

# 理 科 (前期日程・100 点)

2 月 25 日(水) 13:30~15:00 (90 分)

## 注 意 事 項

- 1 監督者の指示があるまで、この問題冊子と別の答案冊子を開いてはいけません。
- 2 出題科目、ページ、および選択方法は下表のとおりです。

出題科目	ページ	選 択 方 法
化 学	1~10	生物資源学部および海洋生物資源学部の受験者は、 化学または生物のいずれかを、恐竜学部の受験者は化 学、生物または地学のいずれかを選択してください。
生 物	11~20	
地 学	21~32	

- 3 別に答案冊子(答案用紙は化学 3 枚、生物 3 枚、地学 3 枚)があります。
- 4 試験中に問題冊子および答案冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、汚れ等に気付いた場合は、静かに手を挙げて監督者に知らせてください。
- 5 監督者の指示に従って、選択する科目の答案用紙のそれぞれの所定の欄に氏名(1 箇所)と受験番号(2 箇所)を記入してください。
- 6 試験開始の合図の後に、答案冊子の折り目を丁寧に切り離してください。切り離し損なった人は、静かに手を挙げて監督者に知らせてください。
- 7 解答は選択する科目の答案用紙(化学 3 枚、生物 3 枚または地学 3 枚)の所定の欄に記入してください。所定の欄以外に書いた解答は無効です。
- 8 解答に字数制限のある場合は、句読点なども含むものとします。
- 9 答案用紙の横線より上の部分には、氏名と受験番号のほかは記入してはいけません。右寄りに引かれた縦線より右の部分には、なにも書いてはいけません。
- 10 問題冊子の余白は下書き用として使ってもかまいません。ただし、どのページも切り離してはいけません。
- 11 試験終了時刻まで退室してはいけません。
- 12 試験終了後は、選択した 1 つの科目の答案用紙だけ(化学 3 枚、生物 3 枚または地学 3 枚)を監督者の指示に従って提出してください。
- 13 選択した 1 つの科目の答案用紙以外は、すべて持ち帰ってください。

# 化 学

(第1問～第3問)

計算に必要ならば、次の原子量の値を用いよ。

H = 1.0	C = 12	N = 14	O = 16	Na = 23
Al = 27	S = 32	Cl = 35.5	Ca = 40	Fe = 56
Cu = 63.5	Zn = 65	Ag = 108	Pb = 207	

## 第1問 次の問1，問2に答えよ。(配点 40点)

問1 次の文章を読み、設問 a～d に答えよ。

中和反応における酸と塩基の量的関係を利用して、濃度のわかっている酸(または塩基)を用いて、濃度のわからない塩基(または酸)の濃度を求めることができる。この操作を中和滴定といい、濃度が正確にわかっている酸(または塩基)の水溶液を **ア** という。

酸と塩基が過不足なく反応して、中和反応が完了する点を中和点という。中和点の前後では水溶液の pH が急激に変化するので、その pH が急激に変化する範囲内に変色域をもつ指示薬を加えておくと、指示薬の色の変化により中和点を知ることができる。指示薬の変色により滴定操作を終了する点を、中和点と区別して **イ** という。

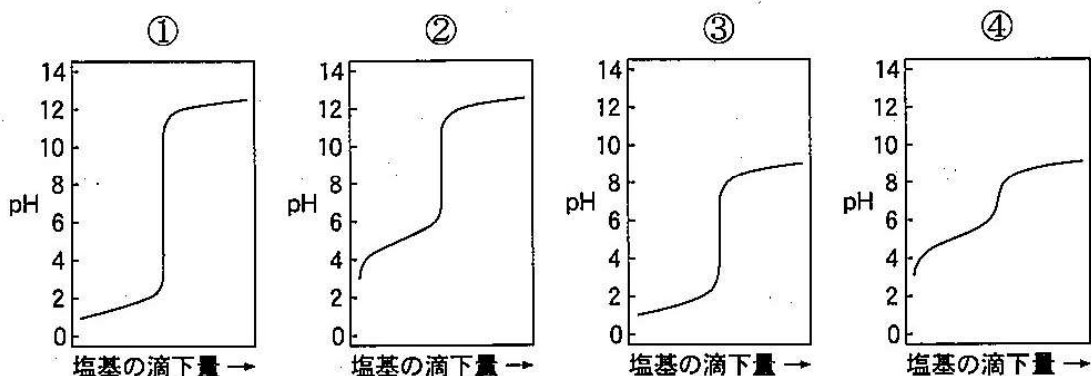
酸 X の水溶液を塩基 Y の水溶液で滴定し、加えた塩基 Y の水溶液の体積 <sup>①</sup> と、混合水溶液の pH との関係調べる実験を行う。はじめに、ろうとを用いて、下端にコックのついた目盛付きの管である **ウ** に塩基 Y の水溶液を入れる。次に、膨大部を有する単一の標線が引かれたガラス管である **エ** を用いて、酸 X の水溶液を正確にはかり取り、コニカルビーカーに入れる。pH を測定しながら滴定を実施し、滴下した塩基 Y の水溶液の体積を横軸、混合水溶液の pH の値を縦軸にとってグラフを描く。これらの操作によって得られた曲線を、中和滴定曲線という。

a 文章の空欄 **ア** ~ **エ** にあてはまる適切な語を記せ。ただし、**ウ** と **エ** には実験器具の名称が入る。

b 下線部①について、酸 X に硫酸、塩基 Y に水酸化ナトリウムを用いたときの化学反応式を記せ。

c 0.15 mol/L の硫酸水溶液 20.0 mL を過不足なく中和するには、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か求めよ。なお、計算による解答の有効数字は 2 桁とする。

d 図①~④は、0.10 mol/L の酸 X の水溶液に 0.10 mol/L の塩基 Y の水溶液を加えたときの中和滴定曲線を示している。図①~④に対応する酸 X・塩基 Y の組み合わせについては [I] 群より、中和点を判断するための指示薬については [II] 群より 1 つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。



[I] (ア) HCl と NH<sub>3</sub>

(イ) HCl と NaOH

(ウ) CH<sub>3</sub>COOH と NaOH

(エ) CH<sub>3</sub>COOH と NH<sub>3</sub>

[II] (A) メチルオレンジのみ

(B) フェノールフタレインのみ

(C) メチルオレンジ・フェノールフタレインどちらでもよい

(D) メチルオレンジ・フェノールフタレインどちらも使えない

問 2 次の文章を読み、設問 a ~ d に答えよ。

原子番号が同じで、質量数の異なる原子どうしを互いに同位体という。同位体どうしは、化学的性質はほとんど同じだが、質量数が異なるため化学反応における反応速度がわずかに異なる。天然に存在する炭素の同位体には、<sup>12</sup>C、<sup>13</sup>C、<sup>14</sup>Cが存在する。これらの同位体を天然存在比が大きい順に並べると **ア**、**イ**、**ウ** となる。

天然に存在する炭素の同位体のうち、<sup>14</sup>Cは放射性同位体である。地球上では、宇宙から飛来する放射線的作用によって、大気中の<sup>14</sup>Nから絶えず<sup>14</sup>Cが生成しており、<sup>14</sup>Cは時間経過に伴い放射壊変して再び<sup>14</sup>Nにもどる。大気中の<sup>14</sup>Cが生物体内に固定され、その生物が死ぬと、放射壊変によりその体内の<sup>14</sup>Cが次第に減少していく。この性質を利用して、遺跡から出土した遺物に残っている<sup>14</sup>Cの割合から、それらが存在していた年代を知ることができる。

a 文章の空欄 **ア** ~ **ウ** にあてはまる炭素の同位体(<sup>12</sup>C、<sup>13</sup>C または <sup>14</sup>C)を記せ。

b 下線部①について、下の表は炭素の同位体の各構成粒子の数を示している。表中の空欄 [ A ] ~ [ I ] にあてはまる適切な数値を記せ。

同位体	質量数	陽子数	中性子数	電子数
<sup>12</sup> C	12	[ A ]	[ B ]	[ C ]
<sup>13</sup> C	13	[ D ]	[ E ]	[ F ]
<sup>14</sup> C	14	[ G ]	[ H ]	[ I ]

c 天然に存在する塩素には、相対質量が 35.0 の <sup>35</sup>Cl と 37.0 の <sup>37</sup>Cl がある。塩素の原子量を 35.5 とするとき、<sup>35</sup>Cl の存在比は何%かを求めよ。なお、計算による解答の有効数字は 2 桁とし、解答欄には計算の過程も示せ。

- d 下線部②について，ある遺跡から発掘された木片を調べると， $^{14}\text{C}$ の割合が大気中の25.0%であった。 $^{14}\text{C}$ の半減期を5730年とすると，この木片に含まれる炭素は，現在から何年前に固定されたと推定されるか求めよ。ただし，大気中の $^{14}\text{C}$ の割合は常に一定であるものとする。

第2問 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。(配点 30点)

$\text{Ag}^+$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ の金属イオンのうち、6種類の金属イオンを含む水溶液がある。この水溶液に含まれる金属イオンを調べるために、以下の操作(1)～(9)を行った。なお、含まれる金属イオンの濃度は全て等しく、特に断りのない限り、以下の操作での分離は、完全に行われたものとする。

操作(1)：6種類の金属イオンを含む水溶液に塩酸を加えると、白色の沈殿Aが生じた。ろ過によって、沈殿Aとろ液Iに分けた。

操作(2)：沈殿Aに熱湯を注いだが、溶けなかった。しかし、過剰のアンモニア水<sup>①</sup>を加えると沈殿Aは溶けた。

操作(3)：ろ液Iに硫化水素を通じると、黒色の沈殿Bが生じた。ろ過によって、沈殿Bとろ液IIに分けた。

操作(4)：沈殿Bは希硝酸を加えて加熱すると溶けた。これに少量のアンモニア水を加えると、青白色の沈殿Cが生じた。さらにアンモニア水を加えると、再び溶解し、溶液が深青色になった。

操作(5)：ろ液IIを煮沸して硫化水素を取り除いた後、希硝酸を加えた。その後、過剰のアンモニア水<sup>②</sup>を加えると、赤褐色の沈殿が生じた。ろ過によって、赤褐色の沈殿とろ液IIIに分けた。

操作(6)：操作(5)で得られた赤褐色の沈殿は、過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えても溶けなかった。しかし、希塩酸には溶解し、試薬Xの水溶液<sup>③</sup>を加えると、濃青色沈殿が生じた。

操作(7)：ろ液IIIに硫化水素を通じると、白色の沈殿Dが生じた。ろ過によって、沈殿Dとろ液IVに分けた。

操作(8)：ろ液IVに炭酸アンモニウム水溶液を加えると、沈殿Eが生じた。ろ過によって、沈殿Eとろ液Vに分けた。

操作(9)：ろ液Vを白金線につけてガスバーナーの炎の中に入れたところ、黄色の炎色反応を示した。

問 1 沈殿 A～E の化学式および、ろ液 V に含まれる金属イオンのイオン式を記せ。

問 2 操作(1)において、塩酸を加え、沈殿 A が生じた後の水溶液中の塩化物イオン濃度が、 $1.0 \text{ mol/L}$ であった。このとき、沈殿 A を構成する金属イオンの水溶液中の濃度を求めよ。沈殿 A の溶解度積は  $2.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$  とする。なお、計算による解答の有効数字は 2 桁とし、解答欄には計算の過程も示せ。

問 3 下線部①の化学変化をイオン反応式で表せ。

問 4 沈殿 C を含む水溶液を加熱すると、沈殿 C は黒色に変化した。これをろ過して集め、 $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  以上で強く熱したところ赤色個体が  $143 \text{ mg}$  得られた。赤色個体に変化した沈殿 C の物質量を求めよ。なお、計算による解答の有効数字は 3 桁とし、解答欄には計算の過程も示せ。

問 5 下線部②の操作について、次の設問 a～c に答えよ。

a 硫化水素を取り除かないで、希硝酸を加えた場合では、硫化水素と希硝酸の酸化還元反応が起こる。希硝酸は酸化剤として働くと、一酸化窒素に変化し、硫化水素は還元剤として働くと、硫黄に変化する。これらの変化を、電子  $e^-$  を用いたイオン反応式でそれぞれ表せ。

b 設問 a のイオン反応式をもとに、硫化水素と希硝酸が反応したときの酸化還元反応を化学反応式で表せ。

c この操作において、希硝酸を加える理由を説明せよ。

問 6 下線部③の試薬 X に該当するものを、次の(ア)~(オ)より 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) NaOH                      (イ) NH<sub>3</sub>                      (ウ) K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]  
(エ) K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]              (オ) KSCN

問 7 操作(3)と(7)では、いずれもろ液に硫化水素を通じる操作を行っているが、操作(3)では沈殿 D は生じない。これは操作(3)と(7)を行った際の実験条件の違いによるが、この実験条件の違いとは何か、簡潔に答えよ。

問 8 操作(8)において、炭酸アンモニウム水溶液の代わりに、炭酸ナトリウム水溶液を用いることは、適切な操作といえるか。理由を含めて答えよ。

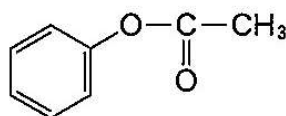
試験問題は次のページに続く。

第3問 次の問1，問2に答えよ。(配点 30点)

問1 次の文章を読み，設問 a～c に答えよ。

炭素，水素，酸素からなる有機化合物 X の元素分析を行うために，有機化合物 X 55.5 mg を乾燥した酸素中で完全燃焼させ，生じた燃焼ガスを塩化カルシウム管，<sup>①</sup>ソーダ石灰管の順に通した結果，二酸化炭素 132 mg と水 67.5 mg が得られた。また，別の実験から有機化合物 X の分子量が 74 であることがわかった。

- a 下線部①について，塩化カルシウム管とソーダ石灰管の順番を逆にすると，正確な分析が行えなくなる。その理由を簡潔に説明せよ。
- b 有機化合物 X の分子式を記せ。なお，解答欄には計算の過程も示せ。
- c 有機化合物 X は単体のナトリウムと反応しなかった。有機化合物 X の考えられる構造式を下の図の例にならってすべて記せ。



問 2 次の文章を読み、設問 a ~ c に答えよ。

デンプンとセルロースは自然界に広く存在する多糖であり、どちらも分子式 **ア** で表される。一般に、デンプンは、アミロースと **イ** から構成されていて、アミロースは多数の  $\alpha$ -**ウ** が C1 と C4 に結合する **エ** 基の間で縮合し、エーテル結合を形成して連なった直鎖状分子である。このエーテル結合を、特に **オ** 結合と呼ぶ。アミロースはアミラーゼと呼ばれる消化酵素が作用することで二糖の **カ** へと分解される。

一方、植物の細胞壁の主成分であるセルロースは多数の  $\beta$ -**ウ** が C1 と C4 に結合する **エ** 基の間で縮合して連なった構造をしている。デンプンを含む水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素液)を加えると、  
① **キ** 反応を示さない。

- a 文章の空欄 **ア** にあてはまる分子式を、空欄 **イ** ~ **キ** にあてはまる適切な語を記せ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語が入る。
- b 下線部①について、デンプンとセルロースにおける反応性の違いは両者の構造的特徴の違いによる。その違いを 40 字以内で説明せよ。
- c セルロース 54 g を希硫酸に加えて加熱し、完全に加水分解すると何 g のグルコースが得られるか求めよ。なお、計算による解答の有効数字は 2 桁とし、解答欄には計算の過程も示せ。