

# 理科問題紙

平成 31 年 2 月 25 日

自 14 : 00

至 16 : 00

## 答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 29 までの 29 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, ⑨, 化学 ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, 物理 ⑭, ⑮, ⑯ の 10 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。





# 化 学

1 以下の文章を読み、問1～問8に答えなさい。

化学結合する2つの原子の電気陰性度に大差がある場合、その化学結合はNaClのようなイオン結合となり、電気陰性度の差が中程度の場合にはH<sub>2</sub>Oのように  をもった共有結合となる。とはいえ、ある結合がイオン結合か共有結合かを判別するには、電気陰性度の差の値だけでは不十分である。例えば BF<sub>3</sub> や SiF<sub>4</sub> における2つの異なる原子の電気陰性度の差はNaClのそれよりも大きく、これらの化学結合はイオン結合のように思えるが、これらの物質は室温では気体として存在する。 また窒素分子のように同種の原子どうしや、一酸化窒素のように電気陰性度がほぼ同じである異種の原子どうしの化学結合は共有結合だが、青銅のような合金や金属ナトリウム中の化学結合は金属結合と呼ばれる。

② 化学結合の種類の判別には、元素間の電気陰性度の差を縦軸に、その平均を横軸にプロットした図1を用いて考えることができる。例えば、NaClは図1に描かれた三角形の頂点側にプロットされ、一酸化窒素は三角形の右下側にプロットされる。イオン結合と共有結合との領域の境界を破線で示した。またこの三角形を右から左へたどると、物質中の化学結合をつかさどる電子に対してその物質中の原子が束縛する強度が徐々に弱まり、その電子は  電子と呼ばれるようになる。つまり図1の点線で境界を示した三角形の左下側に位置する物質内の結合は金属結合の特徴を持つ。ただし、金属結合と共有結合との境界に位置する化学結合を持つ物質は両方の特徴を併せ持つことも多い。例えば金属ゲルマニウムの電気陰性度の差と平均値はそれぞれ0.0と1.99であり境界付近に位置しており、伝導体と絶縁体の中間的な電気伝導性を示す  となる。

③ 固体の名称として、イオン結晶、共有結晶、金属結晶以外に、分子結晶というものがある。その固体内部の分子内結合は共有結合により原子どうしが強く結びつき、分子どうしの間には弱い結合力の  が働く。  のうち  結合を除いた結合力をファンデルワールス力ともいい、この力は すべての分子の間にはたらく弱い引力と、電荷の偏りのある  分子間の

④

静電的な引力を合計したものである。また (え) の強度は図1に示した三つの結合よりはるかに弱く、室温での分子の熱振動エネルギーよりも少し強い程度であり、(え) の強い物質ほど、融点は (か) くなり、融解熱も (き) くなる。例えば、 $F_2$  の分子結晶の融点は  $I_2$  のその融点よりも (く) い。

表1 元素とその電気陰性度

H	2.30	Mn	1.55
B	2.05	Fe	1.67
C	2.54	Co	1.76
N	3.07	Ni	1.86
O	3.61	Cu	1.84
F	4.19	Zn	1.59
Na	0.87	Ga	1.76
Mg	1.29	Ge	1.99
Si	1.92	As	2.21
S	2.59	Br	2.69
Cl	2.87	Sn	1.82

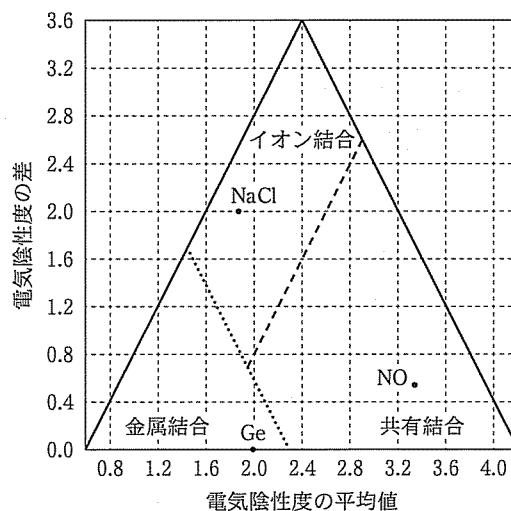


図1 元素の電気陰性度の差と平均による結合タイプ三角形

問1 説明文中の (あ) ~ (お) にあてはまる語句を記しなさい。

問2 説明文中の下線部①のように、 $BF_3$  や  $SiF_4$  が室温では気体として存在すると、なぜ「電気陰性度の差だけではイオン結合か共有結合かを判別することができない」ということの論拠となるか。 $BF_3$ 、 $SiF_4$  および  $NaCl$  での化学結合における電気陰性度の差を表1から計算した値を示しながら、140文字以内でその論拠となる理由を記述しなさい。なお、分子式や数値は以下の例にしたがって2文字マス目内に記述すること。

(例) 

B	F <sub>3</sub>	,	Si	F <sub>4</sub>	,	Na	Cl	,	2.	01
---	----------------	---	----	----------------	---	----	----	---	----	----

問 3 説明文中の下線部②の青銅における2つの異なる原子間の化学結合における電気陰性度の平均と差の値を表1から計算しなさい。

問 4 説明文中の下線部③の (う) に属すると図1から考えられる物質を、(a)~(e)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

(a)  $Mg_3N_2$     (b)  $SnBr_4$     (c)  $GaAs$     (d)  $CS_2$     (e)  $SiC$

問 5 窒化ホウ素  $BN$  と硫化ナトリウム  $Na_2S$  の2つの物質の種類について、適切なものを(a)~(d)の中からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。なお、窒化ホウ素と硫化ナトリウムの融点はそれぞれ  $2700\text{ }^\circ\text{C}$  と  $1176\text{ }^\circ\text{C}$  である。

- (a) イオン結晶
- (b) 分子結晶
- (c) 金属結晶
- (d) 共有結晶

問 6 最近、医療現場で利用するためのマグネシウムと鉄のみからできた新素材が開発された。図1から考えられるこの新素材の性質について、以下の(a)~(e)の記述の中から合うものをすべて選びなさい。

- (a) 融点も沸点も高く、水に可溶である。
- (b) 固体状態でも融解状態でも電気を通す。
- (c) 融点が  $500\text{ }^\circ\text{C}$  よりも低く、柔らかい。
- (d) 融点が  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  よりも高く、融解状態でも電気を通さない。
- (e) 展性や延性を示し、熱の電導性が高い。

問 7 説明文中の  ,  ,  の組み合わせにあてはまるものを、以下の(a)~(h)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) (か) 低      (き) 小さ      (く) 高
- (b) (か) 低      (き) 小さ      (く) 低
- (c) (か) 高      (き) 大き      (く) 高
- (d) (か) 高      (き) 大き      (く) 低
- (e) (か) 低      (き) 大き      (く) 高
- (f) (か) 低      (き) 大き      (く) 低
- (g) (か) 高      (き) 小さ      (く) 高
- (h) (か) 高      (き) 小さ      (く) 低

問 8 説明文中の下線部④は、電子を全く共有しないほど離れた場所にある複数の無極性の分子間にも弱い引力が働くことを示唆しているが、その弱い引力が生じる原因について最も適切なものを(a)~(d)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 電子を共有しなくても、分子間には電子親和力がはたらくため。
- (b) 電子の運動により生じる微弱な磁場により引力がはたらくため。
- (c) 電子の運動により瞬間的に電荷のかたよりが生じ、静電的な引力がはたらくため。
- (d) 離れた場所にある無極性の分子中の原子核の間には、陽子と中性子との間に引力がはたらくため。

2 以下の文章を読み、問1～問6に答えなさい。必要であれば以下の原子量および数値を用いること。

H : 1.0, O : 16, Cu : 64, ファラデー定数 :  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

標準状態での気体のモル体積 : 22.4 L/mol

水は、温度と圧力によって固体、液体、気体とその状態が変化する。ある温度と圧力では固体、液体、気体が共存する平衡状態となり、この点を  という。また、 を超える温度と圧力では気体とも液体とも区別のつかない状態となる。水は、水素分子( $\text{H}_2$ )と酸素分子( $\text{O}_2$ )の反応によって生成する。

① 1 mol の  $\text{H}_2$ (気)が  $\frac{1}{2}$  mol の  $\text{O}_2$ (気)と反応して 1 mol の  $\text{H}_2\text{O}$ (気)が生じ、生成した気体の水は凝縮して液体の水になる。この反応は、水素分子(H-H)と酸素分子(O=O)の原子間の結合が切断されてバラバラの原子となり、それらが新たに2つのO-H結合を生成したと考えると、H-H および O=O の結合エネルギー<sup>②</sup>と気体の水が生成するときの反応熱(242 kJ/mol)から O-H の結合エネルギーを見積もることができる。

水素が酸素と反応して水が生成するときの熱エネルギーを、電気エネルギーとして取り出す装置を  という。この装置においては、水素は  で電子を放して  $\text{H}^+$  となり、生じた電子が  に流れ込む。 $\text{H}^+$  は電解液中を移動し、 で酸素と反応して水になる。水素 1 mol が酸素と完全に反応すると液体の水 1 mol が生成し、この時電子 2 mol が流れる。したがって、この装置での反応によって生成した水の質量から流れた電気量を計算することができる。③ また、この装置で得られる電気エネルギーを以下の式から計算することができる。

$$\text{電気エネルギー (J)} = \text{起電力 (V)} \times \text{電気量 (C)}$$

この装置は電気エネルギーへの変換効率がよく、有害な生成物を排出しないので将来のエネルギー源として期待されている。

一方、水の電気分解によって水素と酸素が得られる。電極として白金を用い、溶液の電気伝導度をよくするために少量の水酸化ナトリウムを加えた水溶液を電気分解すると  では酸素が、 では水素が発生する。



問 1 文章中の  ~  に当てはまる語句を記しなさい。

問 2 文章中の , , ,  に当てはまる語句の組み合わせとして最も適切なものを(a)~(e)の中から1つ選び記号で答えなさい。

- |     |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| (a) | (え) 陰 極 | (お) 陽 極 | (か) 負 極 | (き) 正 極 |
| (b) | (え) 負 極 | (お) 正 極 | (か) 正 極 | (き) 負 極 |
| (c) | (え) 正 極 | (お) 負 極 | (か) 陰 極 | (き) 陽 極 |
| (d) | (え) 負 極 | (お) 正 極 | (か) 陽 極 | (き) 陰 極 |
| (e) | (え) 陰 極 | (お) 陽 極 | (か) 陽 極 | (き) 陰 極 |

問 3 下線部①のように水素と酸素が反応して気体の水が生じ、それがすべて凝縮して液体の水 90 g が生成したとすると、このとき得られる熱量はいくらか。ただし、水の蒸発熱を 44 kJ/mol として計算しなさい。

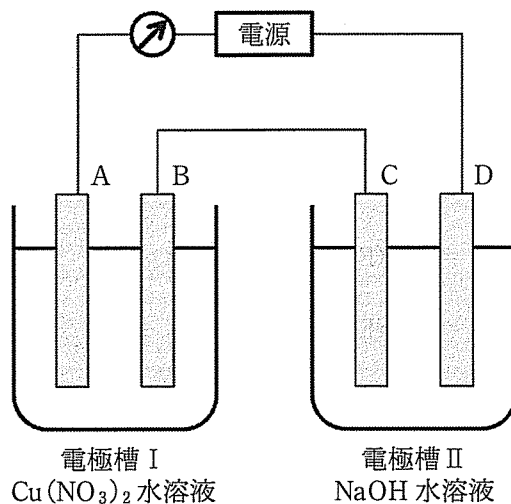
問 4 下線部②について、 $\text{H-H}$ 、 $\text{O=O}$  の結合エネルギーを  $E_{\text{H-H}}$ 、 $E_{\text{O=O}}$  とし、水(気)の生成熱を  $Q_0$  とするとき、水の  $\text{O-H}$  の結合エネルギー  $E_{\text{O-H}}$  を表す式として最も適切なものを(a)~(f)の中から1つ選び記号で答えなさい。

- (a)  $E_{\text{O-H}} = (E_{\text{H-H}} + \frac{1}{2} E_{\text{O=O}} + Q_0)$
- (b)  $E_{\text{O-H}} = \frac{1}{2} (E_{\text{H-H}} + E_{\text{O=O}} + Q_0)$
- (c)  $E_{\text{O-H}} = \frac{1}{2} (E_{\text{H-H}} + \frac{1}{2} E_{\text{O=O}} + Q_0)$
- (d)  $E_{\text{O-H}} = \frac{1}{2} (E_{\text{H-H}} + \frac{1}{2} E_{\text{O=O}} - Q_0)$
- (e)  $E_{\text{O-H}} = (E_{\text{H-H}} - \frac{1}{2} E_{\text{O=O}} + Q_0)$
- (f)  $E_{\text{O-H}} = \frac{1}{2} (2 E_{\text{H-H}} + E_{\text{O=O}} + Q_0)$

問 5 下線部③について、この装置を稼働させた結果、水 90 g が生成したとして、(1)~(3)に答えなさい。ただし、エネルギー効率を 100 % として計算し、何れも有効数値 2 桁で答えなさい。

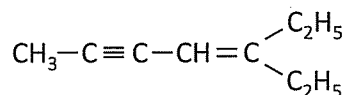
- (1) 得られた電気量は何クーロンになるか。
- (2) 稼働中の平均の起電力を 0.90 V とするとき、得られた電気エネルギーは何 kJ になるか。
- (3) この電気エネルギーは、同じ量の水(液)が生成するときの化学反応で得られる熱エネルギーの何%に相当するか。

問 6 下図に示す様に、いずれも白金電極を用いた 2 つの電極槽を直列に接続して一定電流を流して電気分解を行ったところ、電極 A に銅が 1.28 g 析出した。このとき電極 C で起こる反応を  $e^-$  を用いたイオン化学式で示しなさい。また、電極 D で発生する気体の体積は標準状態で何リットルになるか、有効数値 2 桁で答えなさい。ただし、流れた電流は全て電気分解に使われたものとし、発生した気体の水への溶解は無視するものとする。





- 3 次の(I), (II)について答えなさい。ただし、有機化合物の構造は、下図の例を参考にして構造式で示すこと。



- (I) 以下の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

① 有機化合物の構造を決定するためには、分子式の情報だけでは不十分である。たとえば、シクロヘキサンは炭素数6の鎖式アルケンと同じ分子式で表される。これらを区別するためには、暗所における臭素との反応性を比較する方法が利用できる。② このように、構造式を推定するためには様々な化学反応が利用される。

分子式  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  で表される有機化合物について考えてみる。この分子式には立体異性体を区別しない場合、10個の異性体が考えられる。③ これらの異性体は白金触媒下における水素( $\text{H}_2$ )との反応性により分類することができる。④

問1 下線部①について、現在もちいられている「有機化合物」ということばの意味として最も適切なものを(a)～(e)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 地球上に存在する生き物(有機生命体)が合成する、あるいは生き物の死骸が化学変化してできる化合物。
- (b) 典型元素のみが共有結合してできた化合物。
- (c) 構成元素として炭素を含む化合物。ただし、二酸化炭素などの無機化合物に分類されるものは例外とする。
- (d) 水に溶けず、有機溶媒のみに溶ける化合物。
- (e) 無機化合物のみを材料にして合成できない化合物。

問 2 下線部②について、この反応を暗所で行わなければならない理由を 150 文字以内で記述しなさい。

問 3 下線部③の異性体のうち、希硫酸存在下で水と反応させたときに、過マンガン酸カリウムなどによる酸化を受けないアルコールを生じるものを すべて選び構造式で示しなさい。

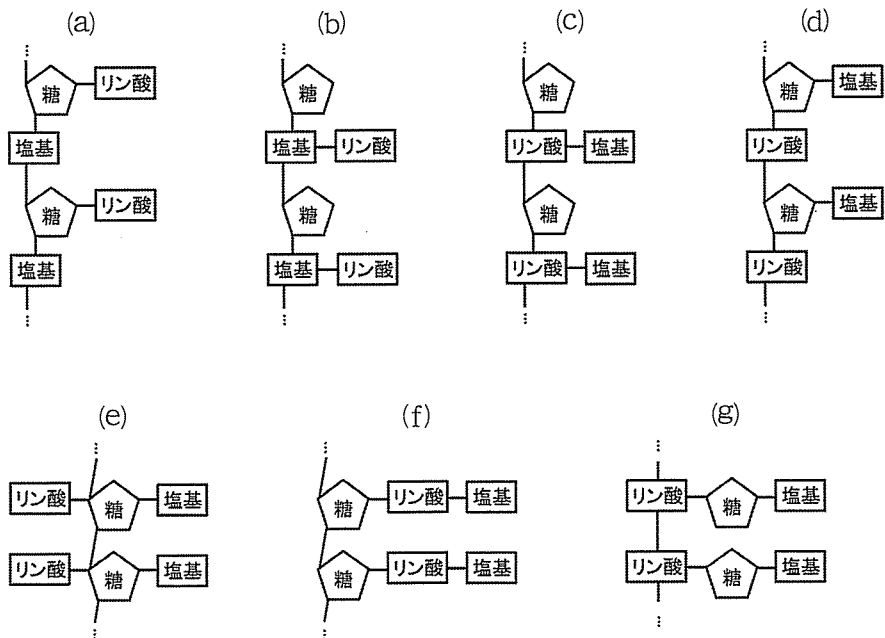
問 4 下線部④について、化学的に安定であり、水素との反応性が最も乏しいと考えられる異性体を構造式で示しなさい。

(II) 以下の文章を読み、問1～問3に答えよ。

核酸はヌクレオチドとよばれる構成単位が直鎖状に重合した構造<sup>①</sup>をしている。核酸のうち、DNAでは二本のヌクレオチド鎖からなる二重らせん構造<sup>②</sup>が形成されている。

DNAの塩基は化学修飾を受ける場合がある。中でもシトシンのメチル化は機能的にも重要な意味をもち、医学的にも注目されている。シトシンとメチルシトシン(メチル化されたシトシン)を区別するためには以下のような方法が用いられる。DNAを65℃の亜硫酸ナトリウム水溶液中で2時間処理する。この操作によりシトシンはウラシルに変換されるが、メチルシトシンは反応せずにそのままの構造で残る。したがって、反応後のDNAを解析することにより、反応前のDNAに含まれていたシトシンとメチルシトシンを区別できるのである。このような方法はバイサルファイト法とよばれている。

問1 下線部①について、ヌクレオチドが直鎖状に重合した構造の模式図として最も適切なものを(a)～(g)の中から1つ選んで、記号で答えなさい。



問 2 下線部②について、DNA の二重らせん構造を安定化する結合を(a)~(d)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 向かい合う塩基間に生じる水素結合
- (b) 向かい合う塩基間で形成される共有結合
- (c) 二重らせんが重なり合う部分のデオキシリボース分子間に形成されるグリコシド結合
- (d) 二重らせんが重なり合う部分のデオキシリボース分子間に生じる水素結合

問 3 ある DNA の全塩基に占めるアデニンの割合を分析したところ 22 % であった。この DNA をバイサルファイト法で処理した後にウラシルの割合を分析したところ、全塩基中の 19 % を占めていた。元々の DNA を構成していたシトシンのうち、メチル化されていたものは何%となるか、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、バイサルファイト法ではすべてのシトシンが完全にウラシルへ変換され、一方、シトシン以外の塩基はメチルシトシンを含め全く変化しないものとする。