

理 科

科目：化学基礎・化学

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
2. 問題用紙は表紙を含めて6枚、解答用紙は4枚、下書用紙は1枚です。試験開始の合図があつてから確かめなさい。
3. 解答用紙に受験番号を記入しなさい。ただし、氏名を書いてはいけません。
4. 文字などの印刷に不鮮明なところがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。ただし、「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。また、裏面を使用してはいけません。
6. 問題用紙の余白は、下書きとして利用してかまいません。
7. 配付された問題用紙、下書用紙は持ち帰りなさい。
8. 計算問題は、別の指示がない限り有効数字2桁で解答しなさい。必要があれば以下の値を用いなさい。
原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Ca = 40.0
標準状態での気体 1 mol の体積 = 22.4 L/mol, $0^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$
気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$, 水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

問題用紙

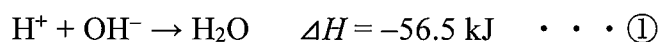
(化学基礎・化学)

問題1 以下の(1)～(4)の問いに答えなさい。

(1) 濃度のわかっていない水酸化ナトリウム水溶液(溶液A)をホールピペットでコニカルビーカーにとり、濃度がわかっている塩酸(溶液B)をビュレットに入れ、滴定の実験を行って溶液Aの濃度を求めたい。次の(a)～(e)の実験操作に間違いがなければ解答欄に○を記入し、間違いがあればその理由を記入しなさい。ただし、用いる水はイオン交換水などのきれいな水とする。

- (a) ホールピペットを溶液Aで共洗いしてからそのまま実験に用いる。
- (b) コニカルビーカーを溶液Aで共洗いしてからそのまま滴定の実験を行う。
- (c) コニカルビーカーを水で洗い、乾かさないうまま溶液Aを入れて滴定の実験を行う。
- (d) ビュレットを水で洗い、乾かさないうまま溶液Bを入れてそのまま滴定の実験を行う。
- (e) ビュレットを溶液Bで共洗いした後、溶液Bを入れてそのまま滴定の実験を行う。

(2) 水のイオン積は温度を高くすると変化するか、あるいは一定か。①式をもとに答えなさい。理由も記すこと。



(3) 醤油から食塩を取り出す操作を述べなさい。醤油には水と食塩のほかに、燃焼すると水に溶けない固形物となる成分が含まれているものとする。

(4) 新潟県では4月から5月上旬頃に霜が降りることがあり、果樹に「霜害」とよばれる被害がしばしばみられる。これは寒さで果樹が凍ることが主な原因となっている。これを防ぐための方法の一つとして、スプリンクラーにより果樹に水をかける方法がある。これを行うとかけた水が凍って枝からつららが下がることとなるが、これに伴って果樹が霜害を受けずにすむことがある。このような場合に霜害をなぜ回避できるのか、考えられる理由を述べなさい。(果樹の枝がおよそ $-2\text{ }^\circ\text{C}$ を下回ると霜害が発生するものとする。)

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題2 次の文章を読み、以下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

ただし、 $\sqrt{2.3} = 1.5$ および $\log_{10}3 = 0.48$ とする。

水素は(i)水を電気分解することによりつくられる。それゆえ、脱炭素化に貢献するエネルギー源として注目を集めている。例えば、水素は、2030年までに発電部門における天然ガスを用いた火力発電(ガス火力)への30%水素混焼*1や水素専焼*2が検討されているだけでなく、(ii)燃料電池の反応の原料として輸送部門や民生・業務部門での利用や水素ボイラーとして産業部門での利用が検討されている。しかしながら、水素は、反応性が高いため、輸送の際に高圧下-50℃以下の超低温にする必要があり、コストや安全性に問題があると指摘されている。これに対して、アンモニアは常圧下-33℃もしくは8.5気圧下20℃といった条件で液化する性質があることから、(iii)水素をアンモニアに変換し、輸送や貯蔵における問題を解決することが試みられている。アンモニアは、燃焼してもCO₂を排出しないことや既存インフラを改良するだけでガス火力へのアンモニア混焼やアンモニア専焼が可能になることから、グリーン成長戦略における重要分野の1つとして位置づけられ、第6次エネルギー基本計画にも明記されている。

*1 混焼：複数の燃料を混ぜて燃焼させること。

*2 専焼：一つの燃料だけを燃焼させること。

- (1) 下線部 (i) について、陽極および陰極の生成物をそれぞれ答えなさい。
- (2) 下線部 (i) について、陽極で生成した気体を水上置換で捕集したところ、27℃、 1.040×10^5 Pa で 300 mL の気体を得られた。得られた気体の質量 (g) を答えなさい。ただし、27℃における水の蒸気圧は 4.0×10^3 Pa とし、陽極で生成した気体の水への溶解は無視できるものとする。
- (3) 下線部 (ii) について、典型的なリン酸形燃料電池の正極および負極における化学反応式を答えなさい。
- (4) 下線部 (iii) について、工業的に用いられている反応の化学反応式を示しなさい。また、この可逆反応の特徴を記し、ハーバー・ボッシュ法が開発されるまではアンモニア製造の工業化が容易ではなかった理由をルシャトリエの原理に基づいて説明しなさい。
- (5) アンモニアを水に溶かし、電離平衡に達した。この状態を表す化学反応式を示しなさい。また、電離定数 (K_b) を表す式を書きなさい。
- (6) アンモニア水溶液の 25℃における K_b は 2.3×10^{-5} mol/L である。0.40 mol/L のアンモニア水溶液の 25℃における平衡状態での pH を答えなさい。pH は小数第二位まで求めなさい。ただし、アンモニアの電離度は十分に小さいとする。

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題3 カルシウムとその化合物に関する次の文章を読み、以下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

カルシウムは地球表層の炭素循環と関係している。カルシウム単体を空気中で燃焼させると、窒化カルシウムと(ア)の混合物が生成する。(ア)は生石灰とよばれ、水と反応して発熱し、(イ)を生じる。そのため、(i)(ア)は発熱剤として利用されている。(イ)の飽和水溶液は石灰水とよばれ、これにCO₂を吹き込んで得られる白色沈殿は(ウ)であり、(ii)石灰石の主成分である。この(iii)(ウ)が沈殿した水中にCO₂を長時間吹き込むと(ウ)は溶解する。この反応は、(iv)CO₂を多く含んだ地下水が石灰岩を徐々に浸食して洞窟が形成される過程においてみられる。この地下水が洞窟の天井から落下して蒸発する際にCO₂が大気中に放出されて(ウ)が析出して鍾乳石ができる。このようにして、自然界では長い年月を経て鍾乳洞が形成され、CO₂は(ウ)として地球表層に貯蔵される。

(イ)の水溶液を塩酸で中和した後に水分を蒸発させ、得られた結晶をさらに熱して水和水を完全に除くと(エ)が生じる。(エ)は吸湿性が強く潮解性を示し、乾燥剤として利用されている。

- (1) 文章中の(ア)～(エ)に入る最適な化合物名を答えなさい。
- (2) 下線部(i)に関して、28.0 gの(ア)と十分な水との反応によって発生する熱で弁当を温める場合、この弁当は何℃上昇するか、計算の過程を示して答えなさい。ただし、この弁当を1℃温めるためには900 Jの熱を必要とし、1.00 molの(ア)は水と反応して64.8 kJの熱を発生し、発生する熱は全て弁当を温めるエネルギーとして使われるものとする。
- (3) 下線部(ii)に関して、石灰石40.0 gに希塩酸を十分量加えると、標準状態において5.60 LのCO₂(気体)が発生した。この石灰石100 g中に(ウ)は何g含まれているか、化学反応式を書き、計算の過程を示して答えなさい。
- (4) 下線部(iii)の化学反応式を答えなさい。
- (5) 下線部(iv)に関して、大気と平衡にある地下水が、(ウ)と溶解平衡にあるとき、この地下水はややアルカリ性(約pH 8)を示す。この地下水に、外部から少量の酸(H⁺)や塩基(OH⁻)を加えてもpHはほとんど変動しない。その理由について、次の文中の(オ)と(カ)に入る最適な化学式を、(キ)に入る最適な語を、それぞれ答えなさい。
理由：この地下水中において、CO₂の多くはHCO₃⁻の形で存在している。地下水に少量のH⁺を加えると(オ)が生成し、H⁺の増加を緩和する。一方、少量のOH⁻を加えると(カ)と水が生成し、OH⁻の増加を緩和する。このような作用は(キ)作用とよばれる。
- (6) (エ)は融雪剤や凍結防止剤としても利用されている。その理由を簡潔に説明しなさい。

問題用紙

(化学基礎・化学)

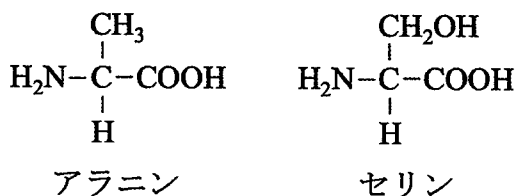
問題4 次の文章を読み、以下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

2024年のノーベル化学賞は、「計算によるタンパク質の設計」と「タンパク質の構造予測」に対して授与された。(i)タンパク質はアミノ酸が脱水縮合により共有結合で鎖状につながった物質であるが、その鎖がどのような立体構造をとっているかを知るのは実は非常に難しい。アミノ酸の並び方はタンパク質ごとに決まっており、その並び方を(ア)という。アミノ酸がつながった鎖は狭い範囲で規則的な構造を形成し、さらにアミノ酸の側鎖の間にはたらく力によって立体構造が決まる。それらの側鎖間にはたらく力は、システインの側鎖間につくられる(イ)結合のような共有結合もあるが、(ii)ほとんどは共有結合ではない結合である。それぞれのタンパク質は50個程度から数千個のアミノ酸で構成されており、それらの側鎖の間で可能な結合の組み合わせは非常に多いため、タンパク質の立体構造を予測するのは困難な課題なのである。

タンパク質を構成する(ウ)種類のアミノ酸は、 -NH_2 と表されるアミノ基と -COOH と表される(エ)基が同じ炭素原子に結合した化合物であり、このようなアミノ酸を(オ)という。その炭素原子には水素原子と側鎖が結合しており、グリシンを除き、その炭素原子は(カ)炭素原子である。したがって、グリシン以外のアミノ酸には(キ)異性体が存在するが、タンパク質を構成するアミノ酸はL体だけである。

生物の体の中には数万種のタンパク質が存在するが、その中には生体内で触媒としてはたらくさまざまな酵素がある。それぞれの酵素は特定の基質にだけ作用する(ク)という性質があり、これはその酵素が特定の立体構造を形成していることによるものである。この性質は、タンパク質を構成するアミノ酸としてL体だけが使われることにも関係している。また、それぞれの酵素には反応に適した温度とpHがある。一方、酵素の水溶液をいったん 60°C 程度あるいは強い酸性またはアルカリ性にすると、(iii)酵素は失活し、適した条件に戻しても酵素の機能が失われることが知られている。

- (1) 上の文章中の(ア)～(ク)に最適な語または数値を答えなさい。
- (2) 下線部(i)について、アミノ酸どうしの結合を何とよぶか答えなさい。
- (3) アラニン1分子とセリン1分子が下線部(i)の脱水縮合により結合してできる化合物の構造式を全て答えなさい。



- (4) 下線部(ii)について、アミノ酸の側鎖間につくられる共有結合以外の結合を2つ答えなさい。

問題用紙

(化学基礎・化学)

(5) 下線部 (iii) の原因としてどのようなことが考えられるか簡潔に説明しなさい。

(6) タンパク質の分子量は、希薄溶液の浸透圧から求めることができる。右図に示すような、断面積が 1.0 cm^2 の U 字管の中央に半透膜を固定し、片方に水を入れた。もう一方に、あるタンパク質を 0.16 g 溶かした水溶液 14.0 mL を入れて、液面の高さが同じになるようにした。 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ に保ったまま十分な時間放置すると液面の高さの差が 4.0 cm になった。このタンパク質の分子量を計算の過程を示して答えなさい。ただし、液面の高さの差が 1.0 cm のときの圧力差を $1.0 \times 10^2 \text{ Pa}$ とし、蒸発による水の体積減少は無視できるものとする。

