

化 学 (その1)

必要ならば $H = 1.00$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ の原子量を用いよ。

第1問 次の文章を読み、以下の問い(問1～10)に答えよ。

Ag^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} を含む金属イオンの (ア) の混合物の水溶液を試験管に準備し、以下の実験を順に行った。なお、各実験の沈殿操作での回収効率は高いものとし、沈殿しきらずにろ液中にイオンが残る可能性は考慮しなくてもよい。

実験1 試験管に塩酸を加えて振りまぜ、生じた沈殿をすべて回収し、ろ液を新たな試験管に移した。

実験2 **実験1** のろ液に H_2S を吹き入れ、生じた沈殿をすべて回収し、ろ液を新たな試験管に移した。

実験3 **実験2** のろ液をドラフトチャンバー(排気装置)内で加熱して過剰の H_2S を除き、その溶液に ⁽¹⁾ 希硝酸を加え、酸化還元反応をおこした。この溶液に過剰のアンモニア水を加え、生じた沈殿をすべて回収し、ろ液を新たな試験管に移した。

実験4 **実験3** の沈殿に過剰の $NaOH$ 水溶液を加えて溶かし、溶けずに残った沈殿をすべて回収し、ろ液を新たな試験管に移した。

実験5 **実験4** の沈殿を希硝酸に溶かし、呈色試薬と混和し、呈色反応を行った。

実験6 **実験3** と **実験4** のろ液について、一部を白金線に取り、炎色反応を行った。

問1 (ア) にもっとも適するものは何か。①, ②, ③, …の中から1つ選び、番号で答えよ。

- ① アンモニウム塩 ② 塩酸塩 ③ 硝酸塩 ④ 硫酸塩 ⑤ 炭酸塩

化 学 (その2)

問2 実験1の操作では塩化銀の沈殿ができる。塩化銀の溶解度積 K_{sp} が小さく、水に難溶性であるため、この沈殿化の効率は非常によい。実験を行った温度での塩化銀の K_{sp} の値が $2.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ であるとき、その温度での塩化銀が飽和する水溶液の濃度に一番近いと思われる濃度 $[\text{mol/L}]$ を、①、②、③、・・・の中から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 1.00×10^{-10} ② 1.73×10^{-10} ③ 1.41×10^{-5} ④ 4.47×10^{-4}
 ⑤ 2.36×10^{-4} ⑥ 2.71×10^{-3}

問3 実験1で生じた塩化銀の沈殿を再溶解するために加える液体として適切なものを、①、②、③・・・の中から1つ選び、番号で答えよ。

- ① アンモニア水 ② 炭酸水 ③ 石灰水 ④ 重曹水 ⑤ 臭素水

問4 実験2の反応で黒色沈殿を生じるが、その反応の反応式を書け。なお、金属イオンや水素イオンはイオンの形で書いてよい。

問5 実験2の反応の前後でのSの酸化数を例のように書け。

例： $-1 \rightarrow +2$

問6 実験3の下線部(1)の反応で、沈殿を生じない酸化還元反応がおこる。希硝酸とその金属イオンのイオン反応式を書け。

問7 実験5の金属イオンを検出する呈色試薬としてもっとも適するものを、①、②、③・・・の中から2つ選び、番号で答えよ。

- ① ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液 ② チオシアン酸カリウム水溶液
 ③ 過マンガン酸カリウム水溶液 ④ 二クロム酸カリウム水溶液
 ⑤ ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液

問8 実験6での炎色反応の色を、①、②、③・・・の中から1つ選び、それぞれ番号で答えよ。

- ① 赤 ② 黄 ③ 赤紫 ④ 橙赤 ⑤ 黄緑 ⑥ 青緑 ⑦ 呈色なし

問9 実験4のろ液に含まれる金属イオンは何か。すべてイオン式で答えよ。

問10 排水中の重金属イオンを沈殿として回収することは、環境汚染を防ぐための浄水処理として重要な方法である。鉛イオンが含まれている排水を考えた場合、鉛イオンは実験1～3のどの操作で沈殿として回収されるか。実験番号で答えよ。

化 学 (その3)

第2問 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えよ。

溶液中における反応 $A + B \rightleftharpoons C + D$ について、反応開始前の反応溶液中でのモル濃度が 1.0 mol/L の物質 **A** と濃度未知の物質 **B** を一定温度で反応させた。反応開始前の反応溶液中には物質 **C** と物質 **D** は含まれていなかった。この反応は、物質 **A** の物質量が反応開始前の 20% になったところで平衡状態に達した。ただし、反応による溶液の体積変化はなく、**問4** を除いて物質 **A**～**D** のいずれも反応溶液に溶けた状態であるとする。また、反応溶液中での物質 **A**, **B**, **C**, **D** のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ はそれぞれ $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[D]$ と表し、反応開始前の反応溶液中での物質 **B** のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ は $[B]_0$ と表す。

問1 平衡定数 K の値が 2.0 であったとすると、 $[B]_0$ の値はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

問2 この反応の平衡定数 K の値は、反応温度を下げると大きくなった。平衡定数 K の値が大きくなったことについて、考えられる理由を10字以内で答えよ。

問3 正反応の反応速度 v_1 と逆反応の反応速度 v_2 は、正反応の速度定数を k_1 、逆反応の速度定数を k_2 とすると、次の式で表すことができた。



逆反応の速度定数 k_2 を、 k_1 と K の記号を用いてもっとも簡単な式で表せ。

問4 物質 **C** が沈殿となる場合を考える。この反応では、反応開始前の反応溶液中でのモル濃度が 1.0 mol/L の物質 **A** と濃度未知の物質 **B** を一定温度で反応させると、物質 **A** の物質量が反応開始前の 10% になったところで平衡状態に達するものとする。また、平衡状態に達したときの反応溶液中における物質 **C** の飽和モル濃度は 0.050 mol/L とする。平衡定数 K の値が 1.5 であるとする、 $[B]_0$ の値はいくらか。有効数字2桁で答えよ。ただし、沈殿の生成によって溶液の体積は変化しないものとする。

化 学 (その4)

第3問 以下の問い(問1～3)に答えよ。

問1 原子量 50.9 の元素 M の酸化物がある。この酸化物中の酸素 O の質量[g] の割合は 44.0 %であった。この酸化物の M と O の原子数の割合 (M : O) を、もっとも簡単な整数比で表せ。

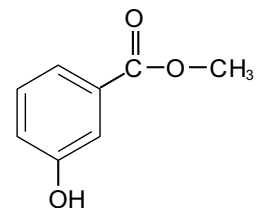
問2 分子量 M の一価の弱塩基が w [g] 溶解した V [mL] の水溶液をつくった。この弱塩基の電離定数を K_b として、このときの弱塩基の電離度 α を M , w , V , K_b の記号を用いて表せ。ただし、この弱塩基の電離度 α は 1 に比べてきわめて小さいものとする。

問3 1 mol のメタンと 1 mol のブタンを炭素原子と水素原子に分解させるには、それぞれ Q_1 [kJ] と Q_2 [kJ] のエネルギーが必要であるものとする。C-C 結合の結合エネルギー [kJ/mol] を、 Q_1 , Q_2 の記号を用いて表わせ。ただし、C-H 結合と C-C 結合の結合エネルギーは、化合物によらず一定であるものとする。

化 学 (その5)

第4問 次の記述 (a) ~ (d) を読み、以下の問い(問1 ~ 4)に答えよ。ただし、構造式は例にならって書け。

構造式の例



- (a) 化合物 A は炭素、水素、酸素だけからなり、ベンゼン環を2つもつ化合物であり、その分子量は、242.0 である。この化合物 A の 24.2 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素が 66.0 mg、水が 12.6 mg 生じた。
- (b) 化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液中、加熱して完全に加水分解させ、エーテルを加えてよく振り混ぜたのち、水層とエーテル層に分離した。水層を塩酸で酸性にすると、化合物 B が析出した。一方、エーテル層を濃縮すると、不斉炭素原子をもつ化合物 C が得られた。その分子式は $C_8H_{10}O$ であった。
- (c) 化合物 B は、以下の別の方法によっても得られた。すなわち、ベンゼンスルホン酸ナトリウムと固体の水酸化ナトリウムを混合し、融解して得られた化合物 D を高温・高圧下で二酸化炭素と反応させたのち、希硫酸で酸性にすると、化合物 B が析出した。また、
(1) 化合物 D の水溶液に室温で二酸化炭素を通じると、化合物 E が遊離した。
- (d) 化合物 C を二クロム酸カリウムの硫酸酸性溶液とおだやかに反応させると、化合物 F が得られた。化合物 F にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えてあたためると、黄色沈殿が生じた。この沈殿を取り除いたのち、残りの水溶液を塩酸で酸性にすると、分子式 $C_7H_6O_2$ で表される化合物 G が得られた。

問1 化合物 A の分子式を書け。

問2 化合物 A, B, C および G の構造式を書け。

問3 文中の下線部 (1) の化学反応式を書け。

問4 化合物 E, G および二酸化炭素を水に溶かしたとき、酸としての強さはどうなるか。

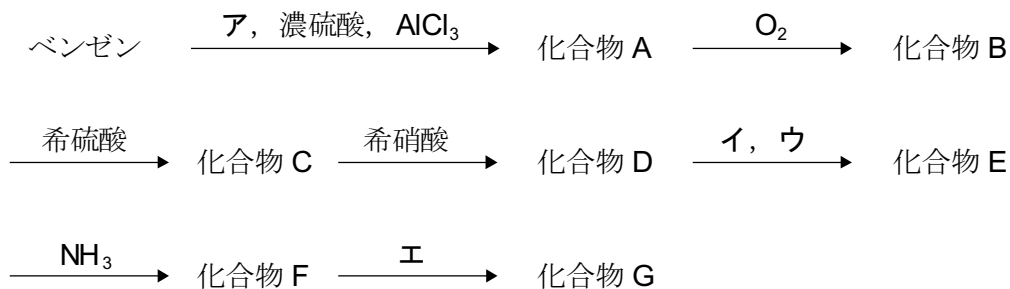
①, ②, ③・・・の中から1つ選び、番号で答えよ。

- ① $E > G > \text{二酸化炭素の水溶液}$ ② $E > \text{二酸化炭素の水溶液} > G$
③ $G > E > \text{二酸化炭素の水溶液}$ ④ $G > \text{二酸化炭素の水溶液} > E$
⑤ $\text{二酸化炭素の水溶液} > E > G$ ⑥ $\text{二酸化炭素の水溶液} > G > E$

化 学 (その6)

第5問 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えよ。ただし、構造式は第4問の構造式の例にならって書け。

下の図は、解熱鎮痛薬として広く用いられている化合物 **G** を、ベンゼンから合成する経路を示している。ベンゼンから化合物 **C** に至る一連の反応は、化合物 **C** を工業的に得る方法として用いられているものであり、化合物 **B** から化合物 **C** を得る反応では、化合物 **C** とともにアセトンが得られる。化合物 **C** と希硝酸との反応では複数の化合物が得られるが、化合物 **D** は *p*-位の二置換体とする。化合物 **G** は、化合物 **F** に、物質 **エ** を作用させてアセチル化することにより得られる。



化合物 **F** の分子量は 109 であり、化合物 **F** の水溶液に塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えたところ青紫色になり、化合物 **F** の水溶液にさらし粉水溶液を加えたところ赤紫色になった。また、化合物 **G** に化合物 **F** と同じ呈色反応を行ったところ、化合物 **G** の水溶液は、塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えたときには呈色したが、さらし粉水溶液を加えたときは呈色しなかった。

問1 物質 **ア** の構造式を書け。

問2 化合物 **C** から化合物 **D** を得る反応において、混酸中で加熱して十分に反応させるとどのような化合物が得られるか。構造式で書け。

問3 物質 **イ** と **ウ** の組み合わせとして適切なものを①, ②, ③・・・の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① グリセリン, 濃硫酸 ② スズ, 塩酸 ③ 過マンガン酸カリウム, 希硫酸
 ④ 亜硝酸ナトリウム, 塩酸 ⑤ 塩素, 光(紫外線)

問4 物質 **エ** の構造式を書け。

問5 化合物 **G** の構造式を書け。

化 学 (その7)

第6問 次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えよ。

生物の細胞は核酸とよばれる高分子化合物をもつ。核酸には遺伝子の本体である DNA と、タンパク質合成に参与する RNA がある。

核酸の構成単位は、リン酸と糖、および窒素を含む環状構造の塩基(核酸塩基)が結合した図1のような(ア)とよばれる物質である(図1の核酸塩基には例としてグアニンを入れてある)。(ア)の中の糖部分と核酸塩基部分が結合したものが(イ)であり、⁽¹⁾(イ)のヒドロキシ基-OHとリン酸がエステル結合して(ア)となる。(ア)どうしが、⁽²⁾糖部分の-OHとリン酸部分の-OHで脱水縮合してできた鎖状の高分子化合物が(ウ)であり、ふつうこれを核酸とよんでいる。

DNA と RNA では構成する糖部分が異なっており、DNA は糖部分が分子式 $C_5H_{10}O_4$ のデオキシリボースで、RNA は糖部分が分子式(エ)の(オ)で構成される。

図2はDNAを構成する核酸塩基の構造を示している(左:グアニン, 右:シトシン)。DNAの核酸塩基にはアデニン, グアニン, シトシン, (カ)の4種類がある。⁽³⁾核酸塩基はグアニンとシトシン, アデニンと(カ)がそれぞれ水素結合により塩基対をつくるが、これを核酸塩基同士の相補性という。またRNAを構成する核酸塩基では(カ)が(キ)に変わり、アデニン, グアニン, シトシン, (キ)の4種類となる。

化 学 (その8)

図 1

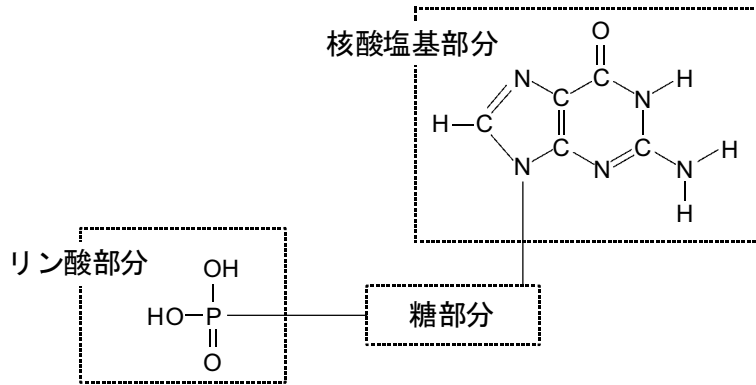
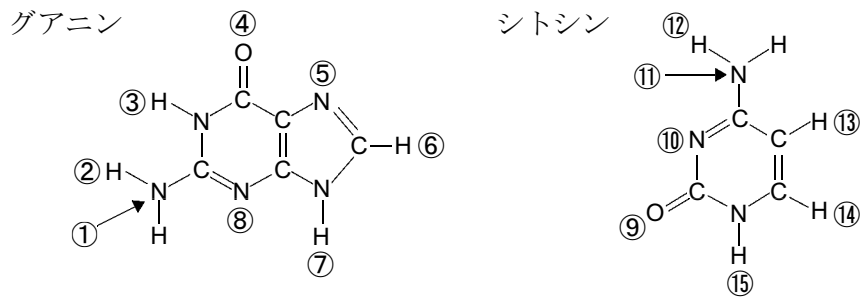


図 2



問 1 (ア) ~ (キ) に当てはまる適切な語句を答えよ。なお、(エ) は化学式を答えること。

問 2 図 2 にグアニン(左) とシトシン(右) の構造を示す。下線部 (3) のような相補性によって、グアニンとシトシンが塩基対を形成する際に、水素結合する場所を番号の組み合わせですべて書け。例: ①-⑨, . . .

問 3 デオキシリボースの構造を、構造式の例にならって書き、下線部 (1) に相当する -OH を □ で、下線部 (2) に相当する -OH を ○ で囲め。

構造式の例

