

令和7年度入学者選抜学力検査問題

化 学 (本文 12 ページ)

工学部

基盤工学科

9 時 00 分 — 11 時 00 分

農学部

生物資源科学科, 応用生命化学科, 森林科学科

9 時 30 分 — 11 時 00 分

[注意]

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入しなさい。
3. この問題冊子には3問題ある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出なさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入しなさい。所定の欄以外に記入したものは無効である。
5. 工学部志願者は、第1問～第3問を解答しなさい。
6. 農学部志願者は、第1問～第2問を解答しなさい。
7. 問題又は解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入しなさい。
8. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使いなさい。

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第3問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Al = 27.0$,

$Cl = 35.0$

ファラデー定数 $F = 9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, 気体はすべて理想気体とする。

第1問 以下の問1および問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、以下の問い(1)~(5)に答えよ。

陽子の数が同じで、中性子の数が異なる元素同士のことを と呼ぶ。水素Hの には、原子核が陽子1つだけで構成される(軽)水素(${}^1_1\text{H}$)、陽子1つと中性子1つで構成される重水素(${}^2_1\text{H}$)、陽子1つと中性子2つで構成される三重水素(${}^3_1\text{H}$)の三種類が存在する。特に三重水素は、放射線の一種である を放出して崩壊し、原子番号が1つ大きいヘリウムHeとなる。このような のことを、特に と呼ぶ。また、崩壊により元の半分の量になるのに要する時間のことを と呼ぶ。

同じ元素からなるが、性質が異なる単体を、互いに という。酸素Oの の一つには、淡青色で特異臭を持つ有毒な気体である がある。

(1) 文章中の ~ にあてはまる語句を記せ。

(2) 重水素は記号 D で表すことができる。自然界の水分子には、 H_2O だけでなく、1 個の H が D に置き換わった半重水(DHO)もわずかに含まれている。ここで、自然界では $1.0 \times 10^4 \text{ mol}$ の水分子の中に 2.0 mol の割合で DHO が混在していると仮定した場合、 90 g の自然界の水分子の中に含まれる半重水の質量(g)を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。ただし、H の相対質量を 1.0、D の相対質量を 2.0 とする。

(3) 炭素 C のほとんどは、質量数が 12 の ^{12}C であるが、炭素の ウ の 1 つに質量数が 14 の ^{14}C があり、 ^{14}C の エ は 5730 年である。

ある遺跡から伐採された木片が発掘され、この木片を対象に ^{14}C を用いた年代測定を行うこととした。この年代測定法の原理に基づいて、木片に含まれる ^{12}C に対する ^{14}C の割合の年次変化を、伐採された時点を 0 年としてグラフ中に実線で描け。また、横軸および縦軸には、わかりやすいように目盛と数値を加えよ。ただし、縦軸は大気中の ^{14}C の量を 1 とした時の割合として表すものとする。

(4) (3)の木片に含まれる ^{12}C に対する ^{14}C の割合は、大気中に存在する ^{12}C に対する ^{14}C の割合の $1/16$ であった。この木片のもととなった木は伐採されてから何年経過したと考えられるか、整数値で答えよ。なお、計算過程も記せ。

(5) 炭素 C の オ にあてはまる物質を 4 つ挙げよ。

問 2 次の文章を読み、以下の問い(1)~(7)に答えよ。

アルミニウム Al は、一円玉や飲料缶、輸送機器や建築材料、スマートフォンのようなモバイル家電など、様々な生活用品に用いられている。アルミニウムは 13 族に属し、価電子を放出して陽イオンになる。^①アルミニウムは地殻中に豊富に含まれており、その鉱石はボーキサイトと呼ばれる。これを精製して、キ と呼ばれる純粋な酸化アルミニウムに精製する。キ は融点が 2000℃ 以上と高いが、加熱した氷晶石を混ぜることで、約 1000℃ で融解させることができる。この操作は ク と呼ばれ、これによって金属アルミニウムを得ることができる。これに炭素電極を用いて電流を通じると、ケ 極に金属アルミニウムが得られる。一方、コ 極では酸素が電極の炭素と反応する。このようにして、アルミニウムは工業的に製造されている。^②^③

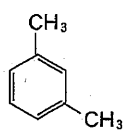
- (1) 文章中の キ ~ コ にあてはまる語句を記せ。
- (2) 文章中の下線部①について、単体の金属原子が水溶液中で電子を放出して陽イオンになる性質を金属のイオン化傾向という。イオン化傾向が大きい金属には、常温で激しく水と反応する性質を示すものがある。その性質を示す金属を 1 つ挙げ、水との化学反応式を示せ。
- (3) ク の操作は、酸化アルミニウムの融解液に水を含まない状態で行われる。その理由を、イオン化傾向の関係に基づいて簡潔に説明せよ。
- (4) 文章中の下線部②および下線部③について、各電極で起こる反応を、電子を含むイオン反応式でそれぞれ 1 つ記せ。

- (5) 金属アルミニウムを工業的に製造する の方法は、電気分解の操作の一つである。一般に、電気分解において流れる電気量と物質の変化量との間には法則がある。その法則の内容を簡潔に説明せよ。
- (6) 文章中の の操作において、炭素電極に $2.0 \times 10^4 \text{ A}$ の電流を通じて12時間電気分解を行ったところ、 極において金属アルミニウムが得られた。この電気分解で流れた電子の物質量[mol]を有効数字2桁で計算せよ。なお、計算過程も記せ。
- (7) (6)で得られた金属アルミニウムの質量[kg]を整数値で求めよ。なお、計算過程も記せ。ただし、流れた電子はすべて金属アルミニウムの生成に使われたものとする。

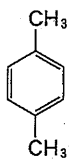
第2問 以下の問1および問2に答えよ。

問1 図2—1に示される化合物1～17がある。これらについて以下の問い(1)～(7)に答えよ。

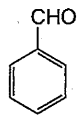
- (1) 化合物1～17はその構造や官能基によって分類することができる。化合物1～7に共通する一般名(分類名)を記せ。また、化合物1, 2, 8に共通する一般名(分類名)を記せ。
- (2) 炭酸水素ナトリウム水溶液に加えるとある気体が発生するすべての化合物を番号で答えよ。また、この反応で発生する気体の物質名を記せ。
- (3) アンモニア性硝酸銀水溶液に加えると析出物が生じるすべての化合物を番号で答えよ。
- (4) 適当な溶媒に溶解し、そこに臭素水を加えるとただちに臭素水中の臭素と反応するすべての化合物を番号で答えよ。
- (5) 図2—1の化合物の中で構造異性体の関係にあるすべての化合物の組み合わせを例の表記にならって答えよ。(例: 1—12, 2—7—10)
- (6) 酸化剤もしくは適当な触媒を用いることで図2—1の化合物のいずれかに酸化されるすべての化合物を番号で答えよ。
- (7) 化合物14は加熱すると分子内で容易に脱水反応が起こる。その化学反応式を立体構造がわかるようにして記せ。また、化合物14の他に加熱(必要な場合は酸触媒を用いる)によって分子内脱水反応が起こるすべての化合物を番号で答えよ。



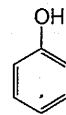
化合物 1



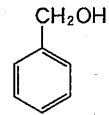
化合物 2



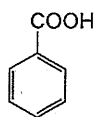
化合物 3



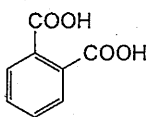
化合物 4



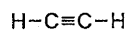
化合物 5



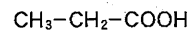
化合物 6



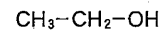
化合物 7



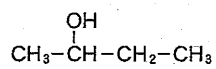
化合物 8



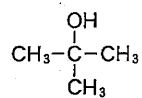
化合物 9



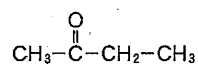
化合物 10



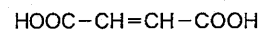
化合物 11



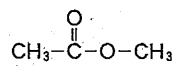
化合物 12



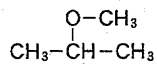
化合物 13



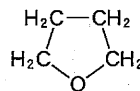
化合物 14



化合物 15



化合物 16



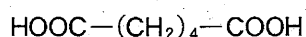
化合物 17

図 2—1 化合物 1～17 の構造式

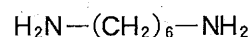
問 2 ナイロン 66 に関する次の文章を読み、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

ポリ ア の一種であるナイロン 66 は米国の化学者カロザースによって開発された世界初の合成繊維である。現在でも工業的に重要な合成繊維として用いられているナイロン 66 はアジピン酸とヘキサメチレンジアミンの イ 重合によって合成される。このようなカルボン酸とアミンの反応によって形成される結合は ア 結合と呼ばれる。

- (1) 文章中の ア および イ にあてはまる語句を記せ。
- (2) 図 2—2 に示すアジピン酸とヘキサメチレンジアミンを用いて、ナイロン 66 を合成する際の化学反応式を記せ。なお、重合度を表す記号として n を用いよ。



アジピン酸



ヘキサメチレンジアミン

図 2—2 アジピン酸とヘキサメチレンジアミンの構造式

- (3) (2)の化学反応において、ナイロン 66 を 100 kg 合成する際に必要なアジピン酸とヘキサメチレンジアミンの質量[kg]をそれぞれ有効数字 2 桁で答えよ。なお、計算過程も記せ。

第3問 以下の問1および問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、以下の問い(1)～(4)に答えよ。

固体の溶解度は、一般に溶媒 100 g に溶ける溶質の最大限の質量 [g] で表す。表 3—1 に塩化ナトリウム NaCl と硝酸カリウム KNO₃ の水に対する溶解度と温度の関係を示す。温度などによる溶解度の差を利用して物質を精製する操作を再結晶という。^①

表 3—1 水に対する固体の溶解度と温度の関係

温 度 [°C]	溶解度 [g/水 100 g]	
	塩化ナトリウム	硝酸カリウム
20	37.8	31.6
40	38.3	<i>P</i>
60	39.0	109
80	40.0	169

海水には塩化ナトリウムなどの塩が溶解している。地球上には水不足が課題となっている地域があり、水不足を補う方法の一つとして逆浸透膜を利用した海水の淡水化が行われている。これは、水分子だけを透過させる膜によって水と海水を隔て、海水側に浸透圧以上の圧力をかけて海水側から水分子を透過させる方法である。^②

- (1) 下線部①に関連して、80 °C にて塩化ナトリウムの飽和水溶液 140 g を調製した。この水溶液を 20 °C に冷却した際に析出する塩化ナトリウムの質量 [g] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。
- (2) 塩化ナトリウムと硝酸カリウムの質量比 5 : 95 の混合粉末 160 g を 80 °C で 200 g の水に溶解させるとすべて溶解した。この水溶液を 40 °C に冷却すると、24.0 g の結晶が析出した。このとき、表 3—1 の *P* に当てはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。

(3) 下線部②に関連して、塩化ナトリウム 1.16 g を水 300 mL に溶解させた水溶液の 27 °C における浸透圧 [Pa] を有効数字 2 桁で求めよ。ここで、塩化ナトリウムは完全に電離しているものとする。なお、計算過程も記せ。

(4) 図 3—1 のように U 字管の中央に水分子だけを透過させる半透膜を取り付け、左側に塩化ナトリウム水溶液を、右側にそれと同体積の水を入れ、27 °C とした。そのまま長時間経過すると、片側の水面が一方よりも 30 cm 高くなっていった。このとき、U 字管の左右どちら側の水面が高くなったのかを答え、その状態における塩化ナトリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で求めよ。ここで、塩化ナトリウムは完全に電離しているものとし、左右の水面の高さの差が 1.0 cm のとき、水面間の圧力差は 100 Pa に相当するものとする。なお、計算過程も記せ。

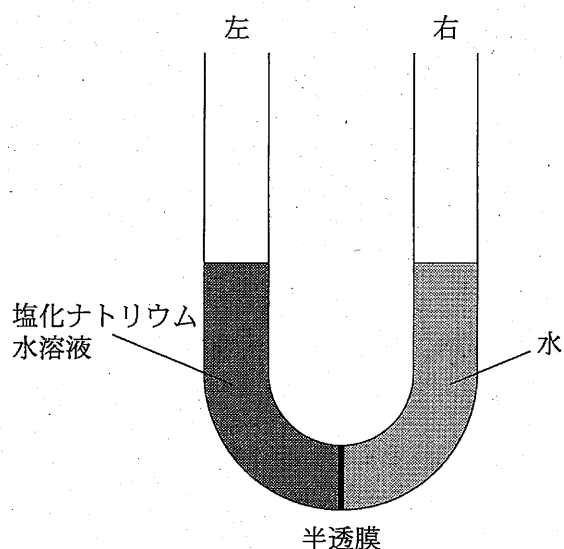


図 3—1 水溶液の浸透圧測定 (はじめの状態)

問 2 次の文章を読み、以下の問い(1)~(4)に答えよ。

窒素はリンやヒ素などと同じ 族に属する元素であり、工業的には液体空気の によって得られる。窒素化合物には工業的に有用であるものが多く、その一例としてアンモニア NH_3 があげられる。アンモニアは、工業的には 法、すなわち窒素と水素の混合気体を触媒存在下で反応させる方法によって生産される。この触媒として、一般的に を主成分とするものが用いられる。アンモニアは様々な窒素化合物の合成のための原料となり、肥料や医薬品の生産に広く利用されている。また、アンモニアは天然ガスに代わる燃料、および水素社会実現のための水素キャリアとしての可能性も有しており、製造法・活用法に関する研究が盛んに行われている。

- (1) 文章中の ~ にあてはまる数字または語句を記せ。
- (2) 下線部①に関連して、以下の操作(i)~(v)を行いアンモニアを合成した。このとき、以下の問い(a)~(c)に答えよ。ただし、触媒の体積および操作(iv)における液体アンモニアの蒸気圧は無視できるものとする。

〈操作〉

- (i) 窒素 N_2 と水素 H_2 の物質質量比 1 : 3 の混合気体を、内容積 10.0 L の容器に 27 °C で 1.0×10^7 Pa となるように充填した。
- (ii) 混合気体を 447 °C まで加熱した。
- (iii) 温度を 447 °C に保ったまま触媒を容器に導入してアンモニアの合成反応を開始し、平衡状態になるまで待った。
- (iv) 容器から触媒を取り出した後、気体を冷却し、生成したすべてのアンモニアを液体とした。
- (v) 液体アンモニアのみを容器から取り出した。

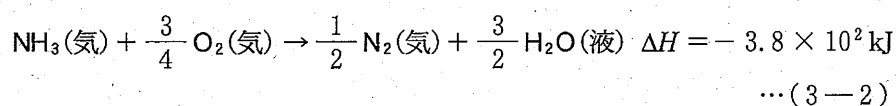
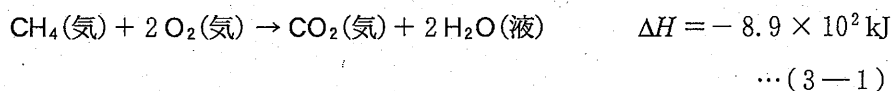
- (a) 操作(ii)を終えた後の全圧[Pa]および窒素と水素の分圧[Pa]をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。
- (b) 操作(iii)の平衡状態における窒素、水素、アンモニアの分圧をそれぞれ p_{N_2} , p_{H_2} , p_{NH_3} とする。これらの記号を用いて圧平衡定数 K を表せ。
- (c) 操作(iv)で得られた液体アンモニアは 114 g であった。この時、操作(iii)の平衡状態における各化学種の分圧[Pa]および圧平衡定数 K をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。また、圧平衡定数 K の単位も答えよ。なお、計算過程も記せ。
- (3) 下線部②に関連して、以下の反応(i)~(iii)によりアンモニアから硝酸を合成することができる。以下の問い(a), (b)に答えよ。

〈反応〉

- (i) 800~900 °C において白金触媒存在下でアンモニアと空気を反応させて一酸化窒素とする。
- (ii) 一酸化窒素と酸素を反応させて二酸化窒素とする。
- (iii) 二酸化窒素と水を反応させて硝酸と一酸化窒素とする。
- (a) この合成方法の名称を答えよ。
- (b) 反応(i)と(ii)における窒素原子の酸化数の変化をそれぞれ答えよ。

- (4) 下線部③に関連して、アンモニアと天然ガスの主成分であるメタンの燃焼にかかわる物質量の関係について、次の実験により考察した。

まず、ある容器に、メタン CH_4 と酸素 O_2 をそれぞれの分圧が $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ および $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ になるように封入し、完全燃焼させた。次に、同容積の別の容器にある量のアンモニアとその完全燃焼に必要な最小限の量の酸素を封入し、完全燃焼させたところ、メタンの完全燃焼実験のときと同じ量のエネルギーが放出された。ここで、容器内で進行したメタンとアンモニアの燃焼の反応式および燃焼エンタルピー ΔH はそれぞれ式(3-1)、式(3-2)に示す通りである。なお、燃焼反応により生成した水はすべて液体として存在するものとし、二酸化炭素の水への溶解は無視できるものとする。



このとき、アンモニアの完全燃焼実験において容器に封入したアンモニアと酸素の分圧 $[\text{Pa}]$ をそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。なお、計算過程も記せ。ここで、燃焼エンタルピー ΔH とは、物質が完全燃焼するときのその物質 1 mol 当たりのエンタルピー変化のことである。また、エンタルピー変化とは、反応の進行に伴い放出・吸収されるエネルギーの変化量に相当し、発熱反応では負の値になる。