

# 平成30年度一般入学試験問題

## 理 科

(物理, 化学, 生物より2科目選択)

### 【注意事項】

1. この問題冊子には答案用紙が挟み込まれています。試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、問題冊子と答案用紙（物理, 化学, 生物の答案用紙すべて）の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
3. **選択する2科目**の答案用紙の選択欄に○印を記入しなさい。
4. 問題冊子には、**物理計5問, 化学計3問, 生物計6問**の問題が、それぞれ**物1～物9ページ, 化1～化6ページ, 生1～生11ページ**に記載されています。落丁, 乱丁および印刷不鮮明な箇所があれば, 手をあげて監督者に知らせなさい。
5. 答案には, 必ず鉛筆（黒「HB」「B」程度）またはシャープペンシル（黒「HB」「B」程度）を使用しなさい。
6. 選択した科目の解答はその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。ただし, 解答に関係のないことが書かれた答案は無効にすることがあります。
7. 問題冊子の余白は下書きに利用しても構いません。
8. 問題冊子および答案用紙はどのページも切り離してはいけません。
9. 問題冊子および答案用紙を持ち帰ってはいけません。

受験番号	
------	--

# 化 学

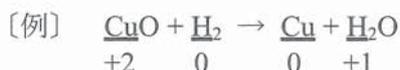
[問 1] 次の文章を読み、設問 (1) ~ (6) に答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$ ,  $Na = 23$  とし、 $\log_{10} 2 = 0.30$  とする。また、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  において、炭酸の電離定数は  $4.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、炭酸水素イオンの酸としての電離定数は  $5.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積は  $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とする。なお、次亜塩素酸ナトリウムの分解に用いた過酸化水素は、それ以外の反応には関与しないものとする。

殺菌剤や漂白剤として広く利用されている (a) 次亜塩素酸ナトリウム  $\text{NaClO}$  は、水酸化ナトリウム水溶液に塩素ガスを通じて製造されている。次亜塩素酸ナトリウムには、原料である水酸化ナトリウムや、水酸化ナトリウムが空気中の二酸化炭素を吸収して生成した炭酸ナトリウムが不純物として含まれている。そこで、次亜塩素酸ナトリウム中に含まれる水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの量を調べるために、以下の実験を行った。

(実 験) 市販の次亜塩素酸ナトリウム水溶液  $10 \text{ mL}$  を蒸留水で希釈し、 $100 \text{ mL}$  の溶液を作成した。これに (b) 過酸化水素水を加えて次亜塩素酸ナトリウムを完全に分解させた。 (c) この溶液にフェノールフタレインを加え、 $0.50 \text{ mol/L}$  の塩酸を用いて滴定を行ったところ、 $14.0 \text{ mL}$  加えたときに (d) 溶液の色が  に変化した。この滴定後の溶液にメチルオレンジを加え、再び  $0.50 \text{ mol/L}$  の塩酸を用いて滴定を続けると、さらに  $3.0 \text{ mL}$  加えたときに溶液の色が  に変化した。

## 設 問

(1) 下線部 (a) の反応を化学反応式で書け。また、反応の前後で酸化数が変化した原子に下線を引き、[例] にならって酸化数を書け。



(2) 下線部 (b) について、次の (i), (ii) に答えよ。

(i) この反応を化学反応式で書け。

(ii) 次亜塩素酸ナトリウムの分解を行わずに下線部 (c) の滴定を行うと、水酸化ナトリウムや炭酸ナトリウムの量を正確に求めることができない。その理由を化学反応式をもとに簡潔に説明せよ。

(3) 文中の ア, イ に当てはまるものを a ~ e から 1 つずつ選び、記号で書け。

- a. 青色      b. 赤色      c. 緑色      d. 黄色      e. 無色

(4) 塩酸の滴下を始めてからフェノールフタレインの色が変わるまでに起こった 2 つの中和反応を、化学反応式で書け。

(5) 次の (i) ~ (iii) に答えよ。ただし、水溶液の温度は 25 °C に保たれているものとする。答えは有効数字 2 桁で書き、計算の過程も記せ。

(i) 溶液中における炭酸イオンと炭酸水素イオンの平衡①, ②について、電離定数  $K_{b1}$ ,  $K_{b2}$  の値をそれぞれ求めよ。



(ii) 25 °C において、下線部 (d) の溶液では炭酸水素イオン, 炭酸, 炭酸イオンの間で主に平衡③が成り立っており、他の平衡で生じる炭酸と炭酸イオンの量は無視できるほどわずかである。



このとき、電離定数の積  $K_{b1}K_{b2}$  を水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を用いて表せ。

(iii) 下線部 (d) の溶液の pH を求めよ。

(6) (実験) で用いた次亜塩素酸ナトリウム水溶液 10 mL に含まれていた水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの質量は、それぞれ何 mg か。答えは有効数字 2 桁で書き、計算の過程も記せ。

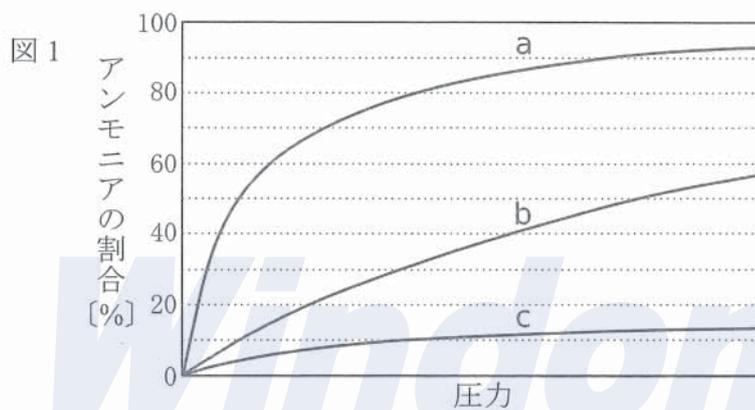
[問2] 次の文章を読み、設問(1)～(7)に答えよ。

実験室でアンモニアを得るには、(a)塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物をガスバーナーで加熱し、(b)乾燥剤で水分を取り除いてから捕集する方法が用いられる。一方、アンモニアを工業的に製造するには、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする触媒を用いて窒素と水素から直接合成するハーバー・ボッシュ法が用いられる。

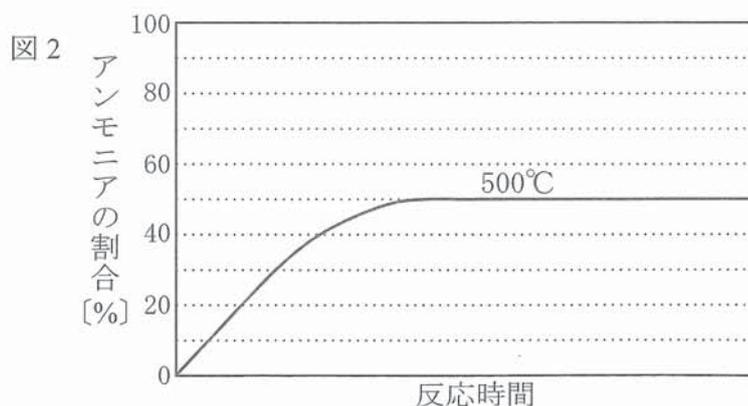
アンモニア合成の熱化学方程式は①で表される。



①の反応を $300^\circ\text{C}$ 、 $500^\circ\text{C}$ 、 $700^\circ\text{C}$ で行い、圧力を変化させ平衡状態における混合気体中のアンモニアの物質量の割合[%]を調べたところ、図1の関係が得られた。



また、ある一定の圧力の下、 $500^\circ\text{C}$ で①の反応を行ったところ、混合気体中のアンモニアの物質量の割合[%]は図2のように変化した。



### 設問

- (1) 下線部(a)の反応を化学反応式で書け。
- (2) 下線部(a)の反応で生成した物質がアンモニアであることを確認する方法を簡潔に説明せよ。

(3) 下線部 (b) の乾燥剤として最も適当なものを a ~ e から選び、記号で書け。

a.  $\text{H}_2\text{SO}_4$

b.  $\text{CaO}$

c.  $\text{NaCl}$

d.  $\text{P}_4\text{O}_{10}$

e.  $\text{CaCl}_2$

(4)  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  のうち、いずれかの陽イオンを含む水溶液にアンモニア水を少しずつ加えると沈殿が生じたが、アンモニア水をさらに加えると沈殿は溶解した。次の (i), (ii) の沈殿が生じた場合について、沈殿が溶解する過程で起こった変化をイオンを含む化学反応式 (イオン反応式) で書け。

(i) 青白色沈殿が生じた場合

(ii) 褐色沈殿が生じた場合

(5) 図 1 で、反応を  $300^\circ\text{C}$  で行った結果を表す曲線を a ~ c から選び、記号で書け。

(6) 図 2 と同じ圧力の下、 $700^\circ\text{C}$  でアンモニアの合成を行った場合、混合気体中のアンモニアの物質量の割合 [%] は、時間の経過とともにどのように変化するか。その概形を解答欄の図に実線 (—) で書き込め。

(7) 次の文章を読み、(i) ~ (iii) に答えよ。(i), (ii) については計算の過程も記せ。ただし、気体定数  $R$  は  $8.31 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{mol} \cdot \text{K})$  とし、気体は全て理想気体としてふるまうものとする。

10.0 mol の窒素と 30.0 mol の水素を容器に入れ、ある一定の圧力の下、 $500^\circ\text{C}$  で反応①を行ったところ、容器内のアンモニアの物質量の割合は図 2 のように変化した。この反応が平衡状態となったとき、混合気体の体積は 2.00 L であった。

(i) 平衡状態における混合気体中の窒素、水素、アンモニアの物質量の割合を、整数の比で書け。

(ii) 平衡状態におけるアンモニアの分圧は何 Pa か。答えは有効数字 2 桁で書け。

(iii) 平衡状態の混合気体に、温度と体積を一定に保ったまま 10.0 mol のアルゴンを加えると、アンモニアの物質量はどのようになるか。最も適切なものを (ア) ~ (ウ) から選び、記号で書け。また、その理由を簡潔に書け。

(ア) 増加する

(イ) 減少する

(ウ) 変化しない

[問3] 次の文章を読み、設問(1)～(5)に答えよ。ただし、原子量はH=1.0, C=12, N=14, O=16とする。

合成高分子化合物は<sup>(a)</sup>成型加工が容易であり、耐久性や耐薬品性に優れているが、自然界では分解されにくく、環境汚染を引き起こすことが問題となっている。そこで、<sup>(b)</sup>合成高分子化合物の回収・再利用の推進、自然環境中の微生物や生体内の酵素によって分解される  の開発等が積極的に行われている。

にはポリグリコール酸や<sup>(c)</sup>ポリグルタミン酸などがあり、前者は<sup>(d)</sup>抜糸する必要がない手術用縫合糸、後者は医薬品の基剤や保湿剤などとして実用化されている。

#### 設 問

(1) 下線部(a)について述べた下記の文中の  ～  に適当な語句を入れよ。

合成高分子化合物には、熱を加えると硬くなる  樹脂と、熱を加えると柔らかくなり、冷やすと再び硬くなる  樹脂がある。例えば、尿素樹脂やフェノール樹脂は  によって作られる  樹脂であり、ポリエチレンやポリ塩化ビニルは  によって作られる  樹脂である。

(2) 下線部(b)に関する次の文章を読み、(i)、(ii)に答えよ。

合成高分子化合物を再利用するためには、種類ごとに化合物を分類する必要がある。例えば、あるペットボトル製品では、ボトル部分にはポリエチレンテレフタレート、キャップにはポリプロピレン、ラベルにはポリスチレンが使用されており、それぞれの特性は表1のとおりであった。

表1

高分子の種類	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	燃焼時発熱量 [kJ/kg]
ポリプロピレン	0.90	約 44000
ポリスチレン	1.05	約 40000
ポリエチレンテレフタレート	1.38	約 23000

- (i) 表 1 の 3 種類の素材をそれぞれ細かく裁断して混ぜたものがある。これを表 2 の液体を用いて、それぞれの素材に分ける方法を考え、簡潔に書け。ただし、分離操作は 2 回で行うこと。

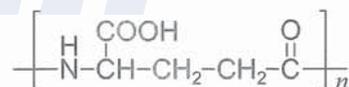
表 2

液体の種類	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]
エタノール	0.80
50%エタノール水溶液	0.91
水	1.00
飽和 NaCl 水溶液	1.21
飽和 ZnCl <sub>2</sub> 水溶液	2.01

- (ii) 表 1 の素材の中で、ポリエチレンテレフタレートは燃焼時発熱量が小さく、燃焼熱を発電などに利用するサーマルリサイクルには向いていない。なぜ燃焼時発熱量が小さいか、その構造から推察して簡潔に書け。

- (3) A に適切な語句を入れよ。

- (4) 下線部 (c) について、ポリグルタミン酸の構造は右のように表される。次の (i), (ii) に答えよ。ただし、高分子化合物の末端構造が分子量に与える影響は無視できるものとする。



ポリグルタミン酸

- (i) 2 分子のグルタミン酸がアミド結合により縮合した化合物には、光学異性体を含めて何種類の異性体が存在するか。ただし、環状化合物の生成について考慮する必要はない。
- (ii) ポリグルタミン酸 3.87 kg 中の窒素原子をすべて窒素ガスに変換したとすると、標準状態に換算して何 L に相当するか。計算の過程も記せ。
- (5) 下線部 (d) の 1 つとして、グリコール酸 HOCH<sub>2</sub>COOH と乳酸 CH<sub>3</sub>CH(OH)COOH の共重合体を使用されている。この共重合体からなる縫合糸を調べたところ、炭素原子と酸素原子の物質質量 [mol] 比が 21 : 20 であった。この縫合糸の全繰り返し単位中に占めるグリコール酸の単位数 [mol] の割合は何%か。計算の過程も記せ。