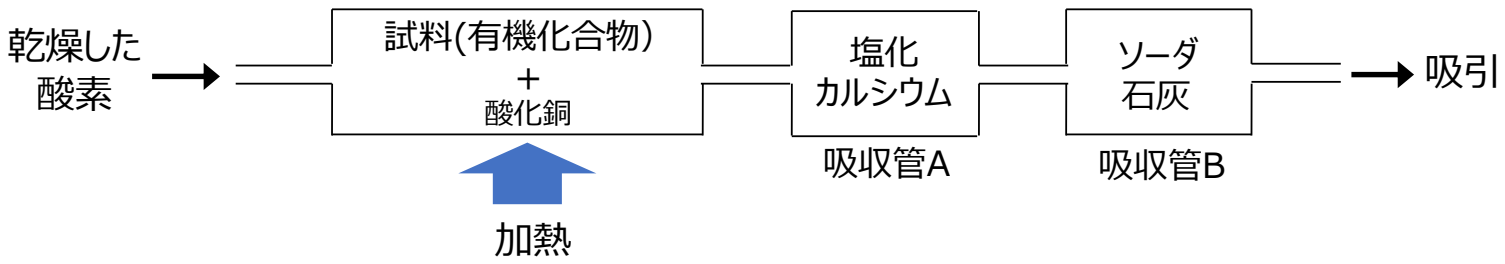
○大学卒程度技術（化学）専門試験問題

【選択問題】（科目Ⅰ～Ⅳより３科目選択。選択した科目には□内に○印を記入してください。）

□ **科目Ⅰ（有機化学・無機化学）**

問１　以下の模式図のような装置を用いて、構成元素の組成を分析した。

炭素、水素、酸素からなる分子量 108 の有機化合物 27mg を試料として完全燃焼させ、発生した気体を吸収管 A、吸収管 B の順に通したところ、吸収管 A の質量が 18mg、吸収管 B の質量が 77mg 増加した。次の設問（１）～（３）について答えなさい。なお、原子量は、H=1、C=12、O=16 とする。



（１）吸収管 A、吸収管 B で吸収された物質の名称をそれぞれ解答欄に答えなさい。

（２）吸収管 A と吸収管 B の順序を逆にすることはできない。その理由を答えなさい。

（３）燃焼させた有機化合物の分子式を答えなさい。（計算の過程も示すこと）

問２　サリチル酸は古くから解熱剤、鎮痛剤として使用され、医薬品として重要な化合物である。

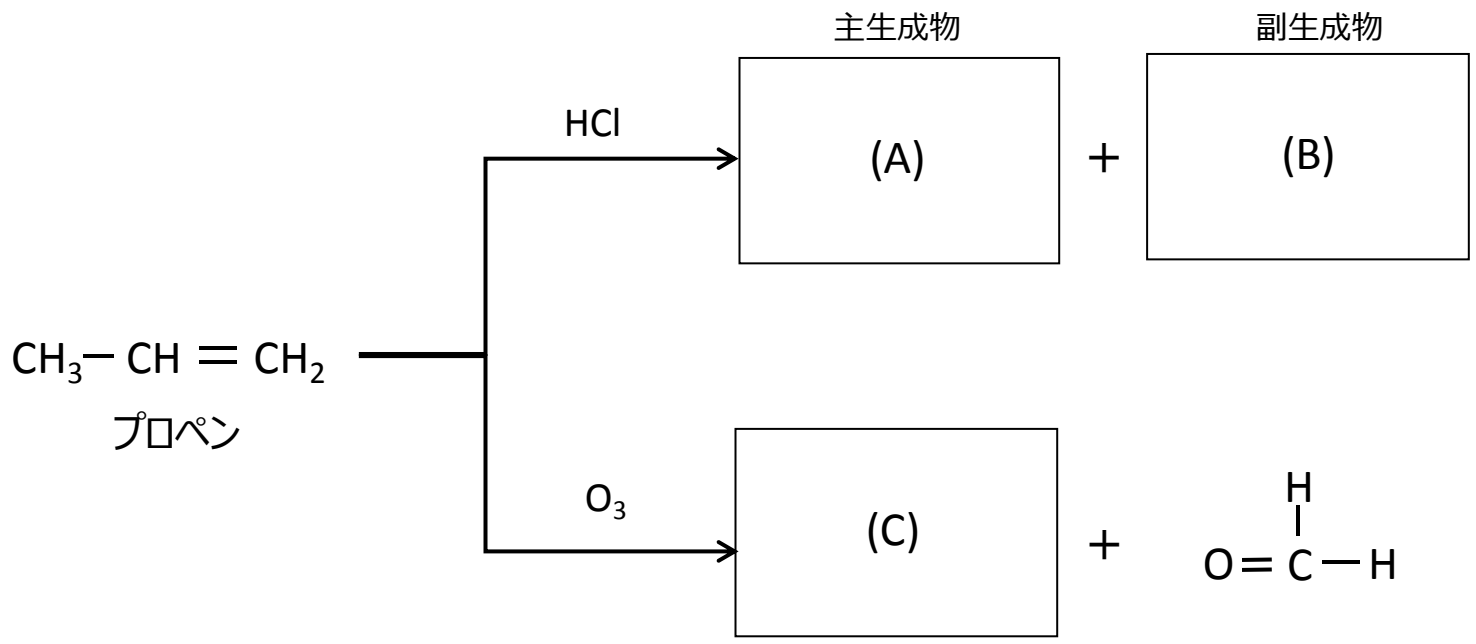
サリチル酸は化合物 A の結晶に高温・高圧の状態で二酸化炭素を反応させてサリチル酸ナトリウムとし、これに希塩酸などの強酸を作用させて作られる。サリチル酸はベンゼン環に［　①　］基と［　②　］基が結合した化合物である。サリチル酸水溶液に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素が発生した。これは、［　②　］基と反応したことによる。また、酸ともアルコールとも反応してエステルを生成する。サリチル酸にメタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱すると、強い芳香を持つ化合物 B が生成する。化合物 B は消炎鎮痛剤として使用される。また、サリチル酸を無水酢酸と加熱すると化合物 C が生成する。化合物 C は解熱鎮痛剤として使用される。次の設問（１）及び（２）について答えなさい。

（１）①、②にあてはまる適切な語句を答えなさい。

（２）化合物 A、B、C の名称を答えなさい。

問３　1.0×10^{-8}mol/L 塩酸溶液の pH を計算して有効数字３桁で答えなさい。塩酸は完全に解離しているものとする。なお、水のイオン積(Kw)を 1.0×10^{-14}、$\log_{10}2.1 = 0.32$、$\log_{10}5 = 0.70$、401≒400 とし、計算過程も示すこと。

問４　プロペンについて、次の反応の生成物（A）～（C）の名称と構造式を答えなさい。なお、構造式については、以下のプロペンのように、不飽和結合と枝分かれの価標だけを残し、残りの単結合は省略してもよい。



問５　水道水の水質基準項目に設定されているトリハロメタンの一つであるクロロホルムは、メタンの水素原子３個が塩素原子に置換された構造である。塩素原子には質量数が 35 である ^{35}Cl と質量数が 37 の ^{37}Cl という２種類の同位体があり、その存在比は異なる。^{35}Cl と ^{37}Cl の存在比を 3:1、炭素及び水素の原子量はそれぞれ 12 と 1 で同位体は存在しないものとして、次の設問（１）～（３）について答えなさい。

（１）塩素原子はハロゲンといわれ、ハロゲンの単体は二原子分子であり有毒である。同じハロゲンであるフッ素、ヨウ素、臭素と塩素について、これら単体の反応性（酸化力）を弱いものから順に並べて解答欄に記入しなさい。

（２）クロロホルムには相対質量数の異なる分子が何種類存在するか解答欄に答えなさい。

（３）クロロホルムの相対質量数とそれらの存在比を示しなさい。例えば、相対質量数 A,B,C の存在比が 1,2,5 であるとき、A:B:C=1:2:5 というように整数で解答欄に答えなさい。

【選択問題】（科目Ⅰ～Ⅳより３科目選択。選択した科目には□内に○印を記入してください。）

□ **科目Ⅱ（生化学・応用微生物学）**

問１　次の文章は細胞内の構造体について述べたものである。①～④の空欄にあてはまる最もふさわしい語句を語群から選び、解答欄に記入しなさい。ただし、1 回用いた語句は使えないものとする。

細胞は原核細胞と真核細胞に分類される。これら細胞の一般的構造を比較した場合、真核細胞にはあるが原核細胞にはない構造には（　①　）や（　②　）などがあるが、（　②　）は動物細胞では通常観察されない。

真核細胞内のさまざまな構造体を細胞分画法で単離する場合、細胞破砕液を遠心分離し、その（　③　）を次々に遠心分離していく。大きい構造体ほど（　④　）い遠心力で沈殿する。

語群

（核膜、リボソーム、葉緑体、線毛、細胞壁、上澄み、沈殿物、大き、小さ）

問２　次の文章はタンパク質のもつ電荷について述べたものである。①と②の空欄にあてはまる最もふさわしい語句を語群から選び、解答欄に記入しなさい。ただし、1 回用いた語句は使えないものとする。

タンパク質を構成するアミノ酸には正と負の電荷をもつものがあり、タンパク質分子は全体として差し引きの電荷をもつ。電荷が 0 になるときの pH を等電点といい、（　①　）と表す。一般的に水溶液中のタンパク質の溶解度は、等電点付近では（　②　）。

語群

（pI、pK_a、pK_{sp}、最も高くなる、最も低くなる、中程度である）

問３　次の文章は酵素のはたらきについて述べたものである。①～⑤の空欄にあてはまる最もふさわしい語句を解答欄に記入しなさい。

酵素のはたらきにより反応速度は増大するが、これは反応の遷移状態を越える際に必要な（　①　）エネルギーが低下することによるものと説明できる。この酵素反応の速度に影響を与える因子の一つに、阻害剤がある。可逆的阻害剤の阻害様式は数種類に分類することができ、中でも（　②　）阻害は、反応の最大速度が変化しない阻害様式として知られる。この場合、一般的に阻害剤は酵素の（　③　）部位に結合する。

pH と温度も酵素反応の速度に影響を与える因子である。大部分の酵素の最適 pH は（　④　）付近である。温度についても最適温度が存在する。pH、温度とも極端な条件下においては、酵素は立体構造が保てず不可逆的に（　⑤　）してしまい、酵素としてのはたらきは失われる。

問４　次の設問（1）及び（2）について答えなさい。

（1）次の文章の①～③の空欄にあてはまる最もふさわしい語句や数字を語群から選び、解答欄に記入しなさい。ただし、1 回用いた語句は使えないものとする。

多くの生物がもつ解糖系は、グルコースがピルビン酸にまで分解される代謝経路で、反応は（　①　）において行われる。1 分子のグルコースから（　②　）分子のピルビン酸が生成する。酵母は、嫌気条件下でこの系の最終産物であるピルビン酸を還元してエタノールを生成する。

また、飢餓状態において解糖系最終産物等から解糖系をほぼ逆行するようにしてグルコースを生成する代謝経路を（　③　）という。

語群

（細胞質、細胞膜、ミトコンドリア、1、2、4、8、β酸化、糖新生、尿素回路）

（2）酵母が 180g のグルコースを解糖系により代謝し、最終的にエタノールと二酸化炭素を生成した。生成したエタノールの量は何 g か答えなさい。算出過程を示すとともに、解答には単位も表記すること。なお、原子量は H＝1、C＝12、O＝16 とする。

問５　次の（1）及び（2）の設問に答えなさい。

（1）次の文章は生体内の DNA について述べたものである。①～③の空欄にあてはまる最もふさわしい数字または語句を解答欄に記入しなさい。

ヒトの核ゲノムは（　①　）対の常染色体と 2 本の X 及び Y 染色体から構成されており、（　②　）状二本鎖 DNA に分かれて存在し、約 30 億塩基対の長さがあるといわれている。ヒトの細胞においては、核以外で（　③　）という細胞小器官に環状 DNA が存在する。DNA 上の遺伝情報に基づいて、タンパク質のアミノ酸配列が規定される。

（2）1000 個のアミノ酸からなるタンパク質 1 分子のアミノ酸配列を規定するのに必要な DNA 塩基対の長さを答えなさい。解答には単位も表記すること。なお、DNA の 1 塩基対あたりの長さを 3×10^{-10}m とし、転写後プロセシングや翻訳後修飾は一切起こらないものとする。

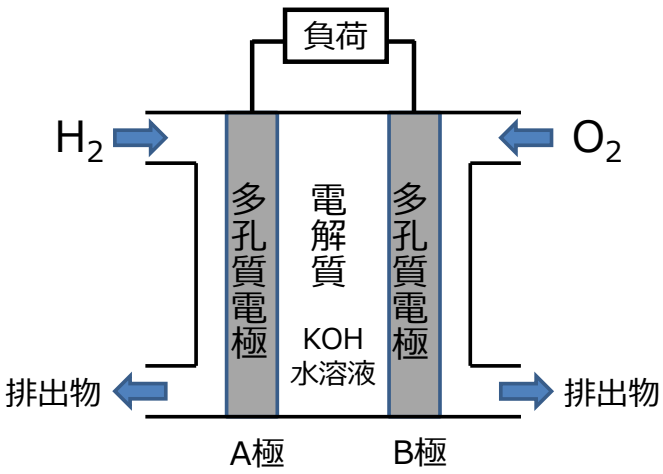
【選択問題】（科目Ⅰ～Ⅳより３科目選択。選択した科目には□内に○印を記入してください。）

□ **科目Ⅲ（応用化学・化学工学）**

問１　下図は電解質に KOH 水溶液を用いたアルカリ型の水素－酸素燃料電池の模式図を示したものである。触媒作用を持つ 2 つの多孔質電極の間に電解質を入れて、A 極側から H_2、B 極側から O_2 を供給すると、A 極では水素の酸化反応、B 極では酸素の還元反応 $O_2 + 2H_2O + (\ ①\ ) \rightarrow 4OH^-$ が起こる。

H = 1、O = 16、ファラデー定数 F = 9.6×10^4 C/mol、1J(ジュール) = 1C･V(クーロン・ボルト)として、設問（1）～（4）について答えなさい。なお、水素の燃焼反応の熱化学方程式は下記のとおりとする。

$$H_2(\text{気体}) + 1/2O_2(\text{気体}) = H_2O(\text{液体}) + 286\ \text{kJ}$$



（1）B 極での酸素の還元反応について、下線の半反応式が完成するよう（　①　）を埋めなさい。

（2）A 極での酸化反応の半反応式について B 極での還元反応の半反応にならって解答欄に記入しなさい。

（3）この燃料電池の正極と負極の間に負荷をつないで 1 時間運転した時、起電力は 0.9V であり、両極の酸化還元反応により 18kg の水が得られたとすると、水素の燃焼反応の熱化学方程式から理論的に生じるエネルギーは何 kJ か答えなさい。

（4）上記（3）で求めたエネルギーのうち、電気エネルギーに変換された割合が何%かを有効数字 2 桁で解答欄に答えなさい。計算過程も示すこと。

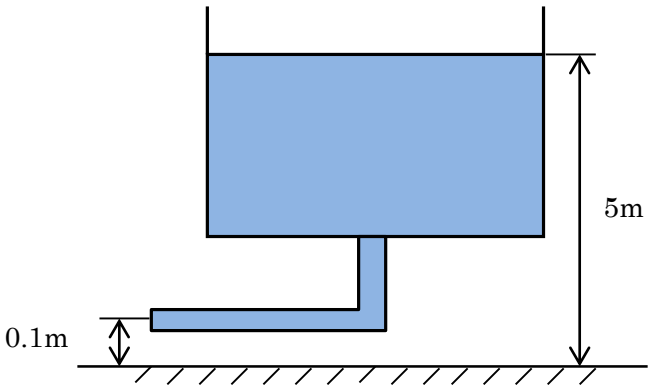
問２　水素分子（気体）の結合エネルギーと炭素（黒鉛）の昇華熱を表す熱化学方程式が次に示される場合、次の設問（1）及び（2）に答えなさい。

$$H_2(\text{気}) = 2H(\text{気}) - 432\text{kJ}$$
$$C(\text{黒鉛}) = C(\text{気}) - 717\text{kJ}$$

（1）メタン（気体）の生成熱を 75kJ/mol とした場合の生成熱を表す熱化学方程式を答えなさい。

（2）メタン（気体）の C-H 結合の結合エネルギーを答えなさい。ただし、メタン中の C-H 結合の強さは全て等しいとする。計算過程も示すこと。

問３　下図のように、大型貯水槽の底部にある円管から水が流出している。地面から流出口の中心までの高さが 0.1m、貯水槽水面までの高さが 5m であった時、流出水の平均流速を求めなさい。なお、貯水槽の水面は非常に大きいので常に 5m の高さを維持しているものとし、摩擦によるエネルギー損失は考えないものとする。計算過程も示すこと。



問４　次の設問（1）及び（2）について答えなさい。

（1）ろ過について述べた次の文中の（　①　）及び（　②　）に入る最もふさわしい語句を下記の語群から選んで解答欄に記入しなさい。なお、同じ語句を用いても構わない。

・定圧ろ過とは、常に一定の圧力を加えて行うもので、ろ過継続時間の経過とともに、ろ過速度は（　①　）なる。
・定速ろ過とは、ろ過速度が一定になるように行うもので、ろ過継続時間の経過とともに、ろ過圧力は（　②　）なる。

語群　（　一定に、しだいに大きく、しだいに小さく　）

（2）圧力について述べた次の文中の（　③　）及び（　④　）に入る最もふさわしい語句を下記の語群から選んで解答欄に記入しなさい。

・（　③　）とは、大気圧の状態を基準とし、（　④　）とは、完全な真空の状態を基準として表す圧力であり、それぞれの基準の状態を 0 として表す。

語群　（　絶対圧、ゲージ圧、差圧　）

問５　一定温度で、一定量の溶媒に溶ける気体の物質量とその圧力との関係について示したヘンリーの法則は、よく成り立つ気体と、あまり成り立たない気体がある。例えば、窒素が水に溶ける場合はヘンリーの法則がよく成立するが、塩化水素が水に溶ける場合はヘンリーの法則があまり成立しない。この事例を基に、ヘンリーの法則がよく成立する場合と、あまり成立しない場合の現象の違いについて説明しなさい。

問６　鉄鉱石と炭素を高温で反応させて、純粋な鉄を製造する反応式は次式で表される。

$$2Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2$$

いま、Fe_2O_3 が 1 トンある。これを上式で完全に反応させたとすると、純粋な鉄は何トン得られるか。なお、原子量は C=12、O=16、Fe=56 とする。

【選択問題】（科目Ⅰ～Ⅳより３科目選択。選択した科目には□内に○印を記入してください。）

□ **科目Ⅳ（環境化学・衛生化学）**

問１　湖沼の富栄養化に関する次の文章を読んで、（１）～（３）の設問に答えなさい。

湖水が温度成層する湖沼では、（ A ）の間、表層の湖水は、太陽からの熱で水温が上がるが、太陽エネルギーの透入が限られる深層では水温が上がらないため、冷たく重い深層水の上に温かく軽い表層水が乗った水温成層が形成され、表層と深層は混ざり合いにくい状態となる。

水温成層が形成された湖では、日光が届く表層近くで増殖した植物プランクトンは、次第に深層に沈降し、微生物の働きで分解され、深層水中の（ B ）を消費する。富栄養化が進行した場合、深層水では（ B ）の消費が進み、還元状態になることで、底泥に堆積した（ C ）やマンガンが溶出する。

上水源となっている湖沼では、富栄養化によるプランクトンの増殖は、上水に異臭を与えることに加え、ろ過池の閉塞頻度を高めることになる。また、溶出した（ C ）などの成分により赤水障害を起こすなどの利水障害をもたらす。

（１）文中の（ A ）に入る最もふさわしい語句を下のア～ウから選び、記号で答えなさい。

ア　夏　　イ　冬　　ウ　一年

（２）文中の（ B ）に入る最もふさわしい語句を解答欄に記入しなさい。

（３）文中の（ C ）に入る最もふさわしい物質を下の語群から選び解答欄に記入しなさい。

語群　　（　クロム、　鉄、　銅、　亜鉛、　鉛　）

問２　次の設問（１）及び（２）について答えなさい。

（１）次の文章を読んで、①～③の設問に答えなさい。

この物質は、ベンゼン核が 2 つ結合し、水素原子のいくつかが塩素原子に置き換わったものであり、塩素原子が 4 個以上のものは不燃性となる。また、電気絶縁性が優れているため、（ A ）、（ B ）などの電気機器関係に使用された他、熱媒体等にも使用されていた。

しかしながら昭和 43 年、食用油製造の際の熱媒体として用いられたこの物質が、製品である食用油に混入するという大規模な<u>食中毒事件</u>が西日本を中心に発生した。事件の発生後、この物質は製造中止となったが、現在も患者の救済が続けられている。

①　この文章が説明している「この物質」と考えられるものを解答欄に記入しなさい。

②　この物質がよく利用されていた電気機器の例として（ A ）（ B ）に入るものとして最もふさわしいものを下のア～オから選び、記号で答えなさい。

ア　トランス　　イ　トランジスタ　　ウ　コンデンサ　　エ　ダイオード　　オ　IC

③　この文中の下線部の食中毒事件を下の語群から選び解答欄に記入しなさい。

語群　（　カネミ油症事件、　ヒ素ミルク事件、　水俣病、　イタイイタイ病、　第二水俣病　）

（２）ダイオキシン類に関して、次の①及び②の設問に答えなさい。

① ダイオキシン類に含まれる物質を下のア～カから**３つ**選び、解答欄に記号で答えなさい。

ア　コプラナーPCB
イ　ポリクロロジベンゾフラン
ウ　ポリクロロベンゼン
エ　ポリクロロジベンゾ - パラ - ジオキシン
オ　ヘキサクロロシクロヘキサン
カ　DDT

② ダイオキシン類は、一般的に水に溶けにくく有機溶剤によく溶ける性質があると言われている。これをふまえ、ダイオキシン類の挙動と排水処理の方法として、**誤っているもの**を次のア～オの中から１つ選びその記号を解答欄に記入しなさい。

ア　水中では主に懸濁物質に付着している。
イ　土壌中の有機物に付着しやすく、土壌中では移動することが少ない。
ウ　排水中のダイオキシン類は、凝集沈殿法により、ある程度除去することが可能である。
エ　溶存態のダイオキシンは、活性炭を用いても全く吸着処理することができない。
オ　MF 膜等を用いた膜ろ過法は有効で、RO 膜を用いた処理では、溶存態のダイオキシン類も除去可能である。

問３　次の文章はある物質について記述したものである。文章を読んで、（１）～（３）の設問について答えなさい。

鉱物が繊維化した物質で、その太さは髪の毛の数千分の１程度である。耐久性、耐火性、耐薬品性、電気絶縁性、防音性などに優れ、しかも安価であるため、最も多く使用された（ Ａ ）をはじめ、電気製品、ブレーキライニング等、自動車、家庭用品などの様々な用途に広く使用されてきた。

この物質は、蛇紋石系のクリソタイル、角閃石系のクロシドライト、アモサイトなどいくつかの種類が存在するが、クロシドライトはもっとも発がん性が高いと言われている。クロシドライトは（ Ｂ ）と呼ばれるがんの発生率が高く、現在、日本では使用禁止となっている。

（１）この文章で説明されている物質を答えなさい。

（２）（ Ａ ）に入る最もふさわしい語句を下のア～オから選びその記号を解答欄に記入しなさい。

ア　建設資材　　イ　食品添加物　　ウ　熱媒体　　エ　殺菌剤　　オ　電気部品

（３）（ Ｂ ）に入る疾病として、最も可能性が高いと考えられているものを下の語群から選び解答欄に記入しなさい。

語群　（　胃がん、　肝臓がん、　皮膚がん、　中皮腫、　胆管がん　）

問４　化学技術の進歩により生み出された様々な化学物質は、人間の生活に大きな利便性をもたらした。次の（１）～（４）に示す化学物質が、日常生活の中でよく用いられる用途として最もふさわしいものを下のア～カより選び、解答欄に記号を記入しなさい。ただし、１回用いた記号は使えないものとする。

化学物質
（１）　ラウリル硫酸ナトリウム

（2）　ポリエチレン、ポリスチレン
（3）　トルエン、キシレン、ホルムアルデヒド
（4）　ナフタレン、ジクロルボス

用途
ア　衣料品　　イ　洗剤・歯磨き剤　　ウ　食品添加物　　エ　食品容器・包装材　　オ　接着剤・塗料
カ　防虫剤・殺虫剤

問５　排水処理に関して、次の設問（1）～（3）について答えなさい。

（1）鉛とカドミウムの排水処理に共通する記述として**誤っているもの**を下のア～エから１つ選び、解答欄に記号を記入しなさい。

ア　どちらも他の金属イオンによる共沈現象が認められる。
イ　どちらも硫化物イオンが存在すると、硫化物として沈殿する。
ウ　どちらもキレート樹脂に吸着される。
エ　どちらも水酸化物沈殿法において pH を高くしすぎても沈殿物が再溶解するおそれはない。

（2）クロムめっきの工程からはクロムを多く含む排水が排出される。そのため、クロムめっきを行っている工場では、排水基準を遵守するために除害施設が設けられる。次のクロム含有排水の処理に関する記述で、**誤っているもの**を、次のア～エから１つ選び解答欄に記号を記入しなさい。

ア　クロム(VI)の還元処理には、亜硫酸水素ナトリウム等の亜硫酸塩がよく用いられる。
イ　クロム(VI)の還元処理は、酸性で促進される。
ウ　クロム(VI)は、水酸化物イオンの添加で沈殿を生成する。
エ　クロム(III)は、水酸化物イオンを過剰に添加すると、生成した沈殿が再溶解する。

（3）ある食品工場の建設が予定されている。この工場からは、BOD 濃度 150mg/L の汚水が、水量 200 m^3/日で排出されると見込まれているため、この排水を活性汚泥法により処理することが計画されている。これについて以下の問いに答えなさい。

①　１日に処理することになる BOD 負荷量(kg)を有効数字２桁で答えなさい。

②　この排水を、BOD-汚泥負荷 0.05 kg-BOD/(kg-汚泥・日)、活性汚泥濃度 3000mg/L で処理を行う場合、この処理施設の生物反応槽（曝気槽）の容積(m^3)をいくらにすればよいか。①で求めた負荷量を用いて計算過程とともに答えなさい。
なお、BOD-汚泥負荷とは、活性汚泥微生物 1kg あたりの流入 BOD 負荷量(kg)のことをいい、活性汚泥法では、これを一定にするようにして運転する。

【必須問題】
問　　現在の化学工業には、「グリーンケミストリー」の実践が求められているが、この言葉の意味を説明しなさい。また、これを実践する方法について例を３つあげなさい。さらに、この実践を広げていくには、化学に携わる者がどのような視点を持つべきか、あなたの考えを述べなさい。答案は全体で 500 字程度にまとめなさい。