

平成 25 年度 入学 試験 問題

理 科

	ページ
物 理	1～11
化 学	12～26
生 物	27～40
地 学	41～48

化学については、問題 **1** から問題 **5** までは必ず解答し、問題 **6** と問題 **7** については、どちらか一方を選択して解答すること。

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

化 学

(問題 6 と問題 7 については、どちらか一方を選択して解答すること。)

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5, Ca = 40.0。気体定数 $R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)。ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

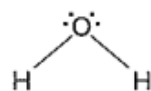
1 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

水分子 H_2O では、水素原子2個と酸素原子1個が共有結合して、最外殻の不足している電子を補いあっている。これにより、HはHeと同じ電子配置になり、Oは ア と同じ電子配置になっている。共有される2個(1対)の電子を共有電子対というが、水素原子と酸素原子の共有電子対を引きよせる度合いが異なり、水分子の共有電子対は イ 原子に引きよせられている。水分子

の酸素原子は2組の非共有電子対をもっており、水分子は図1に示すように折れ線形をしている。そのため、水分子は分子全体として電荷のかたよりのある

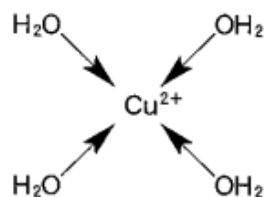
ウ 分子であり、水分子間で水素結合を形成する。また、水分子は水素イオンと配位結合して エ イオンとなるが、 Cu^{2+} と配位結合した場合には図2に示すように正方形の錯イオン $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ となる。

アンモニア分子も水分子同様に分子全体として電荷のかたよりのあるが、メタン分子ではかたよりのない。



折れ線形

図1



正方形

(→ は配位結合を表す)

図2

問 1 文章中の に入る適切な元素記号を記せ。

問 2 文章中の ~ に入る適切な語句を記せ。

問 3 下線の記述が表わす用語を次の(a)~(d)から選び、記号で答えよ。

(a) 電子親和力

(b) 電離度

(c) イオン化エネルギー

(d) 電気陰性度

問 4 図 1 にならい、アンモニア分子とメタン分子の立体構造を描き、その形の名称を記せ。非共有電子対がある場合は、それを立体構造に記すこと。

問 5 図 2 にならい、アンモニア分子が Ag^+ および Cu^{2+} と配位結合して生成する錯イオンの立体構造を描き、その形の名称を記せ。

問 6 水素結合に関する記述として正しいものを次の(a)~(e)から 2 つ選び、記号で答えよ。

(a) 液体状態では、フッ化水素は臭化水素に比べ分子間の水素結合による引力が弱いので、フッ化水素の沸点は臭化水素に比べ低い。

(b) 液体状態では、酢酸はカルボキシル基(カルボキシ基)の間で水素結合して、環状の二量体をつくっている。

(c) 液体状態では、メタンは分子間で水素結合による引力が働くので、他の同族の水素化物と比べて異常に高い沸点を示す。

(d) 水素結合は共有結合に比べ弱いですが、イオン結合よりも強い。

(e) スクロース(ショ糖)は水分子と水素結合で引き合い水和されるので、水によく溶ける。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

図1に示すように、少量の酸化マンガン(IV) (MnO_2)に、 1.00 mol/L の濃度の過酸化水素水を 10.0 mL 加えた。温度を 20°C に保ったまま、発生した酸素の体積 (mL) を記録し、表1にまとめた。なお、大気圧を $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 20°C における水蒸気圧を $2.30 \times 10^3 \text{ Pa}$ とし、反応溶液の体積は変化しないものとする。

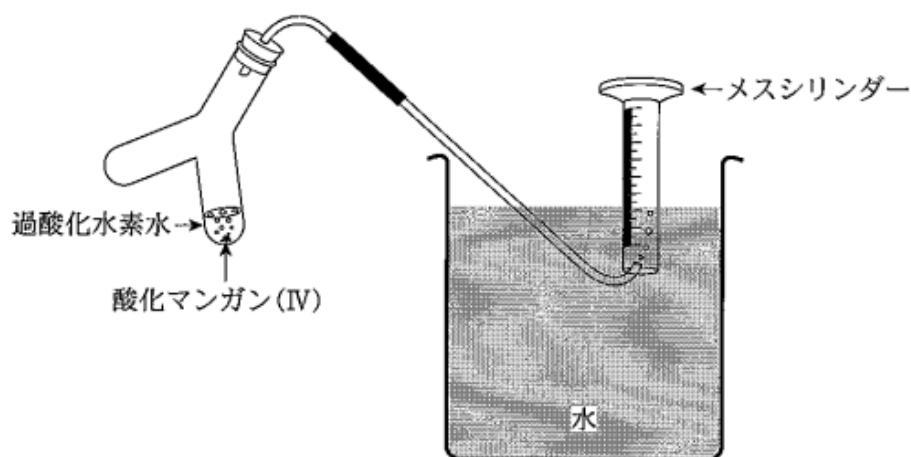


図1 水上置換による酸素捕集

表1 発生した酸素の体積

時間 [s]	0	30	60	120	180
酸素体積 (mL)	0	25	45	75	92

- 問 1 過酸化水素が分解し酸素を発生する反応を、化学反応式で記せ。
- 問 2 酸素のように、水上置換により捕集するのが最も適している気体を、次の (a)~(e)から 1 つ選び、記号で答えよ。
- (a) アンモニア (b) 窒素 (c) 二酸化窒素
(d) 塩素 (e) 二酸化炭素
- 問 3 水溶液中の過酸化水素は、20℃ではほとんど変化がみられないが、酸化マンガン(IV)を触媒として加えると、分解して酸素を発生するようになる。触媒により、反応が速やかに進行する理由を、30字以内で記せ。
- 問 4 0~30秒間に発生した酸素の物質量[mol]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。
- 問 5 0~30秒間における過酸化水素の分解速度[mol/(L·s)]を求め、有効数字2桁で示せ。
- 問 6 表2には、酸化マンガン(IV)に過酸化水素水を加えてから30秒後以降の、各時間区分における過酸化水素の平均の濃度と分解速度を示している。これらの値と、上で求めた0~30秒間の結果をもとにして、過酸化水素の平均の濃度[mol/L]と分解速度[mol/(L·s)]の関係をグラフに表わせ。また、速度定数 k (/s)を、有効数字2桁で示せ。

表 2

時間区分 (s)	30~60	60~120	120~180
平均の濃度[mol/L]	0.72	0.52	0.33
分解速度[mol/(L·s)]	5.3×10^{-3}	4.0×10^{-3}	2.3×10^{-3}

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

塩化ナトリウムは、ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- が、1:1の割合で結合してできた白色の化合物で、約 800°C の融点をもつ。塩化ナトリウムに濃硫酸を加え加熱すると、水によく溶ける気体Aが発生した。^①

一方、図1に示すように、陽イオン交換膜で仕切った電解槽の陽極室には 0.50 mol/L の塩化ナトリウム水溶液を、陰極室には水を入れ、炭素電極を用いて一定の電流を流して電気分解した。陽極からは気体Bが、陰極からは気体Cが発生し、陰極室の水溶液を濃縮すると化合物Dが得られた。

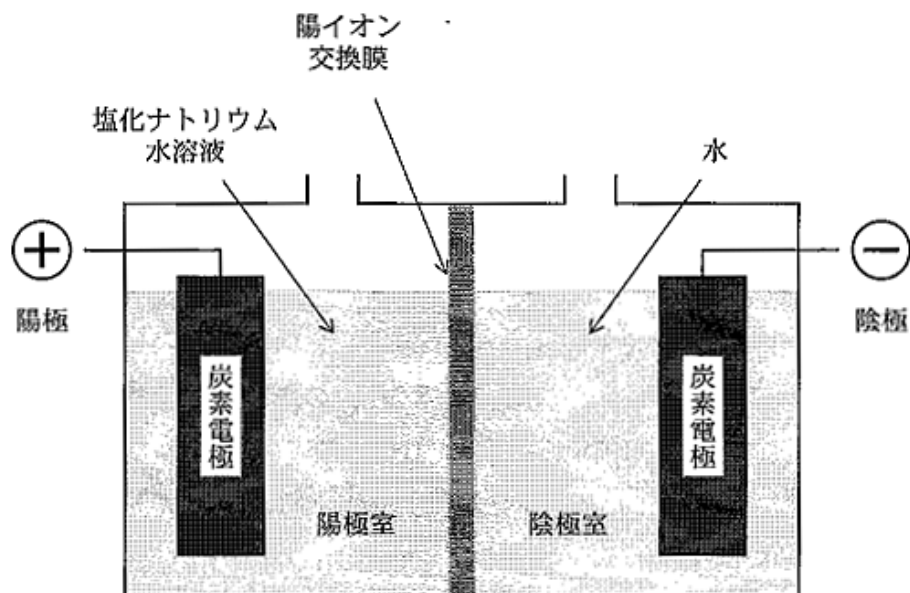


図1

次に、図 2 に示すように、3 種類の金属イオン(Al^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+})が含まれている水溶液 X に、気体 A の水溶液を必要十分な量を加えると、沈殿 E が生じた。沈殿 E をろ過し、ろ液に化合物 D の水溶液を室温で過剰量加えると、沈殿 F が生じた。ろ過した沈殿 F をおだやかに加熱すると、② 黒色の化合物 G に変化した。

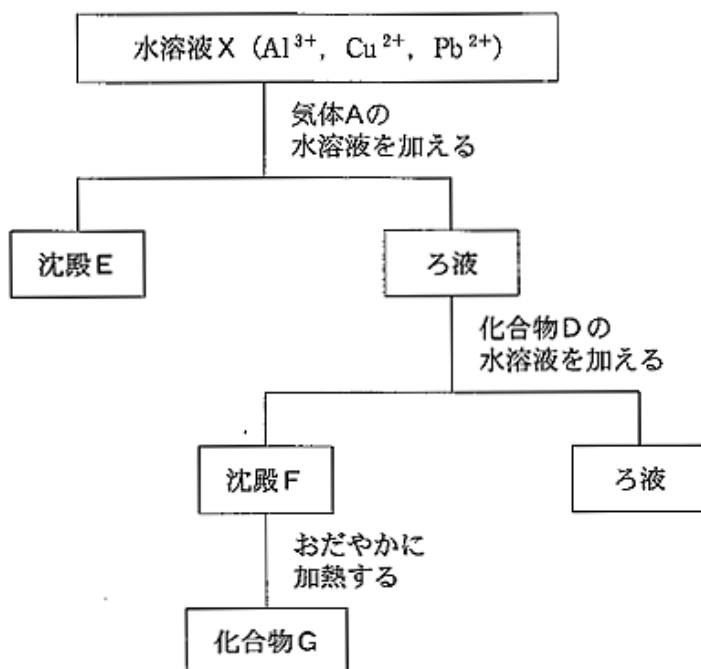


図 2

問 1 ナトリウムの単体は展性や延性があり、融点は $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ である。ナトリウムに比べて塩化ナトリウムは硬くてもろく、融点が非常に高い。このように、ナトリウムと塩化ナトリウムで性質が異なる理由を 50 字以内で記せ。

問 2 下線部①の反応を、化学反応式で記せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 3 気体 B と気体 C について述べた文章として適切なものを、次の(a)~(f)からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 無色・無臭で、水溶液は弱酸性を示す。
- (b) 水酸化ナトリウム水溶液に、亜鉛粉末を入れると発生する。
- (c) 無色で刺激臭があり、水溶液は弱塩基性を示す。
- (d) 硫化鉄(II)に希硫酸を加えると発生し、水溶液は弱酸性を示す。
- (e) 無色・無臭で、希硝酸に銅片を入れると発生する。
- (f) 刺激臭があり、水溶液は強い酸化作用をもつ。

問 4 塩化ナトリウム水溶液の電気分解を 16 分間行なうと、0.020 mol の化合物 D が生成した。この電気分解において、流した電流の強さ [A] を求め、有効数字 2 桁で示せ。

問 5 沈殿 E と沈殿 F の色として適切なものを、次の(a)~(e)からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 黒色 (b) 白色 (c) 黄色 (d) 青白色 (e) 赤褐色

問 6 下線部②の反応を、化学反応式で記せ。

4 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

温泉地や火山地帯の空気中には、腐卵臭をもつ **ア** や、刺激臭をもつ **イ** が含まれる。火山の噴火口付近では、吹き出た **ア** が酸素と反応して固体の硫黄が生成する。また、**ア** の水溶液に **イ** を吹き込むと、硫黄の単体が遊離する。

石炭や石油などの化石燃料にも、硫黄が含まれている。そのため、石炭や石油などを燃焼した際に、大気汚染物質として **イ** が発生し、大気中に含まれる水分と反応して弱酸の **ウ** が生成する。また、**イ** が酸素と反応して **エ** が生成し、さらに **エ** が大気中に含まれる水分と反応して硫酸を生成するため、酸性雨の原因の1つとなっている。

石炭火力発電所においては、石灰石(炭酸カルシウム)の微粉末を水中に分散させ、**イ** を含む排煙中に噴霧して、水や酸素と反応させている。これにより、セッコウ(硫酸カルシウム二水和物)が回収され、大気汚染を防いでいる。

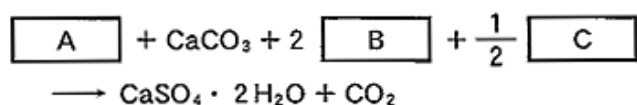
硫酸は、工業的には **オ** を触媒として **イ** を酸化し、生じた **エ** を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸でうすめて濃硫酸とする接触法によりつくられている。

問1 文章中の **ア** ～ **オ** に入る適切な化合物の名称を記せ。

問2 下線部①～③の反応を、化学反応式で記せ。

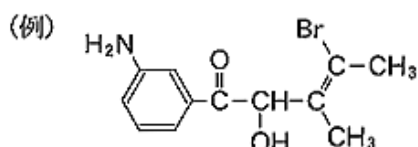
問3 下線部③の反応において、硫黄原子の酸化数の値がどのように変化したかを記せ。

問 4 下線部④の化学反応式を以下に示した。 $\boxed{\text{A}}$ ~ $\boxed{\text{C}}$ に適切な化学式を記入し、化学反応式を完成させよ。



問 5 質量で 1.6 % の硫黄を含有する石炭 10 kg を燃焼して発電した際に、下線部④の反応によって回収されるセッコウの質量 [g] を求めよ。ただし、石炭中の硫黄は、すべてセッコウとして回収されるものとする。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。

- 5 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。解答で構造式を示す場合は、例にならって記せ。



化合物AとBの分子式は、いずれも C_2H_6O である。化合物Aは単体のナトリウムと反応しないが、化合物Bは反応して気体 **ア** を発生する。

化合物CとDの分子式は、いずれも C_3H_6O である。化合物Cは、フェーリング液と反応して赤色沈殿 **イ** を生じ、化合物Dは、アルカリ水溶液中でヨウ素を加えると黄色の沈殿 **ウ** を生じた。

化合物EとFは、同じ分子式をもち、炭素、水素、酸素だけからなる分子量90のカルボン酸である。化合物Eは不斉炭素をもつが、化合物Fはもたない。いずれの化合物も元素分析の結果は、炭素40.0%、水素6.7%であった。

化合物GとHは、分子内にヒドロキシル基(ヒドロキシ基)、カルボキシル基(カルボキシ基)、不斉炭素をそれぞれ1個ずつもつ分子量162のエステルである。化合物GとHを加水分解すると、いずれの化合物からも同じ物質量の化合物EとFが生成した。化合物Gを適切な酸化剤を用いて酸化すると、不斉炭素がなくなり、ケトン基をもつ分子量160の化合物Iが生成した。

問 1 文章中の ア ~ ウ に入る適切な化学式を記せ。

問 2 化合物 A~D を構造式で記せ。

問 3 化合物 E の分子式を記せ。

問 4 化合物 E と F の構造式を記せ。ただし、光学異性体は区別しなくてよい。

問 5 化合物 G~I の構造式を記せ。ただし、光学異性体は区別しなくてよい。

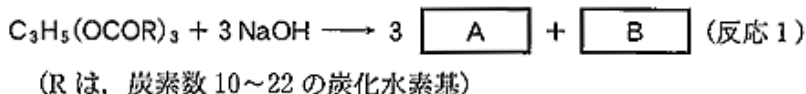
(6 と 7 のどちらか一方を選択して解答せよ。 6 を選択した場合は、
答案用紙の 6 の下のマーク欄に○を記入せよ。)

6 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

油脂は、高級脂肪酸3分子とグリセリン1分子がエステル結合した化合物である。油脂を構成する脂肪酸のうち、炭化水素基に二重結合をもたない脂肪酸を飽和脂肪酸、二重結合をもつ脂肪酸を不飽和脂肪酸という。不飽和脂肪酸含有率の高い植物性油脂は、室温では液体のものが多い。このような油脂に水素を反応させると、不飽和結合の数が減少し固体となる。これを硬化油といい、アなどの食品の主原料となる。

油脂は、古くなるとイや低級脂肪酸が生じるために、風味が落ち異臭を放つようになる。これを酸敗という。本来、油脂は水に不溶であるが、界面活性剤の働きにより水と混じり合う。たとえば、卵黄に含まれるウは界面活性剤として機能するので、サラダ油と食酢に卵黄を加えて混ぜるとマヨネーズができる。

油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、セッケンができる(反応1)。



セッケンは、硬水中では不溶性の塩を生じ、洗浄力が低下する。

問 1 文章中の ア ~ ウ に入る適切な語句を記せ。

問 2 A と B に適切な示性式を入れて反応 1 を完成させよ。

問 3 下線部の変化をイオン反応式で記せ。炭化水素基部分は R を用いよ。

問 4 次の(a)~(e)の不飽和脂肪酸を、二重結合の数の少ないものから順に記せ。

(a) リノレン酸 ($C_{18}H_{30}O_2$)

(b) リノール酸 ($C_{18}H_{32}O_2$)

(c) オレイン酸 ($C_{18}H_{34}O_2$)

(d) アラキドン酸 ($C_{20}H_{32}O_2$)

(e) ドコサヘキサエン酸 ($C_{22}H_{32}O_2$)

問 5 グリセリン 1 分子に、オレイン酸 ($C_{18}H_{34}O_2$) 3 分子がエステル結合した油脂がある。水素を付加させて、この油脂のすべての炭素原子間の二重結合を単結合にする反応を、化学反応式で記せ。

(6 と 7 のどちらか一方を選択して解答せよ。 7 を選択した場合は、
答案用紙の 7 の下のマーク欄に○を記入せよ。)

7 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

植物が生育するために必要な成分の中で、特に不足しがちな元素として、窒素 N、リン P、カリウム K がある。主に、N はアンモニウムイオンや **ア**、P は **イ**、K はカリウムイオンの形で水とともに植物に吸収される。

肥料は、動植物由来の天然肥料と、人工的につくられた化学肥料に大別される。化学肥料には、N、P、K のどれかを単一の成分として含む単肥と、N:P:K の比率を調節した複合肥料がある。植物の生育は、不足している栄養分によって制限されてしまうので、各成分を適切な比率で与える必要がある。また、複数の物質相互の化学反応で、植物の生育に有効な成分が失われないようにする注意も必要である。たとえば、窒素肥料である硫酸アンモニウムと土壤改良用の水酸化カルシウムを一緒にまくと、有効成分がアンモニアとして失われる。

歴史的に見ると、化学肥料は作物の収量を上げ、増大する世界人口を支えてきた。現在、窒素肥料のほとんどは、**ウ**法により合成されたアンモニアに由来する。ふつうはアンモニアを、硫酸などの酸で中和させた塩として使用するが、加水分解によって土壤が **エ** になってしまう欠点がある。それに対し、アンモニアと二酸化炭素を反応させて得られる尿素は、土壤を **エ** にしない。

微生物の中にも大気中の窒素をアンモニアに変えることができるものがある。**オ**科植物がやせた土地でも生育できるのは、その根に共生する根粒菌により固定された窒素を利用できるためである。

問 1 文章中の ア ~ オ に入る適切な語句を記せ。

問 2 化学肥料と比較して、一般に天然肥料がもつ特徴として適切なものを、次の(a)~(d)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 速効性(即効性)である。
- (b) 安価で有効成分の含有量が多い。
- (c) 過剰に与えても害は少ない。
- (d) 雨水により流出しやすい。

問 3 窒素 N, リン P, カリウム K の記述として適切なものを次の(a)~(d)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 光合成や酵素の活性に必要な金属元素で、不足すると葉が黄変する。
- (b) 核酸や ATP の成分で、若芽や根の成長をよくする。
- (c) 細胞中の水分調節に関係し、大きな果実を実らせる。
- (d) タンパク質、核酸の主要な成分で、根、茎、葉などの器官を作るのに必要である。

問 4 下線部①の反応が完全に進行するとき、硫酸アンモニウム 132 g と水酸化カルシウム 66.6 g から生成するアンモニアの質量 [g] を求め、有効数字 3 桁で示せ。

問 5 下線部②で起こる反応を、化学反応式で記せ。