

化学

●工学部（電子情報工学科／電気工学科）
●情報工学部（情報工学科／情報通信工学科／
システムマネジメント学科）

（3教科型・2月9日実施分）

（解答：69ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

1 以下の各問いに答えよ。

問1. 分子の極性に関する以下の文章を読み、～に下の語群より適切なものを選び、記号で答えよ。

原子が共有電子対を引き寄せる強さを数値で示したものをという。一般には貴ガス（希ガス）を除き、周期表上で側にある元素ほど大きくなる。異なる原子間で共有結合ができるときに、の差が大きいかたよりがのかたよりがなる。このように、共有結合している原子間にのかたよりがあるとき、結合に極性があるという。

二酸化炭素分子は、2つのC=O結合にそれぞれ極性があり、分子の形状が形であるため、分子全体では極性は、分子となる。水分子は、2つのO-H結合にそれぞれ極性があり、分子の形状が形であるため、分子全体では極性は、分子となる。

語群：

- ア) 直線 イ) 三角錐 ウ) 折れ線 エ) 正四面
オ) 左上 カ) 左下 キ) 右上 ク) 右下
ケ) 電気素量 コ) 陽子 サ) 電荷 シ) 中性子
ス) 原子 セ) 電気陰性度 ソ) 電子親和力
タ) イオン化エネルギー チ) 互いに打ち消し合って
ツ) 互いに打ち消し合わず テ) 大きく ト) 小さく
ナ) 等しく ニ) 極性 ヌ) 無極性

問2. 結晶の一般的な性質をまとめた下表について、以下の問いに答えよ。

結晶の種類	金属結晶	イオン結晶	分子結晶	共有結合の結晶
一般的な性質	①	②	③	④
物質例	⑤	⑥	⑦	⑧

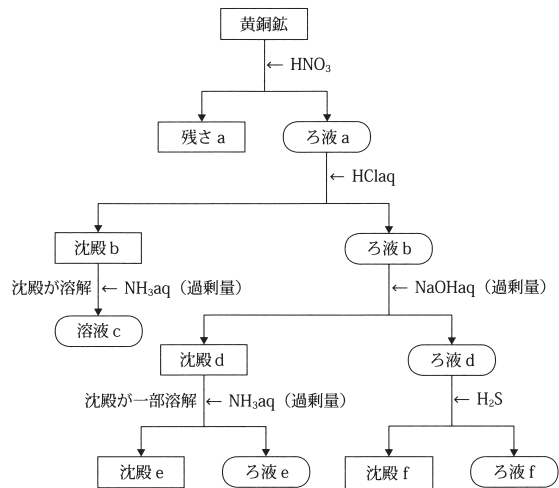
(1) 表中の①～④に当てはまる結晶の一般的な性質を下から選び、記号で答えよ。

- ア) 軟らかくて、固体では電気を通すが、液体にすると電気を通さない
イ) 軟らかく、昇華しやすいものが多い
ウ) 展性・延性に富み、電気伝導性が大きい
エ) 非常に硬く、融点も非常に高い
オ) 硬くてもろく、固体では電気を通さないが、液体にすると電気を通す

(2) 表中の⑤～⑧に当てはまる結晶の物質例を下から選び、記号で答えよ。

- ア) ダイヤモンド
イ) アルミニウム
ウ) ドライアイス
エ) 塩化ナトリウム

- 2 黄銅鉱の主成分は CuFeS_2 であるが、他にさまざまな不純物が含まれている。不純物として金、銀、亜鉛のみを含む黄銅鉱の鉱石を砕き、ビーカーに入れて硝酸を加えたところ、1日後にはほとんど溶解していたので、続いて下図に示す操作を行った。次の各問いに答えよ。



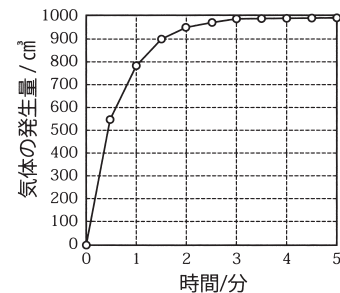
・色の選択肢

- ア) 白色 イ) 黄色 ウ) 緑色 エ) 深青色
オ) 赤褐色 カ) 紫色 キ) 黒色 ク) 無色

- 問1. ろ紙上に残った少量の粉末(残さ a)には、微量の金属光沢のある粒子が観察された。この粒子は何か、元素記号で答えよ。
- 問2. 沈殿 b, 沈殿 e, 沈殿 f, それぞれの沈殿の色を選択肢から選び、記号で答えよ。また、それぞれの沈殿の化学式を答えよ。
- 問3. 溶液 c, ろ液 d, ろ液 e, それぞれの溶液の色を選択肢から選び、記号で答えよ。また、それぞれの溶液に含まれる錯イオンの化学式を答えよ。

- 3 大気圧 $9.8 \times 10^4 \text{ Pa}$, 気温 15°C で行った以下の実験についての各問いに答えよ。気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

過酸化水素水に酸化マンガン(IV)粉末を加えて放置すると、過酸化水素が分解し、泡が生じた。経過時間と、発生した気体の体積の関係は下図のようになり、開始から1.5分後に生成した気体の体積は(①) cm^3 であるので、その物質量は(②) mol である。したがって、0~1.5分の間に気体が生成する平均の速さは(③) mol/分と求められる。一方、このときまでに分解した過酸化水素の物質量は(④) mol であり、過酸化水素の分解速度は(⑤) mol/分と求められる。さらにその後の反応速度を算出すると、反応が進むほど反応速度が 。これは、この反応の反応速度が、残存している過酸化水素の濃度に比例しているためである。反応速度はこれ以外にも様々な条件によって変化する。例えば、反応温度を上昇させると、反応速度は 。触媒の量を減らせば反応速度は 。



- 問1. 下線部の反応を表す化学反応式を答えよ。
- 問2. 空欄(①)~(⑤)に適切な数字を答えよ。有効数字は2桁とする。
- 問3. 空欄 ~ に当てはまる語句は、ア) 大きくなる, イ) 小さくなる, のどちらか, 記号で答えよ。

4

問1. 以下の文を読み、問いに答えよ。

塩素を臭化物イオンの水溶液に通じると、^(A) 無色の水溶液が黄色～赤褐色になる。また、臭素をヨウ化物イオンの水溶液に加えると、^(B) 無色の水溶液が褐色になる。一方、ヨウ素を臭化物イオンの水溶液に加えても、また、臭素を塩化物イオンの水溶液に加えても、何の変化も見られない。

(1) 下線 A, B の現象で起こっている反応を反応式で表せ。

(2) 酸化剤の強さの順序が正しいものを記号で答えよ。

ア) 臭素>ヨウ素>塩素 イ) ヨウ素>臭素>塩素 ウ) 塩素>ヨウ素>臭素

エ) 塩素>臭素>ヨウ素 オ) ヨウ素>塩素>臭素 カ) 臭素>塩素>ヨウ素

(3) 還元剤の強さの順序が正しいものを記号で答えよ。

ア) 臭化物イオン>ヨウ化物イオン>塩化物イオン

イ) ヨウ化物イオン>臭化物イオン>塩化物イオン

ウ) 塩化物イオン>ヨウ化物イオン>臭化物イオン

エ) 塩化物イオン>臭化物イオン>ヨウ化物イオン

オ) ヨウ化物イオン>塩化物イオン>臭化物イオン

カ) 臭化物イオン>塩化物イオン>ヨウ化物イオン

問2 次ページの図は塩化ナトリウム水溶液を電気分解する装置である。容器は陽イオン交換膜で仕切られている。両側に炭素電極を設置し、それぞれ電源の正極と負極につなげた。下記の問いに答えよ。

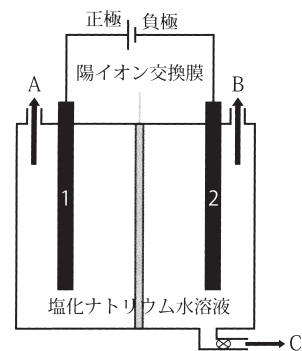
(1) 電極1と2から発生する気体をそれぞれAとBとする。また、電極2側の水溶液を濃縮すると塩化ナトリウムの他にCが得られる。A, B, 及びCの化学式をそれぞれ書け。

(2) 電極1と2で起こる反応をそれぞれ電子を含むイオン反応式で記せ。

(3) 塩化ナトリウム水溶液の代わりに、硫酸銅(II)水溶液を容器に入れ電気分解する。

ア) 銅が析出する電極は電極1と電極2のいずれであるかを答えよ。

イ) 電気分解過程で流れている電流値は常に38.6 Aと仮定し、1000秒後に析出する銅の質量を答えよ。ただし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ で、Cuの原子量は63.6とし、計算結果を有効数字3桁で表せ。



5 有機物に関する次の各問いに答えよ。ただし、炭素、水素、酸素、カリウムの原子量はそれぞれ12.0, 1.00, 16.0, 39.0とする。

2個のカルボキシ基から、縮合反応で1分子の水が取れると、 と呼ばれる構造ができる。1個のカルボキシ基をもつ2分子のカルボン酸から (A) 分子間で脱水する場合と、ジカルボン酸の2つのカルボキシ基が (B) 分子内で脱水する場合がある。同じ組成式をもつジカルボン酸であるマレイン酸とフマル酸のうち、 体である は、分子内で脱水する。カルボキシ基とヒドロキシ基の縮合反応で1分子の水が取れると、 結合が形成される。油脂は、1分子内に 個のヒドロキシ基をもつ と、 個の が 結合してできた化合物である。カルボキシ基とアミノ基の縮合反応で1分子の水が取れると、 結合が形成される。2個のヒドロキシ基の縮合反応で、1分子の水が取れると、 結合が形成される。

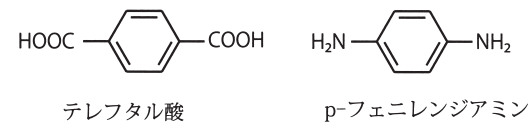
問1. ~ に、もっとも適切な語句あるいは数字を、次の選択肢から選び、記号で答えよ。

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ア) ニトロ | イ) エステル | ウ) アミド | エ) エーテル |
| オ) 酸無水物 | カ) シス | キ) トランス | ク) マレイン酸 |
| ケ) フマル酸 | コ) フェノール | サ) グリセリン | シ) グリコール |
| ス) グルコース | セ) 脂肪酸 | ソ) 脂質 | タ) タンパク質 |
| チ) 1 | ツ) 2 | テ) 3 | ト) 4 |

問2. 下線(A)の例として酢酸 CH_3COOH の脱水反応と、下線(B)の例としてフタル酸の脱水反応の反応式をそれぞれ記せ。なお、化学式は問4にならって構造がわかるように答えよ。

問3. 100 g の油脂を加水分解するときに必要な水酸化カリウムは21.0 g であった。また、この油脂に結合している脂肪酸はすべて同じ構造をしていた。この油脂と脂肪酸の分子量を整数値で答えよ。

問4. テレフタル酸とp-フェニレンジアミンが縮合重合してできる 結合をもつ高分子化合物の構造式を答えよ。



化学

- 工学部（生命環境化学科／知能機械工学科）
- 情報工学部（情報システム工学科）

（3教科型・2月10日実施分）

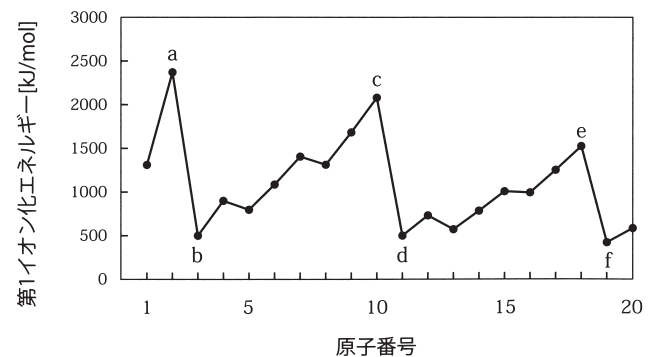
（解答：70ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

1 以下の各問いに答えよ。

問1. 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

原子から ① を1個取り去り、1価の陽イオンにするために必要なエネルギーを第1イオン化エネルギーという。第1イオン化エネルギーが ② 原子ほど陽イオンになりやすい。下図は、各原子の第1イオン化エネルギーの値を原子番号順に表したものである。図中のb, d, fは ③ の原子であり、1価の陽イオンになりやすい。また、a, c, eは ④ の原子であり、陽イオンになりにくい。原子が ① を1個受け取るときに放出されるエネルギーを ⑤ という。⑤ が ⑥ 原子ほど、陰イオンになりやすい。図の中で最も1価の陽イオンになりやすい原子は A であり、最も陽イオンになりにくい原子は B である。図中のdの原子であるNaは、1個の電子を失うと、C と同じ電子配置のNa⁺となる。D は1個の電子を受け取ると、図中のeの原子である E と同じ電子配置の F となる。



(1) ① ~ ⑥ に以下の語群より適切なものを選び、記号で答えよ。

語群

- ア) アルカリ金属 イ) アルカリ土類金属 ウ) ハロゲン
エ) 貴ガス（希ガス） オ) 遷移元素 カ) 典型元素 キ) 陽子
ク) 電子 ケ) 中性子 コ) 結合エネルギー
サ) 電子親和力 シ) 電気陰性度 ス) イオン化傾向
セ) 小さい ソ) 大きい タ) 等しい

(2) A ~ F にあてはまる元素記号またはイオン式を答えよ。

問2. 次の分子やイオンには、共有電子対と非共有電子対がそれぞれ何組あるかを答えよ。また、構造式を表せ。

- (1) CO₂ (2) NH₄⁺

2

資源が少ない日本において自給自足できる資源として、石灰石がある。また、日本を取り囲む海水も貴重な資源である。これらの資源からは、化学工業の重要な原料である様々な無機物質が製造されている。このことに関する次の文章1)～5)を読み、以下の各問いに答えよ。

- 1) 石灰石の主成分は化学式 $\boxed{\text{①}}$ で表される。石灰石の熱分解反応によって生成する $\boxed{\text{②}}$ は生石灰とも呼ばれ、製鉄やセメント製造に無くしてはならない。 $\boxed{\text{②}}$ と水を反応させると、消石灰と呼ばれる $\boxed{\text{③}}$ が生成する。
- 2) 飽和食塩水濃度まで海水を濃縮した水溶液に NH_3 を十分に溶かし、二酸化炭素 CO_2 を通じると、 $\boxed{\text{④}}$ が沈殿する。 $\boxed{\text{④}}$ を熱分解すると、 $\boxed{\text{⑤}}$ が得られる。
- 3) 1) の反応で得られた $\boxed{\text{③}}$ と、2) の反応過程で生成する $\boxed{\text{⑥}}$ を反応させることにより、2) の反応に用いる NH_3 を回収することができる。
- 4) 海水を濃縮し食塩を結晶化させた後に残った水溶液を「にがり」と呼び、主成分は塩化マグネシウム MgCl_2 である。1) の反応で得られた $\boxed{\text{③}}$ の飽和水溶液を「にがり」に加えると、溶解度の低い $\boxed{\text{⑦}}$ が沈殿してくる。
- 5) イオン交換膜法を用いて食塩水を電気分解すると、陽極からは $\boxed{\text{⑧}}$ ガスが、陰極からは $\boxed{\text{⑨}}$ ガスが発生する。さらに、陰極の水溶液を濃縮することにより、重要な工業原料である $\boxed{\text{⑩}}$ が得られる。

問1. $\boxed{\text{①}}$ ～ $\boxed{\text{⑩}}$ に適切な化学式を下記の選択肢から選び、記号で答えよ。

- ア) NaCl イ) NaOH ウ) Na_2CO_3 エ) NaHCO_3 オ) NaBr
 カ) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ キ) MgO ク) MgSO_4 ケ) MgCO_3 コ) MgBr_2
 サ) CaO シ) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ス) CaCO_3 セ) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ソ) CaCl_2
 タ) NH_4Cl チ) H_2 ツ) N_2 テ) O_2 ト) Cl_2

問2. 2) の前半に記述されている $\boxed{\text{④}}$ が沈殿する反応の反応式を書け。

問3. 2) に記述されている $\boxed{\text{⑤}}$ の工業的製法を何と呼ぶか。

問4. 3) に記述されている反応の反応式を書け。

問5. 4) に記述されている「にがり」には、臭化物イオンも濃縮されている。5) で生成する $\boxed{\text{⑧}}$ ガスを「にがり」に通じると、 Br_2 が得られる。この反応式を書け。

3 硫酸に関する以下の問いに答えよ。ただし、H、S、Oの原子量はそれぞれ1.0、32.1、16.0とする。計算は有効数字3桁で行うこと。

(A) 硫酸(液)は三酸化硫黄(気)と水(液)を反応させることによって製造され、化学工業でも実験室でもよく使われる。濃硫酸*を水に溶解し希硫酸を調製する際には、慎重に作業を行わなければ危険である。例えば、196.2 gの濃硫酸を200 gの水に溶解して、希硫酸を調製する手順を考える。硫酸の溶解熱は95.3 kJ/molと非常に大きく、この操作を行う際の発熱量は(①) kJとなる。この熱はこの液体の温度を大きく上昇させるため、濃硫酸を水に一気に加えると溶液が沸騰して硫酸が飛び散り大変危険であり、冷却しながら少しずつ加えなければならない。一方、希硫酸を廃棄する場合、そのまま実験室の流し台に流したりすると下水管を腐食させる恐れなどがあるので、中和を行う必要がある。中和熱は56.5 kJ/molであるから、(B) 6 mol/Lの希硫酸10 Lに水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和した場合、(②) kJの熱が発生する。この熱量も溶液の温度を大きく上昇させる熱量に相当するので、中和もゆっくり慎重に行わなければならない。

*濃硫酸とは一般に濃度90%以上の硫酸のことをさすが、ここでは濃度100%の硫酸と仮定する。

問1. 下線部(A)、(B)の反応式を書け。

問2. 下線部(A)の反応では、熱が発生するか吸収されるか、答えよ。またその際、発生または吸収される熱量(硫酸1モルあたり)を求めよ。ただし、三酸化硫黄(気)、水(液)、硫酸(液)の生成熱はそれぞれ396、286、811 kJ/molとする。

問3. 空欄①、②に当てはまる数字を答えよ。

4 問1. 下記の酸塩基反応に関する文を読み、①～⑩に適切な語句あるいは数字をア)～ニ)から選び、記号で答えよ。

酸は水溶液中で [①] し、オキソニウムイオン H_3O^+ を生成する。一般にオキソニウムイオンは簡略化して H^+ で示す。酸の化学式中の H^+ になることができる [②] の数を酸の価数という。 H_2SO_4 と CH_3COOH はそれぞれ [③] 価と [④] 価の酸である。また、酸は強酸と弱酸に分けられ、前者は水溶液中ではほぼ完全に [①] し、その [⑤] は1とみなされる。一方、弱酸は水溶液中わずかしか [①] しないので、[⑤] は1よりずっと小さい。また、弱酸の [⑤] はその [⑥] と関係し、[⑥] が小さいほど [⑤] は [⑦] 。

強酸と水酸化ナトリウムとの中和反応により生成した塩の水溶液は [⑧] であるが、弱酸と水酸化ナトリウムとの中和反応により生成した塩の水溶液は [⑨] を示す。一方、強酸とアンモニア水との中和反応により生成した塩の水溶液は [⑩] であるが、弱酸とアンモニア水との中和反応により生成した塩の水溶液は [⑧] に近い。

- ア) 弱塩基性 イ) 強塩基性 ウ) 塩 エ) H^+ オ) OH^-
カ) H キ) O ク) 1 ケ) 2 コ) 3
サ) 4 シ) 5 ス) 電離度 セ) 電気分解 ソ) 中性
タ) 弱酸性 チ) 強酸性 ツ) 電離 テ) 大きい ト) 小さい
ナ) 濃度 ニ) 強度

問2. 0.100 mol/Lの希塩酸20.0 mLにある量のアンモニアを吸収させた。指示薬にメチルオレンジを用いて、未反応の塩酸を0.0500 mol/L水酸化バリウム水溶液で中和滴定した。結果として、12.6 mLの水酸化バリウム水溶液を加えたところ、溶液は赤色から黄色に変化した。計算結果は有効数字3桁で表せ。

- (1) 希塩酸でアンモニアを吸収する反応の反応式を書け。
(2) 塩酸と水酸化バリウムとの中和反応式を書け。
(3) 吸収させたアンモニアは何モルかを求めよ。

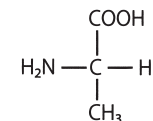
5 有機化合物に関する次の各問いに答えよ。ただし、炭素、水素、窒素、酸素の原子量はそれぞれ12, 1.0, 14, 16とする。

炭素原子を骨格とした化合物を、有機化合物という。有機化合物中に同じ構造の原子団が含まれると、よく似た性質を示すことが知られている。例えば、①基をもつ化合物は、酸としての性質を示し、②と呼ばれる。また、③基をもつ化合物は、塩基としての性質を示し、④と呼ばれる。1つの分子内に、①基と③基の両方をもつ化合物はアミノ酸と呼ばれる。結晶中ではアミノ酸は、①基と③基のほとんどが電離した⑤イオンとなっている。2分子のアミノ酸のうち片方の分子の①基と、もう一方の分子の③基の間で⑥反応が起こる。さらに、多数のアミノ酸の⑥反応により得られる高分子化合物であるタンパク質が生体中には存在し、生命活動を維持するための重要な働きを担っている。タンパク質を構成しているアミノ酸のうち、グリシンを除いてすべてに⑦があり、⑧異性体が存在する。また、タンパク質を構成するアミノ酸の側鎖には、アルキル基、ヒドロキシ基、チオール基などさまざまな官能基をもつ。しかし、側鎖にチオエーテル結合を含むものはあるが、エーテル結合をもつものはない。

問1. 上記の文章中の①～⑧に、もっとも適切な語句を、下の選択肢から選び、記号で答えよ。

- | | | | |
|----------|----------|----------|-----------------|
| ア) ヒドロキシ | イ) カルボキシ | ウ) アミノ | エ) アルキル |
| オ) ニトロ | カ) スルホ | キ) フェノール | ク) アルコール |
| ケ) アルデヒド | コ) カルボン酸 | サ) スルホン酸 | シ) アミン |
| ス) エーテル | セ) 陽 | ソ) 陰 | タ) 双性 |
| チ) 縮合 | ツ) 付加 | テ) 不斉炭素 | ト) α -炭素 |
| ナ) 幾何 | ニ) 構造 | ヌ) 鏡像 | |

問2. 次に示した構造のアミノ酸2分子からジペプチドが生成する反応の化学反応式を答えよ。また、このアミノ酸をpHが2.0と10.0の緩衝液に溶解した時にもっとも多く存在する構造を、それぞれ電荷がわかるように記せ。但し、このアミノ酸の等電点は6.0である。また、化学式は次に示した形式にならって答えよ。



問3. 元素分析計でその有機化合物を構成する各元素の質量を求め、それぞれのモル質量で割ることで各構成元素の物質量が求められる。これらの物質量の比を簡単な整数比で表したものが有機化合物の組成式である。タンパク質を構成しているあるアミノ酸52.5 mgを元素分析計にかけたところ、炭素、水素、窒素、酸素の質量がそれぞれ18.0 mg, 3.5 mg, 7.0 mg, 24.0 mgであった。このアミノ酸の組成式を答えよ。さらに、このアミノ酸1分子中には①基と③基がともに1個だけ含まれることがわかっている。このアミノ酸の構造式を問2に示した形式にならって答えよ。

問4. 水に溶解したタンパク質は、コロイドになるので、浸透現象が起こり、浸透圧から分子量を求めることができる。濃度が 1.0×10^{-5} mol/Lとわかっているあるタンパク質の溶液と、分子量が未知のタンパク質を25 mgはかりとり水に溶かして100 mLにした溶液を、同じ温度で浸透圧を測定したところ等しくなった。この分子量が未知のタンパク質の分子量を有効数字2桁で求めよ。