

化学 I B ・ 化学 II (化学)

以下の問題を解くのに必要があれば、下記の値を用いよ。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $S = 32.1$, $Cl = 35.5$

気体定数 $R = 0.082 \text{ atm} \cdot \text{l}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

1 次の文章を読み、問 1 ～ 問 5 に答えよ。

我々の住む世界には様々な化学物質が存在するが、それらは約 100 種類の元素から構成されている。それぞれの元素には、固有の原子と呼ばれる基本的な粒子が存在する。原子はそれ以上分割できないと考えられていたが、さらに微細な 3 種類の粒子 , , から構成されることがわかった。さらに、 と から構成される を が周回する構造をとることも明らかになった。 は電荷を帯びているが は電氣的に中性である。また、 は や に比べてその質量が約 $(\frac{1}{18}, \frac{1}{180}, \frac{1}{1800}, \frac{1}{18000})$ しかない。

原子には、 の個数は同じだが、 の個数が異なるものが存在する。このような原子をお互いに といい、自然界では、その はほぼ一定である。 は化学的な性質がほぼ同じであるために、お互いの分離には物理的性質の差が利用される。さらに、 には を放出するものが存在し、そのような元素を利用して化石の年代測定などが行われている。

元素を原子番号の順に並べ、類似した性質の元素が縦の列に配置されるように組んだものを と呼ぶ。縦の列を , 横の列を と呼ぶ。 はその元素から構成される物質が持つ 化学的性質を予測する上で有用である。たとえば、 の一番右側の縦の列には と呼ばれる不活性な元素が並んでいる。また、 の左側には水素を例外として が並んでおり、現在知られている全元素の種類約 $\frac{4}{5}$ をしめている。一方、右側の残り約 $\frac{1}{5}$ は である。

問 1 空欄 ～ に適切な語句を入れ、下線部 (a) について最も正しい数字を 1 つ選べ。

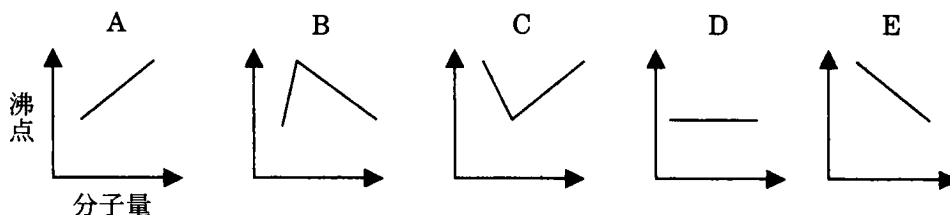
問 2 自然界における、炭素原子と酸素原子の相対質量と原子数の割合は右の表のとおりである。ただし、 ^{17}O は原子数の割合が非常に小さいので除

元素	原子記号	相対質量	原子数の割合
炭素	^{12}C	12	98.9 %
	^{13}C	13.00	1.1 %
酸素	^{16}O	16.00	99.8 %
	^{18}O	18.00	0.2 %

いている。異なる相対質量を持つ一酸化炭素分子のうち存在数の多い順に、その化学式と相対質量を例にならって書け。また、一酸化炭素の分子量(M)を求める計算式を数値を用いて書け(ただし、計算をする必要はない)。

例： $^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ (35.98)

問 3 下線部(b)に関連して、以下の問いに答えよ。なお、グラフA～Eは分子量と沸点の関係を模式的に示したもので、横軸には分子量、縦軸には沸点をとっている。



- (1) 水素化合物 CH_4 , SiH_4 , GeH_4 , SnH_4 の分子量と沸点の関係として最も適当なグラフをA～Eの中から選べ。
- (2) 水素化合物 NH_3 , PH_3 , AsH_3 , SbH_3 の分子量と沸点の関係として最も適当なグラフをA～Eの中から選べ。
- (3) (1), (2)で選択したグラフについて
 - ① 沸点と分子量には一般的にどのような関係があるか。理由を含めて50字以内で書け。
 - ② 一般的な関係からはずれる水素化合物について、その化合物の名称を含めて、そのようになる理由を60字以内で書け。

問 4 0.0560 g の塩素ガスを容積 10 ml のガラス製の容器に密封した。この容器は内圧 2 気圧まで耐えることができる。塩素ガスを理想気体とみなした場合、何℃以下でこの容器を保存すべきか。小数点以下を四捨五入して答えよ。

問 5 (1) の単体を形成する化学結合の名称を書き、その結合について50字以内で説明せよ。

(2) の結晶に特有の性質を3つあげよ。

2

I 次の文章の [ア] ~ [ケ] に適切な語句または化学式を記入せよ。

化学反応には、エンジン内の燃焼のように非常に速い反応もあれば、鉄がさびるようにゆっくりとした反応もある。我々は反応の速度を調節する事により、いろいろな分野で反応を役立てている。反応について考えてみよう。反応が起こるためには、反応物粒子がたがいに [ア] する必要があり、さらに、 [イ] になるのに必要な [ウ] , すなわち、 [エ] を必要とする。

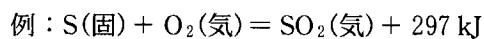
化学反応の速度は、温度が一定のもとでは、一般に反応物の濃度が大きいほど大きくなる。たとえば、過酸化水素水溶液中の過酸化水素は、分解して水分子と酸素分子を生成する。その反応速度を v 、過酸化水素のモル濃度を $[H_2O_2]$ で表すと、 $v = k[H_2O_2]$ (k は比例定数) と書ける。このような反応速度と濃度の関係を示す式を [オ] といい、 k を [カ] と呼んでいる。過酸化水素の水溶液は、常温ではじょじょにしか分解しないが、酸化マンガン(IV)、 [キ] , の粉末を加えると常温でも激しく分解して酸素を発生する。この酸化マンガン(IV)は反応の前後において変化しないが、 [ク] を小さくして、反応速度を大きくする。このような働きを持つ物質は一般に [ケ] と呼ばれる。酸化マンガン(IV)を加えることによって反応熱は [コ] 。

II 6種の物質の生成熱または燃焼熱を表に示す。ただし、燃焼熱は液体のH₂Oが生成するときの熱量である。この表をもとに問1～問4に答えよ。

表 生成熱(kJ/mol)と燃焼熱(kJ/mol) (25℃, 1 atmの値を示す)

化合物	水素	二酸化炭素	ジメチルエーテル	メタノール	オクタン	<i>o</i> -キシレン
状態	気体	気体	気体	液体	液体	液体
生成熱		394	184			
燃焼熱	286		コ	726	5470	4553

問1 ジメチルエーテル(気体)がその成分元素からできるときの熱化学方程式を例にならって書け。

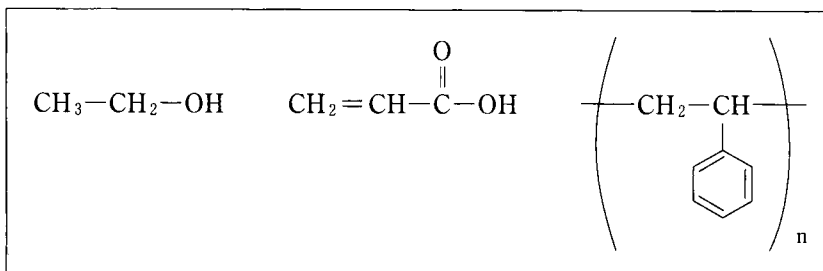


問2 ジメチルエーテル(気体)の燃焼熱、表中の コ , を求めよ。

問3 メタノール(液体)、オクタン(液体)、*o*-キシレン(液体)の各化合物を燃料として使用し、完全燃焼させた。これら3種の熱化学方程式を書け。

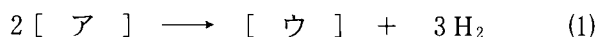
問4 問2、問3の4種の有機化合物を完全燃焼させた。同じ熱量を得るのに二酸化炭素の生成が一番多い化合物の分子式を書け。この化合物を完全燃焼させて1000 kJの熱を得た。このとき使用した有機化合物は何gか。また、生成した二酸化炭素は何molか計算せよ。答は四捨五入して有効数字3桁で求めよ。

3 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。なお、構造式は下の記入例にならって書け。



天然ガスは [ア] を主成分とする可燃ガスで、現在、都市ガス、火力発電、工業用燃料として用いられており、化学工業用原料としても重用され、また、自動車燃料、燃料電池などへの利用も期待されている。実験室では、[ア] は [イ] と水酸化ナトリウムをよく混ぜ、乾いた試験管に入れ、
(a) 加熱すると得られる。このとき、[ア] のほかに生成するのは炭酸ナトリウムだけである。

[ア] を高温に加熱すると、反応式(1)により気体 [ウ] に変換することができる。



また、ナフサ(粗製ガソリン)の熱分解で多量につくられる [エ] はPd-Cu系触媒を用いて酸素と反応させると分子式C₂H₄Oを持つ [オ] になる。
[オ] は還元性を持ち、アンモニア性硝酸銀水溶液と反応して [カ] となる。酢酸亜鉛を触媒にして [ウ] に [カ] を付加させると [キ] が生成する。
[キ] を重合させたあと、水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると [ク] が得られる。次いで、これを繊維状に凝固させ、乾燥後、適量のホルムアルデヒドで処理を行うと、ビニロンが得られる。ビニロンは適度な吸
(b) 湿性を有する合成繊維である。(c)

また、[エ] は銀触媒を用いて酸素と反応させると [オ] と同じ分子式を持つエチレンオキシドになる。これは酸触媒下で水と反応して、二価のアルコール [ケ] となる。石油からつくられるp-キシレンの酸化生成物 [コ] と [ケ] を縮合重合させるとポリエステル系繊維が得られる。
(d)

問 1 空欄 ～ に該当する化合物の構造式を書け。

問 2 (1) と塩素ガスの混合物は高温にすると容易に反応を開始するが、常温では、どのようにすれば容易に反応を開始させることができるか。

(2) は(1)の条件下で過剰の塩素ガスと十分反応させたとき、最終的には何という名称の物質に変化するか。

(3) このような塩素(ハロゲン)化反応は一般に何反応と呼ばれるか。

問 3 下線部(a)の実験で発生した の最適な捕集方法と、その方法を選択した理由を書け。

問 4 と を識別するにはどのような実験を行えばよいか(ただし、光の影響はないものとする)。用いる試薬および と それぞれに対して観察される現象を書け。

問 5 , , よりなる混合気体 100 ml を還元するのに、水素ガス 80 ml を要した。なお、 と の体積比は 1 : 2 であった。はじめの混合気体中に存在する気体 , , はそれぞれ何%(体積%)か。有効数字 2 桁で答えよ。なお、反応に用いた気体の体積はいずれも常温、常圧における値である。

問 6 下線部(b)の処理を行う理由を 40 字以内で、下線部(c)の性質を有する理由を 30 字以内で書け。

問 7 下線部(d)の反応を構造式で書け。

4

I 次の文章の空欄に適切な語句を入れよ。

ア の一つであるプラスチックは、我々の生活にはなくてはならないものになっている。プラスチックは石油を主原料とし、より価値のある物質に化学変化させたものである。たとえば、プロピレン(プロペン)は常温、常圧では イ である。これが ウ 重合すると エ になり オ と呼ばれるプラスチックになる。 オ を加熱すると、粘性の高い カ となる。これを目的の形にした後、室温にすれば エ に戻るのを容器やフィルムなどの製品になる。このようなことができるプラスチックの性質は キ と呼ばれる。プロピレンの重合において、 イ である原料が エ になるのは、重合により ク が大きくなるため、分子どうしの中に働く力、すなわち、 ケ が大きくなるからである。 ウ 重合で得られるプラスチックは身の回りに多い。たとえば、 コ という単量体の重合で得られるプラスチックは、透明度が高いため光学レンズ、プラスチック光ファイバーなどに使われ、別名有機ガラスと呼ばれている。

II 次の文章を読み、下の問1～問6に答えよ。

表はタンパク質を構成する代表的な α -アミノ酸(図)の名称と略号および側鎖(-R)の構造を示したものである。この表中のアミノ酸のいずれかが直鎖状に結合したペプチドAがある。酸性アミノ酸のカルボキシル基で形成されるペプチド結合を選択的に加水分解する酵素をペプチドAに作用させると、1個所で完全に切断されて2種類のペプチド、ペプチドXとペプチドY、が生成した。これらのペプチドについて下記1)～5)の事実がわかっている。

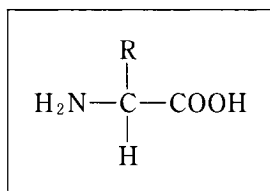
説明-1：酸性アミノ酸とは、側鎖にカルボキシル基を含むアミノ酸である。

説明-2：ペプチドにおいて、側鎖以外のアミノ基およびカルボキシル基を持つアミノ酸を、それぞれN末端アミノ酸およびC末端アミノ酸と呼ぶ。


- 1) ペプチドXは、キサントプロテイン反応に陽性であり、この反応に関与するアミノ酸はペプチドXのN末端アミノ酸である。

- 2) ペプチドXとペプチドYはいずれも1分子中に3個の窒素原子を含む。
 3) ペプチドXの窒素原子を完全に窒素分子に変換すると、0.702 gのペプチドXから0.0840 gの窒素分子が発生する。

図



表

アミノ酸の名称	略号	側鎖(-R)
アラニン	Ala	-CH ₃
アスパラギン酸	Asp	-CH ₂ -COOH
グルタミン酸	Glu	-(CH ₂) ₂ -COOH
グリシン	Gly	-H
リシン	Lys	-(CH ₂) ₄ -NH ₂
メチオニン	Met	-(CH ₂) ₂ -S-CH ₃
フェニルアラニン	Phe	-CH ₂ - 
セリン	Ser	-CH ₂ -OH
バリン	Val	-CH(CH ₃) ₂

- 4) ペプチドYの水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(II)の水溶液を加えると黒色の沈殿を生じる。
 5) ペプチドXの水溶液に、これと同じモル濃度で同容積のペプチドYの水溶液を加えた溶液は中性近くである。

問 1 下線部(a)において、この呈色反応の原因となる化学反応は何と呼ばれるか。また、ペプチドXのN末端アミノ酸を略号で書け。

問 2 下線部(b)における黒色物質を化学式で書け。

問 3 ペプチドXの分子量はいくらか。有効数字3桁で答えよ。

問 4 ペプチドAを構成するアミノ酸の個数はいくらか。

問 5 ペプチドXに対して考えられるアミノ酸配列のすべてを、N末端アミノ酸を左端に、C末端アミノ酸を右端にして、例にならって略号で書け。

例：Gly—Ala—Ser

問 6 ペプチドYを構成するアミノ酸は何か。アミノ酸の略号で書け。