

# 平成25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. 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
2. 試験開始の合図があれば, 受験番号を問題用紙(この冊子)の表紙にはっきりと記入しなさい。
3. 物理, 化学, 生物の答案用紙(この冊子に挟み込まれている)の(1)にある受験番号欄すべてに受験番号をはっきりと記入しなさい。また, 選択する科目の答案用紙の選択欄に○印をはっきりと記入しなさい。選択しない科目の答案用紙には, 受験番号の他に何も記入してはいけない。
4. 問題用紙には, 物理計4問, 化学計3問, 生物計8問の問題が, それぞれ物1~物11, 化1~化5, 生1~生8の各ページに記載されている。問題の脱落や印刷の汚れに気づいたときは, 直ちに監督者に申し出なさい。
5. 選択した科目の解答をその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。解答を得るまでの計算・推考の過程を示す場合は, 答案用紙の指定された場所に簡潔に示しなさい。
6. 問題用紙の空白ページを下書きに利用してもよい。
7. 問題用紙および答案用紙を持ち帰ってはいけない。

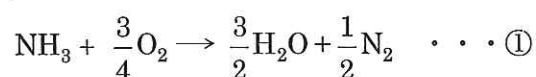
受験番号	
------	--

## 化 学

[問 1] 次の文章を読み、設問 (1)～(7) に答えよ。原子量は H=1.0, C=12, N=14, O=16, S=32 とする。

窒素は植物の生育に必須の元素である。しかし、植物は窒素を大気中に存在する  $N_2$  の形では利用できない。植物が直接利用できる窒素化合物は、主に死んだ動植物の微生物による分解物や大気中で生成する物質に依存している。肥料がいつから農耕に用いられたかは不明だが、糞尿や食物残渣を土に混ぜると植物の生育が良くなることが経験的に知られ、これらは天然肥料として用いられていた。19 世紀に入り、人口増加による食料増産の要求が高まり、肥料、特に窒素肥料の需要が増大した。そこで、(a)石炭を乾留(空気を遮断して加熱分解すること)する際に生じるアンモニアガスを硫酸に吸収させて作られていた副生硫酸(硫酸アンモニウム)が肥料としてまず利用された。 ついで、南米から産出するチリ硝石(硝酸ナトリウム)が肥料として使われた。なお、チリ硝石から精製される硝酸ナトリウムは火薬類の原料にも利用されたため、チリ硝石の採掘が盛んになっていった。そのため、天然資源の枯渇が<sup>きん</sup>危惧されたので、人工的に窒素固定する方法がいくつか考案されたが、なかなか実用化には至らなかった。ようやく 20 世紀初頭に、(b)ハーバーとボッシュがアンモニアの工業的生産法を確立し、窒素肥料の増産が可能になった。 現在でもアンモニア工業生産量の約 8 割は肥料用として、それ以外は基礎化学薬品の原料等として用いられている。

近年、炭素化合物に代わるエネルギー源としてアンモニアを利用する研究が進められている。その一つのアンモニア燃料電池は、アンモニアが燃焼するときの酸化還元反応で得られる反応熱(熱エネルギー)を電気エネルギーとして取り出す装置である。この電池では、(c)一方の電極ではアンモニアと水酸化物イオンとの反応で窒素と水が生成し、もう一方の電極では酸素と水の反応で水酸化物イオンが生成する。 全体の化学反応は①式で示される。



コストや窒素酸化物の副生などの問題が解消されれば、アンモニア燃料電池の実用化にかかる期待は大きい。何しろ原料の窒素は空気中に無尽蔵に存在するのである。

### 設 問

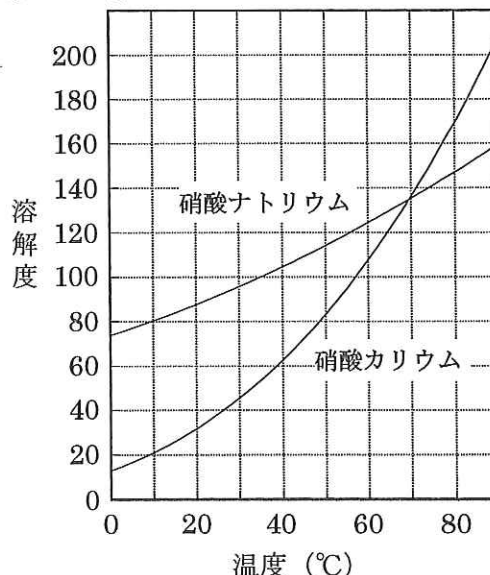
- (1) 植物が直接利用できる窒素原子を含むイオンの化学式を 2 つ書け。
- (2) 日本の農家には「雷が多い年は豊作になる」という言い伝えがある。この言い伝えが正しいとして、降水量や気温以外で考えられるその理由を説明せよ。
- (3) 下線部 (a) のように、ある種の石炭を乾留するとその質量の 0.20 % のアンモニアガスが得られる。この石炭 1.0 kg から得られる硫酸アンモニウムの質量 (g) を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示すこと。

- (4) 図1は硝酸ナトリウムと硝酸カリウムの溶解度曲線である。次の文章中の ア ~ オ に適当な整数を入れよ。ただし、一方の塩の存在によって他方の塩の溶解度は影響を受けず、加熱による水の蒸発はないものとする。

実験室に、水 100 g の入ったビーカー、硝酸ナトリウムと硝酸カリウムの混合物（質量比  $\text{NaNO}_3 : \text{KNO}_3 = 2:1$ ）、バーナー、ビーカーを冷やすための氷が入ったバケツがある。なお、水の温度は 10 °C から 80 °C までの範囲しか保つことができないものとする。

硝酸ナトリウムと硝酸カリウムのいずれについても不溶物のない飽和溶液を作成したい場合は、ビーカーの温度を ア °C にして混合物を適量加えればよい。この飽和溶液を 10 °C に冷却すると イ g の結晶が析出する。一方、混合物から、より多くの純粋な硝酸ナトリウムを得たい場合は、まず ウ °C に熱したビーカーに混合物を適量加えて完全に溶解させる。次に、この溶液をゆっくり エ °C に冷却すると オ g の硝酸ナトリウムの結晶が析出するので、これをろ過すればよい。

図1  
(g/水100 g)



- (5) 下線部 (b) について、次の中から正しい記述をすべて選び、記号で答えよ。
- 白金を主成分とする触媒を使用する。
  - 触媒を使用することによって、反応熱を小さくして装置の耐久性を増強している。
  - 触媒を使用することによって、アンモニアが生成する向きに平衡を移動させている。
  - 耐熱性の反応容器内でなるべく温度を上げることによって、アンモニアが生成する向きに平衡を移動させている。
  - 耐圧性の反応容器内でなるべく圧力を上げることによって、アンモニアが生成する向きに平衡を移動させている。
  - アンモニアを冷却して液化させることによって、アンモニアが生成する向きに平衡を移動させている。
- (6) 下線部 (c) について、正極および負極でおこる反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式でそれぞれ表せ。
- (7) ①式の反応熱は 381 kJ/mol である。アンモニア燃料電池の起電力を 1.1 V にするためには、エネルギー変換効率を少なくとも何%にする必要があるか。次の中から選び、記号で答えよ。ただし、1.0 J は 1.0 C·V であり、ファラデー定数は  $9.6 \times 10^4$  C/mol とする。
- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| a. 25% | b. 35% | c. 45% | d. 55% |
| e. 65% | f. 75% | g. 85% | h. 95% |

[問 2] 次の文章を読み、設問 (1)~(6) に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまい、液体の体積とピストンの重さは無視できるものとする。また、大気圧は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、原子量は  $\text{H}=1.0$ 、 $\text{C}=12$ 、 $\text{O}=16$  とする。

密閉した容器に適量の液体を入れると、最初は蒸発が起こるが、しだいに凝縮も起こるようになり、ついには蒸発と凝縮がつり合うようになる。その結果、容器内の気体分子の数は一定になるので圧力も一定となる。この状態を気液平衡といい、そのときの圧力を飽和蒸気圧あるいは単に蒸気圧という。蒸気圧は温度が高いほど大きく、液体の種類によって異なる。たとえば、水とエタノールの蒸気圧と温度の関係は図 1 のようになる。なお、蒸気圧は同じ容器に存在する他の物質の影響を受けない。

図 2 のような滑らかに動くピストンによって圧力に応じて容積が変化する容器がある。容器のピストンはボルトで固定することができ、栓を通して容器内を真空にしたり物質を容器内に注入したりすることができる。この容器を用いて実験 1~5 を順次行った。なお、実験 2~4 では容器内の温度を  $27^\circ\text{C}$  に保った。

(実験 1) 容器内を真空にしてから、水とエタノールを等量 (mol) ずつ注入して、 $50^\circ\text{C}$  で気液平衡の状態になるようにピストンを固定した。

(実験 2) 容器内の温度を  $27^\circ\text{C}$  に下げて、再び真空にした。気体 A を  $1.0 \text{ mol}$  注入してからピストンの固定を解除し、しばらく放置した。

(実験 3) ピストンを固定してエタノールを  $11.5 \text{ g}$  追加し、しばらく放置した。

(実験 4) 再びピストンの固定を解除し、しばらく放置した。

(実験 5) 容器内の温度をゆっくりと  $27^\circ\text{C}$  から  $80^\circ\text{C}$  まで上昇させた。

図 1 ( $\times 10^5 \text{ Pa}$ )

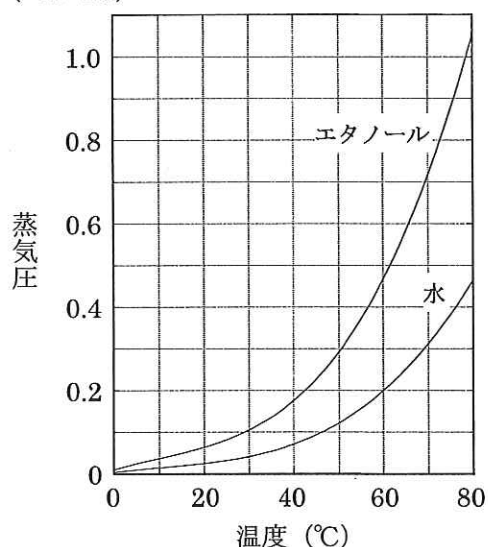
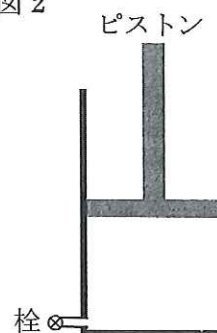


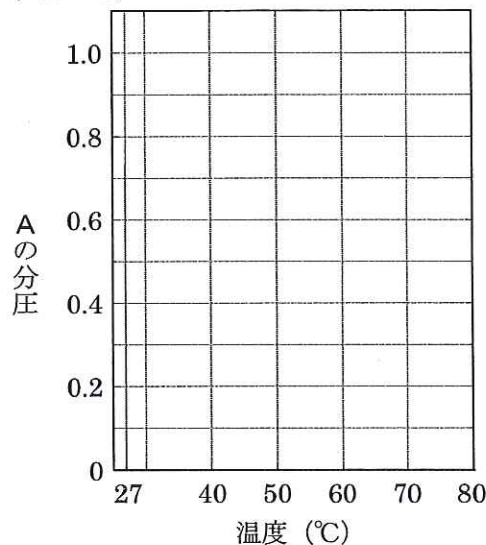
図 2



設 問

- (1) 下線部の理由を説明せよ。
- (2) 実験 1 における容器内の状態について、次の中から正しい記述をすべて選び、記号で答えよ。
- a. 液体からは常に気泡が発生している。
  - b. エタノールの分圧は水の分圧の約 2.4 倍である。
  - c. 水とエタノールの分圧の合計は大気圧に等しい。
  - d. 気液平衡の状態であれば、ピストンの位置を変えても気体分子の数は変わらない。
  - e. エタノールの液体分子は水の液体分子よりも少ない。
- (3) 実験 2 の結果、気体 A の密度は 0.162 g/L になった。
- (i) 標準状態における気体 A の密度 (g/L) を有効数字 3 桁で求めよ。計算の過程も示すこと。
  - (ii) 気体 A の分子式を書け。
- (4) 実験 3 の結果、容器内で液体として存在するエタノールの質量 (g) を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示すこと。
- (5) 実験 4 の結果、容器内の体積は実験 3 の状態の何倍になるか。次の中から最も適当なものを選び、記号で答えよ。
- a. 0.80 倍      b. 0.90 倍      c. 1.0 倍      d. 1.1 倍      e. 1.2 倍
- (6) 実験 5 における容器内の気体 A の分圧はどのように変化するか、図 3 に適当なグラフを書け。グラフには 27 °C と 80 °C における A の分圧の数値を示し、変化の特徴がわかるように描くこと。

図 3 ( $\times 10^5$  Pa)

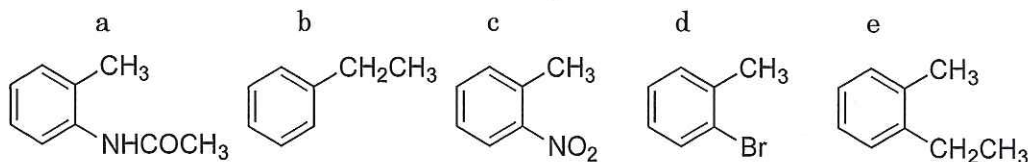


〔問 3〕 次の文章を読み、設問 (1)～(5) に答えよ。原子量は H=1.0, C=12, N=14, O=16, K=39, Mn=55, Br=80 とする。

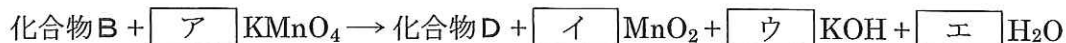
化合物Aに反応操作 (i) を行うと、異性体である 2 種類の化合物BとCが主に得られた。この混合物から分離・精製した化合物Bに過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱したところ、化合物Dが生成した。その後、化合物Dが含まれる溶液をろ過して、その溶液に塩酸を加えると化合物Eが得られた。化合物Eは、濃塩酸とスズを加えて加熱することで化合物Fとなった。化合物Fは、反応操作 (ii) により化合物Gを経て化合物Hに変換された。化合物Hは、工業的にはナトリウムフェノキシドに高温・高圧下で二酸化炭素を反応させた後、希硫酸で酸性にして合成されている。化合物Hにメタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱すると化合物Iが得られた。

### 設 問

- (1) 化合物E 1.0 g を中和するのに 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 6.0 mL 必要であった。化合物Bは下記の化合物群に含まれる。次の中から化合物Bの構造として最も適当なものを選び、記号で答えよ。計算の過程とその化合物を選んだ理由も示すこと。



- (2) 下線部の反応は下記の反応式で表される。この反応式の ア ~ エ に相当する係数を記せ。また、この反応で酸化マンガン(IV)が 34.8 g 生成したとき、同時に生成する化合物Dの質量 (g) を整数で求めよ。計算の過程も示すこと。



- (3) 反応操作 (i), (ii) として適当なものを次の中からそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。
- 硫酸水銀(II)を溶かした希硫酸中へ通す。
  - 濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて加熱する。
  - パラジウムやニッケル等の金属触媒を用いて還元する。
  - 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて反応させる。
  - 固体の水酸化ナトリウムを加えて高温で融解した後、酸を加える。
  - 氷冷下で希塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた後、室温まで温度を上げる。
- (4) 化合物A, F, G, Hの構造式を記せ。
- (5) 化合物Iの構造異性体の中で不斉炭素原子をもつ化合物の構造式を2つ書け。