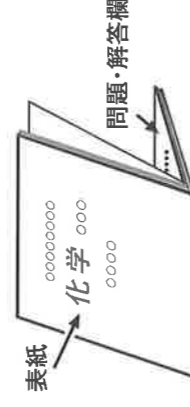


## 平成31年度入学試験問題

# 化学 401

(前期日程)

表紙も問題・解答用紙も全て  
表面のみに印刷している。



### (注意事項)

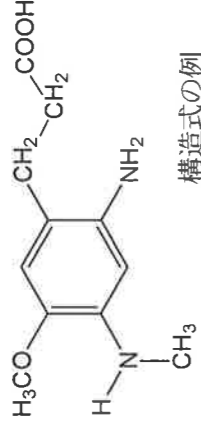
- 1 問題・解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
- 2 この表紙を除いて、**問題用紙は5枚**（その1～5）、**解答用紙は4枚**（その1～4）である。  
用紙の折り方は図のようになっているので注意すること。
- 3 解答は、**解答用紙の指定された解答箇所に書くこと**。指定された解答箇所以外に書いたものは採点しない。また、裏面に解答したのもも採点しない。
- 4 表紙の裏面など余白の部分を計算に使ってもよい。
- 5 **解答開始後、各解答用紙の「受験番号」欄に受験番号をはっきりと記入すること**。
- 6 配付した用紙はすべて回収する。

# 化学 401 その1 (問題用紙)

(注意) 解答にあたっては、以下の注意事項に従うこと。

1. 有機化合物の構造式は右図に示す例にならって表すこと。

2. 原子量は次の値を用いること。H : 1.00, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0, S : 32.0



**第1問** 次の文章を読み、下の問い(問1～7)に答えよ。

硫黄  ${}_{16}\text{S}$  は常温で最も安定な斜方硫黄のほか、ゴム状硫黄など同じ元素の単体で性質が異なるさまざまな **ア** が存在する。また中性子数の異なる  ${}^{32}\text{S}$ 、 $(\text{A}){}^{34}\text{S}$  など複数の **イ** がある。硫酸は  $(\text{B})$ アレニウスの定義に基づく代表的な **ウ** 価の酸であり、分子中に酸素原子を含む酸であることから **エ** に分類される。硫酸は工業的には **オ** を触媒にして  $(\text{C})$ 三酸化硫黄  $\text{SO}_2$  を空気中の酸素と反応させて三酸化硫黄  $\text{SO}_3$  をつくり、濃硫酸に吸収させて発煙硫酸としたのちに希硫酸で薄めて濃硫酸として製造されている (**カ** 法)。原料の  $(\text{D})$ 三酸化硫黄は単体の硫黄を燃やして作られる。加熱した濃硫酸には強い **キ** があり、この性質により銅や銀などと反応する。硫酸は  $(\text{E})$ 肥料や薬品の製造、金属の製錬、鉛蓄電池の材料などさまざまな用途で広く利用されている。

一般に触媒が存在すると **ク** の小さな別の反応経路をつくるために反応速度は大きくなる。上記の三酸化硫黄を作るために使用される **オ** は固体触媒であり、反応物との混合の状態から、 **ケ** 触媒に分類される。

**問1** 文章中の **ア** ～ **ケ** に入る適切な語句または数字を記せ。

**問2** 下線部 (A) について、 ${}^{34}\text{S}$  の陽子、中性子、電子、価電子の数を書け。

**問3** 下線部 (B) について、アレニウスの酸と塩基の定義を記せ。

**問4** 下線部 (C) の反応は可逆反応であり、三酸化硫黄が生成する反応 (正反応) は発熱反応である。この反応が密閉された容器内で平衡に達しており、その状態から **(i) 温度を上げる**、**(ii) 容器の体積を半分にする**、**(iii) 触媒を加える** 操作を行った。それぞれにおいて平衡はどのようになるか、「正反応が進む、逆反応が進む、移動しない」で答えよ。

**問5** 下線部 (C) および (D) について、この手法で作られた三酸化硫黄の全量が水に吸収されて 200 kg の 98.0%硫酸が製造されたとする。このとき用いた硫黄の質量を求めよ。計算の根拠も示すこと。

**問6** 二酸化硫黄  $\text{SO}_2$  は相手の物質によって酸化剤にも還元剤にもなる物質である。二酸化硫黄  $\text{SO}_2$  が硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  と反応すると硫黄を生成する。この反応の化学反応式を記せ。また、この反応における酸化剤、還元剤それぞれの働きかたを示すイオン反応式 (電子は  $\text{e}^-$  とする) を記せ。

(その2につづく)

## 化学 401 その2 (問題用紙)

問7 下線部 (E) の代表例が硫酸と呼称される硫酸アンモニウムである。水に溶かすと硫酸アンモニウム水溶液と同じ液性を示す物質を、以下の ① ~ ⑩ よりすべて選択せよ。液性は強酸性、弱酸性、中性、弱塩基性、強塩基性、強塩基性の5分類とする。

- ① 水酸化カリウム ② 塩化カルシウム ③ 酢酸ナトリウム ④ 塩化アンモニウム ⑤ 炭酸水素ナトリウム  
⑥ フッ化水素 ⑦ アンモニア ⑧ 硫酸水素ナトリウム ⑨ 塩化水素 ⑩ 二酸化炭素

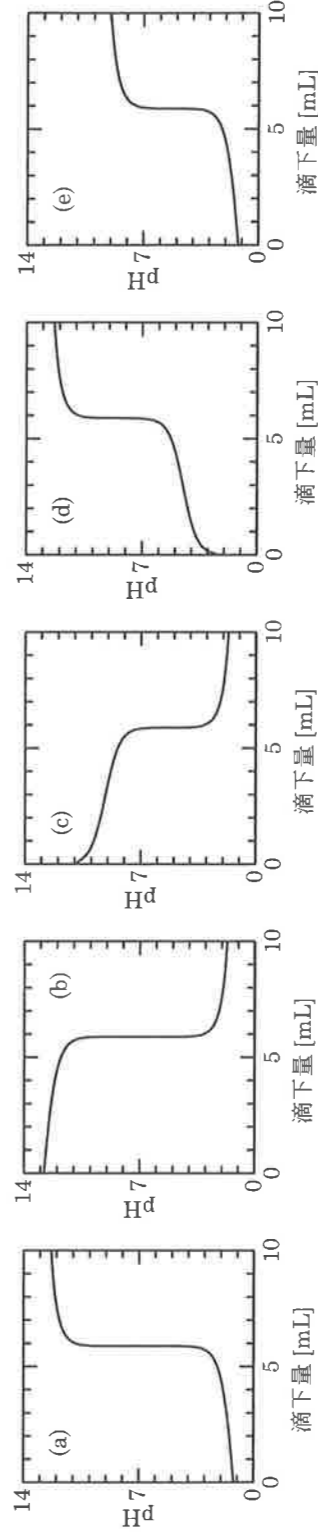
第2問 水酸化ナトリウム水溶液を用いる中和滴定によって、酢酸水溶液の濃度を求める実験を行った。次の文章を読み、下の問い (問1~7) に答えよ。

はじめに、滴定で用いる水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を知るために、一次標準溶液として  $0.0500 \text{ mol/L}$  のシュウ酸  $(\text{COOH})_2$  水溶液を調製した。この (a)シュウ酸水溶液  $10.0 \text{ mL}$  を正確にはかり取りコニカルビーカーに入れ、指示薬溶液を数滴加えたのち、(b)水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ、 $9.80 \text{ mL}$  で中和点をむかえた。次に、(c)濃度不明の酢酸水溶液  $20.0 \text{ mL}$  をはかり取り、蒸留水を加えて (d)正確に  $100 \text{ mL}$  とした。この溶液  $10.0 \text{ mL}$  をコニカルビーカーに正確にはかり取り、(e)指示薬溶液を数滴加えたのち、上記の水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定したところ、中和点となるまで  $5.88 \text{ mL}$  を要した。

問1 文中の下線部 (A), (B) および (D) の操作で用いるガラス器具の名称を答えよ。

問2 滴定で用いた水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を計算せよ。有効数字は3桁とし、計算の根拠も示すこと。

問3 酢酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を滴下するときの中和滴定曲線として適切なものを、以下の (a) ~ (e) より1つを選択せよ。



問4 文中の下線部 (E) で加える指示薬として適したものを以下の (a) ~ (c) より1つを選択し、その理由を説明せよ。

- (a) フェノールフタレイン (b) メチルオレンジ (c) メチルレッド

問5 文中の下線部 (C) の水溶液の酢酸のモル濃度を求めよ。有効数字は3桁とし、計算の根拠も示すこと。

## 化学 401 その3 (問題用紙)

**問6** 酢酸の電離定数  $K_a = 3.0 \times 10^{-5}$  mol/L として、文中の下線部 (C) の酢酸水溶液の pH を計算せよ。ただし、ここでの酢酸の電離度は1よりも十分小さいとみなせるものとし、 $\log_{10} 3 = 0.5$  とする。なお、pH は小数第1位まで求め、計算の根拠も示すこと。

**問7** 水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度は、上記のようにシユウ酸水溶液などの酸の一次標準溶液を用いて求める必要がある。その理由を説明せよ。

**第3問** 次の文章を読み、下の問い (問1～7) に答えよ。

1811年、フランスのクールトアは、海草灰から抽出した液に硫酸を加えると、刺激臭のある **ア** 色の蒸気が発生することを発見した。1813年、この物質がそれまで知られていない新しい元素であることが確認され、iodine (ヨウ素) と命名された。現在、日本は世界第2位のヨウ素の生産量を誇り、その大部分は千葉県の天然ガス鉱床の地下水 (かん水) から産出される。ヨウ素の用途は、X線造影剤、医薬品、偏光フィルム、触媒など、多岐にわたっている。**あ** らは、ポリアセチレンにヨウ素を加えると金属に近い電気伝導性が得られることを見いだし、この導電性高分子の発見により、2000年にノーベル化学賞を受賞した。ヨウ素は、甲状腺ホルモンの構成元素の1つであり、ヒトにとって必須の元素である。**ウ**日本に比べて、大陸の内陸部の国や地方ではヨウ素欠乏症が発症する頻度が高い。

ヨウ素の固体は光沢のある黒紫色をしており、ヨウ素分子  $I_2$  が **イ** 力で弱く結合した結晶である。 $I_2$  を球状粒子とみなすと、結晶は面心立方格子の配置をとっている。したがって、その単位格子中には  $I_2$  が **ウ** 個存在する。ヨウ素の固体は、**ロ**液体の状態を経ることなく気体に変化する性質がある。 $I_2$  は水にほとんど溶けないが、過剰のヨウ化カリウム KI を共存させると **エ** イオンになって水に溶け、液は **オ** 色を示す。この液 (ヨウ素溶液) をデンプン水溶液に少量加えると、水溶液の色は青紫～赤紫色を示す。これは、デンプン分子が **カ** 構造をとり、その内部の空間に  $I_2$  が入り込むことに起因する。また、**キ** 防止剤として食品に添加されているアスコルビン酸  $C_6H_8O_6$  (ビタミン C) の定量分析にも、ヨウ素溶液は応用されている。この分析は、 $C_6H_8O_6 + I_2 \rightarrow C_6H_6O_6 + 2HI$  で表される酸化還元反応に基づく。

**ロ**ヨウ化カリウム水溶液に激しく攪拌しながら硝酸銀水溶液を加えていくと、黄色のヨウ化銀 AgI のコロイド粒子が生成する。銀イオンに対してヨウ化物イオンが過剰な場合には、この粒子の表面は **ク** の電荷を帯びており、粒子間の反発によってコロイド溶液は安定に保たれる。この溶液に側方からレーザー光を照射すると、コロイド粒子が光を **ケ** するため、光の進路が輝いて見える。これを **コ** 現象という。また、このコロイド溶液に少量の電解質を加えると、電解質から生じたイオンによってコロイド粒子表面の電荷が打ち消され、粒子は反発力を失い、集合して沈殿する。この現象を **サ** という。ヨウ化銀は、人工降雨にも応用されている。すなわち、**ロ**大気中にヨウ化銀の微粒子を散布すると、この微粒子が核になって氷晶が析出し、これが地上に到達する間に雨粒となる。

**問1** 文中の **ア** ～ **サ** に当てはまる適切な語句あるいは数字を答えよ。

**問2** 文中の **あ** に当てはまる科学者名を、以下の①～⑥より1つを選択せよ。

- ① 中村修二    ② 利根川進    ③ 下村脩    ④ 白川英樹    ⑤ 田中耕一    ⑥ 福井謙一

(その4につづく)

## 化学 401 その4 (問題用紙)

問3 下線部 (A) について、なぜ日本ではヨウ素欠乏症の発症があまり見られないのか。考えられる理由を述べよ。

問4 下線部 (B) のような結晶を何と呼ぶか。以下の①～④より1つを選択せよ。

- ① 金属結晶    ② イオン結晶    ③ 分子結晶    ④ 共有結合結晶

問5 下線部 (C) のような状態の変化は何と呼ばれるか。

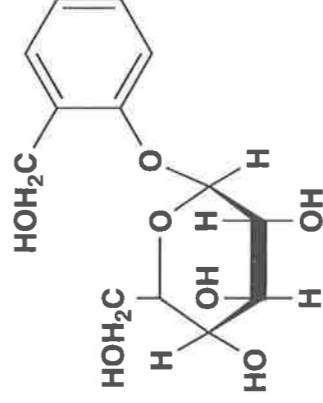
問6 下線部 (D) に関連して、 $\text{AgI}$  の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  を  $2.10 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$  とすると、 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  中の  $\text{KI}$  水溶液中で

$\text{AgI}$  のコロイド粒子が生成するためには、理論上、 $\text{Ag}^+$ 濃度はいくら以上必要か。計算の根拠も示すこと。

問7 下線部 (E) のように、分散媒が気体で分散質が固体 (または液体) のコロイドは何と呼ばれるか。

**第4問** 次の文章を読み、下の問い (問1～7) に答えよ。

徳島には「柳の水」あるいは「楊枝の水」と呼ばれる場所がある。僧侶が祈禱した楊枝から根付いた柳の根本より湧き出した清水が、足や膝の痛みなどに苦しんだ遍路たちを癒したとされる故事に由来している。西洋ではギリシャ時代の昔から柳の葉や樹皮が痛みを軽減するために使用されていた記録があり、日本においても柳の楊枝を使うと歯がうずかないなどの伝承があることから、柳には何らかの痛み止めの作用があることが広く知られていたことが伺える。19世紀には、その鎮痛成分がサリシン【図1】として単離された。サリシンは容易に分解され、その分解産物の1つが酸化されることで生じるアが、鎮痛や消炎作用を示す物質の正体であることが明らかとなった。



【図1】 サリシン

## 化学 401 その5 (問題用紙)

**ア** に **イ** を加えて反応させると **ウ** が生成することが知られている。この解熱鎮痛薬である **ウ**こそが、初めて人工合成された医薬品の1つと考えられている。また、**ア** に **エ** と濃硫酸を作用させ加熱すると、消炎鎮痛薬である **オ** が生成する。

ところで、サリシンの **ア** 前駆体以外の分解産物はグルコースであり、結晶中では炭素原子5個と、酸素原子1個が単結合で環状につながった構造をもつ。(A)水溶液中では2種類の環状構造と、1種類の鎖状構造が平衡状態で存在する。デンプンを構成するグルコースは **カ** 型であるが、25℃の水溶液中のグルコースは **キ** 型の割合が多い。また、(B)グルコースを、**ク** 水溶液に加えて温めると銀鏡反応が起こり、フェーリング液にグルコースを加えて加熱すると **ケ** の赤色沈殿を生じる。さらに、(C)グルコースは、酵母などの酵素の働きにより **コ** と **サ** に分解されるが、この反応はアルコール発酵と呼ばれる。

**問1** 問題文中の **ア** ~ **オ** にあてはまる構造式と化合物名を答えよ。

**問2** **ア** は塩化鉄(III)  $\text{FeCl}_3$  水溶液を加えると呈色するが、**ウ** は呈色しない。呈色しない理由を答えよ。

**問3** 室温(25℃)において、**オ** は固体、液体、気体のどの状態をとるか答えよ。

**問4** **カ** ~ **サ** にあてはまる語句または記号を答えよ。

**問5** 下線部 (A) について、その平衡状態を構造式を用いて答えよ。

**問6** 下線部 (B) の反応は、水溶液中で起こる。その理由を答えよ。

**問7** 下線部 (C) の反応について、示性式を用いて答えよ。

化学 401 その1 (解答用紙)

第1問

問1	ア		イ		ウ
	エ		オ		カ
	キ		ク		ケ
問2	陽子		中性子		
	電子		価電子		
問3	酸				
	塩基				
問4	(i)		(ii)		(iii)
問5					
	kg				
問6	化学反応式				
	酸化剤				
	還元剤				
問7					

受験番号	第	番
------	---	---

化学 401 その2 (解答用紙)

第2問

問1	(A)	(B)	(D)	
問2	mol/L			
問3				
問4	理由			
問5	mol/L			
問6	pH =			
問7				

小計
----



受験番号	第	番
------	---	---

化学 401 その3 (解答用紙)

第3問

問1	ア		イ		ウ
	エ		オ		カ
	キ		ク		ケ
	コ		サ		
問2					
問3					
問4					
問5					
問6					
問7					

mol/L 以上

小計
----

化学 401 その4 (解答用紙)

第4問

	ア	イ	ウ	エ	オ
問1	構造式				
	化合物名				
問2					
問3					
問4	カ	キ	ク	ケ	
	コ	サ			
問5					
問6					
問7					