

理学部
繊維学部

後期日程
【後期日程 理科（化学）】

平成24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いけない。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入すること。
3. 学部名、受験番号を解答用紙の指定されたところへ必ず記入し、決して氏名を書いてはいけない。
4. この問題冊子は、36ページある。ページの脱落等があった場合は監督者に申し出ること。
5. 理学部の受験者は、出願の際選択科目として届け出た1科目又は2科目を解答すること。
6. 繊維学部の受験者は、出願の際選択科目として届け出た1科目を解答すること。
7. 下書きには問題冊子の中の余白を使用すること。
8. この問題冊子は持ち帰ること。

化 学

- 注 意**
1. 問題は **1** ~ **5** である。問題 **1** ~ **3** は、すべて解答せよ。
 2. 問題 **4** と問題 **5** については、このうち1題を選択し、合計4題を解答すること。
 3. 問題 **4** と問題 **5** の両方の解答用紙に受験番号を記入すること。
 4. 問題 **4** と問題 **5** のうち、選択した問題の解答用紙の指定された欄に○をつけること。
 5. 問題の解答に必要な場合は次の数値を用いること。
原子量 H:1.0, C:12.0, N:14.0, O:16.0, Al:27.0
アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$
気体定数 $8.31 \times 10^3 \text{ L}\cdot\text{Pa}/(\text{mol}\cdot\text{K})$
ファラデー定数 96500 C/mol

化学 I, II 後期の出題意図

第1問

化学は物質を扱う学問であることから、身近な物質には化学を理解するための題材が数多く存在する。今回はアルミニウムを取り上げて関連する問題を出題したが、金属元素に限らず我々が生活する上で様々な物質が使われていることを意識し、化学が生活に密着した学問であることを理解した上で、化学を学んでいただきたいと思う。

また、特定の元素に関する知識をただ暗記するだけではなくて、他の元素との比較などにより用語を正しく理解することも重要である。化学に限ったことではないが、種々の概念や用語は互いに関連しており独立している訳ではない。元素においてもまた性質の類似性など相関する事項が存在する。様々な事柄を関連性とともに理解することにより知識をより深めていただきたい。

第2問

固体の成り立ちと、物質の物理変化(相転移)について正しく理解できているかを、記述式問題、計算問題、グラフの選択問題で問うた。

- (1) 基本的な語句が理解できているかどうかを問うた。
- (2) ,(4) 分子の極性、無極性およびイオンについての理解を問うた。また記述式の出題によって、文章による表現力をみた。
- (3) 体積が何倍になるか、というわかりやすい事柄について、与えられた数値から正しく計算ができるかを問うた。
- (5) 気液の相転移に対する理解度を問うた。
- (6) (5)と同じく気液の相転移に関する設問だが、原子力発電所の事故に関連してニュースなどで触れられた「100℃を超える水温」について取り上げることで、このようなニュースと、学問としての化学を結びつけて考えることができるかどうかを問うた。

第3問

アルケン類を題材として有機化合物の構造(立体的特徴、異性体)と反応(付加、脱離)に関する基本事項について問うた。また、問(6)では化学反応にともなう熱の出入りについて、さらに問(8)ではフェノールとアルコールの化学的性質の違いについて、正しく理解しているかについても試した。

第4問

私たちの身の回りにある高分子化合物を原料とする樹脂や繊維を例にとり、高分子化合物に関して基礎的な知識を身につけているか、また、高分子化合物を合成する反応の量的関係を扱う能力があるかを、計算問題を通して問うた。

第5問

生命活動に関与する有機化合物、および、高分子化合物に関する基礎的な知識を持ち、特に、高分子化合物については、それらの化学構造および立体構造特徴が正しく理解できているか否かを問うた。熱化学方程式と化学量論をもとに、生物のエネルギー収支を計算できる基本的な能力があるか、問うた。

1 次の文を読み、問(1)~(6)に答えよ。

アルミニウム Al は鉄 Fe や銅 Cu と並んで、非常に身近な金属のひとつである。単体のアルミニウムは酸化アルミニウム Al_2O_3 にヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム Na_3AlF_6 を加えて融解し、炭素電極を用いて溶融塩電解により製造される。その模式図を下に示す。

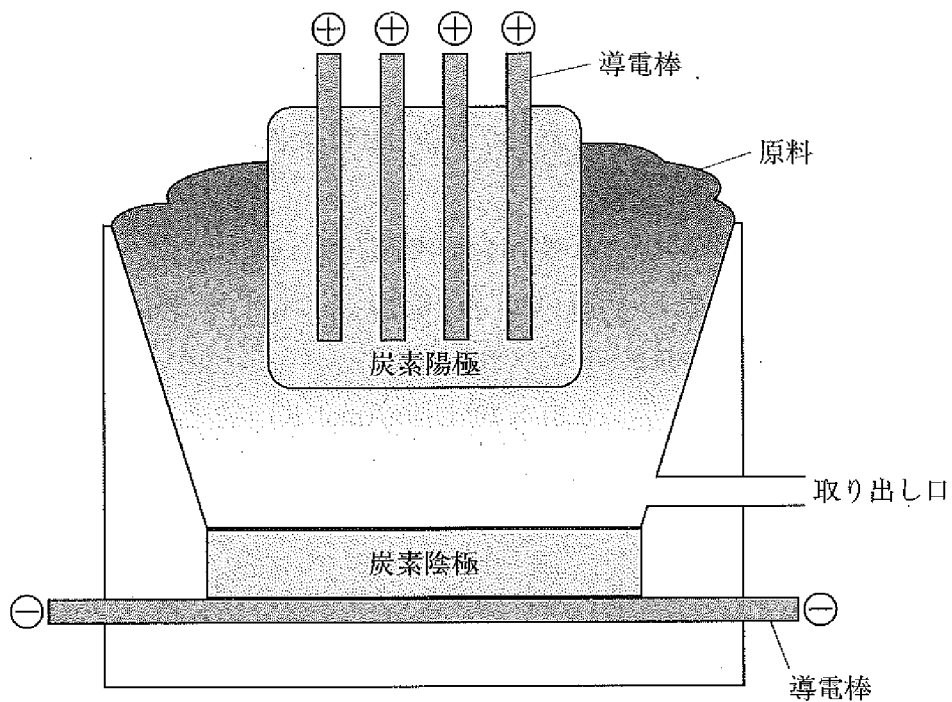


図 アルミニウムの電解炉の模式図

イオン化傾向が大きいアルミニウムは、空気中では表面に酸化アルミニウムの被膜を生じる。また、冷水や熱水とは反応しないが高温の水蒸気とは激しく反応する。さらに、アルミニウムは酸にも強塩基にも反応して溶けるが、濃硝酸とは不動態をつくり溶けない。

2種類以上の金属を溶融して混合した後、凝固させて得られる金属を合金という。アルミニウムを主原料とする合金にはジュラルミンがあり、軽くて強度が比較的強いため飛行機の機体などに利用されている。

- (1) アルミニウム結晶の単位格子は1辺の長さが 4.05×10^{-8} cm の立方体であり、その密度は 2.70 g/cm^3 である。単位格子中に含まれるアルミニウム原子の数を求めよ。計算過程も示せ。
- (2) 熔融塩電解について以下の問に答えよ。
- 約 950°C で熔融塩電解するとき、陰極上での反応を電子(e^-)を含むイオン式で書け。
 - 熔融塩電解反応槽に 30 A の電流を 60 分間流したときに生成するアルミニウムの質量を求めよ。ただし、電流はすべてアルミニウムの生成に使われると仮定し、計算過程とともに有効数字 2 桁で示せ。
- (3) 下線部①について、以下の問に答えよ。
- イオン化傾向とは何かを簡潔に説明せよ。
 - 水と室温で反応する金属元素を 3 つ挙げ、元素記号で記せ。
- (4) 下線部②について、以下の問に答えよ。
- このような性質をもつ元素を何と呼ぶか答えよ。
 - アルミニウムと塩酸、および、アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との化学反応式をそれぞれ書け。
 - アルミニウムの他に下線部②と同様な性質をもつ元素を 1 つ挙げ、元素記号で記せ。
- (5) 下線部③に関連して、アルミニウムの他に不動態をつくりやすい金属元素を 1 つ挙げ、元素記号で記せ。
- (6) 下線部④に関連して、アルミニウム以外の金属を主原料とする合金の名称を 1 つ書き、主原料となる金属の名称、特徴および主な用途も示せ。

2 次の文を読み、問(1)~(6)に答えよ。

固体は、それをつくる粒子の種類と結合のしかたによって、いくつかに分類できる。

イオン結晶は、陽イオンと陰イオンが静電的な引力(クーロン力)によって規則正しく配列している。塩化セシウムは〔ア〕原子が〔イ〕を失い、〔ウ〕原子がそれを得ることでそれぞれイオンとなり、イオン結晶を形成する。イオン結晶は一般に融点が〔エ〕、結晶の状態では電気伝導性を〔オ〕。また水に非常に溶けやすいという特徴を持っている。^①

ダイヤモンドは炭素原子が〔カ〕結合によってつながり、1つの巨大分子を形成している。このような物質は非常に硬く、融点も極めて高い。

金属結晶は多数の金属元素の原子が規則正しく配列してできている。金属結晶では、結晶中のすべての原子に共有されている〔キ〕によって電気や熱エネルギーが運ばれるため、電気や熱が伝わりやすい。

二酸化炭素は〔ク〕とよばれる分子と分子の間に働く力によって集まって固体となる。二酸化炭素の固体はドライアイスとよばれるが、圧力が1気圧のとき、ドライアイスは -79°C で固体から直接気体になる。この現象は〔ケ〕とよばれる。分子には極性分子と無極性分子があり、引力の大きさを比べると、極性分子の間には無極性分子の間よりも〔コ〕引力が働く。

極性分子である水やアルコールは加熱することによって室温に近い温度で固体から液体、さらに気体(蒸気)となる。温度に対するその物質の飽和蒸気圧を示したものを蒸気圧曲線という。^④

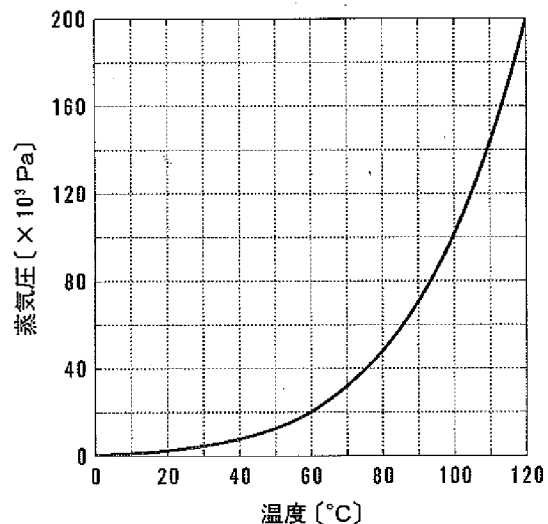
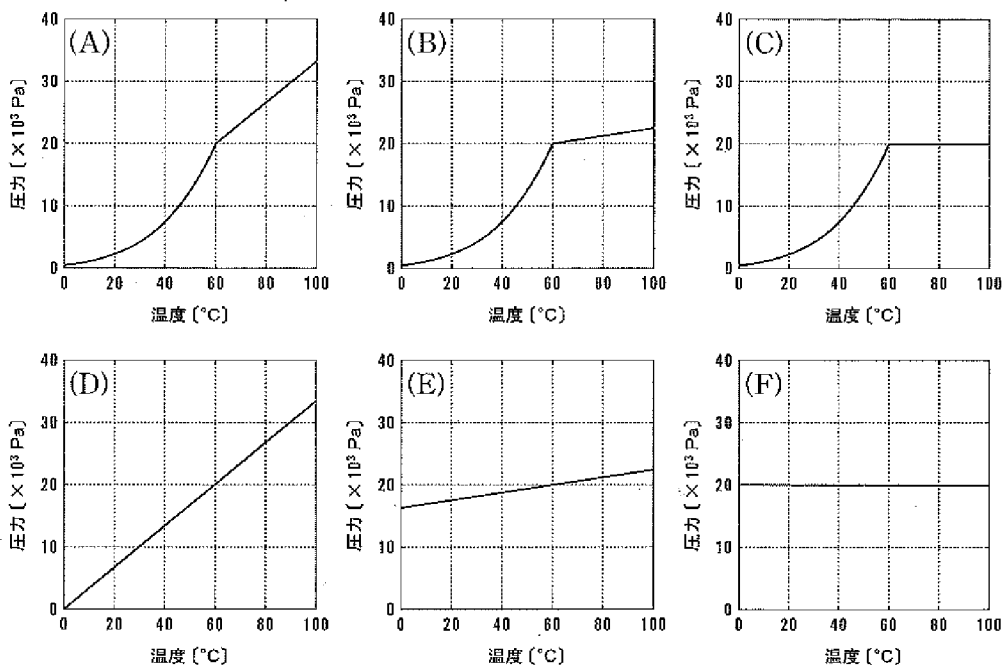


図1 水の蒸気圧曲線

- (1) 上の空欄〔ア〕～〔コ〕にあてはまる適切な語句を記入せよ。
- (2) 下線部①について、イオン結晶が水に溶けやすい理由を説明せよ。
- (3) 下線部②のように、二酸化炭素が固体から標準状態の気体になるとき、体積はおよそ何倍となるか。計算過程とともに答えよ。ドライアイスの密度を 1.56 g/cm^3 とする。
- (4) 下線部③にあるように、分子は極性分子と無極性分子に大別される。二酸化炭素は極性分子、無極性分子のどちらか、理由とともに答えよ。
- (5) 下線部④の、水の蒸気圧曲線を図1に示す。水蒸気が入った体積1 Lの密封容器を冷やしていったところ、 60°C で水滴が現れた。容器の中の水の質量を答えよ。また、この容器を密封したまま 0°C から 100°C まで温度を変化させたときの水蒸気分圧の変化として、最も適切なものを下記(A)～(F)の中から選び、その理由とともに答えよ。



- (6) 密封容器中に液体の水が存在しているとき、水温が 110°C を示したとすると、容器内の圧力は最低何気圧となっているか。計算過程とともに答えよ。なお、1気圧は $101.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ である。

3 次の文を読み、問(1)~(8)に答えよ。ただし、化学反応式中の有機化合物は構造式で示せ。

炭素原子間に〔ア〕結合を1つ含む鎖式不飽和炭化水素をアルケンという。炭素数が2と3のアルケンにはそれぞれ単一の化合物、すなわちエチレンと〔A〕しか存在しないが、炭素数4以上のアルケンにはいくつかの異性体が存在する。一般にアルケンは〔ア〕結合の部分で〔イ〕反応を起こしやすい。例えば、臭素水にエチレンや〔A〕を十分に通じると、臭素が〔イ〕するため、溶液の色は〔ウ〕色から無色になる。一方、触媒存在下、アルケンに水素を反応させると対応する〔エ〕が生成する。

エチレンや〔A〕などのアルケンは様々な工業製品の原料として重要である。例えば、エチレンはポリエチレン、アセトアルデヒド、エタノールなどの製造における原料に使われている。また、エチレンに塩素を〔イ〕させると〔B〕が生成し、これを触媒存在下で加熱すると塩化水素が脱離して塩化ビニルが生成する。^①塩化ビニルを重合するとポリ塩化ビニルが生成する。一方、〔A〕は高分子化合物の原料となるほか、クメン法によるフェノールと〔C〕の製造においても重要である。〔A〕に水を〔イ〕させると第二級アルコールの〔D〕が得られる。

- (1) 上の空欄〔ア〕~〔エ〕にあてはまる適切な語句を記入せよ。
- (2) 上の空欄〔A〕~〔D〕にあてはまる適切な化合物名を記入せよ。
- (3) エチレンの分子構造の立体的特徴について、図を示して簡潔に説明せよ。
- (4) 炭素数4のアルケンに可能なすべての異性体の構造式を示せ。また、これらのうち幾何異性体の関係にある異性体の構造式を線で囲め。
- (5) 化合物〔A〕と臭素の反応を化学反応式で示せ。

- (6) 1 mol のアルケンに水素を完全に付加したときに発生する熱量を水素化熱とよぶ。以下の問に答えよ。
- a) エチレンの水素付加反応の熱化学方程式を示せ。水素化熱は Q とせよ。
- b) エチレンとエタンの生成熱は、それぞれ -52.5 kJ/mol , 83.8 kJ/mol である。これらの値を使ってエチレンの水素化熱を求めよ。有効数字は3桁とし、計算過程も示せ。
- (7) 下線部①の反応を化学反応式で示せ。
- (8) フェノールと化合物〔 D 〕のそれぞれに、ナトリウム、塩化鉄(III)水溶液、および臭素水を加えたときに見られる変化を記せ。変化がない場合は変化なしと記入せよ。

4・5 は選択問題

4 次の文を読み、問(1)~(7)に答えよ。

高分子化合物を合成する反応には、〔ア〕重合と〔イ〕重合とがある。合成高分子化合物のうち、熱や圧力を加えると加工できるものを〔ウ〕という。〔ウ〕には、加熱により軟化し、冷却により再び固化することを繰り返すことができる〔エ〕樹脂と、加熱により硬化するが再び加熱しても軟化しない〔オ〕樹脂がある。例えば、ポリエチレンやポリスチレンは、〔エ〕樹脂であり、尿素樹脂やエポキシ樹脂は、〔オ〕樹脂である。一方、ナイロンやポリエステルなどの直鎖状高分子を融解し細孔から急伸しながら紡糸すると、細くて丈夫な繊維が得られる。これらを〔カ〕繊維という。その他、アセテートなどの〔キ〕繊維、レーヨンなどの〔ク〕繊維がある。これらは化学繊維と総称される。これに対して、綿や麻などの植物繊維と、絹や羊毛などの動物繊維は〔ケ〕繊維という。

古くは、馬の尻尾の毛で作った撚り糸や、ヤマユガ科に属する蛾の幼虫の絹糸腺から作った天蚕糸が、魚を釣るための釣り糸に用いられてきた。しかし、現在では、市販されている釣り糸は〔カ〕繊維が主流である。その中には、ナイロン、ポリフッ化ビニリデンやポリエチレンを原料とする釣り糸があり、強度、伸縮度や比重など、それぞれの分子構造に由来する特徴を考慮して使用することで、材料の利点を最大限に引き出すことができる。また、魚をすくう網や漁網には、耐水性、耐摩耗性の高い材料としてビニロンなどが用いられている。

- (1) 上の空欄〔ア〕~〔ケ〕にあてはまる適切な語句を記入せよ。
- (2) 下線部①について、それぞれの構造式を示せ。重合度は n とせよ。
- (3) 下線部②について、以下の問に答えよ。
 - a) 尿素樹脂は、尿素と何から得られるか答えよ。
 - b) 尿素樹脂を合成する際に、加熱処理すると硬化する理由を述べよ。
- (4) 下線部③について、以下の問に答えよ。
 - a) 植物繊維を構成する高分子化合物の単量体は何か。
 - b) 動物繊維を構成する高分子化合物の総称は何か。

- (5) 下線部④について、ナイロンは直鎖状高分子であり、その中には、6,6-ナイロンや6,10-ナイロンなどがある。これらの接頭数字(6,6-や6,10-)は、単量体分子中の炭素数を示している。すなわち、6,6-ナイロンはヘキサメチレンジアミン(分子式 $C_6H_{16}N_2$)とアジピン酸(分子式 $C_6H_{10}O_4$)から、6,10-ナイロンはヘキサメチレンジアミン(分子式 $C_6H_{16}N_2$)とセバシン酸(分子式 $C_{10}H_{18}O_4$)から合成できる。1.0 molのヘキサメチレンジアミンと1.0 molのセバシン酸が完全に重合したとすると(重合度 $n = 6.02 \times 10^{23}$)、6,10-ナイロンは何g得られるか、小数点以下は四捨五入して整数値で答えよ。反応式および計算過程も示せ。
- (6) ポリエチレンには、重合の条件により2種類のポリエチレンがある。下線部⑤の、釣り糸によく用いられるポリエチレンは、枝分かれの少ない直線状の構造をもち、分子鎖が密に並んだ結晶領域が多く、不透明で強度も大きい。このようなポリエチレンを何というか。
- (7) 下線部⑥のビニロンの合成は、1段階目の反応によってポリ酢酸ビニルを合成し、2段階目に、これを塩基性条件で加水分解してポリビニルアルコールにし、3段階目にホルムアルデヒドと反応させて、約3分の1のヒドロキシ基を架橋させることにより行われる。この3段階目の反応を何というか答えよ。

4・5 は選択問題

5 次の文を読み、問(1)~(6)に答えよ。

核酸、タンパク質、および多糖は生物に含まれる代表的な物質である。細胞核内にあるデオキシリボ核酸は、タンパク質をつくる20種類の α -アミノ酸の配列順序を指定するので、「生命の設計図」といわれる。

α -アミノ酸は、〔ア〕結合により互いに連結し、鎖状のタンパク質分子をつくる。このとき、〔ア〕結合が平面性をもつこと、 α -炭素が〔イ〕型のみであること、および〔ア〕鎖のC-C結合軸とC-N結合軸が〔ウ〕できるという3つの理由により、〔ア〕鎖は、〔エ〕構造、あるいは〔オ〕構造に代表される〔カ〕構造を形成する。さらに、実際のタンパク質分子では、 α -アミノ酸側鎖間にはたらく化学的な相互作用により、特有の立体構造が形成
①される。タンパク質の機能は、このような立体構造形成により発揮される。

②デンプンとセルロースは代表的な多糖類として知られている。これらの多糖は、〔キ〕分子が〔ク〕縮合して連結された高分子化合物である。〔キ〕
③は、水に溶解すると還元性を示す。デンプンは、多数の〔ケ〕分子がつながっているが、セルロースでは多数の〔コ〕分子がつながった構造をしている。デンプンは植物体内で光合成を経て作られている。他の生物に摂取されるとデンプ
④ンは分解されて〔キ〕にもどり、好気呼吸を経てエネルギーが生み出される。
⑤セルロースは綿および麻繊維の主成分であり、植物の細胞壁や木質組織などをつくる構造材料としてはたらいっている。

- (1) 上の空欄〔ア〕~〔コ〕にあてはまる最も適切な語句を記入せよ。
- (2) 下線部①に関する共有結合は何とよばれるか答えよ。
- (3) 下線部②の立体構造が変化するとタンパク質は凝固または沈殿して本来の機能を失う。この現象を示す用語を答え、これを引き起こす要因を3つ挙げよ。
- (4) 下線部③の理由を述べよ。

- (5) 下線部④に関連して、生物の好気呼吸では、化合物〔キ〕の酸化により得られる燃焼熱(1 mol あたり 2800 kJ)の一部は、アデノシン二リン酸(ADP)という分子をアデノシン三リン酸(ATP)に変化させるのに使われる。ATPの加水分解について、次の熱化学方程式が成り立つ。



〔キ〕1分子の好気呼吸を経て、38分子のATPが得られるとする。このとき、〔キ〕の燃焼熱の内、ATPの合成に利用された割合を求め、有効数字2桁の百分率(%)で答えよ。計算過程も示せ。

- (6) 下線部⑤に関連して、セルロースとアミロースとの構造の差異を述べよ。また、セルロースが繊維状の物質になる理由を説明せよ。