

平成 31 年度 入 試
個別学力試験問題(前期日程)

化 学

学部・学科	問 題
総合理工学部(物質化学科)	1, 2, 3, 4
総合理工学部(物質化学科を除く) 生物資源科学部	1 問 1 ~ 4, 2 問 1 ~ 4, 3 問 1 ~ 3, 5

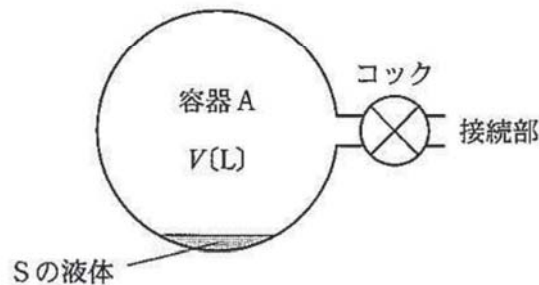
注 意

1. 志望学部・学科により、問題、解答用紙が異なるので、解答前に確認してください。
2. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
3. 問題紙は 12 ページです。
4. 解答用紙は 4 枚です。指示があつてから確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
5. 総合理工学部物質化学科受験生は 1, 2, 3, 4 の問題を、総合理工学部(物質化学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は 1 問 1 ~ 4, 2 問 1 ~ 4, 3 問 1 ~ 3, 5 の問題を解答してください。
6. 答えはすべて解答用紙の所定の欄に記入してください。
7. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
8. 試験終了後、問題紙は持ち帰ってください。

1 次の文を読み、問いに答えよ。

【共通問題】 問1～4は、すべての受験生が解答すること。

下図のように、内部を真空にした容積 V [L] のコック付き容器 A に、分子量が M である揮発性の物質 S の液体を少量入れ、コックを閉じた。温度を T (K) に保ちながら放置すると、液体の量は、初めは減少したが、しばらくすると減少しなくなり、容器内の気体の圧力は P_1 (Pa) で一定になった。 この状態の容器 A を用いて、以下の実験 1～3 を、温度 T (K) でそれぞれ行った。ただし、気体は全て理想気体とみなし、コックや接続部の容積、および液体の体積は無視できるものとする。必要であれば、気体定数を R (Pa·L/(K·mol)) で表せ。



実験 1 : 容器 A の接続部に、内部を真空にした容積 $4V$ [L] の容器 B をつないだ。コックを開きしばらく置くと、S の一部は液体のまま、容器内の気体の圧力は P_2 (Pa) で一定になった。

実験 2 : 容器 A の接続部に、圧力 2.0×10^5 Pa の空気が入った容積 V [L] の容器 C をつないだ。コックを開きしばらく置くと、S の一部は液体のまま、容器内の混合気体の全圧は P_3 (Pa) で一定になった。

実験 3 : 容器 A の接続部に、内部を真空にした容積 $9V$ [L] の容器 D をつないだ。コックを開き、気体の圧力が一定になるまで置き、残った液体の量を観察した。この操作を、最初に容器 A に入れる S の量を少しずつ減らしながら繰り返したところ、S の質量が m (g) になったとき、S は全て気体となり、液体はなくなった。

問 1 以下の文は下線部について述べたものである。 ~ に
適当な語句を入れよ。

液体の量が減少しなくなったのは、単位時間に する S の分子
の数と する S の分子の数が等しくなるため、見かけ上、
 が停止したように見える状態になったからである。このような状
態を といい、このときの気体の圧力を という。また、
 は S の液体に不揮発性の物質を溶かすと変化する。この現象は
 と呼ばれている。

問 2 実験 1 について、 P_2 と P_1 との大小関係を、次の(ア)~(ウ)から選び、記号で
答えよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

(ア) $P_2 < P_1$ (イ) $P_2 = P_1$ (ウ) $P_2 > P_1$

問 3 実験 2 について、 P_1 を用いて P_3 を表せ。また、答えを導いた過程も示
せ。ただし、S は空気と反応しないものとする。また、液体への空気の溶解
は無視できるものとする。

問 4 実験 3 について、 m を求めよ。また、答えを導いた過程も示せ。

【選択問題】 問 5 は、総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 5 実験 3 で行った観察を、S に少量の不揮発性物質を溶かして行ったとこ
ろ、容器 A に入れた S の質量が x [g] のときに、S は全て気体となった。
 x と問 4 で求めた m との大小関係を、次の(ア)~(ウ)から選び、記号で答え
よ。また、そのように考えた理由を説明せよ。ただし、この不揮発性物質は
S と反応せず、その体積は無視できるものとする。

(ア) $x < m$ (イ) $x = m$ (ウ) $x > m$

2 次の文を読み、問いに答えよ。

【共通問題】 問1～4は、すべての受験生が解答すること。

島根県東部に位置する宍道湖^{しんじ}は、淡水と海水が入り混じる汽水湖^{きすい}であり、日本有数のヤマトシジミの産地として知られている。その宍道湖の湖水(pH = 7～8)中に含まれる塩化物イオン濃度を、次の実験操作(モール法)により定量した。ただし、湖水中に含まれる物質として、塩化ナトリウム以外は無視できるものとする。

実験操作Ⅰ：硝酸銀水溶液の調製

硝酸銀(式量 170)1.3600 gをはかり取り、純水に溶かして正確に 200 mL とした。

実験操作Ⅱ：ビュレットの準備

硝酸銀水溶液をビュレットに入れ、コック(活栓)を開き、コック付近の気泡をすべて除いた。

実験操作Ⅲ：滴定

宍道湖の湖水 10.00 mL をコニカルピーカーにとり、指示薬としてクロム酸カリウム水溶液を適量加えた。そこに硝酸銀水溶液をビュレットから滴下すると、沈殿 A が生じた。さらに硝酸銀水溶液を滴下していくと沈殿 B が生じ、よく振り混ぜても沈殿 B の色が消えなくなったところを終点とした。なお、滴下前および滴下後のビュレットの液面は、右上図のようになった。

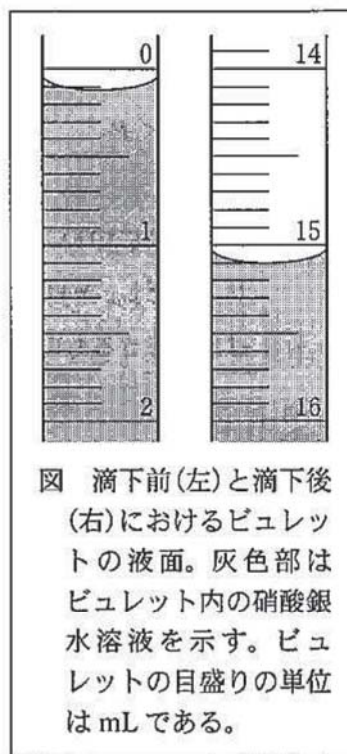


図 滴下前(左)と滴下後(右)におけるビュレットの液面。灰色部はビュレット内の硝酸銀水溶液を示す。ビュレットの目盛りの単位は mL である。

問 1 実験操作 I で調製した硝酸銀水溶液のモル濃度を、有効数字 3 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 2 沈殿 A と沈殿 B が生じた反応を、それぞれイオン反応式で示せ。また、沈殿 A と沈殿 B の色を次の(1)~(7)から選び、それぞれ番号で答えよ。

- (1) 白 色 (2) 黒 色 (3) 青白色 (4) 赤褐色
(5) 血赤色 (6) 黄 色 (7) 紫 色

問 3 滴下前と滴下後のビュレットの液面の目盛りを図から正しく読み取り、その値をそれぞれ答えよ。

問 4 湖水中の塩化ナトリウムの質量パーセント濃度を、有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、湖水の密度は 1.0 g/mL とし、塩化ナトリウムの式量を 58.5 とする。

【選択問題】 問 5, 6 は、総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 5 モール法では、試料水の pH は 6 ~ 10 の間になければならない。

- (1) pH が 6 より小さい場合に生じる実験上の問題点を、クロム酸カリウム水溶液の性質をふまえ、説明せよ。
(2) pH が 10 より大きい場合に生じる実験上の問題点を、硝酸銀水溶液の性質をふまえ、説明せよ。

問 6 下線部の操作は、滴定前に必ず行わなければならない。気泡が残ったまま滴定を行った場合、滴下量に対してどのような影響を及ぼす可能性があるか、説明せよ。

- 3 次の I, II の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として $O = 16$, $S = 32$, $Fe = 56$, $Cu = 63$ を、アボガドロ定数として $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ を用いよ。また、 20°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ における理想気体 1 mol の体積を 24 L とせよ。

【共通問題】 問 1 ~ 3 は、すべての受験生が解答すること。

I 鉄は鉄鉱石などを原料に、溶鉱炉を用いて製造される。溶鉱炉は高炉ともいわれ、大きなものでは高さ 100 m 以上に及ぶ円すい状の装置である。高炉頂部からは鉄鉱石 (Fe_2O_3 とする) とコークス (C)、石灰石 (炭酸カルシウム) を入れ、下部からは数十個の羽口を通して熱風炉からの熱い空気を吹き込む。

高炉の下部では、コークスが燃えて $1500 \sim 2000^\circ\text{C}$ となる。炭素が燃えた時の最終生成物は、通常は二酸化炭素であるが、この高い温度では二酸化炭素がコークスと反応して一酸化炭素になると考えられる。その後、一酸化炭素は高炉上部へ昇るにつれて徐々に温度が低下する。

上部より降りてくる鉄鉱石は、上昇してくる一酸化炭素で還元されて鉄となるが、一部はコークスで直接還元され、一酸化炭素を生じると考えられる。こうして得られる銑鉄は、比重が大きいのでさらに高炉の下へ流れ落ちる。一方、石灰石は、高炉内を降りてくる過程で分解して酸化カルシウムと二酸化炭素を生じる。さらに酸化カルシウムは、鉄鉱石に含まれる不純物の二酸化ケイ素と化合して、ケイ酸カルシウムとなり、スラグとして流れ落ちる。

出 銑口から取り出した銑鉄は 4% 程度の炭素を含んでいるため、転炉において炭素量を調節し、鋼とする。一方、高炉の上部からは、高炉ガスとよばれる窒素、一酸化炭素、二酸化炭素などの混合ガスが排出される。高炉ガスは現在、燃料として利用されているが、一酸化炭素と水を反応させると二酸化炭素と水素が生じることが知られており、さらに一酸化炭素と水素から有用な化合物を合成する反応と組み合わせて、高炉ガスを化学的に有効利用する研究も行われている。

銅の製造にも溶鉱炉を用いる。溶鉱炉に黄銅鉱 (CuFeS_2 とする)、コーク

ス、ケイ砂(SiO_2)などを投入して空気を吹き込みながら加熱すると、黄銅鉱とケイ砂と酸素から、^(a)鍍といわれる硫化銅(I) (Cu_2S)、^(b)鍍といわれるケイ酸鉄(FeSiO_3)、^(c)二酸化硫黄が得られる。硫化銅(I)は、転炉で酸素を吹き込んで銅(純度 99 % 程度の粗銅)と^(d)二酸化硫黄とする。純度をさらに上げるために、硫酸銅(II)水溶液中における^(e)電解精錬によって、純度 99.99 % 以上の純銅を製造する。粗銅に微量含まれる金や銀などは、陽極で酸化されずに陽極泥^(f)として取り出される。

問 1 下線部(a)~(e), (g), (h)の化学反応式を書け。ただし、(h)の反応では、電子を e^- として陽極で進行する反応を記せ。

問 2 下線部(i)の理由を説明せよ。

問 3 黄銅鉱結晶の単位格子には、 CuFeS_2 が 4 つ分含まれている。単位格子が直方体で、各辺が $5.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$, $5.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$, $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm}$ であるとき、黄銅鉱の密度(g/cm^3)を小数第 1 位まで求めよ。また、その計算の過程も示せ。

【選択問題】 問 4～6 は，総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

II 実験室で下線部(f)の反応を行った。この反応で発生する二酸化硫黄は空気より重く，水によく溶けることが知られている。気相の二酸化硫黄の圧力が 1.0×10^5 Pa であるときの，温度と水 100 g に溶ける二酸化硫黄の質量との関係を次の図に示す。

今，真空にした空の密閉容器にある量の水を入れた。そこに，下線部(f)の反応により黄銅鉱 183 g が全て反応して発生した二酸化硫黄を入れ， 20°C に保ったところ，気相の圧力が 1.0×10^5 Pa，気相部分の体積が 2.40×10^2 mL となった。

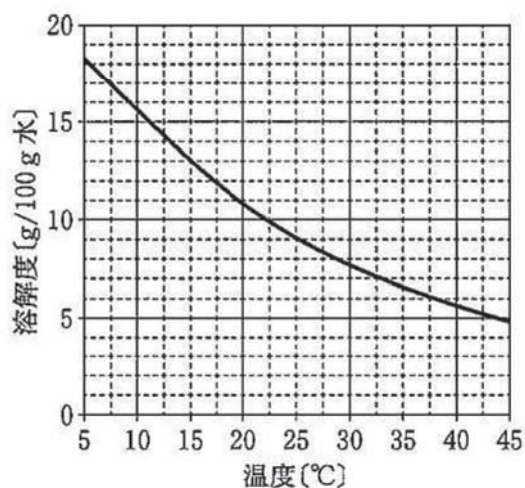


図 二酸化硫黄の溶解度

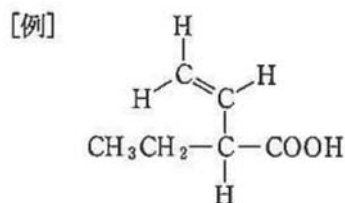
問 4 下線部(f)の化学反応式を書け。

問 5 この反応で発生した二酸化硫黄のうち、水に溶けている部分の質量(g)を、小数第1位まで求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、この温度において、気体の二酸化硫黄は理想気体として振る舞い、気相部分には二酸化硫黄のみがあるものとする。

問 6 この容器に入れた水の質量(g)を整数で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

【選択問題】 この問題は、総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

4 次の文を読み、問いに答えよ。構造式は下の例にならって書け。



分子式が $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ で表される 4 種類の化合物 A, B, C, D がある。

化合物 A, B, C, D にナトリウムを加えると、化合物 A, B, C は反応して水素を発生したが、化合物 D は反応しなかった。

化合物 A には、鏡像異性体が存在する。

化合物 A, B, C, D に適当な酸化剤を加えると、化合物 A からは化合物 E が生成し、化合物 B は酸化されにくく、化合物 C からは化合物 F が生成し、化合物 D は反応しなかった。

化合物 F にフェーリング液を加え、その溶液を加熱すると赤色沈殿を生じた。この反応が起こるのは、化合物 F が 性をもつため^(a)で、このとき、化合物 F は される。

加熱した濃硫酸に化合物 B または C を加えると、いずれも同一の化合物 G を生成した。

化合物 D は、130~140 °C に加熱した濃硫酸にエタノールを加えることで生成した。^(b)

問 1 と に適当な語句を入れよ。

問 2 化合物 A, B, C, E, F の構造式を書け。

問 3 化合物 A, B, C の沸点は、化合物 D に比べて高い。この理由を説明せよ。

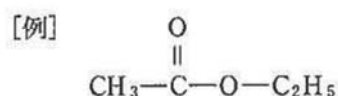
問 4 下線部(a)の化合物の名称を書け。

問 5 化合物 G に臭素を反応させたときの、生成物の構造式を書け。

問 6 下線部(b)の反応を、化学反応式で書け。ただし、有機化合物は構造式で示すこと。

【選択問題】 この問題は、総合理工学部(物質化学科を除く)と生物資源科学部の受験生が解答すること。

- 5 次の I, II の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$ を用いよ。有効数字は 3 桁で答えよ。また、構造式は下の例にならって書け。



I 油脂は、グリセリンと高級脂肪酸とが縮合したエステルであり、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、けん化されて、グリセリンと高級脂肪酸のナトリウム塩(セッケン)を生じる。油脂は、動物体内や植物種子などに広く分布する。アマニ油やオリーブ油のように、常温で液体のものは とよばれ、構成脂肪酸として不飽和脂肪酸を多く含む。

セッケンを一定濃度以上で水に溶かすと、 性の部分を内側に向け、 性の部分を外側に向けて集まり、 とよばれるコロイド粒子ができる。セッケンのように 基と 基を合わせもち、水の表面張力を著しく低下させる物質を といい、洗剤として用いられている。

II 純粋な油脂 A 17.08 g を完全にけん化するには、2.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 30.0 mL 必要であった。そのうち、その溶液を にしたところ、グリセリン、飽和脂肪酸 B、不飽和脂肪酸 C が 1 : 1 : 2 の物質質量比で得られた。B と C は炭化水素基からなる高級脂肪酸であった。B の元素分析の結果、成分元素の質量百分率は、炭素 75.0 %、水素 12.5 %、酸素 12.5 % であった。一方、C は、二つの $C = C$ 結合をもち、B よりも炭素数が二つ多かった。A には不斉炭素原子が含まれていなかった。

問 1 ~ に適当な語句を入れよ。

問 2 に入る適当な語句を，酸性，中性，塩基性から一つ選び，答えよ。

問 3 油脂 A の分子量を求めよ。また，その計算の過程も示せ。

問 4 飽和脂肪酸 B の組成式を書け。また，その計算の過程も示せ。

問 5 油脂 A の構造式を書け。また，そのように考えた理由を説明せよ。ただし，脂肪酸の炭化水素基の構造は C_mH_n (m, n は適当な整数) と略記すること。