



国語，数学，理科(化学，生物)問題

はじめに，これを読みなさい。

1. これは，国語，数学，化学，生物の4科目の問題を綴じた冊子である。必要な科目を選択して解答しなさい。食料環境政策学科受験者は「国語」が必須である。
2. 問題は，数学，化学，生物については表面から70ページ，国語については裏面から12ページある。ただし，ページ番号のない白紙はページ数に含まない。
3. 解答用紙に印刷されている受験番号が正しいかどうか，受験票と照合して確認すること。
4. 監督者の指示にしたがい，解答用紙の氏名欄に氏名を記入すること。
5. 監督者の指示にしたがい，解答用紙にある「解答科目マーク欄」に1つマークし，「解答科目名」記入欄に解答する科目名を記入しなさい。なお，マークしていない場合，または複数の科目にマークした場合は0点となる。
6. 解答は，すべて解答用紙の所定欄にマークするか，または記入すること。所定欄以外のところには何も記入しないこと。解答番号は各科目の最初に示してある。
7. 問題に指定された数より多くマークしないこと。
8. 解答は，必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入のこと。
9. 訂正する場合は，消しゴムできれいに消し，消しくずを残さないこと。
10. 解答用紙は，絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。
11. 解答用紙はすべて回収する。持ち帰らず，必ず提出すること。
12. この問題冊子は必ず持ち帰ること。
13. マーク記入例

良い例	悪い例
	

化 学

(解答番号 1 ~ 35, 101 ~ 104)

注意： 1. 原子量が必要な場合は、次の数値を用いなさい。

H = 1.0 Be = 9.0 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0

F = 19.0 Na = 23.0 Mg = 24.3 Al = 27.0 P = 31.0

S = 32.0 Cl = 35.5 K = 39.0 Ca = 40.0 Mn = 54.9

Fe = 55.9 Ni = 58.7 Zn = 65.4 Br = 79.9 I = 127.0

Pt = 195.1

2. 気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})]$

または $R = 0.0821 [\text{L} \cdot \text{atm} / (\text{mol} \cdot \text{K})]$

3. アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23} [/\text{mol}]$

4. 絶対温度 $T(\text{K}) = 273 + t(^{\circ}\text{C})$

[I] 以下の問いに答え、 ~ にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

1 次の a ~ e の文章の (ア) ~ (カ) にあてはまる語句の適切な組み合わせは である。

a 周期表の両側に位置する 1, 2 族と 12 ~ 18 族の元素を (ア) 元素という。

b 周期表の 3 ~ 11 族に位置する元素を (イ) 元素という。

c 水素を除く 1 族の元素を (ウ) 元素という。

d ベリリウムとマグネシウムを除く 2 族の元素を (エ) 元素という。

e 17 族の元素をハロゲン元素、18 族の元素を希ガス元素といい、一般にハロゲン元素は (オ) 分子、希ガス元素は (カ) 分子として存在する。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)
A	遷移	典型	アルカリ土類金属	アルカリ金属	多原子	単原子
B	典型	遷移	アルカリ土類金属	アルカリ金属	単原子	二原子
C	遷移	典型	アルカリ金属	アルカリ土類金属	二原子	多原子
D	典型	遷移	アルカリ金属	アルカリ土類金属	二原子	単原子
E	典型	遷移	アルカリ金属	アルカリ土類金属	多原子	二原子
F	遷移	典型	アルカリ土類金属	アルカリ金属	単原子	多原子

2 次の a ~ f の文章には誤っているものが2つある。その適切な組み合わせは

2 である。

- a 共有結合している2原子間で、原子が電子を引きつける強さは元素ごとに異なっている。
- b 原子の電気陰性度とは、その原子が共有電子対を引きつける強度を数値で表したものをいう。
- c 酸素原子の電気陰性度は、水素原子の電気陰性度と比べて大きいので水分子を構成する酸素原子と水素原子の結合は酸素原子側に正の電荷が偏り、水素原子側に負の電荷が偏っている。
- d 一般に、極性をもたない分子の間には極性をもつ分子の間よりも強い引力が働く。この分子間の引力をファンデルワールス力という。
- e 一般に、ファンデルワールス力が強い物質ほど沸点は高い。
- f 水分子の極性は特に大きいため、水分子の水素原子が別の水分子の酸素原子と弱い結合をし、水素原子を橋渡しとして2つの酸素原子が O—H…O の結合を作る。

2

A	a, b	F	b, c	K	c, e
B	a, c	G	b, d	L	c, f
C	a, d	H	b, e	M	d, e
D	a, e	I	b, f	N	d, f
E	a, f	J	c, d	O	e, f

3 同じ元素の単体でありながら外観や性質が異なる物質が2種類以上存在する。このような物質を互いに(ア)という。例えば、酸素(O₂)の(ア)には(イ)が存在する。地上約20 km付近は(イ)が約0.0003%(大気中の体積)含まれていて(イ)層と呼ばれ、生物に有害な(ウ)を吸収して地球上の生命を守っている。しかし、エアコンなどの冷却用ガスに使われている(エ)により(イ)層が破壊されて(イ)濃度が低い領域が発見され、地上への(ウ)到達量が増加して皮膚がんや白内障が増加傾向にある。問題となっている(エ)はメタンやエタン分子の水素原子を塩素やフッ素などのハロゲン原子で置き換えたものである。

(1) 上記の文章中の(ア)~(エ)にあてはまる語句の適切な組み合わせは

3

 である。

3

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
A	同素体	オゾン	紫外線	フロン
B	同位体	活性酸素	赤外線	ダイオキシン
C	同族体	オキシドール	放射線	PCB
D	同素体	オゾン	赤外線	ダイオキシン
E	同位体	オキシドール	放射線	PCB
F	同族体	オゾン	紫外線	フロン
G	同素体	活性酸素	放射線	PCB
H	同位体	オゾン	紫外線	フロン
I	同族体	活性酸素	赤外線	ダイオキシン

(2) 互いに(ア)である物質の正しい組み合わせは である。

- A 黄リン, 赤リン, 青リン
- B 黒鉛, フラーレン, ダイヤモンド
- C 一酸化窒素, 二酸化窒素, 三酸化二窒素
- D 単斜硫黄, 斜方硫黄, 二酸化硫黄
- E ケイ酸, ケイ素, シリカゲル

4 次の文章の(ア)~(エ)にあてはまる語句の適切な組み合わせは

5 である。

原子の中心には原子核がある。原子核は正の電荷をもつ陽子と、電荷をもたない中性子とからできている。原子核の陽子の数は、元素ごとに決まっており、この数をその原子の(ア)という。原子核に含まれる陽子と中性子の数の和を(イ)という。原子番号が同じ原子であっても、原子核に含まれる中性子の数が異なる原子が存在しており、これらの原子を互いに(ウ)であるという。(ウ)には放射能をもつ放射性同位体と放射能をもたない安定同位体がある。放射能とは放射線を放出する性質をいう。放射性同位体が放射線を放出してほかの元素に変わる速さは、(ウ)ごとに決まっている。そのため、調べたい物質の中に含まれる放射性同位体の存在比を調べることで、その物質がつくられたおおよその年代を推定することが可能である。また、放射性同位体は、その放射線を目印に元素を追跡し、生体内や化学反応での物質の動きを調べることなどに応用されている。このような方法を(エ)という。

5

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
A	原子番号	質量数	同素体	アイソトープ法
B	質量数	原子番号	同素体	トレーサー法
C	質量数	原子番号	同族体	アイソトープ法
D	原子番号	質量数	同族体	トレーサー法
E	質量数	原子番号	同位体	アイソトープ法
F	原子番号	質量数	同位体	トレーサー法

5 次の a ~ e の文章の中で正しいものの組み合わせは 6 である。

- a カルシウムの原子 1 個の質量は 40 g である。
- b 酸化アルミニウム 10 g の物質量(モル)はメタン 10 g の物質量(モル)よりも大きい。
- c 二酸化硫黄は、標準状態で同体積の場合、酸素のほぼ 2 倍の質量をもつ。
- d 窒素の標準状態における密度は 2.6 g/L である。
- e 純粋な炭酸カルシウム 15 g に十分な量の塩酸を加えて完全に反応させた。この時反応した塩化水素は 0.3 mol である。

6

A	a	F	a, b	K	c, e
B	b	G	b, c	L	d, e
C	c	H	b, d	M	なし
D	d	I	b, e		
E	e	J	c, d		

6 触媒は化学反応の中で自身は変化しないが反応速度を著しく大きくする物質である。工業的に化合物を合成する場合は、反応速度が大きくないと生産効率が悪くなってしまうため、多くの触媒が用いられている。次の a ~ c の反応に一般的に用いられる触媒の正しい組み合わせは 7 である。

- a 二酸化硫黄を酸化して三酸化硫黄を製造する反応
- b 窒素と水素からアンモニアを合成する反応
- c 一酸化炭素と水素からメタノールを製造する反応

7

	a	b	c
A	Fe_3O_4	V_2O_5	ZnO
B	Fe_3O_4	ZnO	V_2O_5
C	V_2O_5	Fe_3O_4	ZnO
D	V_2O_5	ZnO	Fe_3O_4
E	ZnO	Fe_3O_4	V_2O_5
F	ZnO	V_2O_5	Fe_3O_4

7 次の文章の(ア)~(エ)にあてはまる語句の適切な組み合わせは

8

 である。

動植物の体内に存在する油脂は高級脂肪酸とグリセリンのエステルである。油脂の性質は油脂を構成する高級脂肪酸の炭化水素基によって決まる。例えば、融点は炭素原子の数が多いものほど(ア)、また、炭素原子間に二重結合の数が多いものほど(イ)。常温で液体の油脂を脂肪油という。脂肪油に水素を付加させると融点が高くなり常温で固体となる。このような油脂を(ウ)といい、マーガリンなどがその例である。リノール酸 $C_{17}H_{31}COOH$ のみを構成成分とする油脂 1 mol に水素を付加する場合、水素(H_2)は最大(エ)mol 付加される。

8

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
A	低く	高い	硬化油	9
B	低く	高い	乾性油	6
C	低く	高い	半乾性油	3
D	高く	低い	硬化油	6
E	低く	高い	乾性油	9
F	低く	高い	半乾性油	6
G	低く	高い	硬化油	3
H	高く	低い	乾性油	3
I	高く	低い	半乾性油	9

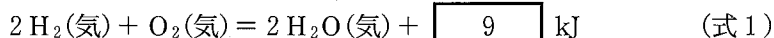
化学 問題は次ページに続いています。

〔Ⅱ〕 以下の問いに答え、 ~ にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 には化学反応式を書きなさい。

水素エネルギーは二酸化炭素の排出を伴わないクリーンエネルギーのひとつであり、日本では経済産業省を中心として、水素燃料を利用した電池や自動車の技術開発が進められている。一方で、水素の工業生産には化石燃料の熱分解や水の電気分解が用いられ、また水素を単体として大量に貯蔵するためには低温かつ高圧下で保存する必要がある。そのため、生産過程での二酸化炭素の発生や他のエネルギー資源の消費が、水素を総合的なクリーンエネルギーとして利用するための課題となっている。そうしたなかで、最近日米の共同研究グループが、水素を二酸化炭素と常温常圧下の水中で反応させることにより水素をギ酸として保存し、またその逆反応によりギ酸から水素を効率よく取り出すための技術開発に成功した。

1 水素を燃焼させると水が生成するとともに熱が発生する(式1)。



反応に関わる物質の結合エネルギーからおおよその反応熱を知ることができる。H—H、O=O、O—H(H₂O)の結合エネルギーをそれぞれ432 kJ/mol、494 kJ/mol、459 kJ/molとすると、式1の反応熱は kJと求められる。

A 478

B 467

C 440

D 961

E 934

F 910

2. 白金電極を用いた電気分解で電解質水溶液として(ア)水溶液を用いると(イ)より水素ガスが発生する。

(1) 文章中の(ア), (イ)にあてはまる適切な語句の組み合わせは

である。

	(ア)	(イ)
A	塩化ナトリウム	陰 極
B	塩化ナトリウム	陽 極
C	塩化銅(II)	陰 極
D	塩化銅(II)	陽 極
E	硝酸銀(I)	陰 極
F	硝酸銀(I)	陽 極

(2) 水素ガスが発生する(イ)での還元反応の反応式を解答欄 に記入しなさい。

(3) 高濃度の(ア)水溶液 1 L を, 10 A の電流で 32 分 10 秒間電気分解を行った。このとき発生する水素の物質量は, ファラデー定数: 9.65×10^4 C/mol より計算すると(ウ) mol である。70 cm ほどの小型のガスボンベに標準状態で 500 L の水素ガスを充填(じゅうてん)するためには, この約(エ)倍の水素ガスが必要である。ただし, 電気分解の効率は 100 % とする。

文章中の(ウ), (エ)にあてはまる適切な数値の組み合わせは

である。

	(ウ)	(エ)		(ウ)	(エ)		(ウ)	(エ)
A	0.1	110	D	0.2	110	G	0.3	110
B	0.1	220	E	0.2	220	H	0.3	220
C	0.1	330	F	0.2	330	I	0.3	330

3 ギ酸(HCOOH)は最も酸性が強い脂肪酸であるとともに、アルデヒド基を持つことから還元性を有し、酸化されることにより二酸化炭素と水素が発生する。ギ酸が二酸化炭素に変化するとき、炭素原子の酸化数は(オ)から(カ)に変化する。

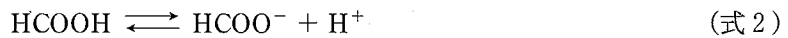
文章中の(オ)、(カ)にあてはまる適切な数値の組み合わせは

12 である。

12

	(オ)	(カ)		(オ)	(カ)		(オ)	(カ)
A	0	+2	D	+1	+2	G	+2	+2
B	0	+3	E	+1	+3	H	+2	+3
C	0	+4	F	+1	+4	I	+2	+4

4 ギ酸は弱酸であるため水に溶解ると(式2)に示すような電離平衡が成り立つ。



(1) ギ酸の電離定数が $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ であるとするとき、 $3 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のギ酸水溶液の水素イオン濃度は 13 mol/L である。

13

- | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| A 3×10^{-7} | B 9×10^{-7} | C 3×10^{-6} |
| D 9×10^{-6} | E 3×10^{-5} | F 9×10^{-5} |
| G 3×10^{-4} | H 9×10^{-4} | I 3×10^{-3} |
| J 9×10^{-3} | K 3×10^{-2} | |

- (2) 1.2×10^{-1} mol/L のギ酸水溶液の水素イオン濃度と電離度は、同じ温度の 3×10^{-2} mol/L のギ酸水溶液と比べ、それぞれ約(キ)倍および約(ク)倍である。なお、電離度は1より十分に小さいものとする。

文章中の(キ)、(ク)にあてはまる適切な数値の組み合わせは

である。

	(キ)	(ク)		(キ)	(ク)		(キ)	(ク)
A	1	1/4	F	2	1/4	K	3	1/4
B	1	1/2	G	2	1/2	L	3	1/2
C	1	1	H	2	1	M	3	1
D	1	2	I	2	2	N	3	2
E	1	4	J	2	4	O	3	4

- (3) 弱酸とその塩(例：ギ酸とギ酸ナトリウム)の混合水溶液では、溶解した塩のほとんどが水溶液中で電離する。そのため、少量の酸または塩基を加えても pH がほとんど変化しない。このような緩衝作用は弱酸と塩のモル濃度(mol/L)が等しいときに最も大きく、このときの水素イオン濃度は弱酸の電離定数(ケ)。また、弱酸より塩の濃度を高くしたときの水素イオン濃度は、両者のモル濃度(mol/L)が同じときに比べて(コ)。

文章中の(ケ)、(コ)にあてはまる適切な語句の組み合わせは

である。

	(ケ)	(コ)		(ケ)	(コ)
A	より小さい	低くなる	F	と等しい	高くなる
B	より小さい	変わらない	G	より大きい	低くなる
C	より小さい	高くなる	H	より大きい	変わらない
D	と等しい	低くなる	I	より大きい	高くなる
E	と等しい	変わらない			

〔Ⅲ〕 以下の問いに答え、 ~ にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 には化学反応式を書きなさい。

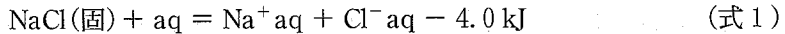
1 ナトリウムは、軟らかい銀白色の金属で、水に触れると激しく反応し、ごくわずかな湿気にも反応するので皮膚に触れると激しく侵される。塩素は、刺激臭をもつ黄緑色の気体で、第一次世界大戦の最前線では毒ガス兵器として使用された。ただし、敵とほぼ同数の味方が死んだとされている。ナトリウムと塩素が接触すると激しく反応し、火の玉となって炎を上げ、白煙が立ち昇る。この煙は塩化ナトリウム(NaCl)、すなわち食塩であり、われわれの生活には欠かせないものである。ナトリウムも塩素も、自然界には単体では存在しない。

(1) 上記下線部の反応は、あるガスの発生を伴う。そのガスに関する記述として誤っているものは である。

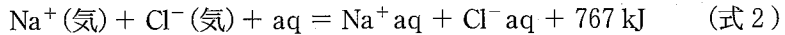
- A 宇宙で最も存在する量が大きい元素である。
- B 最も軽い気体である。
- C 捕集するときは下方置換で行う。
- D 工業的には水の電気分解や、石油から得られた炭化水素を高温で水と反応させてつくられる。
- E 最近では燃料電池にも利用される。
- F 亜鉛に希硫酸を加えると発生する。

乾燥状態なら無色透明なまま保たれる岩塩の結晶も、湿気があるとすみやかに曇ってしまう。塩化ナトリウムの結晶を水に入れると、結晶の表面で、 Na^+ は水分子のO原子と、 Cl^- は水分子のH原子と引き合い、各イオンは水分子によって取り囲まれる。このような現象を水和といい、水和した溶質が水分子の熱運動の作用によって水中に拡散していく現象を という。

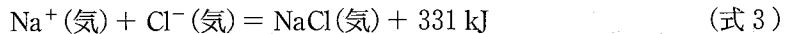
この水和によって出入りする熱量は、溶解熱として表される(式1)。



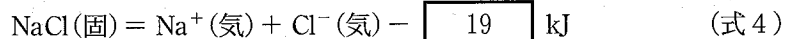
イオンの水和による安定化は、水和熱として表される(式2)。



塩化ナトリウムの結晶は面心立方格子で、その単位格子では、その中心にある Na^+ はその周りの 個の Cl^- と接しており、 Cl^- も 個の Na^+ と接している。1個の Na^+ と1個の Cl^- が結合するときに放出される熱量(安定化エネルギー)は以下の熱化学方程式で表される(式3)。



結晶中の Na^+ と Cl^- はさらに多くの相手と結合しているの、より大きい安定化エネルギーが予想され、イオン間の電気エネルギーを参考にして計算することができる。これは格子エネルギーとよばれ、イオン結晶をばらばらの気体状のイオンにするのに必要なエネルギーである。以下の熱化学方程式で表される(式4)。



(2) 上記文中の に入る適切な用語を答えなさい。

A 融 解

B 溶 解

C 潮 解

D 風 解

E 分 解

F 崩 壊

(3) 上記文中の に入る適切な数を答えなさい。

A 2

B 3

C 4

D 6

E 8

(4) 溶解熱は、格子エネルギーと水和熱の差として表される。上記の熱化学方程式を利用して、塩化ナトリウムの格子エネルギーは 19 kJ と計算できる。

19

A 1986

B 1219

C 1215

D 771

E 763

F 440

G 436

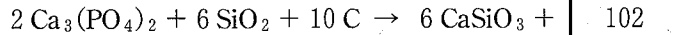
H 432

2 動物の歯や骨の主成分はリン酸カルシウム ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) であるので、リンは古くは骨や歯から製造されたが、現在ではリン鉱石に含まれるリン酸カルシウムをケイ砂とコークスと混ぜて電気炉で加熱し、発生するリン蒸気を水中で凝縮させて製造している。このようにして得られる単体は白リンであり、空気のない条件で 300°C に加熱すると赤リンに変わる。白リンは四原子からなる正四面体の分子が集合したもので、透明なロウ状固体であり、表面に赤リンの被膜が形成して淡黄色に見えるので黄リンと呼ばれる。黄リンという純物質はない。

リンを空気中で燃焼させると十酸化四リンになる。この化合物は吸湿性が強く乾燥剤に用いられる。また、水を加えて加熱すると、徐々に反応してリン酸 (H_3PO_4) になる。

地球上で採掘されるリン鉱石の量は年間約 1 億 5 千万トンで、世界の食塩生産量よりも多い。既に品質のよいものは世界中で掘り尽くされ、リン資源の枯渇が懸念されている。リン鉱石のリンの約 80 % は化学肥料に使われているため、リン鉱石の枯渇は地球規模での農業生産に深刻な打撃を与え、人類の生存そのものにも重大な危機が迫っている。

- (1) 現在の工業的なリンの製造工程は以下の反応式のように表される。



右辺の残りの部分を解答欄 $\boxed{102}$ に記入して反応式を完成させなさい。

- (2) 以下の物質の中で、乾燥剤として使われないものは $\boxed{20}$ である。

$\boxed{20}$

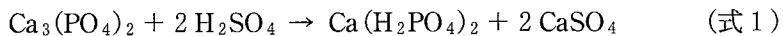
- A NaHCO_3 B CaO C シリカゲル
D CaCl_2 E H_2SO_4

- (3) リン酸は無色の結晶で、潮解性がある。以下の化合物の中で、潮解性を示さないものは $\boxed{21}$ である。

$\boxed{21}$

- A NaOH B KOH C MgCl_2
D FeCl_3 E CaCl_2 F $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

- (4) 水に溶けにくいリン酸カルシウムを硫酸で処理すると、水溶性のリン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物となる(式1)。この混合物は過リン酸石灰と呼ばれ、リン酸肥料として用いられている。1ヘクタールの畑にリン酸肥料を過リン酸石灰として253 kg 施肥しているとすると、それを生産するために必要なリン鉱石は $\boxed{22}$ kg である。ただし、リン鉱石中には重量で15.5%のリン酸カルシウムが含まれるものとする。



$\boxed{22}$

- A 288 B 335 C 1000
D 1860 E 2000 F 2162

[IV] 以下の問いに答え、23 ~ 28 にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 103 には化学構造式を書きなさい。

多くの植物は自らの生活環境を有利にするために、さまざまな化合物を放出して周辺の動植物に何らかの影響を与えている。この現象はアレロパシー(他感作用)と呼ばれており、この作用が強い植物をうまく利用することにより、農業生産現場における減農薬、工事現場における法面(のりめん：盛り土などによりできた人工的な斜面)管理等への応用が考えられている。

植物がアレロパシーを示す物質を放出する経路は、葉などから揮発性物質を放出する「揮散(きさん)」、生存あるいは枯死個体から雨や霧などによる「溶脱(ようだつ)」、根などの地下部からの「滲出(しんしゅつ)」などに分けられる。

植物の地下部から滲出される物質は、土壌による吸着や土壌微生物の影響などにより、生育地によってアレロパシーの効果が大きく左右される。植物本来の滲出物質の詳細を明らかにすることは、その植物の応用の可能性を判断する上で重要であり、土壌等の影響を除くために図に示す装置などが考案されている。土壌微生物がない吸着性のない砂で被検植物を栽培すると、根からの滲出物を含む培養液が砂から浸透する。浸透した液を吸着樹脂で充てんしたクロマト管に通すことにより、滲出物を吸着させて集めることができる(図1)。

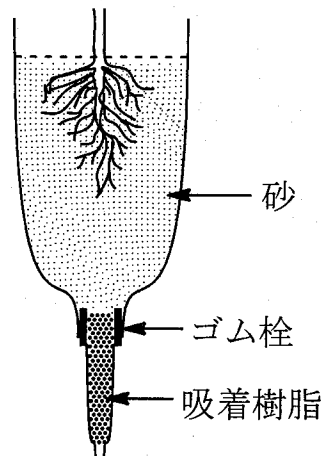
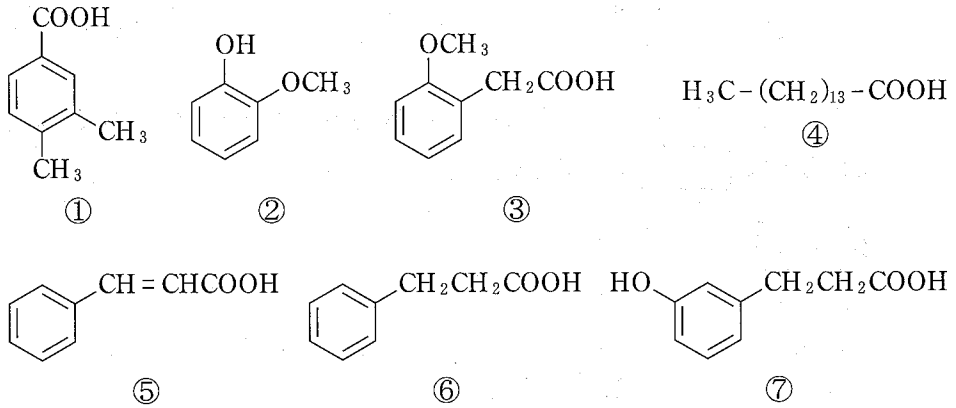


図1 植物の根からの滲出物質を収集するための装置の例

図1のような装置を用いてウシノシツペイ(低湿地に生えるイネ科植物)の根からの滲出物に含まれる成分が明らかにされており、以下にそのいくつかの化学構造を示した。これらの化合物①~⑦、および化学構造を示していない化合物(ア)について以下の問いに答えなさい。



(1) 少量の化合物①~⑦それぞれにエーテルと水酸化ナトリウム水溶液を加えて激しく攪拌した後に静置したとき、水層へ移動する化合物は 種類ある。

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| A 0 | B 1 | C 2 | D 3 |
| E 4 | F 5 | G 6 | H 7 |

(2) 化合物①のベンゼン環への置換基の位置による構造異性体の数は化合物①を含めて 種類考えられる。

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| A 1 | B 2 | C 3 | D 4 |
| E 5 | F 6 | G 7 | H 8 |

- (3) 化合物①～⑦の中で、アルコールあるいは無水酢酸と反応させてエステルを生成することができる芳香族カルボン酸は 種類ある。

- A 0 B 1 C 2 D 3
E 4 F 5 G 6 H 7

- (4) 化合物①～⑦の中で、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたとき、青～赤紫色に呈色する化合物は 種類ある。

- A 0 B 1 C 2 D 3
E 4 F 5 G 6 H 7

- (5) 化合物①～⑦をそれぞれ完全に燃焼したとき、生成する水に対する二酸化炭素の物質量の比が最も小さいものは化合物 である。

- A ① B ② C ③ D ④
E ⑤ F ⑥ G ⑦

- (6) 化合物(ア)について元素分析を行ったところ、C:68.84, H:4.95, O:26.20であった。化合物(ア)の実験式は ある。

- A C_6H_6O B $C_6H_6O_2$ C $C_7H_6O_2$
D $C_7H_6O_3$ E $C_8H_6O_2$ F $C_8H_6O_3$

- (7) 別の試験により化合物(ア)の分子式は(6)で得た実験式と同一であることがわかった。また、この化合物はベンズアルデヒドを空气中に放置したときに生じる化合物と同一であることが判明した。化合物(ア)の化学構造を に書きなさい。

化学 問題は次ページに続いています。

〔V〕 以下の問いに答え、29 ~ 35 にあてはまる答として最もふさわしいものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 104 には化学反応式を書きなさい。

1 大部分の哺乳動物はアスコルビン酸を体内で合成できるが、ヒトを含む霊長類はアスコルビン酸を合成できないので、食物から摂取しなければならない。ヒトに必須とされる微量の有機化合物をビタミンといい、アスコルビン酸はビタミンCの名称で知られている。

アスコルビン酸は柑橘類や野菜に高濃度に含まれ、厚生労働省による日本人の食事摂取基準では1日100mgの摂取が推奨されている。新鮮な食物を長期間摂取できないと体内のアスコルビン酸が欠乏し、組織の間をつなぐコラーゲンや骨の組織の生成と維持に障害を受けるため血管が損傷し、身体各部から出血する壊血病を発症する。特に16世紀から18世紀にかけての大航海時代は長期間の航海における壊血病の発生が深刻で、船員の半数以上の死者を出したケースもあった。

アスコルビン酸は、還元性をもつため生体内では容易に酸化される。そのため、アスコルビン酸の主な生理作用として他の生体分子を酸化から保護する抗酸化作用があり、血中の脂質などの酸化を抑制する効果を持つ。一方で、この性質を利用して食品の酸化防止剤としても使われている。

アスコルビン酸の還元力を指標に食品中のアスコルビン酸の濃度を定量することができる。ここでは、酸化剤としてヨウ素(I_2)を用いて滴定によりアスコルビン酸を定量する。アスコルビン酸($C_6H_8O_6$)は分子量176であり、2個の電子を放出してデヒドロアスコルビン酸となる(図1の式1)。

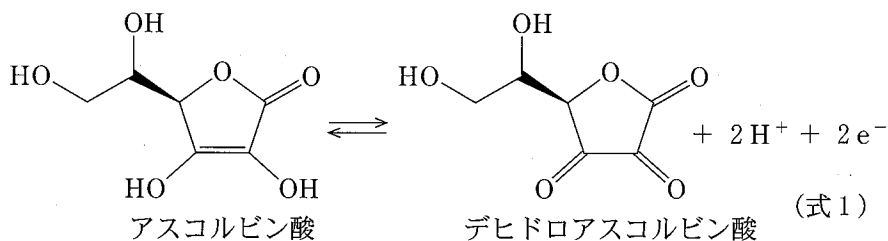


図1 アスコルビン酸の酸化還元

- (1) ヨウ素は常温では黒紫色の固体である。固体中のヨウ素分子(I_2)どうしを結びつけているのは である。

- A 金属結合 B イオン結合 C 共有結合
D 水素結合 E ファンデルワールス力

- (2) ヨウ素は水には溶けにくい、ヘキサンやアルコールなどの有機溶媒にはよく溶ける。また、ヨウ化カリウム(KI)の水溶液には以下の反応により三ヨウ化物イオン(I_3^-)を生じて溶解し、褐色の溶液となる。



また、ヨウ素(I_2)の固体は常温で液体とならず直接気体となる性質をもつ。このような状態変化を という。

- A 融解 B 凝固 C 昇華
D 凝縮 E 蒸発 F イオン化

- (3) ヨウ素(I)は、フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)とともにハロゲンである。ハロゲン元素の間で、電気陰性度の大きさと酸化力の強さおよびハロゲン化水素の酸としての強さは密接に関係している。各々のハロゲンの間の強さの順序として正しいものは である。

	電気陰性度	酸化力の強さ	酸としての強さ
A	F > Cl > Br > I	F ₂ > Cl ₂ > Br ₂ > I ₂	HF > HCl > HBr > HI
B	F > Cl > Br > I	F ₂ > Cl ₂ > Br ₂ > I ₂	HI > HBr > HCl > HF
C	F > Cl > Br > I	I ₂ > Br ₂ > Cl ₂ > F ₂	HF > HCl > HBr > HI
D	F > Cl > Br > I	I ₂ > Br ₂ > Cl ₂ > F ₂	HI > HBr > HCl > HF
E	I > Br > Cl > F	F ₂ > Cl ₂ > Br ₂ > I ₂	HF > HCl > HBr > HI
F	I > Br > Cl > F	F ₂ > Cl ₂ > Br ₂ > I ₂	HI > HBr > HCl > HF
G	I > Br > Cl > F	I ₂ > Br ₂ > Cl ₂ > F ₂	HF > HCl > HBr > HI
H	I > Br > Cl > F	I ₂ > Br ₂ > Cl ₂ > F ₂	HI > HBr > HCl > HF

- (4) ヨウ素(I₂)が酸化剤として働くときの反応式は以下の通りである。



固体のヨウ素(I₂)を正確に計り取ることは難しいので、酸化剤としてのヨウ素水溶液について、濃度が分かっている還元剤の溶液を用いた滴定を行って、ヨウ素水溶液の濃度を算出する必要がある。還元剤としてチオ硫酸ナトリウム(Na₂S₂O₃)水溶液を用いたときの反応式は以下の通りである。



Na₂S₂O₃によりI₂を還元する反応の反応式は、(式2)と(式3)より、(式4)となる。



右辺を解答欄 に記入して、(式4)を完成させなさい。

2 ヨウ素(I_2)の水溶液は褐色であり、濃度が分かっているチオ硫酸ナトリウム($Na_2S_2O_3$:分子量 158)の水溶液を加えていくと徐々に褐色が薄くなりやがて無色となる。しかし、この反応の終点を判別するのは難しいので、指示薬としてデンプン水溶液を加える。デンプンは I_2 が存在すると鮮やかな青紫色を呈する。この呈色反応は非常に鋭敏なので、 I_2 がすべて還元されて青紫色が消失する当量点を正確に見きわめることができる。この時点では、 I_2 が得た電子の物質質量と $Na_2S_2O_3$ が放出した電子の物質質量が等しくなっている。この原理を利用して、酸化剤や還元剤の濃度や量を求める操作を酸化還元滴定という。

(1) $Na_2S_2O_3$ の粉末を0.79 g計り取り、メスフラスコを用いて500.0 mLの水溶液を調製した。

一方、0.10 mol/Lのヨウ化カリウム(KI)水溶液に0.2 g程度と思われる固体のヨウ素(I_2)のかけらを投入して溶解し、KI水溶液を加えて100 mLとした。この I_2 水溶液をホールピペットを用いて10.0 mL計り取ってコニカルビーカーに入れ、さらに指示薬として0.5%のデンプン水溶液を数滴加えた。

調製した $Na_2S_2O_3$ 水溶液をビュレットから滴下したところ、16.0 mLで青紫色が消失した。この I_2 水溶液の濃度は mmol/Lである。

ただし、1 mol = 1000 mmol(ミリモル)とする。

A 320

B 160

C 80

D 40

E 32

F 16

G 8.0

H 4.0

(2) レモンに含まれるアスコルビン酸の量を定量するため、レモン 100 g を乳鉢を用いてすりつぶし、蒸留水を加えて 200 mL にしてろ過した。ホールピペットを用いて、ろ液(レモン試料液①)を 20.0 mL 計り取ってコニカルビーカーに入れ、さらに指示薬として 0.5 % のデンプン水溶液を数滴加えた。

アスコルビン酸の水溶液に対して I_2 水溶液を用いて滴定を行う場合、初めは I_2 がアスコルビン酸により還元されるため青紫色が消えて無色となるが、アスコルビン酸がすべて酸化されると青紫色が消えなくなると考えられるので、この点を終点とする。

(1)で調製した I_2 水溶液をビュレットから滴下したところ、1 回目は 6.3 mL で青紫色が消えなくなったが、2 回目は 5.9 mL で青紫色が消えなくなり、3 回目は 5.4 mL、4 回目は 5.1 mL で青紫色が消えなくなった。

そこで、用いたヨウ素水溶液を 10.0 mL 計り取ってコニカルビーカーに入れ、デンプン水溶液を加えて、再び(1)の $Na_2S_2O_3$ 水溶液をビュレットから滴下したところ、16.0 mL で青紫色が消失した。

以上より、レモン試料液①に対する滴定値が一定しなかったのは 33 ことが原因と考えられる。ただし、レモン試料液①に含まれる I_2 と反応する物質はアスコルビン酸のみとする。

33

- A レモン試料液①中のアスコルビン酸が空気中の酸素により酸化された
- B レモン試料液①中のアスコルビン酸が空気中の窒素により還元された
- C I_2 水溶液中のヨウ素が空気中の酸素により酸化された
- D I_2 水溶液中のヨウ素が空気中の窒素により還元された
- E 指示薬のデンプンが空気中の酸素により酸化された
- F 指示薬のデンプンが空気中の窒素により還元された

(3) (2)の現象を防ぐため、レモン 100 g を乳鉢を用いて素早くすりつぶし、1% メタリン酸(HPO_3)水溶液を加えて 200 mL にしてろ過した。ホールピペットを用いて、ろ液(レモン試料液②)を 20.0 mL 計り取ってコニカルビーカーに入れ、さらに指示薬として 0.5% のデンプン水溶液を数滴加えた。

(1)で調製した I_2 水溶液をビュレットから滴下したところ、1 回目は 7.6 mL で青紫色が消えなくなり、2 回目は 7.4 mL、3 回目は 7.5 mL で青紫色が消えなくなった。

レモン試料液②に含まれる I_2 と反応する物質はアスコルビン酸のみとするとき、滴定の結果からレモン試料液②に含まれていたアスコルビン酸の濃度は mmol/L である。

- | | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| A 21.3 | B 15.0 | C 10.6 | D 6.0 |
| E 4.2 | F 3.0 | G 2.1 | H 0.6 |

(4) この農場では無農薬でレモンを栽培しているのでレモンを丸かじりすることができるが、収穫されたレモンは大きさが不揃いなので、選別して市場に出荷している。規格は、1 個あたり 85 g~100 g が[S]、100 g~115 g が[M]、115 g~130 g が[L]である。どのレモンにも同じ濃度でアスコルビン酸が含まれているとすると、厚生労働省が推奨する食事摂取基準である 1 日あたり 100 mg のアスコルビン酸を確実に摂取するためには、この農場のレモンを最低限 摂取する必要がある。

ただし、レモンは果実全体を丸かじりし、必要なアスコルビン酸をすべてこのレモンから摂取するものとする。

- | | | | |
|-------------|-------------|-----------|-----------|
| A [S] 1/8 個 | B [S] 1/2 個 | C [S] 1 個 | D [M] 1 個 |
| E [L] 1 個 | F [S] 2 個 | G [L] 2 個 | |