

2015年度 センター試験 本試験 化学基礎

第1問 物質の性質

出題範囲	単体 / 電子配置 / 物質の状態変化 / 電子式 / 無極性分子 / 物質と化学結合 / 日常生活に関わる物質
難易度	★★☆☆☆
所要時間	10分
傾向と対策	「化学基礎」は現行課程になり新しく出題科目に登場した科目である。従来の「化学Ⅰ」から、無機化学、有機化学の大問がなくなり、おもに理論化学からの出題となった。さらに、熱化学、電池、電気分解の分野もほぼなくなった。その代わりに、「化学Ⅰ」の内容のほかに、物質の三態や極性、配位結合といった分野が加わった。第1問は物質の構成からの出題である。前述の追加された分野からの出題も多く見られる。物質の分類や原子の構造、物質の状態など全範囲からまんべんなく出題されている。基本的な知識の定着を問う問題ばかりなので、比較的取り組みやすいと思われる。電子式や極性のような、これまでのセンター試験では見られなかった語句に戸惑うかもしれないが、問題の難易度は高くない。問7は無機分野の知識を含む問題であるが、一般常識から類推して正解にたどり着けるレベルである。

問1 正解は⑥

難易度 ★★☆☆☆

解説

物質は、1種類の物質からなる純物質と、2種類以上の物質が混ざり合った混合物とに分類される。さらに、純物質は、1種類の元素からなる単体と、2種類以上の元素からなる化合物とに分類される。選択肢の物質を化学式で表すと、それぞれ以下のようなになる。

- ① C ② S (S₈) ③ Hg ④ P ⑤ O₃ ⑥ SiO₂

よって、単体でないのは、二酸化ケイ素の結晶である**水晶**となる。

問2 正解は⑤

難易度 ★★☆☆☆

解説

実際に各原子やイオンの電子配置を書くとよい。あるいは、フッ素がハロゲン元素（17族元素）であり、ハロゲンの価電子が7であるという知識だけでも解ける。

各選択肢中の原子やイオンの電子配置を以下に示す（元素記号の左下の添え字は原子番号を表す）。

- ① 正 $_{11}\text{Na} : \text{K}2\text{L}8\text{M}1 \Rightarrow \text{K}$ 殻に電子は2個入っている

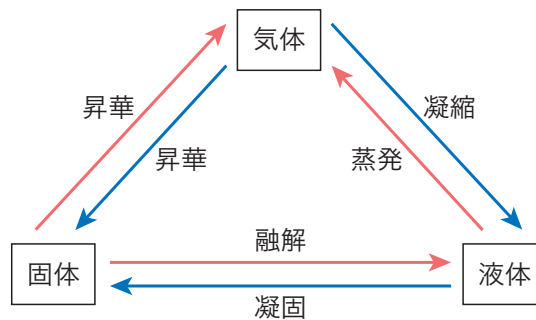
- ② 正 ${}_{12}\text{Mg} : \text{K2L8M2} \Rightarrow \text{M 殻に電子は 2 個入っている}$
- ③ 正 ${}_{3}\text{Li}^+ : \text{K2} \Rightarrow {}_{2}\text{He}$ と同じ電子配置である。
- ④ 正 ${}_{20}\text{Ca}^{2+} : \text{K2L8M8} \Rightarrow {}_{18}\text{Ar}$ と同じ電子配置である。
- ⑤ 誤 ${}_{9}\text{F} : \text{K2L7} \Rightarrow$ 価電子は 7 個である。
- ⑥ 正 ${}_{14}\text{Si} : \text{K2L8M4} \Rightarrow$ 価電子は 4 個である。

問 3 3 正解は③

難易度 ★☆☆☆☆

解説

物質には、気体・液体・固体の 3 つの状態（三態）があり、温度変化や圧力変化により 3 つの状態が互いに化する（状態変化）。状態変化の名称をまとめると以下のようになる。



よって、a には昇華，b には凝縮，c には融解が入る。

問 4 4 正解は②

難易度 ★★☆☆☆

解説

分子の電子式においては、分子を構成する原子の最外殻電子がすべて黒点で表される。よって、電子式中の黒点の数は、分子を構成する原子の最外殻電子数の合計と等しい。与えられた電子式中の黒点の数は 10 個である。一方、選択肢の分子を構成する原子の最外殻電子数の合計は以下のようになる。

$$\textcircled{1} \text{ HCl} \Rightarrow 1 + 7 = 8 \quad \textcircled{2} \text{ N}_2 \Rightarrow 5 + 5 = 10 \quad \textcircled{3} \text{ NO} \Rightarrow 5 + 6 = 11$$

$$\textcircled{4} \text{ O}_2 \Rightarrow 6 + 6 = 12 \quad \textcircled{5} \text{ F}_2 \Rightarrow 7 + 7 = 14$$

したがって、与えられた電子式は、 N_2 である。

①～⑤の各分子の電子式は、以下のようになる（③の NO は、安定した形を電子式で表すことが難しいため省略）。



問 5 5 正解は①

難易度 ★★★★★☆

解説

共有結合で、2原子間に電荷の偏りがあることを、結合に極性があるという。同じ原子同士の場合は、電気陰性度が同じなので、結合に極性はない。一方、異なる原子間の共有結合では、電気陰性度の差による電荷の偏りが生じるため、結合に極性がある。しかし、結合に極性がある分子でも、分子の形によっては、結合の極性が分子全体で打ち消され、無極性分子となる場合がある。② HF、③ CH_3Cl 、⑤ HCN は、分子に対称性がないことから極性分子とわかる。また、水は分子が折れ線形であるため、O-Hにおける結合の極性が打ち消されない。そのため、④ H_2O は極性分子である。一方、二酸化炭素は分子が直線形であるため、C=Oにおける結合の極性が相互に打ち消し合うことで無極性になる。よって、① CO_2 は無極性分子である。

ちなみに、正四面体形であるメタン (CH_4) 分子も、C-Hにおける結合の極性が相互に打ち消されるため、無極性分子となる。二酸化炭素とメタンは、結合に極性があるが分子全体で打ち消し合い無極性分子となる代表例なので、覚えておいてほしい。

問 6 6 正解は②

難易度 ★★★★★☆

解説

化学結合の基本的原則として、金属元素のみからなる結合は金属結合、非金属元素のみからなる結合は共有結合、金属元素と非金属元素からなる結合はイオン結合ということを知っていれば解きやすい。

- ① 塩素 Cl_2 は、塩素原子（非金属元素）2個が共有結合してできている。
- ② アンモニア NH_3 は、窒素原子（非金属元素）1個に水素原子（非金属元素）3個が**共有結合**してできる。なお、配位結合とは、片方の原子が非共有電子対をもう片方の原子に提供し、それを共有することで成り立つ結合である（共有結合は両原子が互いに同数の電子を提供し共有する）。アンモニウムイオン NH_4^+ は、アンモニアの窒素原子が、非共有電子対を水素イオン H^+ に提供することで配位結合している。
- ③ 銅 Cu は、多数の銅原子（金属元素）が互いに金属結合してできている。
- ④ 塩化ナトリウム NaCl は、ナトリウムイオン（ナトリウムは金属元素）と塩化物イオン（塩素は非金属元素）が互いにイオン結合してできている。
- ⑤ 炭酸カルシウム CaCO_3 は、カルシウムイオン（カルシウムは金属元素）と炭酸イオンが互いにイオン結合してできている。炭酸イオン CO_3^{2-} では、炭素原子（非金属元素）1個と酸素原子（非金属元素）3個が共有結合している。

問7 7 正解は④

難易度 ★★★★★☆

解説

金属は、自然中には主に酸化物として存在する。そのため、金属の単体として利用するには、還元しなければならない。

- ① 正 プラスチックは、主に石油から製造されるエチレン (C_2H_4) やアセチレン (C_2H_2) などを原料とした単量体を、重合させてできた高分子化合物である。
- ② 正 白金は、金属のイオン化傾向がかなり小さいので、空気中や水溶液中で化学反応しにくい。そのため、宝飾品や電極などに用いられる。
- ③ 正 ダイヤモンドは、非常に硬いため、宝石としてだけでなく、研磨剤やコーティング剤にも用いられる。
- ④ 誤 鉄は、鉄の酸化物を含む鉄鉱石を、溶鉱炉内で一酸化炭素やコークスで還元することによって単体を製造する。
- ⑤ 正 アルミニウムは、ボーキサイトを原料として酸化アルミニウムをつくり、電気分解することにより単体を製造する。この際、多量の電気を必要とするため、アルミニウム缶などの製品が回収され、再利用されている。

(制作：安河内巧，井上恭史)

2015年度 センター試験 本試験 化学基礎

第2問 物質の変化と計算

出題範囲	気体の質量と体積 / 反応式の係数 / 溶液の濃度 / 酸・塩基 / 水溶液の pH / 酸化数の変化 / 反応の量的関係
難易度	★★★★☆☆
所要時間	15分
傾向と対策	物質の反応からの出題で、酸・塩基や酸化還元などから計算問題を中心として出題された。教科書の内容で十分対応可能なレベルで、解きやすいといえる。体積の大小や pH の大小を取り違えるといったつまらないミスをしないう気を付けたい。酸・塩基の定義や酸化と酸化数の定義など、基本的知識はしっかり定着させておく必要がある。問7はグラフから必要な情報を読み取り、計算式を立てるという思考力を要する問題であったが、反応する金属 M と生成する水素の物質量が等しいため、計算自体はさほど難しくなかった。

問1 8 正解は②

難易度 ★★★★★☆☆

解説

同温同圧下において、気体の体積は物質量に比例する。よって、標準状態における気体の体積が最も大きい気体は、物質量が最も大きい気体である。さらに、質量が等しいとき、物質量はモル質量に反比例する。よって、物質量が最も大きい気体は、モル質量が最も小さい気体である。すなわち、モル質量が最も小さい気体が、体積の最も大きい気体となる。

与えられた原子量の値を用いて選択肢の気体のモル質量を計算すると、以下のようになる。

$$\textcircled{1} \text{ O}_2 = 32 \quad \textcircled{2} \text{ CH}_4 = 16 \quad \textcircled{3} \text{ NO} = 30 \quad \textcircled{4} \text{ H}_2\text{S} = 34$$

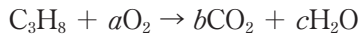
したがって、モル質量の最も小さい② CH_4 が最も体積が大きい。

問2 9 正解は①

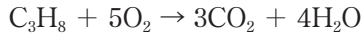
難易度 ★★☆☆☆☆

解説

プロパンをはじめとする炭化水素 (C, Hのみからなる物質) や, C, H, Oのみからなる物質は、完全燃焼させると、酸素が消費されて二酸化炭素と水が生成する。これらの燃焼反応の化学反応式をすべて覚えることはできないので、計算によりその都度求める。簡単のためプロパンの係数を1とすれば、この反応の化学反応式は以下のようなになる。



化学反応式では、両辺で各原子の総数は等しい。まず、C原子に注目すると、 $1 \times 3 = b \times 1$ となり、 $b = 3$ 。次に、H原子に注目すれば、 $1 \times 8 = c \times 2$ となり、 $c = 4$ と決まる。最後に、O原子に注目すると、 $a \times 2 = b \times 2 + c \times 1 = 3 \times 2 + 4 \times 1$ となり、これを解くと $a = 5$ と決まる。したがって化学反応式は以下ようになる。



化学反応式の係数比は反応する物質量の比に等しいので、1 mol の C_3H_8 を完全燃焼させるには 5 mol の O_2 が必要であり、3 mol の CO_2 と 4 mol の H_2O が生成する。

問3 10 正解は③

難易度 ★☆☆☆☆

解説

与えられた原子量の値を用いて計算すると、水酸化ナトリウム NaOH のモル質量は

$$40 \text{ (g/mol)}$$

である。よって、水酸化ナトリウム 4.0g の物質量は、

$$\frac{4.0 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.10 \text{ mol}$$

であるから、水溶液のモル濃度は、

$$\frac{0.10 \text{ mol}}{1.0 \text{ L}} = 0.10 \text{ mol/L}$$

である。

問4 11 正解は④

難易度 ★★★☆☆

解説

ブレンステッド・ローリーの定義によれば、酸は相手に水素イオンを与えるもの、塩基は相手から水素イオンを受け取るものである。よって、反応Ⅰ、Ⅱについて、水素イオンのやり取りを見ればよい。



H_2O (a) が H_3O^+ になるとき、 H^+ を受け取っているので、 H_2O は塩基としてはたらいっている。逆に、 H_3O^+ (b) が H_2O になるとき、 H^+ を与えているので、 H_3O^+ は酸としてはたらいっている。



H_2O (c) が OH^- になるとき、 H^+ を与えているので、 H_2O は酸としてはたらいっている。逆に、 OH^- (d) が H_2O になるとき、 H^+ を受け取っているので、 OH^- は塩基としてはたらいっている。

よって、酸としてはたらくものは b と c である。

問 5 12 正解は②

難易度 ★★★☆☆

解説

正塩の水溶液の性質が、その塩をつくった酸と塩基の強弱によって決まることを覚えておこう。すなわち、強酸と強塩基の組み合わせからできた塩の水溶液は中性を示し、強酸と弱塩基の組み合わせからできた塩の水溶液は酸性を示し、弱酸と強塩基の組み合わせからできた塩の水溶液は塩基性を示す（弱酸と弱塩基の組み合わせからできた塩は、「化学基礎」の範囲では判定できない）。

ア 酢酸ナトリウム CH_3COONa は、酢酸（弱酸）と水酸化ナトリウム（強塩基）からできた塩なので、水溶液は塩基性である。

イ 塩化アンモニウム NH_4Cl は、塩化水素（強酸）とアンモニア（弱塩基）からできた塩なので、水溶液は酸性である。

ウ 塩化ナトリウム NaCl は、塩化水素（強酸）と水酸化ナトリウム（強塩基）からできた塩なので、水溶液は中性である。

よって、水溶液の pH は、ア（塩基性）は 7 より大きく、イ（酸性）は 7 より小さく、ウ（中性）は 7 なので、pH の大きい順に並べると、**ア > ウ > イ**となる。

問 6 13 正解は①

難易度 ★★☆☆☆

解説

酸化数とは、原子による電子のやり取りを数値で表したものである。化学反応の前後でのそれぞれの原子の酸化数の変化をみると、酸化されたのか、還元されたのかが一目でわかる。反応前後で、ある原子の酸化数が増加していた場合、その原子は酸化されたことになる。逆に、酸化数が減少していた場合、その原子は還元されたことになる。

この問のような酸化数を求める問題では、自分で原子の酸化数を求める必要がある。酸化数には、一定の決め方があるので覚えておくとよい。

I. 単体中の原子の酸化数は 0 とする。

例えば、①の銅原子 Cu の酸化数は 0、②の酸素分子 O_2 の酸素原子の酸化数も 0 である。

II. 単原子イオンの酸化数は、そのイオンの電荷に等しい。

例えば、④の CaCO_3 の Ca は、カルシウムイオン Ca^{2+} なので、その酸化数は +2 である。また、塩化物イオン Cl^- の酸化数は -1 である。

酸化数は、0 以外は必ず + か - の符号をつけて表記する。

III. 化合物中の、水素原子の酸化数を +1、酸素原子の酸化数を -2 とする。

例えば、水分子 H_2O の場合、水素原子の酸化数は +1、酸素原子の酸化数は -2 となる。

ただし、III には例外があり、金属の水素化合物中の水素原子の酸化数は -1、過酸化物中の酸素原子の酸化数

は -1 となる。前者の例には、水素化ナトリウム NaH や水素化アルミニウム AlH_3 などがあるが、高校化学ではほとんど扱わない物質ばかりなので、入試の出題頻度は少ない。後者の過酸化物の代表例としては、過酸化水素 H_2O_2 だけ覚えておけば十分である。

IV. 化合物中の原子の酸化数の総和は 0 とする。

例えば、アンモニア NH_3 の場合、 $(-3) \times 1 + (+1) \times 3 = 0$ となり、窒素原子 1 個と水素原子 3 個の酸化数の総和は 0 となっている。実際に使うときには、III より、水素原子の酸化数は $+1$ なので、窒素原子の酸化数を a とおいて、IV より、以下のような関係式が成り立つ。

$$(a) \times 1 + (+1) \times 3 = 0$$

この方程式を解くと $a = -3$ となり、N の酸化数は -3 であると求められる。

V. 多原子イオンの原子の酸化数の総和は、そのイオンの電荷に等しい。

例えば、過マンガン酸イオン MnO_4^- の場合、 $(+7) \times 1 + (-2) \times 4 = -1$ となり、マンガン原子 1 個と酸素原子 4 個の酸化数の総和は -1 (= MnO_4^- の電荷) となっている。実際に使うときには、III より、酸素原子の酸化数が -2 であることと、V より、以下のような関係式が成り立つ。マンガン原子の酸化数を b とする。

$$(b) \times 1 + (-2) \times 4 = -1$$

この方程式を解くと、 $b = +7$ の解が得られる。したがってマンガン原子の酸化数は $+7$ であると求められる。

これらの決め方に基づいて、問題に取り組んでみよう。

下線を付した原子の酸化数を求めたものを、以下に示す。

① $\underline{\text{H}}\text{NO}_3$ …… $+5$ 硝酸イオン NO_3^- において、V より、 $(+5) \times 1 + (-2) \times 3 = -1$

$\underline{\text{N}}\text{O}$ …… $+2$ IV より、 $(+2) \times 1 + (-2) \times 1 = 0$

よって、窒素原子の酸化数は **3 減少** している。

② $\text{H}_2\underline{\text{O}}_2$ …… -1 III の例外より

$\underline{\text{O}}_2$ …… 0 I より

よって、酸素原子の酸化数は **1 増加** している。

③ $\underline{\text{H}}\text{NO}_3$ …… $+1$ 水素イオンにおいて、II より

$\underline{\text{H}}_2$ …… 0 I より

よって、水素原子の酸化数は **1 減少** している。

④ $\text{Ca}\underline{\text{C}}\text{O}_3$ …… $+4$ 炭酸イオン CO_3^{2-} において、V より、 $(+4) \times 1 + (-2) \times 3 = -2$

$\underline{\text{C}}\text{O}_2$ …… $+4$ IV より、 $(+4) \times 1 + (-2) \times 2 = 0$

よって、炭素原子の酸化数は **変化** していない。

問 7 14 正解は③

難易度 ★★☆☆☆

解説

化学反応式 $M + 2HCl \rightarrow MCl_2 + H_2$ の係数により，反応する金属 M の物質と，生成する H_2 の物質は等しい。図 1 より，反応する M の質量が 4 g のとき，生成する水素の物質は 0.10 mol なので，4 g の M の物質は 0.10 mol である。M の原子量を x とすると，

$$\frac{4 \text{ g}}{x \text{ g/mol}} = 0.10 \text{ mol}$$

が成り立つから $x = 40$ である。

(制作：安河内巧，井上恭史)