

化 学

学 部	学 科 (コース)	配 点
理工学部	化学・生命理工学科(化学コース)	450 点
	化学・生命理工学科(生命コース), 物理・材料理工学科, システム創成工学科(機械科学コース, 社会基盤・環境コース)	300 点
	システム創成工学科(電気電子通信コース)	250 点
	システム創成工学科(知能・メディア情報コース)	400 点
農 学 部	植物生命科学科, 応用生物化学科, 森林科学科, 食料生産環境 学科, 動物科学科	300 点
	共同獣医学科	200 点

注 意 事 項

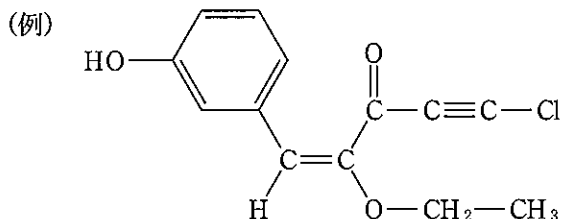
1. 問題は、**1** から **5** までの計 5 問です。
2. **1** から **5** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(8 の 1) から (8 の 8) までの計 8 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明及びページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子及び計算用紙は持ち帰りなさい。

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

H : 1.00 C : 12.0 O : 16.0 Ca : 40.0 I : 127

2) 気体はすべて理想気体とする。

3) 構造式は例にならって書け。



1 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 元素の周期表では、第3周期に₁₁Na～₁₈Arの8種類の元素がある。この第3周期の原子において、電子が収容される最も外側の電子殻は 殻であり、この殻には最大で 個の電子を収容することができる。この最外殻電子は、原子がイオンになったり、他の原子と結びついたりするときに重要な役割を果たし、価電子と呼ばれる。

① ₁₂Mgには の数が異なるために質量数が異なる安定な同位体が3種類存在する。

② 二酸化炭素中でマグネシウムの単体に火をつけて反応させると、燃焼は継続する。

このとき、Mgの酸化数は から に変化し、Cの酸化数は から に変化する。

問1. 空欄 ～空欄 に入る適切な語句、アルファベットまたは数字を入れよ。

問 2. 次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 電子親和力の定義を 35 字以内で書け。
- (2) 第 3 周期の原子のうち、第 1 イオン化エネルギーが最も大きいものの元素記号を答えよ。

問 3. 第 3 周期の中で、価電子の数が最小の原子と最大の原子の元素記号をそれぞれ答えよ。

問 4. 下線部①に示したように、マグネシウム原子には ^{24}Mg , ^{25}Mg , ^{26}Mg の同位体が存在する。それぞれの存在比は 79.0 %, 10.0 %, 11.0 % である。質量数が原子の相対質量を表すものとして、マグネシウムの原子量を有効数字 3 桁^{けた}で答えよ。計算過程も示せ。

問 5. 黒鉛の燃焼熱は 394 kJ/mol, マグネシウムの燃焼熱は 602 kJ/mol である。この値を用いて、下線部②の反応について、マグネシウム 1 mol 当たりの二酸化炭素との反応熱を有効数字 3 桁^{けた}で答えよ。計算過程も示せ。

問 6. $_{17}\text{Cl}$ の単体である塩素ガスを次の(1)~(3)の水溶液にそれぞれ通じたとき、反応が進行する場合は化学反応式を、反応しない場合は×印を書け。

- (1) フッ化カリウム水溶液
- (2) 臭化カリウム水溶液
- (3) ヨウ化カリウム水溶液

[II] 下図のように、温度によって体積が変化しない耐圧容器をそれぞれコックで連結した。容器 1, 2, 3 の容積はそれぞれ 8.00 L, 4.00 L, 6.00 L である。全体を温度 T_1 に保ち、コック 1 とコック 2 は閉じてある条件で、容器 1 に 1.00×10^5 Pa の気体 A が、容器 2 に 3.00×10^5 Pa の気体 B が、容器 3 に 2.00×10^5 Pa の気体 C がそれぞれ入っている。

混合気体となっても気体 A は気体 B, 気体 C と反応しない。気体 B と気体 C はある操作により $\textcircled{3}$ $3\text{B} + \text{C} \rightarrow 2\text{D}$ の不可逆反応が起き、気体 D を生じる。

以下の問いに答えよ。なお、コックの部分の容積は無視できるものとする。

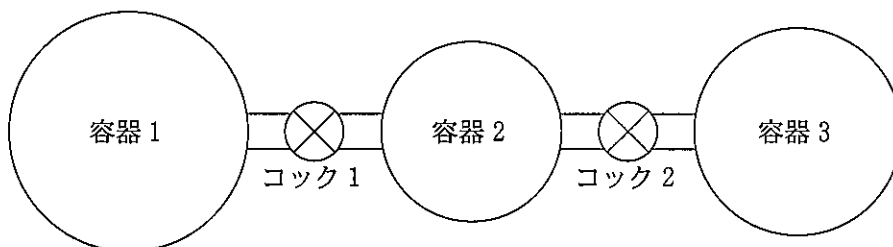


図 1

問 7. コック 1 だけを明け、均一な混合気体としてからコック 1 を閉じた。このとき、容器 1 および容器 2 中の気体 A の分圧をそれぞれ有効数字 2 桁で答えよ。

問 8. コック 1 とコック 2 の両方を開いて、均一な混合気体とした。その後、下線部 $\textcircled{3}$ の反応が完全に進行したとき、反応後の混合気体の全圧と気体 D の分圧をそれぞれ有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、気体 A は気体 D と反応しない。

問 9. 温度を T_1 から T_2 に変化させた。全体を温度 T_2 に保ち、 T_1 の場合と同様に、コック 1 とコック 2 は閉じた状態で、容器 1 に $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の気体 A が、容器 2 に $3.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の気体 B が、容器 3 に $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の気体 C がそれぞれ入っている。その後、問 8 と同じ操作を行い、下線部③の反応が完全に進行した。このとき T_2 の条件で発生した気体 D の質量は、 T_1 の条件で発生する気体 D の質量に比べて 0.910 倍となった。 T_1 と T_2 の温度差が絶対値で 30.0 K であったとき、絶対温度 T_1 を有効数字 3 桁^{けた}で答えよ。計算過程も示せ。

2 次の[I]と[II]の文章を読み，問1～問5に答えよ。

[I] 無水硝酸とも呼ばれる五酸化二窒素は，高い反応性をもつことから殺菌や治療，医薬品合成，材料合成などへの活用が期待される物質である。五酸化二窒素(気体)を溶媒の四塩化炭素に溶かし温めると，式1のように二酸化窒素(気体)と酸素(気体)に分解したが，二酸化窒素は溶媒に溶け，酸素が気体として得られた。

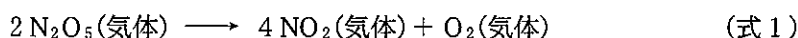


表1は45℃で五酸化二窒素を分解したときの実験データを示したものである。また，五酸化二窒素の分解反応の反応速度式は式2で表される。

表1

分解時間 t [min]	0	2	5	10
濃度 $[\text{N}_2\text{O}_5]$ [mol/L]	1.98	1.87	1.71	1.48

$$v_1 = k_1[\text{N}_2\text{O}_5] \quad (\text{式2})$$

五酸化二窒素の分解反応は，五酸化二窒素から直接生成物の二酸化窒素と酸素が得られるのではなく，次の反応(1)～反応(3)の3段階を経由して進む反応であり，反応(1)の速さが最も遅い。

反応(1) 五酸化二窒素から三酸化二窒素と酸素が生成する。

反応(2) 反応(1)で生成した三酸化二窒素から一酸化窒素と二酸化窒素が生成する。

反応(3) 五酸化二窒素と反応(2)で生成した一酸化窒素から二酸化窒素が生成する。

反応が1段階で進む場合は化学反応式の係数から反応速度式を導けるが、複数の段階を経由して進む反応では、化学反応式から反応速度式を導くことはできない。五酸化二窒素の分解反応では、全体の反応の速さが最も遅い反応(1)によって決められてしまうため、全体の反応と反応(1)の反応速度式が同じになる。

問 1. 五酸化二窒素の分解反応を構成する3段階の反応(1)～反応(3)の化学反応式を書け。なお、五酸化二窒素の分解反応において、一酸化窒素と酸素の反応は考慮しないものとする。

問 2. 表1から反応速度定数 k_1 を有効数字2桁^{けた}で単位とともに求めよ。また、計算過程も示せ。

問 3. 分解時間 $t = 10 \text{ min}$ における五酸化二窒素の分解速度および酸素の生成速度を有効数字2桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

[II] 化合物Aと化合物Bの反応により化合物Cが生成した。ある温度で表2の実験1～実験3に示すような反応物濃度と反応速度 v_2 の関係が成り立っていた。

表2

実験	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	v_2 [mol/(L·s)]
1	0.020	0.050	5.0×10^{-3}
2	0.040	0.050	2.0×10^{-2}
3	0.060	0.030	2.7×10^{-2}

問 4. 表2の値を用いて下線部の反応の反応速度式 $v_2 = k_2[A]^x[B]^y$ の x および y の値を整数で求めよ。

問 5. 下線部の反応速度定数 k_2 を有効数字2桁^{けた}で単位とともに求めよ。また、計算過程も示せ。

3 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

植物の成長に必要な元素を必須元素と呼び、このうち比較的多量に必要なものを多量必須元素と呼ぶ。多量必須元素には、窒素、リン、カリウム、硫黄、カルシウム、マグネシウムが含まれている。

問 1. 単体の性質が次の(1)～(4)に該当するものを、多量必須元素(窒素、リン、カリウム、硫黄、カルシウム、マグネシウム)の中からそれぞれ1つ選び、元素記号で答えよ。ただし、該当するものがない場合には、解答欄に「なし」と記入せよ。

- (1) 同素体には、淡黄色のろう状固体であり空気中で自然発火するものや、赤褐色の粉末のものがある。
- (2) 同素体には黄色の結晶やゴム状のものがある。
- (3) 銀白色の金属であり、常温の水とは反応せず、熱水とは徐々に反応する。
- (4) 銀白色の軽くて軟らかい金属で、水とは反応せず、酸・強塩基の水溶液と反応して水素を発生する。

問 2. 多量必須元素(窒素、リン、カリウム、硫黄、カルシウム、マグネシウム)の中で、炎色反応による検出が可能な元素を2つ選び、その元素記号と炎色反応の色を答えよ。

問 3. アンモニアや硝酸は窒素肥料の原料として用いられるが、アンモニアや硝酸に関する説明として正しいものを、次の(a)~(e)からすべて選び答えよ。

- (a) アンモニアを工業的に合成するときには、窒素と水素を常温常圧で反応させる。
- (b) オストワルト法によりアンモニアから硝酸を工業的に製造するときには、アンモニアを酸化するために触媒として白金が用いられる。
- (c) アンモニアと硝酸の正塩である硝酸アンモニウムを水に溶かすと酸性を示す。
- (d) 水中に沈殿している水酸化銅(Ⅱ)に十分な量のアンモニア水を加えると、沈殿が溶けて、深青色の溶液となる。
- (e) 鉄を濃硝酸に入れると、激しく気体を発生しながら反応する。

問 4. 硫酸は肥料の製造などの化学工業で使用される。硫酸は次の反応 1 ~ 反応 4 により工業的に製造される。空欄 および空欄 に入る適切な化合物の化学式、空欄 に入る適切な語句を答えよ。

反応 1 : 単体の硫黄を燃やして二酸化硫黄をつくる。

反応 2 : を触媒にして、二酸化硫黄を空気中の酸素と反応させて、 をつくる。

反応 3 : を濃硫酸に吸収させて とする。

反応 4 : を希硫酸で薄めて濃硫酸とする。

問 5. 硫黄化合物に関する次の(1)~(4)の反応について、(1), (3), (4)では化学反応式を、(2)ではイオン反応式を書け。

- (1) 硫化鉄に希硫酸を加えると腐卵臭のある気体が発生した。
- (2) 銀イオンを含む水溶液に(1)で生じた気体を通じると黒色の沈殿が生じた。
- (3) 濃硫酸に塩化ナトリウムを加えて加熱すると刺激臭のある気体が発生した。
- (4) 濃硫酸をスクロースに加えるとスクロースが脱水されて炭化した。

問 6. 石灰とは生石灰と消石灰の総称であり、カルシウム肥料として、または、酸性土壌の中和のために用いられる。生石灰と消石灰は、次の反応 5 および反応 6 によりそれぞれ製造される。空欄 および空欄 に入る適切な語句を答えよ。また、反応 5 と反応 6 の化学反応式を書け。

反応 5 : 石灰岩を することで、石灰岩中の炭酸カルシウムから生石灰ができるとともに二酸化炭素が発生する。

反応 6 : 生石灰に水を加えると しながら反応し、消石灰ができる。

問 7. 1000 g の石灰岩に対し、問 6 の反応 5 の操作を行ったところ、418 g の二酸化炭素が発生した。この石灰岩に含まれる炭酸カルシウムの質量の割合〔%〕を有効数字 3 桁^{けた}で求めよ。また、この石灰岩からつくることのできる消石灰の質量〔g〕を有効数字 3 桁^{けた}で求めよ。それぞれの計算過程も示せ。なお、石灰岩に含まれる炭酸カルシウムが全て反応して生石灰と二酸化炭素が生じ、さらに生じた生石灰の全てが消石灰に変化するものとする。

4 問1～問5に答えよ。

問 1. 第一級アルコールであるエタノールを酸化すると、化合物 A が得られ、さらに酸化すると酢酸が得られた。第二級アルコールである 2-プロパノールを酸化すると化合物 B が得られた。次の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 化合物 A と化合物 B の構造式を書け。
- (2) 化合物 A と化合物 B のそれぞれの性質として正しいものを(a)～(d)の中からすべて選べ。
 - (a) アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて、穏やかに加熱すると銀が析出する。
 - (b) 常温・常圧で液体であり、水や多くの有機溶媒と任意の割合で混じり合う。
 - (c) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させると黄色の沈殿が生じる。
 - (d) 分子間で水素結合を形成し、液体あるいは固体状態では二量体として存在する。

問 2. 化合物 C と化合物 D は、いずれも炭素、水素、酸素のみからなるベンゼンの一置換体であり、互いに構造異性体の関係である。化合物 C と化合物 D それぞれを加水分解すると、化合物 C からは化合物 E とプロピオン酸 (C_2H_5COOH) が生成し、化合物 D からは化合物 F と酢酸が生成した。得られた化合物 E と化合物 F それぞれに塩化鉄(III)水溶液を加えると化合物 E のみ紫色に呈色した。次の設問(1)～設問(3)に答えよ。

- (1) 化合物 C 30.0 mg を元素分析装置で完全燃焼させたところ、二酸化炭素を 79.2 mg、水を 18.0 mg 得た。化合物 C の分子量は 150 である。化合物 C の分子式を求めよ。計算過程も示せ。
- (2) 化合物 C～化合物 F の構造式を書け。
- (3) 化合物 E は水酸化ナトリウム水溶液に溶けるが、化合物 F は水酸化ナトリウム水溶液にほとんど溶けない。この理由を書け。

問 3. 化合物 G と化合物 H はいずれも分子式 $C_4H_4O_4$ のジカルボン酸であり、互いにシス-トランス異性体の関係にある。化合物 G を加熱すると 1 分子の水が脱離して、化合物 I が得られた。さらに、化合物 I に白金触媒を用いて水素を付加すると化合物 J が得られた。一方、化合物 H を加熱しても脱水反応は進行しなかった。化合物 G~化合物 J の構造式を書け。

問 4. アミド結合はアミノ基とカルボキシル基が脱水縮合した結合である。以下の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) アニリンに無水酢酸を作用させるとアセトアニリドが生成した。この反応の化学反応式を示せ。

(2) グリシンとアラニンから脱水縮合によって生成するすべてのジペプチドの構造式を示せ。また、不斉炭素原子が存在する場合、不斉炭素原子の右上に*をつけよ。

問 5. 天然の油脂中には様々な構造の油脂が存在し、1 種類の脂肪酸だけでなく、2 種類あるいは 3 種類の脂肪酸から構成される。油脂中に含まれる二重結合の数を推定するためにヨウ素価が用いられる。ヨウ素分子を作用させると、油脂中の二重結合 1 個に対して 1 個のヨウ素分子が付加するため、100 g の油脂に付加するヨウ素の質量は、油脂中に含まれる二重結合の数を求めるための目安とすることができる。以下の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) ある油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、オレイン酸のナトリウム塩とパルミチン酸のナトリウム塩の混合物が生成した。この油脂には何種類の構造異性体が存在する可能性があるか答えよ。ただし、シス-トランス異性体は考えなくてもよい。

(2) 2 分子のリノール酸 ($C_{17}H_{31}COOH$) と 1 分子のステアリン酸 ($C_{17}H_{35}COOH$) から構成される油脂のヨウ素価を求めよ。計算過程も示せ。

5 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

主食として広く食べられている米は、多糖類のデンプンを多く含む食品である。デンプンは、多数の α -グルコースが縮合した構造をもつ。デンプンの分子は極めて大きく、その水溶液はコロイド溶液になるため、強い光線を照射すると光の通路が明るく輝いて見える が起こる。

米には、 と という2種類のデンプンが含まれており、イネの種類によりそれらの割合が異なる。もち米のような粒の短い米は を多く含み、水と一緒に加熱すると粘りのある状態になる。粒の長い米は を多く含んでおり、水と一緒に加熱すると弾力のある状態になる。

は枝分かれした網状の構造をもつ。多数の α -グルコースが1位と4位で脱水縮合して直鎖状に結合しているのに加え、1位と6位の脱水縮合により枝分かれ状に結合している。分子内では、 基が水素結合を作り、 に比べて短いらせん構造をとる。 は、多数の α -グルコースが1位と4位で脱水縮合して直鎖状に結合した構造をもつ。分子内では、 基が水素結合を作り、 よりも長いらせん構造をとる。

① デンプン水溶液に酵素アミラーゼを加えて加水分解させると、時間の経過とともに、デンプンよりもやや分子量が小さい多糖の混合物である ができる。さらに加水分解が進むと二糖類の ができ、最後には単糖類のグルコースができる。

グルコースから形成される多糖類には、デンプンの他にセルロースがある。セルロースは植物の細胞壁の主成分であり、草食動物の主要な栄養源になる。セルロースは多くの溶媒に溶けにくく、ヨウ素デンプン反応を 。セルロースは、多数の β -グルコースが1位と 位で脱水縮合して直鎖状に結合した構造をもつ。平行に並んだセルロース分子間には 基による水素結合が形成され、セルロース分子が互いに集まって束状になり、繊維を構成する。

衣料などに用いられる繊維には、天然繊維と化学繊維がある。セルロースは、天然繊維である綿や麻の主成分である。また、セルロースは化学繊維の原料にもなる。セルロースに含まれる1つのグルコース構造単位には、3個の 基があり、これらを変化させて様々な繊維を作り出すことができる。

セルロースから作られる化学繊維には、 繊維と 繊維がある。 繊維は、天然高分子化合物を一度溶媒に溶解し、紡糸により再び繊維を構成したものであり、レーヨン^{レヨン}はセルロースの 繊維の一つである。 繊維は、天然高分子化合物に化学的な処理をして繊維状にしたものであり、アセテート繊維はセルロースの 繊維の一つである。

② アセテート繊維の合成では、まずセルロースに無水酢酸、氷酢酸と少量の濃硫酸を作用させてセルロースをアセチル化し、トリアセチルセルロースを生成する。次に、トリアセチルセルロースを穏やかに加水分解してジアセチルセルロースを生成し、アセトンに溶解する。このアセトン溶液を細孔から押し出し、温風で溶媒のアセトンを蒸発させるとアセテート繊維を得ることができる。

問 1. 空欄 ~空欄 に入る適切な語句または数字を書け。

問 2. グルコース、デンプンおよびセルロースの分子式をそれぞれ書け。分子式は例にならって書け。 n は重合度である。(例) $(C_5H_8)_n$

問 3. 構成成分としてグルコースを含む糖を、下記枠内の(a)~(h)からすべて選び答えよ。

- | | | |
|------------|------------|------------|
| (a) フルクトース | (b) スクロース | (c) ガラクトース |
| (d) ラクトース | (e) グリコーゲン | (f) マルトース |
| (g) リボース | (h) セロビオース | |

問 4. 下線部①の手順に従ってデンプン水溶液中のデンプンの加水分解を進めた場合、ヨウ素デンプン反応の色は、時間の経過とともにどのように変化するか、説明せよ。

問 5. セルロースを希硫酸と長時間煮沸させ、酸を中和した後にフェーリング液を滴下するとどのような反応を示すか、説明せよ。

問 6. 下線部②の手順に従ってジアセチルセルロースを 61.5 g 得るのに必要なセルロースの質量 [g] を、有効数字 3 桁^{けた}で求めよ。反応は完全に進むものとする。また、計算過程も示せ。