

平成 25 年度入学者選抜試験問題

工学部
(機能高分子工学科, 物質化学工学科,
バイオ化学工学科, 情報科学科, 電気電子工学科,
機械システム工学科, システム創成工学科)

理 科

(化 学)

前 期 日 程

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 機能高分子工学科, 物質化学工学科, 情報科学科, 電気電子工学科, 機械システム工学科, システム創成工学科の受験者は, 物理または化学から 1 科目を選択し, 解答してください。
- 3 バイオ化学工学科の受験者は, 化学または生物から 1 科目を選択し, 解答してください。
- 4 物理, 化学および生物の問題は, それぞれ別冊子になっています。
- 5 物理および化学の解答用紙は, 共通になっています。
- 6 この問題冊子の本文は 1 ページから 14 ページまでです。
- 7 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁, 解答用紙の汚れなどに気づいた場合は, 手を挙げて監督者に知らせてください。
- 8 すべての解答用紙に大学受験番号を正しく記入し, 解答する科目名を○で囲んでください。
大学受験番号および解答する科目名が正しくない場合は, 採点できないことがあります。
- 9 問題は〔Ⅰ〕, 〔Ⅱ〕, 〔Ⅲ〕からなっています。解答は必ず問題番号と一致した解答用紙の枠内に記入してください。解答用紙は裏面まで使用できます。
- 10 解答用紙の注意事項をよく読み, 指示に従って解答してください。
- 11 試験終了後, 問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

（問題訂正）

5 ページ〔Ⅰ〕問3 下から9行目

（誤） …， 10 倍に希釈した水溶液に…

（正） …， 実験操作－②で 10 倍に希釈した水溶液に…

14 ページ〔Ⅲ〕問3 上から6行目

（誤） 乳酸の_(a)ヒドロキシ基をアミノ基に置き換えた分子は， …

（正）_(a)乳酸のヒドロキシ基をアミノ基に置き換えた分子は， …

- 〔 I 〕 下の問い（問 1 ～ 3）に答えなさい。計算問題の解答の際は、計算の過程も記しなさい。なお、必要ならば、原子量、対数および水のイオン積は次の値を使うこと。

H 1.0 O 16.0 Cl 35.5 Ca 40.0

Ag 108

$\log_{10} 2 = 0.30$

水のイオン積 $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.00 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ (25℃)

- 問 1 カルシウムとナトリウム、およびそれぞれの化合物について記述した次の文章を読み、下の（１）～（５）の問いに答えなさい。

原子番号が 20 のカルシウムはアルカリ土類金属の一つである。カルシウムには ア が同じで イ が異なる同位体が存在し、 ^{40}Ca のほかに ^{42}Ca 、 ^{43}Ca 、 ^{44}Ca などが知られている。カルシウムは反応性が高いため、天然には単体として存在せず、(a)炭酸塩の形で多量に産出する。弱酸の塩である(b)炭酸カルシウムは、希塩酸を加えると気体を発生して溶解する。また、(c)炭酸カルシウムは加熱により酸化カルシウムに分解する。

ナトリウムの炭酸塩である炭酸ナトリウムは加熱しても分解しない。工業的に、炭酸ナトリウムはアンモニアソーダ法（ソルベー法）によって製造される。この方法では、(d)飽和塩化ナトリウム水溶液にアンモニアを十分溶かし、二酸化炭素を通じると水に溶けにくい炭酸水素ナトリウムが沈殿することを利用している。そして、この(e)炭酸水素ナトリウムを加熱して分解することで炭酸ナトリウムを得る。

水酸化カルシウムは少し水に溶け、その水溶液は塩基性を示す。これについて調べたところ、(f)25℃における飽和水酸化カルシウム水溶液 100 g には、0.148 g の水酸化カルシウムが溶けていた。

(1) 下線部(a)について、天然に産出する炭酸カルシウムの岩石の名称を答えなさい。

(2) 同位体の説明について、次の①～⑤のそれぞれが空欄

ア

・

イ

 のどちらにあてはまるかを記しなさい。

①原子番号

②中性子の数

③陽子の数

④質量数

⑤電子の数

(3) 下線部(b)～(e)の変化について、それぞれの化学反応式を記しなさい。

(4) 下線部(f)について、この温度における飽和水酸化カルシウム水溶液のモル濃度を有効数字2桁で求めなさい。なお、水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とする。

(5) 下線部(f)について、 25°C における飽和水酸化カルシウム水溶液において、予想される pH を小数第1位まで求めなさい。なお、水酸化カルシウムは水中で Ca^{2+} と OH^- に完全に電離しているものとする。

問 2 次の選択群に示す金属イオンのうち，1種類または2種類が溶け込んだ水溶液 **A**～**D** がある。水溶液に含まれる金属イオンを特定するために，**A**～**D** の水溶液をそれぞれ少量ずつ取り分けて，表 1 に示す操作 **a**～**e** を別々に行った。表 1 には，行った操作とその結果を示す。これについて，下の (1)～(4) の問いに答えなさい。

＜選択群＞ Ba^{2+} Cu^{2+} Mg^{2+} Pb^{2+} Zn^{2+}

表 1 水溶液 **A**～**D** に対して行った操作 **a**～**e** とその結果

操作	水溶液			
	A	B	C	D
a 希塩酸を加えた	×	×	×	○
b 希硫酸を加えた	○	×	×	○
c 少量のアンモニア水を加えた	×	○	○	○
d 過剰のアンモニア水を加えた	×	○	※	○
e 少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えた	×	○	○	○

表 1 中の記号の意味：

× 変化しなかった ○ 沈殿が生成した

※ はじめに沈殿が生成し，加えるにつれて沈殿が溶解した

(1) **A** の水溶液に溶けている金属イオンを，上の選択群から一つ選びなさい。

(2) **B** の水溶液に溶けている金属イオンが1種類であるとき，溶けている金属イオンを上を選択群から一つ選びなさい。
また，その金属イオンの元素を説明している文章として正

しいものを，次の（ア）～（オ）の中から一つ選び，記号を記しなさい。

（ア）単体の金属は，密度が大きく，軟らかくて加工が容易である。X線などの放射線を吸収する能力が大きい。

（イ）鋼板のめっきや合金の材料に用いられる。酸化物の粉末は白色顔料や医薬品に用いられる。

（ウ）単体の金属は，金属としては融点が低く，柔らかい。還元力が強く，常温で水と激しく反応して水素を発生する。

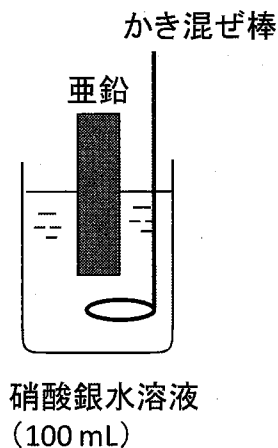
（エ）単体の金属は，軽くて軟らかく，展性・延性に富み，家庭用品や建築材料などに広く利用されている。空気中では，表面に酸化被膜が生じ，酸化が内部にまで進行しにくい。

（オ）空気中で表面が徐々に酸化されて光沢を失う。常温の水とは反応しないが，熱水と反応して水素を発生する。空気中で強熱すると明るい光を発して燃焼する。

（3）**C**の水溶液について調べた結果，上の選択群のうち2種類の金属イオンが溶けていることが分かった。**C**の水溶液に溶けている金属イオンを，上の選択群から二つ選びなさい。また，沈殿が生成する条件の違いを利用して，これらの金属イオンを分離するには，どのような操作をすれば良いか，分離できる理由も含めて簡潔に記しなさい。

（4）表1の操作により，**D**の水溶液に溶解していることが明らかである金属イオンを上記の選択群から選びなさい。また，その金属イオンを含む水溶液に，クロム酸カリウムの水溶液を加えると生じる沈殿の色と化学式を記しなさい。

問 3 次の実験に関する文章を読み，下の（１）～（５）の問いに答えなさい。



実験操作－① 図のように，ビーカーに 0.300 mol/L の硝酸銀水溶液を 100 mL 入れ，亜鉛板を浸して穏やかにかき混ぜた。

実験操作－② 一定時間後にビーカーから亜鉛板を取り出したのち，ビーカーの水溶液を 10.0 mL 取り分け，取り分けた水溶液を 10 倍に希釈した。

実験操作－③ (a) 強い光を避けながら，10 倍に希釈した水溶液に薄い食塩水を十分加えた結果， 0.287 g の沈殿が生成した。

（１）この実験について，ビーカー内で起こる反応の化学反応式を記しなさい。

（２）実験操作－③について，硝酸銀水溶液に食塩水を加えて沈殿が生じる反応の化学反応式を記しなさい。

（３）生成する沈殿の質量を正確に測るために，実験操作－③で下線部(a)のようにする理由を簡潔に記しなさい。

(4) 実験操作－③より，ビーカー内の希釈前の硝酸銀水溶液のモル濃度を有効数字 3 桁で求めなさい。

(5) 実験操作－③より，ビーカー内の希釈前の水溶液に溶けている亜鉛イオン Zn^{2+} のモル濃度を有効数字 3 桁で求めなさい。

〔Ⅱ〕 下の問い（問 1・2）に答えなさい。計算問題の解答の際は、計算の過程も記し、有効数字 3 桁で記しなさい。必要ならば、原子量およびファラデー定数は次の値を使うこと。

Cu 63.5

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

問 1 次の文章を読み、下の（1）～（7）の問いに答えなさい。

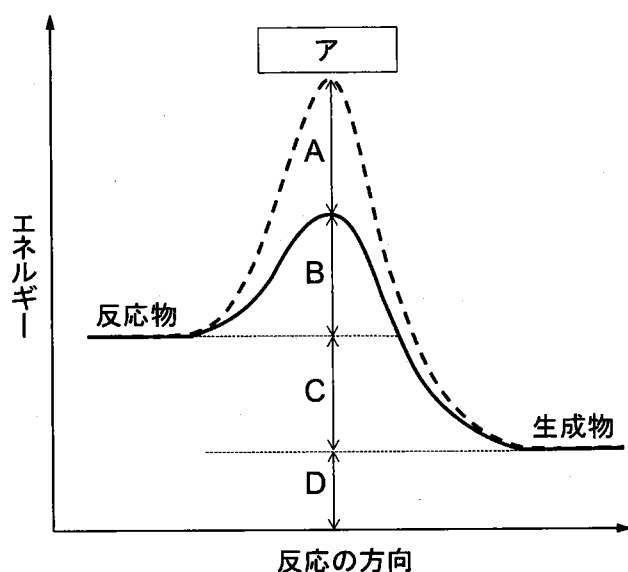
高純度の銅は次のような手法で製造される。まず、黄銅鉱 CuFeS_2 をけい砂などとともに熔融還元して鉄分と分離し、純度 99.4% 以上の粗銅をつくる。この (a)粗銅を一方の電極、純銅をもう一方の電極として $50 \sim 60^\circ\text{C}$ に保った硫酸銅（Ⅱ）の水溶液に浸し、両電極の間に $0.2 \sim 0.5 \text{ V}$ 程度の直流電圧をかけて電解すると、(b)粗銅が溶出して消費されると同時に純銅が析出して成長する。(c)粗銅に含まれる不純物金属の一部は硫酸銅（Ⅱ）水溶液中に溶け出し、一部は粗銅の下に沈殿するため、純度 99.99% 以上の純銅が得られる。このように電気分解によって高純度の金属を得る方法を ア という。

アルミニウムは、電気分解によって直接製造される金属で、酸化アルミニウム（化学式 **A**）が主成分であるボーキサイトが原料である。まず、ボーキサイト中の (d)酸化アルミニウム成分を濃い水酸化ナトリウム水溶液で溶解させる。続いて、この溶液から水酸化アルミニウム（化学式 **B**）を沈殿させ、これを加熱して純度の高い酸化アルミニウムを得る。酸化アルミニウムの融点は 2054°C と高いので、氷晶石 Na_3AlF_6 を混合して融点を約 950°C に下げ、融解した液体中で炭素を電極として電解する。(e)一方の炭素電極ではアルミニウムイオンが金属アルミニウムに還元され、他方の炭素電極は電極自体が一酸化炭素や二酸化炭素に酸化される。このように、金属の塩を加熱融解して電気分解する方法を イ という。

- (1) 空欄 **ア** ・ **イ** それぞれに当てはまる語句を記しなさい。
- (2) 化学式 **A** および **B** を記しなさい。
- (3) 下線部(a)において、粗銅と純銅のどちらが陽極でどちらが陰極となるかを記しなさい。また、それぞれの電極で起こる反応について、電子を含むイオン反応式を記しなさい。
- (4) 下線部(b)について、32分10秒間電流 0.400 A を流して電気分解を行った。析出した純銅の質量を求めなさい。
- (5) 下線部(c)について、粗銅には不純物としてさまざまな金属が含まれる。鉄、ニッケル、金、白金が含まれる場合、これらを硫酸銅(Ⅱ)水溶液中に溶解出す金属と粗銅の下に沈殿する金属に分類しなさい。また、そのように分類した理由を記しなさい。
- (6) 下線部(d)の化学反応式を記しなさい。
- (7) 下線部(e)の反応について実験を行ったところ、金属アルミニウムが 1.00 mol 得られると同時に、1.00 mol の気体が発生した。発生した一酸化炭素と二酸化炭素の物質質量 [mol] をそれぞれ求めなさい。

問 2 次の文章を読み、下の (1) ~ (5) の問いに答えなさい。

(a) 過酸化水素は水溶液中で酸素を発生しながら徐々に分解する。この反応は酸化マンガン(IV)を加えると進行が速くなる。この反応の進行に伴うエネルギーの変化を、酸化マンガン(IV)を加えた場合と加えない場合について示したのが以下の図である。



硫酸で酸性にした水溶液中で、過酸化水素は、(b) ヨウ化カリウムに対して酸化剤として働き、ヨウ素を生じるが、(c) 過マンガン酸カリウムに対しては還元剤として作用し、マンガン(II)イオンを生じる。

(1) 下線部(a)の化学反応の反応式を記しなさい。

(2) 図中に ア で示した状態を何というか、その名称を記しなさい。

- (3) 次の(あ)～(え)のエネルギーの大きさは、図の A～D を用いてどのように表されるか、下の①～⑩からそれぞれ選りなさい。

- (あ) 酸化マンガン(IV)がない時の活性化エネルギー
(い) 酸化マンガン(IV)がある時の活性化エネルギー
(う) 酸化マンガン(IV)がない時の反応熱
(え) 酸化マンガン(IV)がある時の反応熱

- | | | |
|-----------|-------|---------|
| ① A | ② A+B | ③ A+B+C |
| ④ A+B+C+D | ⑤ B | ⑥ B+C |
| ⑦ B+C+D | ⑧ C | ⑨ C+D |
| ⑩ D | | |

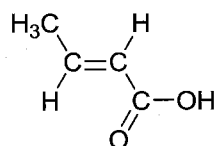
- (4) 下線部(b)の反応について、過酸化水素、ヨウ化カリウムについて起こる変化を、電子を含むイオン反応式でそれぞれ記しなさい。また、この酸化還元反応全体を表す化学反応式を記しなさい。

- (5) 下線部(c)の反応について、過酸化水素、過マンガン酸カリウムについて起こる変化を、電子を含むイオン反応式でそれぞれ記しなさい。また、この酸化還元反応全体を表す化学反応式を記しなさい。

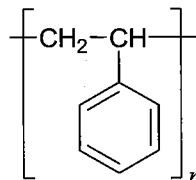
〔Ⅲ〕 下の問い（問 1 ～ 3）に答えなさい。

化合物の構造式は，次の例を参考にして記しなさい。

（例 1）



（例 2）



問 1 次の文章を読み，下の（1）～（4）の問いに答えなさい。

ニトロベンゼンを，塩酸中でスズを使って還元し，塩基性になるまで水酸化ナトリウム水溶液を加えると，化合物 **A** が生成する。化合物 **A** は水に少し溶けて塩基性を示し，さらし粉によって ア に呈色する。(a)化合物 **A** を，亜硝酸ナトリウムおよび塩酸と反応させると化合物 **B** が得られ，これに化合物 **C** と水酸化ナトリウム水溶液を加えると橙赤色の (b)p-ヒドロキシアゾベンゼンが生成する。 この反応は イ と呼ばれる。

（1） 文章中の空欄 ア ・ イ に入る適切な語句を記しなさい。

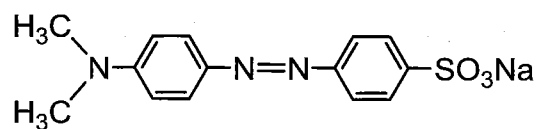
（2） 化合物 **A**, **B**, **C** の構造式と名称を記しなさい。

(3) 下線部(a)の反応を行う条件を、次の①～④から選びなさい。

- ① かき混ぜながら加熱
- ② 沸騰するまで加熱
- ③ 常温で静置
- ④ 氷水でよく冷却

(4) 下線部(b)の *p*-ヒドロキシアゾベンゼンと同じアゾ染料で、下の構造を持ち、中和滴定の指示薬にも用いられる化合物の名称を記しなさい。

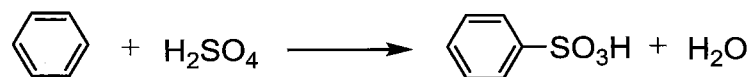
構造式



問 2 次の例にならって，下の（１）～（５）の反応を化学反応式で記し，生成する化合物の名称を記しなさい。

例）ベンゼンに濃硫酸を加えて温めた。

（化学反応式）



（生成物） ベンゼンスルホン酸，水

- （１） アニリンと無水酢酸を反応させた。
- （２） 光を照射しながらベンゼンに塩素を反応させた。
- （３） フェノールに無水酢酸を加えた。
- （４） エチレンと臭素を反応させた。
- （５） エタノールに濃硫酸を加えて $130\sim 140^{\circ}\text{C}$ で加熱した。

問 3 次の文章を読み、下の (1) ～ (3) の問いに答えなさい。

乳酸の中心にある炭素原子は、結合している 4 個の原子や原子団がすべて異なっており、このような炭素原子は、アと呼ばれる。アが存在すると、それに結合した 4 個の原子や原子団の空間的配置が異なる二つの異性体が存在し、これらの異性体はイと呼ばれる。乳酸の_(a)ヒドロキシ基をアミノ基に置き換えた分子は、乳酸と同じようにアをもち、タンパク質の構成成分である。ポリ乳酸はヒドロキシ基とウ基とのエ結合により乳酸分子が重合したもので、得られた合成樹脂は土中の微生物によって分解されるのでオと呼ばれる。

(1) 文章中の空欄ア～オそれぞれに当てはまる適切な語句を記しなさい。

(2) 下線部(a)の化合物の構造式と名称を記しなさい。

(3) ポリ乳酸の構造式を記しなさい。