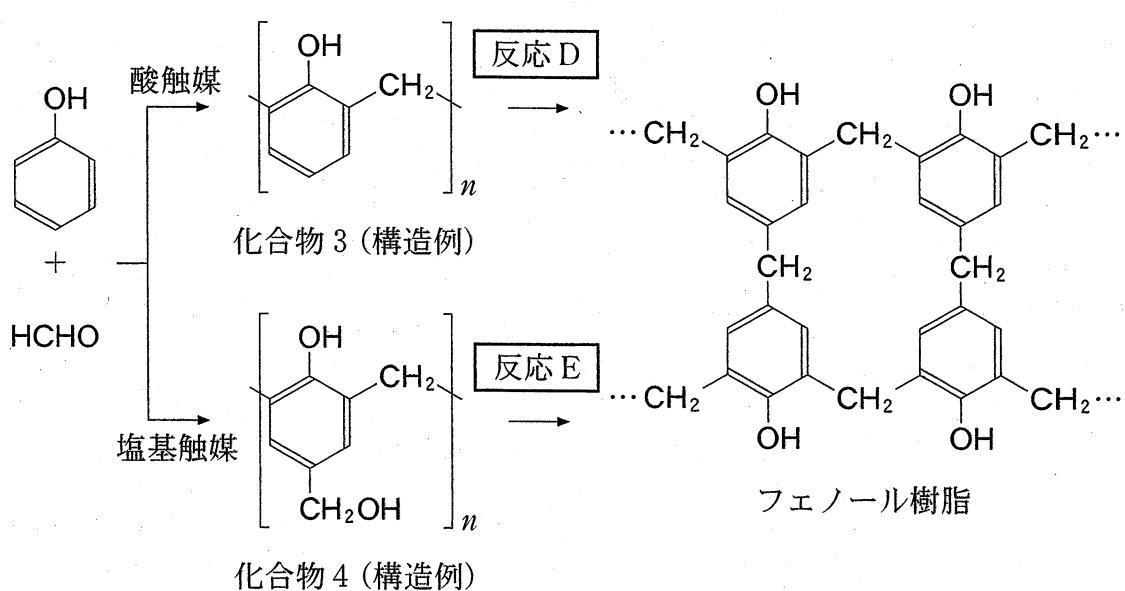


図2-2 フェノール樹脂の合成反応

問 1 出発物質であるベンゼンの性質に関する以下の文を読み、ア およびイ にあてはまる語句を記せ。

ベンゼンは、図2-1に示すような、ベンゼン環と呼ばれる構造式で表すが、実際には炭素原子間の距離や性質はすべて同等であり、アルカンの単結合とアルケンの二重結合の中間的な状態にある。また、アルケンの二重結合に他の原子や原子団が結合することで単結合となる、いわゆるア 反応は起こりにくいが、反応Aのようなイ 反応は起こりやすい性質がある。

問 2 反応Aで触媒として用いられる物質の名称と、反応AおよびBにより生成する化合物1および2の名称をそれぞれ記せ。

問 3 反応Aで用いた触媒の代わりに、紫外線を当てながら反応を行うと、別の化合物が生成する。この化合物の構造式を記せ。

問 4 反応Cでは、化合物2の水溶液に常温・常圧で二酸化炭素を通じることで、最終的にフェノールを合成できる。この理由について50字程度で説明せよ。

問 5 化合物2と二酸化炭素を高温・高圧で反応させた場合、フェノールとは異なる化合物が生成する。この反応の化学反応式を記せ。

問 6 96.0 g のベンゼンと 106 g の塩素を原料とし、図2-1の反応で合成できるフェノールの質量[g]を、有効数字3桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。ただし、反応は完全に進行するものとし、副生成物は生じないものとする。

問 7 フェノールの薄い水溶液に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、紫色に呈色する。同様の原理で呈色反応を示す化合物を、次の(a)～(e)の中から全て選び、記号で答えよ。

- (a) 安息香酸 (b) 1-ナフトール (c) *o*-クレゾール
(d) トルエン (e) ベンジルアルコール

問 8 図 2-2 に示した化合物 3 および 4 の名称を記せ。

問 9 反応 D を経由してフェノール樹脂を合成する場合、加熱することに加えて、ヘキサメチレンテトラミンなどの物質を加える必要がある。このような物質は一般的に何と呼ばれているか答えよ。

問10 フェノールとホルムアルデヒドから、反応 E を経由してフェノール樹脂を合成したところ、1 mol のフェノールに対し、1.5 mol の割合でホルムアルデヒドが反応し、フェノール樹脂と水のみが生成した。以下の問い合わせ(1)および(2)に答えよ。

- (1) 150 g のフェノールからフェノール樹脂を合成した場合、反応に必要となるホルムアルデヒドの質量[g]を、有効数字 3 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。
- (2) (1)の反応で生成したフェノール樹脂の質量[g]を、有効数字 3 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

第3問 次の文章を読み、以下の問い合わせ(問1～問4)に答えよ。

過酸化水素は紙パルプの漂白や殺菌剤などの工業的用途で使用されている。また、過酸化水素は混合する物質によって酸化剤としても還元剤としても働く。常温で過酸化水素の分解は非常にゆっくりと進行するが、触媒となる酸化マンガン(IV)粉末を加えることで、過酸化水素は急速に水と酸素に分解される。

問1 触媒は作用するときの状態によって2種類に分類される。下線部①で酸化マンガン(IV)粉末の代わりに鉄(III)イオンを含む水溶液を加えた場合も過酸化水素は急速に分解する。酸化マンガン(IV)と鉄(III)イオンの触媒としての分類を示す名称と作用の仕方を簡潔に述べよ。

問2 下線部②に関連して、1 mol の H_2O_2 (気体)が H_2O (気体)と O_2 (気体)に分解する際に発生する反応熱[kJ]を分子間の結合エネルギーの値から求めよ。ただし、H—H結合、O—O結合、O=O結合、O—H結合の結合エネルギーをそれぞれ 432 kJ/mol, 207 kJ/mol, 494 kJ/mol, 459 kJ/mol とする。なお、計算過程も示せ。

問3 ふたまた試験管の一方に少量の酸化マンガン(IV)粉末を入れ、他方に 0.27 mol/L の過酸化水素水溶液 4.0 mL を入れた。ふたまた試験管に誘導管付きのゴム栓をしたのち、酸化マンガン(IV)粉末と過酸化水素水溶液を混合した。過酸化水素の分解反応により発生した酸素を 27 °C で水上置換によりメスシリンダー内に捕集し、所定時間ごとに酸素の体積を測り、過酸化水素の濃度[mol/L]を算出した。この実験結果から図3-1に示す過酸化水素濃度の時間変化のグラフを得た。このとき次の問い合わせ(1)～(7)に答えよ。なお、大気圧は $101.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、27 °C における水の飽和蒸気圧は $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。

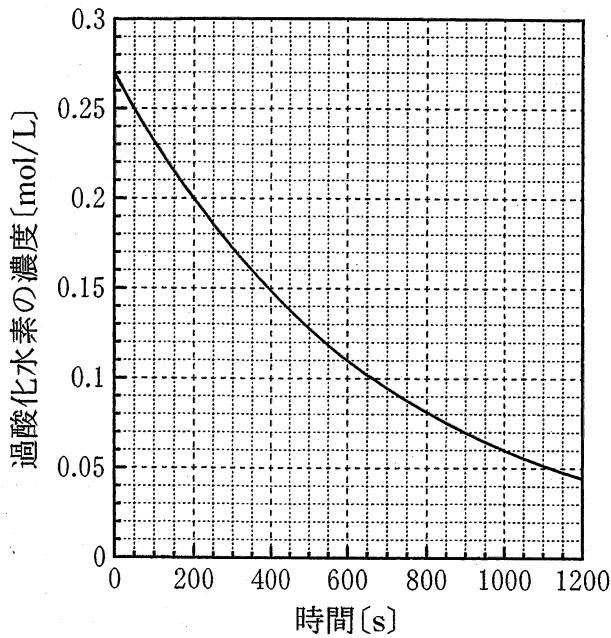


図 3—1 過酸化水素濃度の時間変化

- (1) いくつかの反応時間における過酸化水素の濃度を表 3—1 のようにまとめたい。図 3—1 に示すグラフから、表 3—1 の ア ~ ウ に相当する 200 s, 600 s, 1000 s における過酸化水素の濃度 [mol/L] をそれぞれ読み取り、小数点以下 2 桁まで答えよ。

表 3—1 過酸化水素濃度の反応時間による変化

反応時間 [s]	過酸化水素の濃度 [mol/L]
0	0.27
200	ア
600	イ
1000	ウ

- (2) 0 ~ 200 s の間に発生した酸素の体積 [mL] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。
- (3) 0 ~ 200 s における過酸化水素の平均の濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

(4) 0 ~ 200 s の間の分解速度 [mol/(L·s)] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

(5) 200 ~ 600 s, 600 ~ 1000 s の過酸化水素の平均の濃度と分解速度をそれぞれ求め、問い合わせ(3), (4)の値とともに解答欄のグラフの該当する座標に黒丸●として示せ。また、グラフの原点以外の目盛りの値についても適当な数値を記せ。なお、計算過程も示せ。

(6) 過酸化水素の分解の速度定数 [1/s] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も示せ。

(7) この反応における時間と酸素の発生量の関係を示すグラフの概形は、図 3-2 の実線(i)のようであった。この実験を次の(a)~(d)の条件でそれぞれ行った場合のグラフを図中の(ii)~(v)から選び、記号で答えよ。

- (a) 0.27 mol/L の過酸化水素水溶液 8.0 mL を用いる。
- (b) 0.54 mol/L の過酸化水素水溶液 4.0 mL を用いる。
- (c) 過酸化水素水溶液の温度を高くする。
- (d) 表面積がより小さい塊状の酸化マンガン(IV)触媒を用いる。

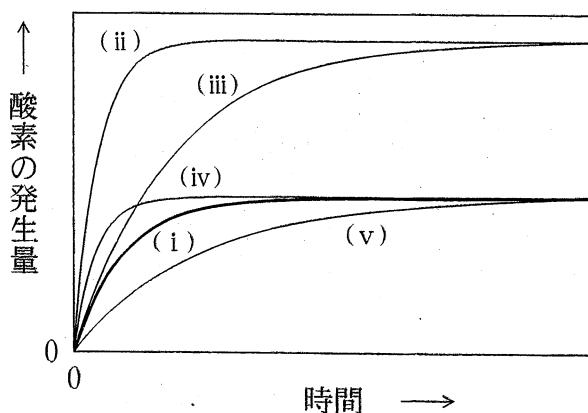


図 3-2 時間と酸素の発生量の関係

問 4 濃度不明の過酸化水素水溶液 35.0 mL をコニカルビーカーに取って希硫酸を加え酸性にした。そこへ 0.015 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を褐色ビュレットを用いて滴下し、酸化還元滴定を行った。最終的に 工 mL の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところで、コニカルビーカー内 の水溶液の色の変化から過酸化水素と過マンガン酸カリウムが過不足なく反応したと判断した。この実験結果から、過酸化水素水溶液の濃度は 0.040 mol/L であることがわかった。以下の問い合わせ(1)~(4)に答えよ。

- (1) 下線部③で硫酸の代わりに塩酸や硝酸を使用しない理由をそれぞれ簡潔に述べよ。
- (2) 下線部④で過不足なく反応したと判断した根拠を、水溶液中での化学反応と水溶液の具体的な色の変化を関連づけて簡潔に述べよ。
- (3) この反応において、過酸化水素と過マンガン酸カリウムはそれぞれ酸化剤と還元剤のどちらとして働いているかを答えよ。また、電子 e^- を含むイオン反応式によってそれぞれの反応を記し、過酸化水素の反応における O の酸化数の変化と過マンガン酸カリウムの反応における Mn の酸化数の変化を答えよ。
- (4) 工 に適する過マンガン酸カリウム水溶液の滴下量 [mL] を有効数字 2 桁で答えよ。なお、計算過程も示せ。