

# 令和5年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

## 化 学

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
融 合 学 域	先 導 学 類(理系傾斜) 観光デザイン学類(理系傾斜) スマート創成科学類(理系傾斜)	I, II, III, IV, V (5問)
人間社会学域	学 校 教 育 学 類	I, II, III, IV (4問)
理 工 学 域	数 物 科 学 類 物 質 化 学 類 地 球 社 会 基 盤 学 類 生 命 理 工 学 類	I, II, III, IV, V (5問)
医薬保健学域	医 学 類 薬 学 類 医 薬 科 学 類 保 健 学 類	I, II, III, IV (4問)
理 系 一 括 入 試		I, II, III, IV, V, VI (6問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文15ページであり、答案用紙は、学校教育学類、医学類、薬学類、医薬科学類、保健学類は4枚、先導学類(理系傾斜)、観光デザイン学類(理系傾斜)、スマート創成科学類(理系傾斜)、数物科学類、物質化学類、地球社会基盤学類、生命理工学類は5枚、理系一括入試は6枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

- ・解答にあたり、必要であれば以下の数値を用いなさい。

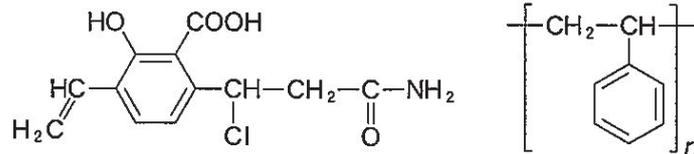
原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Mg = 24, S = 32,

Cl = 35.5, Ar = 40, Ca = 40, Fe = 56, Ag = 108

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})]$

標準状態における気体のモル体積は  $22.4 [\text{L/mol}]$  とする。

- ・気体は特に記載がない限り理想気体としてふるまうとする。
- ・字数制限のある解答で、化学式を用いる場合は、例えば  $\text{H}_2$  は 2 文字、Ca は 2 文字、 $\text{Ca}^{2+}$  は 4 文字とする。
- ・構造式は、下図の例にならって記入しなさい。



I [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 保健学類, 理系一括入試]

気体と液体の状態変化に関する次の文章を読み、問 1～問 3 に答えなさい。

一般に液体は温度が高くなると、液体分子の  が活発になり、高い  を持つ分子の割合が増加する。液体の表面にある分子は、高温になる程、分子どうしの  を振り切って液体の表面から飛び出して気体になりやすくなる。この現象を  という。逆に、液体表面付近の  の低い気体分子は、液体の  に捕らえられて液体分子となる。この現象を  という。次のページの図の A に示す密閉容器内の水と水蒸気の分子は、温度を一定に保つと  と  の速度が等しくなり、見かけ上、 も  も起こっていない  に達する。温度を一定に保ち  
(a)

ながら、Aの状態からピストンを押し下げてBの状態にして放置すると、再び  に達する。水溶性の物質を水に加えて希薄溶液にすると、蒸気圧が変化する。<sup>(b)</sup>

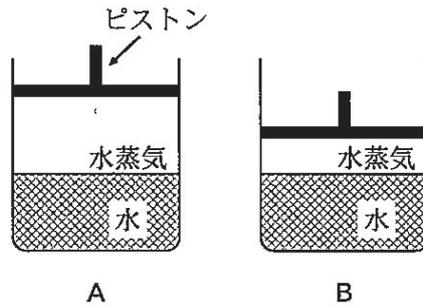


図 容積可変の密閉容器に入っている液体と気体

問 1  ~  にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(a)について、 に達している A と B の容器の中の蒸気圧はどちらが高いか、答えなさい。また、気体になっている水の分子数はどちらが多いか、答えなさい。同等の場合は、同じと答えなさい。

問 3 下線部(b)に関する次の文章を読み、次の(1)~(3)に答えなさい。必要に応じて次のページの表を参考にし、溶解した電解質は完全に電離しているものとして答えなさい。また、希薄溶液では、溶液と溶媒の質量・密度は等しいとする。

次の(イ)~(ロ)の粉末の不揮発性物質  $1.0 \times 10^{-2}$  mol を  $5.0 \times 10^2$  g の純水にそれぞれ加え、25℃に保ちながら変化がなくなるまでかき混ぜた後に静置し、5種類の溶液を調製した。

- (イ) 塩化カルシウム    (ロ) 塩化ナトリウム    (ハ) 水酸化鉄(Ⅲ)  
 (ニ) スクロース    (ヘ) 炭酸カルシウム

- (1) (c)と(d)の水溶液について、次の(i), (ii)に答えなさい。
- (i) (c)と(d)の物質のそれぞれの水溶液(25 °C)の質量モル濃度を有効数字2桁で求め、単位とともに記しなさい。
- (ii) 上記の(c)と(d)の水溶液では、どちらの蒸気圧が低いか、答えなさい。また、その理由を、(i)の答えを基に質量モル濃度の観点から説明しなさい。
- (2) 25 °Cにおける5種類の溶液について、蒸気圧が高い順に並べなさい。解答は、溶液に含まれている物質(i)~(d)の記号で答えなさい。
- (3) ある不揮発性の非電解質 2.0 g を  $1.0 \times 10^2$  g の水に完全に溶解させた希薄水溶液の沸点上昇度は 0.030 K であった。この非電解質の分子量を有効数字2桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、水のモル沸点上昇  $K_b$  は、 $0.52 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$  とする。

表 (i)~(d)の物質の 25 °Cにおける水への溶解度と溶解度積

	溶解度 [g/100 g 水]	溶解度積
(i) 塩化カルシウム	82.8	—
(c) 塩化ナトリウム	37.9	—
(d) 水酸化鉄(III)	—	$1.3 \times 10^{-38} (\text{mol/L})^4$
(e) スクロース	203	—
(f) 炭酸カルシウム	0.082	—

II [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 保健学類, 理系一括入試]

次の問1, 問2に答えなさい。

問1 有機化合物を発見, 合成した際, その構造を知ることが重要である。そのためには元素の種類およびその含有率を求めることが有用である。次の(1)~(4)に答えなさい。

(1) 含まれている元素の種類については, それぞれの分子に対して次の表の操作を行うことで特定できる。次の表の生成物(a)~(c)について, その化学式と名称をそれぞれ答えなさい。

元素	操作	生成物
水素	酸化銅(II)を用いて完全燃焼させる。	H <sub>2</sub> O 水
炭素		CO <sub>2</sub> 二酸化炭素
窒素	水酸化ナトリウムまたはソーダ石灰とともに加熱する。	(a)
塩素	黒く焼いた銅線につけて炎に入れる。	(b)
硫黄	ナトリウムまたは水酸化ナトリウムとともに加熱する。	(c)

(2) 炭素, 水素, 酸素のみから成る 83.0 mg の化合物 x(分子量 166) を完全燃焼させると, 二酸化炭素 176 mg と水 27.0 mg が得られた。この化合物の分子式を求めなさい。計算過程も示しなさい。

(3) 上記(2)の化合物 x は, ベンゼン環の 2 つの水素が別の置換基に置き代わった芳香族化合物であり, 2 つの置換基の位置の違いにより化合物 x のほかに 2 種類の構造異性体(y, z)が存在する。化合物 x を加熱すると, 分子内の

2つの置換基から水分子がとれた生成物を得ることができる。この生成物は工業的にはナフタレンなどを酸化して製造している。異性体 y は、現代社会に広く用いられる有用な合成高分子の原料である。異性体 z は、x よりも融点が高く、これには置換基の位置が影響している。化合物 x, y, z のそれぞれの構造式を示しなさい。

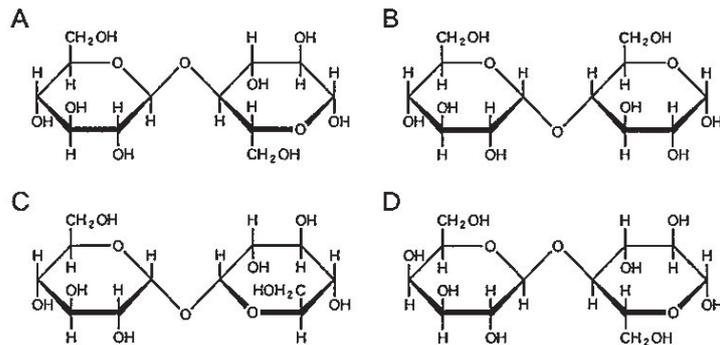
- (4) 上記(3)の異性体 y とエチレングリコールを使った脱水縮合反応を行うと、無色透明で有用な合成高分子が得られる。その高分子を得る反応式とその高分子の名称を示しなさい。

問 2 グルコースのように、それ以上加水分解されない糖を単糖といい、加水分解によって単糖 2 分子を生じる糖を二糖という。次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 単糖である果糖(フルクトース)は白色の結晶で吸湿性が高く、水によく溶ける。水溶液中のフルクトースは、環状構造(六員環)と鎖状構造および環状構造(五員環)などとの平衡状態で存在している。フルクトースの水溶液中での平衡状態において、中間体である鎖状構造の構造式を完成させなさい。

- (2) 次の二糖(a)~(c)の分子構造に対して、正しいものを次の A ~ D の中から選びなさい。

(a) ラクトース                      (b) セロビオース                      (c) マルトース



- (3) 砂糖の主成分であるスクロースは、2種類の単糖の分子が縮合した構造をもつ。単糖の1つはβ-フルクトースである。もう1つの単糖の名称を答えなさい。

Ⅲ [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 保健学類, 理系一括入試]

次の文章を読み, 問1～問7に答えなさい。

酸素と  は地殻中に多く存在し, 2つの元素を合わせると, 質量比で地殻の約75%を占める。次に多い元素はアルミニウムであり, 約8%を占める。アルミニウムは, 周期表の  族に属する。アルミニウムの単体は, 原料鉱石である  から得られる酸化アルミニウムを熔融塩電解することにより製造される。酸化アルミニウムは, 塩酸や水酸化ナトリウム水溶液と反応して溶解する。<sup>(a)</sup> また, 酸化アルミニウムの構造にクロムや, 鉄, チタンを不純物として含むこと<sup>(b)</sup> で, ルビー, サファイアとして赤色や青色を呈することが知られている。<sup>(c)</sup>

窒素と酸素は大気中に多く存在し, 2つの成分を合わせると, 体積組成比で水蒸気<sup>(d)</sup>を除いた大気の約99%を占める。次に多い成分はアルゴンである。希ガス(貴ガス)は価電子が  個であり, 他の元素と化合物をつくりにくいので, 周期表の他の族の元素と比べて, 発見が遅かった。空気から二酸化炭素, 水蒸気, 酸素<sup>(e)</sup>を取り除いた気体の密度が化学反応で作った純度100%の窒素とは異なることが, アルゴンの発見につながった。

問1  ;  にあてはまる適切な語句を次の中から選びなさい。

ケイ素, 鉄, カルシウム, ナトリウム, ポーキサイト,  
氷晶石, アマルガム, ジュラルミン

問2  ,  にあてはまる適切な数字を答えなさい。

問3 下線部(a)について, 塩酸と酸化アルミニウムとの反応, および水酸化ナトリウム水溶液と酸化アルミニウムとの反応の化学反応式をそれぞれ示しなさい。

問 4 下線部(b)について、硫酸酸性下のニクロム酸カリウムと過酸化水素を反応させると、気泡を生じながら溶液の色が変化した。この反応の反応式と反応前後の溶液の色を答えなさい。ただし、過酸化水素は還元剤としてはたらくものとする。

問 5 下線部(c)について、 $\text{Fe}^{2+}$  を含む水溶液と  $\text{Fe}^{3+}$  を含む水溶液に、チオシアン酸カリウム水溶液を加えた、あるいは、塩基性条件下で硫化水素ガスを通じた。その際に観察される様子として、表の(1)~(4)にあてはまる適切なものを(ア)~(ク)から選び、記号で答えなさい。同じ記号を複数回用いてもよい。

加える試薬	元の鉄イオン	
	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+}$
チオシアン酸カリウム水溶液	(1)	(2)
硫化水素ガス(塩基性条件下)	(3)	(4)

- (ア) 緑白色沈殿の生成    (イ) 赤褐色沈殿の生成    (ウ) 濃青色沈殿の生成  
 (エ) 黒色沈殿の生成    (オ) 血赤色溶液に変化    (カ) 青色溶液に変化  
 (キ) 黄褐色溶液に変化    (ク) 変化しない

問 6 下線部(d)について、窒素と同族のリンには、次の(1)、(2)の特徴を持つ同素体が存在する。それぞれの名前を答えなさい。

- (1) 四原子分子で、融点が  $44\text{ }^\circ\text{C}$ 、水に溶けず空気中で自然発火する。  
 (2) 多数のリン原子が網目状に結合しており、融点は高く、毒性が低い。

問 7 下線部(e)について、標準状態で空気 2.24 L が密封されている容器の中で、マグネシウムの燃焼反応を酸素が完全になくなるまで行い、反応後に残存した気体の質量と、圧力、体積、温度が同じである純度 100 % の窒素の質量を比較した。次の(1)、(2)に答えなさい。ただし、空気の体積組成は、窒素が 79 %、酸素が 20 %、アルゴンが 1 % であるとし、窒素、アルゴンは化学反応には関与しないものとする。

- (1) 酸素が全て反応するのに必要なマグネシウムの質量を有効数字 2 桁で求めなさい。
- (2) 反応後に残存した気体の質量は、圧力、体積、温度が同じ純度 100 % の窒素の質量と比べて何 % 重いか。小数点以下 1 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

Ⅳ [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 保健学類, 理系一括入試]

次の文章を読み, 問1～問6に答えなさい。

我々が生命活動を維持するためには, 様々な栄養素が必要である。エネルギー源として重要な糖類は, 一般式  $C_m(H_2O)_n$  で表される物質の総称で  ともよばれる。多糖類は多数の単糖が脱水縮合し, 結合した構造をもつ。デンプンは, 熱水に可溶性  と不溶性  の2種類の成分に分けられる。 は鎖状構造だけでなく枝分かれ構造を含んでいる。 は, 動物の肝臓や筋肉に蓄えられている多糖で, 動物デンプンともよばれ, ヨウ素デンプン 反応では  色を示す。セルロースは, 植物の細胞壁の主成分で, 全て  $\beta$ -グルコース構造で構成されている。 によって加水分解されセロビオースとなるが, ヒトは  をもたないので, セルロースを消化することができない。ニトロセルロースは, セルロースに混酸を作用させ硝酸エステルとなったもの <sup>(b)</sup> であり, トリニトロセルロースは無煙火薬の原料となる。

生命活動の中心的な役割を担っているタンパク質は, 多数の アミノ酸が脱水縮合 <sup>(c)</sup> してつながった 高分子化合物である。生体のタンパク質を構成する アミノ酸は約 <sup>(d)</sup> 20種類あるが, 必須アミノ酸は食品から摂取する必要がある。 <sup>(e)</sup>

問1  ～  にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(a)について, この反応は呈色した状態で加熱すると色が消えるが, その理由を40字以内で説明しなさい。

問 3 下線部(b)について、セルロース 120 g に濃硫酸と濃硝酸の混合溶液を加えたところ、セルロースに存在するヒドロキシ基のうち 30 % がエステル化されたニトロセルロースが得られた。得られたニトロセルロースの質量(g)を有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

問 4 下線部(c)について、次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) アラニンとリシンの構造式を示しなさい。

(2) アラニン 1 分子とリシン 1 分子がアミド結合を形成したものには、何種類の構造異性体が考えられるか答えなさい。ただし、分子中の官能基は、全てアミド結合の形成が可能とし、アミド結合はアミノ酸間のみで 1 ヶ所だけ形成されるとする。また、アミノ酸の鏡像異性体は考慮しないものとする。

問 5 下線部(d)について、アミノ酸 A は生体のタンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸の 1 つで、フェニルアラニン、アスパラギン酸、グルタミン酸、またはリシンのいずれかである。アミノ酸 A をメタノールで完全にエステル化すると分子量が 28 増えた。また、アミノ酸 A の元素分析の結果、成分元素のうち窒素の質量百分率は 9.5 % であった。アミノ酸 A の分子量を求め、整数で答えなさい。

問 6 下線部(e)について、この理由を 30 字以内で答えなさい。

V [先導学類(理系傾斜), 観光デザイン学類(理系傾斜), スマート創成科学類(理系傾斜), 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理系一括入試]

次の文章を読み, 問1~問5に答えなさい。

化学物質が持つ固有の化学エネルギーや反応に伴うエネルギーの出入りを理解することは, さまざまな化学現象を利用するうえで重要である。化学反応の際にエネルギーが光として放出される現象を  という。一方, 化学物質の化学エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出す装置を  と呼ぶ。水素と酸素の反応を利用した  は  と呼ばれ, クリーンなエネルギー源として期待される。それとは逆に, 電気エネルギーを与えて化学反応を起こさせることを電気分解と呼び, 陽極では  反応, 陰極では  反応が起こる。電気分解は, 不純物を含んだ金属から純粋な金属を取り出す  にも利用される。

金属は, 全ての原子に共有される形で存在する自由電子を持つことで, いくつか<sup>(b)</sup>の特徴的な性質を示す。さらに, 融解した金属に他の元素を混合して凝固させたものを  という。鉄にクロムやニッケルを混ぜてさびにくくした  は  と呼ばれる。

問1  ~  にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(a)について, 次の(1), (2)に答えなさい。

- (1) 水素分子  $\text{H}_2$  1 mol から気体の水分子  $\text{H}_2\text{O}$  が生じる際の反応熱を  $Q$  [kJ] として熱化学方程式を示しなさい。
- (2) 次のページの表を参考に, 気体の水分子  $\text{H}_2\text{O}$  が 1.00 mol 生じる際の反応熱  $Q$  [kJ] を有効数字3桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

表 結合エネルギー(kJ/mol)

H—H	436
C—H	416
O—H	463
N—H	391
H—Cl	432
H—F	568
Cl—Cl	243
F—F	158
O=O	498

問 3 硝酸銀 0.20 mol を多量の水に溶解させると 5.2 kJ の熱量が吸収される。この反応を熱化学方程式で示しなさい。

問 4 白金電極を用いて硝酸銀水溶液中で電気分解を行った結果、発生した気体 A は標準状態で 0.672 L であった。発生した気体は水に溶けないものとして、次の(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 陰極、陽極での反応について、電子を含むイオン反応式を示しなさい。
- (2) 析出した銀の質量は何 g か、有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

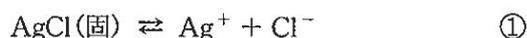
問 5 下線部(b)について、自由電子を持つことで金属に現れる特徴的な性質のうち 3 つを答えなさい。

## VI [理系一括入試]

次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

塩化ナトリウムのように中和反応によって生成する塩は、水に溶けたとき、陽イオンと陰イオンに分かれる。この現象は **ア** と呼ばれている。塩は組成によって分類され、酸のHも塩基のOHも含まない塩を **イ**，酸のHを含む塩を **ウ**，塩基のOHを含む塩を **エ** という。強酸と弱塩基、または弱酸と強塩基の中和から生じた塩が水に溶けた場合、**ア** したイオンの一部が水と反応して元の弱酸や弱塩基に戻る。このような現象を塩の **オ** と呼ぶ。**ア** や **オ** によって、水溶液の性質は必ずしも中性にはならない。炭酸水素ナトリウムと硫酸水素ナトリウムはどちらも **ウ** であるが、炭酸水素ナトリウムの水溶液は **A** を示し、硫酸水素ナトリウムの水溶液は **B** を示す。<sup>(a)</sup><sub>(b)</sub>

塩化銀のような一部の塩は水にほとんど溶けず、難溶性塩と呼ばれている。塩化銀を水に加えて溶け残りの固体が生じたとき、飽和水溶液中に存在するイオンと固体の間には、式①で表される溶解平衡が成立している。<sup>(c)</sup>



ここで、AgCl(固)の濃度は一定とみなすことができる。したがって、Ag<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>の濃度の積  $K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$  は、一定温度の条件では一定の値となり、溶解度積と呼ばれている。次のページの表には、20℃におけるハロゲン化銀(塩化銀、臭化銀、ヨウ化銀)の溶解度積を示している。<sup>(d)</sup>ヨウ化銀は塩化銀よりも溶解度積が非常に小さく、沈殿しやすい。そのため、ヨウ化物イオンと塩化物イオンを含む水溶液に銀イオンを加えると、ヨウ化物イオンがヨウ化銀としてほとんど沈殿した後で、塩化物イオンが塩化銀として沈殿しはじめる。<sup>(e)</sup>

表 水溶液中のハロゲン化銀の溶解度積(20℃)

ハロゲン化銀	溶解度積[(mol/L) <sup>2</sup> ]
塩化銀	$1.2 \times 10^{-10}$
臭化銀	C
ヨウ化銀	$2.1 \times 10^{-14}$

問 1  ~  にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 ,  にあてはまる水溶液の性質を, 酸性または塩基性で答えなさい。

問 3 下線部(a)について, 水溶液が  となる反応を, イオン反応式で示しなさい。

問 4 下線部(b)について, 水溶液が  となる反応を, イオン反応式で示しなさい。

問 5 下線部(c)について, 次の(1), (2)に答えなさい。

(1) この溶液にアンモニア水を加えていったところ, 溶け残りの固体が溶解した。固体が溶解したときの反応を, イオン反応式で示しなさい。ただし, 加えたアンモニア水と等量の水を加えた場合には, 溶け残りは溶解しなかった。

(2) 溶け残りが生じた溶液の上澄みだけを採り, この飽和水溶液に塩化ナトリウムを加えた。このとき起こる変化を, 理由とともに 50 字以内で答えなさい。ただし, 「式①」, 「塩化物イオン」という語句を用いなさい。

問 6 下線部(d)について, 20℃の水溶液中における臭化銀の溶解度が  $5.2 \times 10^{-7}$  mol/L であるとき, 表の  にあてはまる値を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 7 下線部(e)について、塩化ナトリウムを  $1.5 \times 10^{-3}$  mol、ヨウ化ナトリウムを  $1.5 \times 10^{-3}$  mol 含む  $20^\circ\text{C}$  の水溶液 100 mL に、 $6.0 \times 10^{-2}$  mol/L 硝酸銀水溶液を加え、それぞれの沈殿が生成する条件を求めた。このことについて表の溶解度積の値を用いて次の(1)~(3)に答えなさい。ただし、銀イオンと塩化物イオン、銀イオンとヨウ化物イオンとの反応で生成される化合物は、それぞれ塩化銀、ヨウ化銀のみであり、その他の反応は起きないものとする。

- (1) ヨウ化銀の沈殿は、硝酸銀水溶液を加えはじめた直後に生成する。この沈殿が生成しはじめるときの溶液中の銀イオンの濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、ヨウ化銀の沈殿に含まれるヨウ化物イオンの量は無視できるものとし、硝酸銀水溶液を加えたことによる水溶液の体積の増加量も無視できるものとする。
- (2) 硝酸銀水溶液を加えて全体の水溶液の体積が 125 mL になったとき、塩化銀の沈殿が生成しはじめた。このとき、溶液中に存在する銀イオンの濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、塩化銀の沈殿に含まれる塩化物イオンの量は無視できるものとする。
- (3) 上記(2)のとき、溶液中に存在するヨウ化物イオンの物質量は、はじめに存在していたヨウ化物イオンの物質量の何 % になるか、有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。