

# 平成 21 年度入学試験問題

## 理 科

### 注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 49 ページある。(落丁・乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1～15 ページ、	化	学	16～31 ページ
生	物	32～42 ページ、	地	学	43～49 ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
  - (1) 教育学部及び工学部の受験者は、90 分。
  - (2) 理学部の受験者は、次のとおりである。
    - ① 数学科及び化学科の受験者は、90 分。
    - ② 物理学科の受験者は、120 分。
    - ③ 生物学科及び自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
    - ④ 生物学科及び自然環境科学科で理科 2 科目の受験者並びに地質科学科の受験者は、180 分。
  - (3) 医学部及び歯学部 of 受験者は、180 分。
  - (4) 農学部 of 受験者は、次のとおりである。
    - ① 理科 1 科目 of 受験者は、90 分。
    - ② 理科 2 科目 of 受験者は、180 分。
- 6 物理と化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理と化学の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 化学及び生物には、選択問題があるので、化学及び生物の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 8 問題冊子及び下書き用紙は、持ち帰ること。

# 化 学

## 注意

- 1 化学選択の受験者は、下の表を見て○印の問題を解答せよ。

志望学部(学科)	問題番号				
	①	②	③	④	⑤
教育学部	○	○	○	○	
理学部(化学科)		○	○	○	○
理学部(数学科・生物学科・ 地質科学科・自然環境科学科)	○	○	○		
医学部		○	○	○	○
歯学部		○	○	○	○
工学部	○	○	○	○	
農学部	○	○	○	○	

- 2 問題④には、選択問題ⅠとⅡが出題されている。

Ⅰは「生活と物質」から、Ⅱは「生命と物質」からの出題である。いずれか一つを選択し、解答すること。

ⅠとⅡの両方の問題を解答した場合は、両方とも採点の対象としないので、注意すること。

1

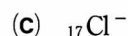
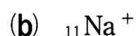
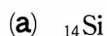
注意 教育学部、理学部(数学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科)、  
工学部および農学部受験者用

I 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

原子は、その中心にある1個の原子核と、原子核をとりまく何個かの電子からできている。原子核のまわりの電子は、いくつかの層に分かれて存在している。この層を (1) と言う。(1) は、原子核に近い内側から順に、(2) 殻、(3) 殻、(4) 殻、… という。それらの (1) に入ることができる電子の最大数は、(2) 殻から順に (5) 個、(6) 個、(7) 個、… と決まっている。原子では、原子核の電荷が大きいほど、また内側の (1) にある電子ほど原子核に強く引きつけられ、エネルギーの低い安定な状態になる。このため、電子は原則的に内側の (2) 殻から順に外側の (1) へと配置される。このような電子の配列のしかたを、原子の (8) という。原子中で、最も外側の (1) にある電子を最外殻電子といい、原子がイオンになったり、互いに結びついたりするときに重要な役割を果たすことが多い。この場合、最外殻電子を特に (9) という。一般に、(9) はその原子の化学的性質を決定し、(9) の数が同じ原子どうしは、よく似た性質を示す。元素を原子番号の順に並べると、単体の融点や沸点、原子のイオン化エネルギー、生じる単原子イオンの価数、原子やイオンの大きさなど、性質のよく似た元素が周期的に現れる。この周期的な規則性を元素の周期律と言う。

問1 文中の空欄 (1) ～ (9) に最も適当な語あるいは数値を入れ、文章を完成せよ。

問2 次の(a)～(c)の原子またはイオンでは、上の文章の空欄 (2) ， (3) ， (4) のそれぞれの殻にいくつ電子が入っているか答えよ。



問 3 次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) イオン化エネルギーが最も大きくなる元素の族名を答えるとともに、その元素のグループがもつ電子の配列の特徴を 25 字以内で書け。
- (2) 電子親和力が最も大きくなる元素の族名を答えるとともに、その元素のグループがもつ電子の配列の特徴を 40 字以内で書け。

問 4 下の表は、原子とイオンの大きさを比較したものである。次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 同族元素を比べると、原子番号が大きいほど原子の大きさは大きくなる傾向がある。この理由を 75 字以内で書け。
- (2) 第 2 周期のイオン  $\text{Li}^+$ 、 $\text{Be}^{2+}$ 、 $\text{B}^{3+}$  は電子の数が同じにもかかわらず、イオンの大きさは小さくなる。その理由を 110 字以内で書け。ただし、 $\text{Li}^+$  などは 1 字として数えよ。

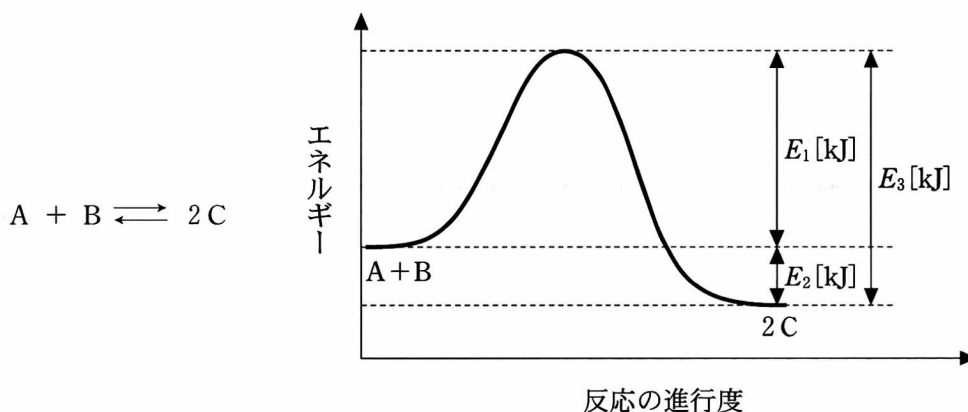
表 原子とイオンの大きさ

族 周期	1	2	13	14	15	16	17	18
1	H : 0.030							He : 0.140
2	Li : 0.152 Li <sup>+</sup> : 0.090	Be : 0.111 Be <sup>2+</sup> : 0.059	B : 0.081 B <sup>3+</sup> : 0.025	C : 0.077 C <sup>4+</sup> : 0.029	N : 0.074 N <sup>3-</sup> : 0.132	O : 0.074 O <sup>2-</sup> : 0.126	F : 0.072 F <sup>-</sup> : 0.119	Ne : 0.154
3	Na : 0.186 Na <sup>+</sup> : 0.116	Mg : 0.160 Mg <sup>2+</sup> : 0.086						
4	K : 0.231 K <sup>+</sup> : 0.152	Ca : 0.197 Ca <sup>2+</sup> : 0.114						

数値は半径(単位 nm( $10^{-9}$  m))を示す

II 次の文章を読んで、問5～問8に答えよ。

容積一定の真空状態の容器内に気体AとBを入れて密閉し、一定温度で反応させると、気体Cが生成する。反応が進むとそれぞれの気体の濃度が変化し、次式に示すような化学平衡に達した。下の図はこの可逆反応のエネルギー変化を示したものである。



正反応の反応熱は図中の記号  で表され、反応に伴って熱を  することから、  反応である。また、逆反応の活性化エネルギーの大きさは図中の記号  で表され、この逆反応は反応に伴って熱を  することから、  反応である。

問5 空欄  ～  に最も適当な語あるいは記号を入れ、文章を完成せよ。

問6 上に述べた反応について、次の(a)および(b)の文章中の{ }の中から適当な語句を選び、記号で答えよ。

(a) 温度を下げるとCが生成する反応の平衡定数は{(ア) 大きくなる, (イ) 小さくなる, (ウ) 変化しない}。

(b) 温度を一定に保ったまま容器の体積を小さくした。このとき、平衡は{(ア) 気体Cが増加する方向に移動する, (イ) 気体Cが減少する方向に移動する, (ウ) どちらにも移動しない}。

問 7 この反応に触媒を加えるとどうなるか。次の(a)~(e)の{ }の中から適当な語句を選び、記号で答えよ。

- (a) 正反応の活性化エネルギーは (ア) 小さくなる, (イ) 大きくなる, (ウ) 変化しない}。
- (b) 正反応の反応熱は (ア) 小さくなる, (イ) 大きくなる, (ウ) 変化しない}。
- (c) 正反応の反応速度は (ア) 小さくなる, (イ) 大きくなる, (ウ) 変化しない}。
- (d) 逆反応の反応速度は (ア) 小さくなる, (イ) 大きくなる, (ウ) 変化しない}。
- (e) 反応の平衡は (ア) 右向きに移動する, (イ) 左向きに移動する, (ウ) どちらにも移動しない}。

問 8 容積 70 l の真空状態の容器内に気体 A 4.00 mol と気体 B 3.30 mol を入れて密閉し、一定温度に保ったところ平衡状態に達し、気体 C が 5.00 mol 生成した。この反応の平衡定数を求めよ。計算の過程も示せ。ただし、有効数字は 2 桁とする。

I 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

二酸化炭素は、工業的には石灰石を強熱してつくられる。実験室では、石灰石に希塩酸を加えて発生させる。二酸化炭素は常温常圧で無色・無臭の気体で、31℃以下の温度で圧力を加えると液体になる。液体二酸化炭素をポンベから大気中に勢いよく放出すると一部固体になる。これを固めたものがドライアイスで、これは常温常圧で気体になる。二酸化炭素は水にいくらか溶け、その溶液は弱い酸性を示す。二酸化炭素を石灰水に通じると、石灰水は白濁する。しかし、さらに二酸化炭素を通し続けると沈殿は溶ける。

問1 下線部(a)～(e)の反応を化学反応式またはイオン反応式で示せ。

問2 下線部(b)で、希塩酸の代わりに希硫酸を石灰石に加えても二酸化炭素はあまり発生しない。この理由を30字程度で書け。

問3 下線部(ア)で、放出した二酸化炭素が一部固体になる理由を書け。

問4 下線部(イ)の変化を何というか書け。

問5 下線部(d)の反応を利用して、空気中の二酸化炭素の濃度を測定する実験を行った。0.010 mol/lの石灰水100 mlを空気10 lとともに容器に入れてよく振り、二酸化炭素を完全に石灰水に吸収させた。二酸化炭素のない条件でこの溶液の上澄みを10 mlとり、0.010 mol/lの希塩酸で中和したところ、17 mlを要した。次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 上澄み液中における消石灰と希塩酸の反応を化学反応式で示せ。
- (2) 上澄み液10 ml中で希塩酸により中和された消石灰の物質量は何 mol か求めよ。計算の過程も示せ。答は有効数字2桁とせよ。

- (3)  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で空気  $10 \text{ l}$  中に含まれる二酸化炭素の体積は何  $\text{ml}$  か求めよ。計算の過程も示せ。答は有効数字 2 桁とせよ。ただし、気体定数を  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{l}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。

II 次の文章を読んで、問 6～問 11 に答えよ。ただし、ファラデー定数を  $96500 \text{ C/mol}$  とし、原子量は  $\text{H} = 1.0$ ,  $\text{O} = 16$ ,  $\text{Cu} = 63.5$ ,  $\text{Ag} = 108$ ,  $\text{Cl} = 35.5$  を用いよ。また、電極で起こる反応は電気分解による反応のみを考慮すること。

陽極に銅板、陰極に白金板を用いて、 $0.10 \text{ mol/l}$  の硝酸銀水溶液  $500 \text{ ml}$  中で  $1.0 \text{ A}$  の電流を 32 分 10 秒間通じ、電気分解を行った。電気分解終了後、電解液に希塩酸を加えて沈殿物(1)を完全に析出させた。沈殿物(1)をろ過し、そのろ液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて、沈殿物(2)を完全に析出させた。沈殿物(1)および沈殿物(2)はどちらもアンモニア水に溶解した。

問 6 電気分解で陽極および陰極で起こる反応をそれぞれ電子( $e^-$ )を含むイオン反応式で示せ。

問 7 沈殿物(1)の物質名および色を書け。

問 8 析出した沈殿物(1)の質量は何  $\text{g}$  か求めよ。計算の過程も示せ。答は有効数字 2 桁とせよ。

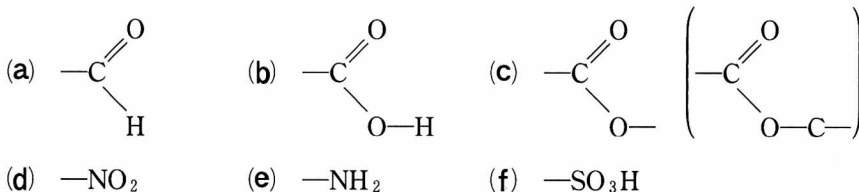
問 9 沈殿物(2)の物質名および色を書け。

問 10 析出した沈殿物(2)の質量は何  $\text{g}$  か求めよ。計算の過程も示せ。答は有効数字 2 桁とせよ。

問 11 沈殿物(1)および沈殿物(2)がアンモニア水に溶解する反応をイオン反応式で示せ。

次の問1～問4に答えよ。

問1 有機化合物は官能基の種類によって分類することができる。以下(a)～(f)の官能基の名称とこれらの官能基を含む化合物群の名称を書け。



問2 以下の(1)～(4)の反応を化学反応式で示し、生成する有機化合物の名称を書け。ただし、(4)では中間生成物も書け。また、有機化合物の構造は示性式で示せ。

- (1) エタノールに金属ナトリウムを加える。
- (2) 酢酸とエタノールの混合物に濃硫酸を加えて温める。
- (3) シクロヘキセンに臭素を加える。
- (4) 硫酸水銀(II)の希硫酸溶液中へアセチレンを通じるとアセチレンに水が付加し、生成する中間生成物は他の異性体へ変化する。

問3  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  の分子式を持つアルコール化合物には4種類の構造異性体が存在する。4種類の異性体の示性式を示し、その名称を書け。

問4  $\text{HOOC—CH=CH—COOH}$  の示性式を持つ不飽和ジカルボン酸には2種類の幾何異性体が存在する。次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 2種類の幾何異性体が存在する理由を書け。
- (2) それぞれの幾何異性体の構造式と名称を書け。
- (3) 2つの幾何異性体をある温度で急熱すると一方は酸無水物となるが、他方は酸無水物とならない。酸無水物となる理由を書け。

4

注意 1 教育学部、理学部(化学科)、医学部、歯学部、工学部および農学部  
受験者用

注意 2 I は、「生活と物質」から、II は、「生命と物質」からの出題である。

いずれか一つを選択し、解答すること。

I と II の両方の問題を解答した場合は、両方とも採点の対象としないので、注意すること。

I 〈選択問題(生活と物質)〉

(i) 次の文章を読んで、問 1～問 4 に答えよ。

一般に、分子量が一万以上の化合物を (1) 化合物という。主に炭素原子を骨格とする (1) 化合物を (2) 化合物と呼び、これにはセルロースやタンパク質などの (3) 化合物と人間が作り出した (4) 化合物がある。

(2) 化合物は熱に対する性質の違いから二つに分類できる。一つは熱を加えると軟らかくなり様々な形に成形できるものであり、この性質を (5) という。もう一方は加熱しても軟らかくならず、逆に硬くなるものであり、この性質を (6) という。(4) 化合物としてはエチレンやスチレンなど二重結合を持つ分子が (7) 重合してできたものや、テレフタル酸とエチレングリコール(1, 2 - エタンジオール)が (8) 重合してできたものなどがある。

問 1 空欄 (1) ～ (8) に最も適当な語を入れよ。

問 2 (6) の性質を持つ化合物に分類される代表的な化合物の名称を一つ記せ。

問 3 (6) の性質を持つ化合物は、いったん硬化すると、融解も溶解もしない。その理由を構造の特徴にもふれて、40 字以内で書け。

問 4 下線部の反応でできた化合物の平均分子量が  $2.0 \times 10^5$  のとき、平均重合度  $n$  を計算せよ。計算の過程も示せ。ただし、テレフタル酸の分子量を 166、エチレングリコールの分子量を 62 とし、有効数字 2 桁で答えよ。必要ならば原子量  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$  を用いよ。

(ii) 次の文章を読んで、問 5～問 8 に答えよ。

銅は硫化物として産出することが多く、銅鉱石としては黄銅鉱が代表的なものである。黄銅鉱を石灰石やけい砂とともに、高温の炉で加熱すると、硫化銅(I)が得られる。硫化銅(I)を転炉内で酸素を吹き込みながら加熱すると、微量の不純物を含む粗銅が得られる。粗銅を (1) 極、純銅を (2) 極として、硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液を 0.3 V 程度の電圧で電気分解する。このとき、粗銅に含まれる不純物として、亜鉛、銀、鉄、金を考えると、(3) と (4) が陽イオンとなって水溶液中に溶解する。一方、(5) と (6) はイオンにならずにそのまま粗銅電極の下に沈殿する。溶液中に溶けている陽イオンの中で銅イオンが最も還元されやすく、(2) 極に純度の高い銅が析出する。

問 5 空欄 (1) ～ (6) に最も適当な物質名あるいは語を入れて、文章を完成せよ。ただし、化学式や元素記号は用いないこと。

問 6 黄銅鉱の主成分を化学式で書け。

問 7 下線部に関連して、銅を得る反応を化学反応式で書け。

問 8 この電気分解で、10 A の電流を 20 時間流したとき、(2) 極の質量が増加した。(2) 極に析出した銅の物質量を、計算の過程も示し、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、ファラデー定数は  $96500 \text{ C/mol}$  とする。

## II 〈選択問題(生命と物質)〉

(i) 次の文章を読んで、問 1～問 7 に答えよ。

デンプン、タンパク質、油脂はいずれも体内に摂取された後、消化器官で酵素により  反応を受け、それぞれ次のように最終生成物を生じる。

デンプン→A,                      タンパク質→B,                      油 脂→C + D

A は  , C は  と呼ばれる化合物である。一方、B および D は化合物群であり、B は  , D は  と称される。

A および C は有機化合物の分類上  に属する点で共通しているが、A は  基による還元性を示す。B および D には  基がある点で共通しているが、B には  基もある。このため B は、水溶液中ではその pH により陽イオンあるいは陰イオンになる性質を示す。

問 1 文章中の空欄  ～  に最も適当な語を入れて文章を完成せよ。

問 2 下線部に示した性質の例として、A の水溶液にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温めると銀が析出する反応がある。この反応の名称を書け。

問 3 セルロースは、デンプンと同様 A を構成分子とする化合物である。デンプン溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると溶液は青紫色を呈する。一方、セルロース溶液ではそのような呈色はみられない。この理由を 50 字以内で書け。

問 4 B のうち、動物が栄養を保つ上で外界から摂取しなければならないものは何と呼ばれているか。

問 5 構成元素が炭素，水素，酸素および窒素であり，アルキル基と，  
 (8) 基および (9) 基を一つずつもつ B の窒素含有率(質量パーセント)が 11.97 % であった。この B の分子式を決定せよ。計算の過程も示せ。ただし，原子量は C = 12, H = 1.0, O = 16, N = 14 とする。

問 6 タンパク質の検出反応のうち次の(1)および(2)の名称を書け。

- (1) 試料に水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫色になった。
- (2) 試料を濃硝酸とともに加熱すると黄色になった。

問 7 タンパク質の水溶液を加熱すると凝固する。次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) この変化は何と呼ばれているか。
- (2) この変化が起こるのはなぜか，30 字以内で書け。

(ii) 次の問 8 に答えよ。

問 8 抗生物質は治療薬として広く使われている。以下の(a)~(g)の語をすべて用い，抗生物質の定義，歴史，利用について 180 字以内で説明せよ。なお，作成した文章に用いた(a)~(g)に該当する語は下線を引いて印をつけよ。同じ語を何度用いてもよい。

- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| (a) 微生物   | (b) フレミング | (c) 青カビ   |
| (d) ブドウ球菌 | (e) 阻 害   | (f) ペニシリン |
| (g) 感染症   |           |           |

5

注意 理学部(化学科), 医学部および歯学部受験者用

I 次の問1および問2に答えよ。

問1 芳香族化合物の性質を調べる実験を行った。以下の(1)~(7)の反応を化学反応式で示し生成する有機化合物の名称を書け。ただし、有機化合物の構造は示性式で示せ。

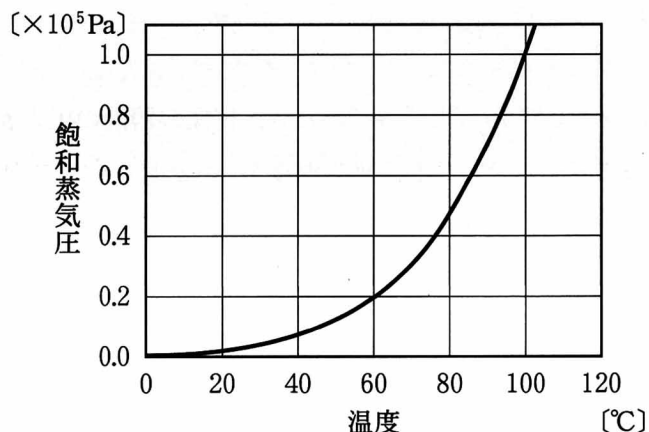
- (1) ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混合物(混酸)を加えて振る。
- (2) ベンゼンに濃硫酸を加えて温める。
- (3) 光を照射しながらベンゼンに塩素を反応させる。
- (4) ニッケルまたは白金を触媒として、ベンゼンに加圧した水素を反応させる。
- (5) フェノールに無水酢酸を加える。
- (6) アニリンに酢酸を加えて煮沸する。
- (7) アニリンの希塩酸溶液を冷やし、亜硝酸ナトリウム水溶液を加える。

問2  $C_4H_8$ の分子式をもつ有機化合物で、考えられる6個の異性体の構造式をすべて書け。

II 次の文章を読んで、問3~問7に答えよ。

水と水蒸気の気液平衡に関する次の実験を行った。体積9.3lの真空状態の密閉容器に水と窒素を入れて密閉した後、平衡状態を保ちながら加熱した。温度が100℃になったとき液体の水がなくなり、そのときの容器内の圧力は $1.5 \times 10^5$  Paであった。なお、水蒸気と窒素は理想気体として取り扱い、ドルトンの分圧の法則が成り立つものとする。また、窒素の水への溶解および液体の水の体積は、それぞれ無視できるものとする。

液体の水と平衡状態にある水蒸気分圧は同じ温度であれば常に一定の値を持ち、これを飽和蒸気圧という。下の図は水の飽和蒸気圧を温度に対して表したものである。必要ならば、次の数値を用いよ。気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{l}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  であり、原子量は  $\text{H} = 1.0$ ,  $\text{O} = 16$ ,  $\text{N} = 14$  である。



問 3 次の(ア)~(オ)は水と窒素が入った密閉容器内における気液平衡について述べたものである。このなかで誤りを含むものを2つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 平衡状態では単位時間内に液体から気体になる水分子の数と、気体から液体になる水分子の数は等しい。
- (イ) 平衡状態を保ちながら温度を高くすると、液体の水の量は増加する。
- (ウ) 液体の水が存在するとき、温度が一定であれば気体部分に含まれる水分子の数は容器の体積に比例する。
- (エ) 液体を構成する水分子のうち十分高いエネルギーを持つものは液体の表面から飛び出し蒸発することができる。
- (オ) 水に塩化ナトリウムを溶かしても、水蒸気分圧は変化しない。

問 4 最初に密閉容器に入れた水の質量を求めよ。計算の過程も示せ。答の有効数字は2桁とせよ。

問 5 温度を  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  に下げると密閉容器内の圧力は何 Pa になるか。計算の過程も示せ。答の有効数字は 2 桁とせよ。

問 6 温度を  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ったまま、密閉容器の体積を半分にした。このときの容器内の圧力は何 Pa になるか。計算の過程も示せ。答の有効数字は 2 桁とせよ。

問 7 温度を  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  から上昇させたとき、密閉容器内の圧力  $p$  [Pa] を温度  $t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] で表わす式を示せ。なお、絶対温度  $T$  [K] とセルシウス温度  $t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] との関係は  $T = t + 273$  である。