

学力検査問題

理 科

平成 27 年 2 月 25 日

(理科 1 科目受験者)	(理科 2 科目受験者)
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理基礎・物理(3～14 ページ)、化学基礎・化学(15～24 ページ)、生物基礎・生物(25～44 ページ)、地学基礎・地学(45～54 ページ)の各問題があります。総ページは 54 ページです。
- 2 解答用紙は、生物基礎・生物は 2 枚(表裏の計 4 ページ)です。物理基礎・物理、化学基礎・化学、地学基礎・地学は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 生物基礎・生物には、選択問題があります。生物基礎・生物の注意事項をよく読んで解答しなさい。
- 4 下書き用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 5 受験番号は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 6 解答は、解答用紙に記入しなさい。
出願の際に届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 7 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。
- 8 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。

化学基礎・化学 (4 問)

注 意 事 項

- 1 計算に必要な場合には、次の原子量および定数を用いよ。

$$H = 1.00 \quad C = 12.0 \quad N = 14.0 \quad O = 16.0 \quad I = 126.9$$

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

- 2 計算問題を解答する場合には有効数字に注意し、必要ならば四捨五入すること。
- 3 字数制限のある設問については、句読点を含めた字数で答えること。

〔 I 〕 金属元素 E1～E4 に関する次の文章(1)～(4)を読み、問 1～問 6 の答えを解答欄に記入せよ。

- (1) E1 の化合物は、炎色反応により橙赤色を示す。E1 の酸化物 ア は、白色固体で、乾燥剤として使用されている。E1 の単体は、常温で水と反応し、塩基である イ と水素を生成する。イ の水溶液に二酸化炭素を通じると鍾乳石の主成分である ウ の白色沈殿を生じる。さらに二酸化炭素を通じ続けると、エ を生じて溶ける。
- (2) E2 の単体は、湿気のある空气中でゆっくりと酸化され、^{ろくしょう}緑青とよばれる青緑色のさびを生じる。E2 とスズの合金は、つり鐘などに使用されている。E2 に濃硝酸を加えると、有毒で水に可溶な赤褐色の気体が発生する。 空气中^(a)で E2 を加熱することで得られる黒色粉末の オ は、希硫酸に溶けて カ の水溶液になる。この水溶液から析出させた青色結晶の キ は、150℃ 以上に加熱すると白色粉末になる。
- (3) 銀白色の金属である E3 は軽量であることから、窓枠や炭酸飲料の容器として使用されている。E3 の結晶構造は、充填率約 74% の X 格子であり、^(b)一個の原子に隣接する原子の配位数は 12 である。E3 を酸素中で加熱することで得られる酸化物 ク は、サファイヤやルビーの主成分である。
- (4) E4 の単体は、ダニエル電池の負極に用いられる。E2 と E4 の合金は、さびにくく、楽器や硬貨に使用されている。E4 の酸化物 ケ は白色で、絵具や軟こうなどに用いられる。この酸化物は、酸とも塩基とも反応して塩を生じる。^(c)

問 1 文章中の **ア** ~ **ケ** に当てはまる最も適切な化合物を化学式で記せ。

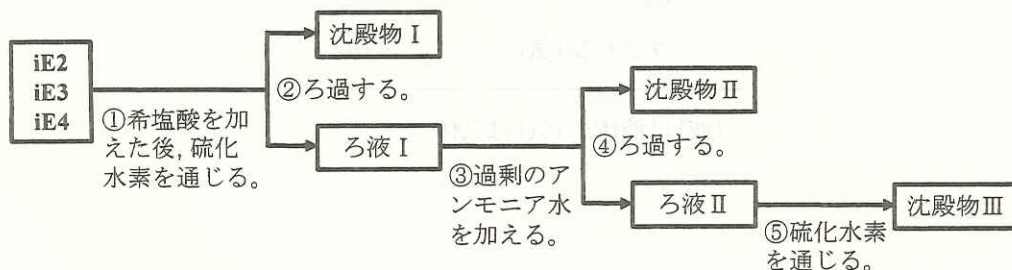
問 2 **E1**~**E4** の金属元素をイオン化傾向の大きなものから順に並べ、元素記号で記せ。

問 3 下線部(a)の反応を化学反応式で記せ。

問 4 下線部(b)について、**X** に当てはまる最も適切な語句を記せ。また、この結晶の密度 d [g/cm³] を原子量 M , 原子半径 r [cm], アボガドロ定数 N_A [mol] を用いて表せ。ただし、結晶格子中の各原子は互いに接しているものとする。

問 5 下線部(c)の性質をもつ酸化物を何と呼ぶか、最も適切な語句を記せ。また、**E4** の酸化物 **ケ** に、(i)塩酸を加えたときに起こる反応、(ii)水酸化ナトリウム水溶液を加えたときに起こる反応をそれぞれ化学反応式で記せ。

問 6 **E2**, **E3**, **E4** の陽イオン(それぞれ **iE2**, **iE3**, **iE4** と表記する)を含む水溶液から、各イオンを分離するために図のような実験操作①~⑤を行った。**iE2**, **iE3**, **iE4** は、2価あるいは3価の陽イオンである。図中の沈殿物 I, 沈殿物 II, 沈殿物 III と、ろ液 II の中に含まれる錯イオンの化学式をそれぞれ記せ。



図

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問 1～問 5 の答えを解答欄に記入せよ。

空気をバーナーに供給してプロパンを完全燃焼させる。空気中の窒素は、燃焼反応に関与しないため、燃焼後バーナーから排出される燃焼ガスの中に含まれる。空気中の酸素のモル分率を 0.20、窒素のモル分率を 0.80 とする。プロパンを完全燃焼させるのに最低限必要な空気量の 1.6 倍の空気を供給しプロパンを完全燃焼させた。燃焼によりバーナーから排出された物質はすべて気体として回収した。

上記の条件で、プロパンをバーナーで燃焼させ、ビーカーに入った 20℃、1.0 kg の水を加熱した。ビーカーの中にあつた水は 100℃ で沸騰を続け、最終的に 72 g の水がこの加熱により蒸発してなくなった。水の比熱は温度に関係なく 4.2 J/(g・℃) で一定とし、水は 100℃ まで蒸発しないものとする。また、プロパンの燃焼熱は水の加熱のみに使われ、燃焼ガスの温度上昇は無視する。

なお、それぞれの物質の生成熱は表のとおりとし、表中の値はいずれの場合も温度によらず一定とする。

表 物質の生成熱

物質	生成熱 [kJ/mol]
H ₂ O(液)	286
H ₂ O(気)	242
CO ₂ (気)	394
プロパン(気)	102

(液)は液体、(気)は気体

問 1 下線部(a)の構造式を記せ。

問 2 下線部(b)について、以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。ただし、燃焼後に生じる物質はすべて気体とする。

(i) プロパンの燃焼反応を化学反応式で記せ。

(ii) プロパン 1.0 mol が完全燃焼したときに生じる熱量 [kJ] はいくらか、整数値で答えよ。

問 3 下線部(c)のように、最低限必要な空気を供給したときに回収した燃焼ガスに含まれるすべての物質とそれらのモル分率を、以下の解答例にならいう記せ。モル分率は小数点以下 2 桁で答えよ。

解答例 $\text{N}_2 : \text{O}_2 = 0.80 : 0.20$

問 4 下線部(d)において、回収した燃焼ガスに含まれるすべての物質とそれらのモル分率を、以下の解答例にならいう記せ。モル分率は小数点以下 2 桁で答えよ。

解答例 $\text{N}_2 : \text{O}_2 = 0.80 : 0.20$

問 5 下線部(e)について、以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。

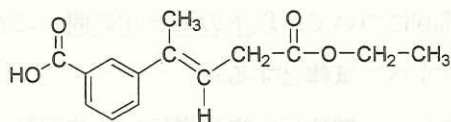
(i) この加熱に要した熱量 [kJ] はいくらか、整数値で答えよ。

(ii) この加熱で消費したプロパンの量 [g] を有効数字 2 桁で答えよ。

(iii) この加熱において供給した空気量 [L] を整数値で答えよ。ただし、空気は標準状態とする。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、問1～問7の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は例にならぬ記せ。

構造式の例：



化合物Aは分子式C₂₁H₂₂O₄の有機化合物であり、分子中にベンゼン環をもつ。化合物Aの構造を決定するため、実験(1)～(8)を行った。

実験：

- (1) 化合物Aを完全に加水分解したところ、化合物B、化合物C、化合物Dの混合物が生じた。
- (2) 化合物B～Dの混合物にジエチルエーテルと十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に溶解させた。分液漏斗を用い、ジエチルエーテル層と水層を分離した。
- (3) 実験(2)の水層に塩酸を加えたところ、化合物Bが析出した。化合物Bは^(a)6.64 g得られた。化合物Bは分子式C₈H₆O₄の芳香族化合物であり、二つの同じ官能基が互いに*p*-位の関係にあった。^(b)
- (4) 実験(2)のジエチルエーテル層には化合物Cと化合物Dが存在していた。両者を分離し、それぞれの構造を調べた。化合物Cの分子式はC₇H₈Oであり、芳香族化合物であった。また、化合物Dの分子式はC₆H₁₂Oであり、第一級アルコールであった。
- (5) 実験(4)で得られた化合物Cを過マンガン酸カリウムで酸化したところ、化合物Eが3.66 g得られた。化合物Eの分子式はC₇H₆O₂であった。^(c)
- (6) 炭酸水素ナトリウム水溶液に化合物Eを加えたところ、気体が発生した。^(d)
- (7) 赤褐色の臭素水に化合物Dを加えると無色となった。^(e)

(8) 化合物 D を酸性条件下過マンガン酸カリウムで酸化すると、化合物 F と化合物 G が生じた。化合物 F の分子式は $C_3H_4O_3$ であった。化合物 G は、室温で無色透明の中性の液体であり、クメン法でも得ることができる化合物であった。

なお、アルケンの二重結合は酸性条件下過マンガン酸カリウムにより酸化され、ケトンもしくはカルボン酸になる(下式)。



[O]は過マンガン酸カリウム、 $R^1 \sim R^4$ はアルキル基を示す。

問 1 化合物 A ~ F の構造式を記せ。

問 2 下線部(a)の反応を化学反応式で記せ。

問 3 下線部(b)の結果から、実験(1)で得られた化合物 C と化合物 D の質量 [g] をそれぞれ有効数字 3 桁で求めよ。

問 4 下線部(c)の結果から、何%の化合物 C が過マンガン酸カリウムにより酸化されたか、整数値で答えよ。

問 5 下線部(d)の反応を化学反応式で記せ。

問 6 下線部(e)において、赤褐色の臭素水が無色になった理由を 20 字以内で説明せよ。

問 7 化合物 G の名称を記せ。

〔IV〕 次の文章を読み、問1～問6の答えを解答欄に記入せよ。

グリセリドはグリセリンと脂肪酸が脱水縮合したエステル化合物であり、グリセリンのすべてのヒドロキシ基がエステル化された化合物をトリグリセリドという。植物や動物の体内に広く存在する油脂はトリグリセリドの混合物であり、その性質はトリグリセリドを構成する脂肪酸の分子量や構造に大きく依存する。分子量が大きい脂肪酸を 脂肪酸、脂肪酸の炭化水素基が単結合のみからなる脂肪酸を 脂肪酸、炭化水素基が二重結合を含む脂肪酸を 脂肪酸という。常温で固体である油脂は脂肪とよばれ、常温で液体である油脂は脂肪油とよばれる。

(a) 脂肪酸のグリセリドを多く含む脂肪油は空気中で固まりやすく、塗料や油絵具などの原料に用いられる。脂肪油に含まれる二重結合に水素を付加させて得られる硬化油は、^(b) マーガリンやセッケンの原料に用いられる。セッケンは油脂のアルカリ加水分解により製造されている。

(c) 一方、 脂肪酸のグリセリドを多く含む脂肪油は固まりにくく、食用油などに用いられている。食用油あるいはその廃油をメタノールと反応させて得られる脂肪酸のメチルエステルは、^(d) バイオディーゼル燃料とよばれ、化石資源に依存しないエネルギー源として注目されている。

問 1 文章中の ア ~ ウ に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 下線部(a)の現象が起こる理由を 30 字以内で記せ。

問 3 下線部(b)に関連して、以下の問いに答えよ。

ある脂肪油 100.0 g をヨウ素と反応させたところ 226.9 g となった。この脂肪油の炭素-炭素二重結合を水素化するために必要な水素の量(L)は標準状態でいくらか、有効数字 3 桁で答えよ。

問 4 下線部(c)の反応の名称を記せ。

問 5 セッケンの洗浄力は海水中では低下する。その理由を 40 字以内で記せ。

問 6 下線部(d)に関連して、次の(i)~(iii)の問いに答えよ。

(i) 油脂を構成するトリグリセリドの脂肪酸はすべて RCOOH であるとして、この反応の化学反応式を記せ。ただし、R は炭化水素基を表す。

(ii) ある食用油 44.60 kg をメタノールと完全に反応させて、バイオディーゼル燃料を合成した。その結果、グリセリン 4.600 kg が生成した。得られた燃料は何 kg か、有効数字 3 桁で答えよ。

(iii) この食用油を構成するトリグリセリドの平均分子量はいくらか、整数値で答えよ。

このページは白紙です。