

(2011年度)

# 1 化学問題 (90分)

(この問題冊子は17ページ, 6問である。)

## 受験についての注意

1. 監督の指示があるまで, 問題冊子を開いてはならない。
2. 携帯電話・PHSの電源は切ること。
3. 試験開始前に, 監督から指示があったら, 解答用紙の右上の番号が自分の受験番号かどうかを確認し, 氏名を記入すること。次に, 解答用紙の右側のミシン目にそって, きれいに折り曲げてから, 受験番号と氏名が書かれた切片を切り離し, 机の上に置くこと。
4. 監督から試験開始の合図があったら, この問題冊子が, 上に記したページ数どおりそろっているかどうか確かめること。
5. 解答は解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで, そのマーク欄をぬりつぶすこと。その他の部分には何も書いてはならない。
6. 筆記具は, HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能, 計算機能, 辞書機能などを使用してはならない。
7. マークをするとき, 枠からはみ出したり, 枠のなかに白い部分を残したり, 文字や番号, 枠などに○や×をつけたりしてはならない。
8. 訂正する場合は, 消しゴムでていねいに消すこと。消しきずはきれいに取り除くこと。
9. 解答用紙を折り曲げたり, 破ったりしてはならない。採点が不可能になる。
10. 試験時間中に退場してはならない。
11. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
12. 問題冊子, 計算用紙は必ず持ち帰ること。

## 解 答 上 の 注 意

(1) 数値により解答する場合は、各問に指定されているように解答すること。  
答が0(ゼロ)の場合はa欄をマークせよ。

(2) 有効数字2桁で解答する場合は、次のようにマークすること。

位取りは、以下のように小数点の位置を決めること。

$$0.30 \rightarrow 3.0 \times 10^{-1}$$

$$14 \rightarrow 1.4 \times 10^{+1}$$

$$17.4 \rightarrow 1.7 \times 10^{+1}$$

$$17.5 \rightarrow 1.8 \times 10^{+1}$$

記入例： $1.8 \times 10^{+1}$

	1 の 桁									0.1 の 桁									指 数												
a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	+	-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	●	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	●	⑨	●	①	⑩	●	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨

指数が0の場合は正負の符号はつけない。

		指 数									
+	-	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
①	①	●	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨

(3) 計算を行う場合、必要ならば次の値を用いよ。

原子量 H: 1.0 C: 12 N: 14 O: 16 Na: 23

S: 32 Cl: 35 K: 39 Fe: 56 Cu: 64

Zn: 65 Ag: 108 Au: 197

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C}/\text{mol}$

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23} /\text{mol}$

1 atm： $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$

絶対零度： $-273^\circ\text{C}$

(4) 気体は、すべて理想気体とする。

(5) pHは、水素イオン指数である。

(6) 問題文中のLは、リットルを表す。

以下余白

次頁へ続く

1 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

1869年、メンデレーエフは「原子量と元素の性質の間に周期的な関係が成り立つ」ことを発見した。その規則性を元素の  といい、これに基づいて性質の類似した元素が縦に並ぶように配列した表を元素の  という。現在の  は、 の順に配列されており、横の行を周期といい、縦の列を族という。族は18種類に分類されている。18族元素を除く  の全体的な傾向は、表の左下側に向かうに従い  性が増し、右上に向かうに従い  性が増す。また、3～11族の元素は  元素と呼ばれ、すべて  元素である。

18族元素は  元素と呼ばれ、その原子は最外殻に電子の満たされた安定な電子配置を持つ。このような電子配置を閉殻構造という。18族以外の原子ではその最外殻電子を  と呼ぶ。原子から最外殻電子1個を取り去るのに必要なエネルギーを、その原子の  という。その  が  ほど陽イオンになりやすい。同じ周期の元素を比較すると、1族の原子の  は最も  値を示す。一方、原子が最外殻に1個の電子を取り込んで1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを  という。  が  ほど陰イオンになりやすい。  の小さい原子と  の大きい原子は  結合をつくりやすい。また、2個の原子が結合するとき、それぞれの  を共有することにより、  原子と同じ電子配置をとることがある。このようにしてできた結合を  結合という。

問1 文中の A ~ L にあてはまる語句を a) ~ w) からそれぞれ1つ選べ。正解がない場合、あるいは正解が複数ある場合は、z欄をマークせよ。

- |           |            |              |
|-----------|------------|--------------|
| a) アルカリ金属 | b) イオン     | c) イオン化エネルギー |
| d) 価電子    | e) 希ガス     | f) 貴金属       |
| g) 共有     | h) 共有電子対   | i) 極性        |
| j) 金属     | k) 結合エネルギー | l) 原子番号      |
| m) 周期表    | n) 周期律     | o) 自由電子      |
| p) 遷移     | q) 族       | r) 典型        |
| s) 電気陰性度  | t) 電子親和力   | u) ハロゲン      |
| v) 非共有電子対 | w) 非金属     |              |

問2 文中の ア ~ ウ にあてはまる語句をそれぞれ a) と b) から1つ選べ。同じ選択肢を何度用いてもよい。

- a) 大きい                      b) 小さい

問3 18族元素を除いた第2周期および第3周期の元素に関する1)～5)の記述に対して該当する選択肢をa)～d)からそれぞれ1つ選べ。同じ選択肢を何度用いてもよい。

- 1) 原子量は原子番号の大きいものほど大きい。
  - 2) 天然に単体として存在する元素がある。
  - 3) すべての原子でL殻の電子数が8個である。
  - 4) 17族元素の単体は水素と反応して強酸となる。
  - 5) 15族の元素は、常温常圧下、固体の酸化物をつくり、その酸化物は水に溶けて酸性を示す。
- 
- a) 周期表の第2周期および第3周期の両周期にともにあてはまる。
  - b) 周期表の第2周期および第3周期の両周期にともにあてはまらない。
  - c) 周期表の第2周期にあてはまり、第3周期にはあてはまらない。
  - d) 周期表の第3周期にあてはまり、第2周期にはあてはまらない。

2 次の文章を読み、問 4～問 10 に答えよ。

ある酢酸の濃度を求めるために水酸化ナトリウム水溶液による中和滴定を行った。水酸化ナトリウムは潮解性を持ち、正確な質量の測定が困難である。また、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は変化しやすいため、使用の直前に正確な濃度を定める必要がある。そこで、以下の実験 1～実験 3 の手順に従って酢酸の濃度を決定した。ただし、滴定操作中における湿気など大気の影響は無視できるものとする。

実験 1：シュウ酸二水和物  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  2.52 g をはかりとり、 を用いて正確に 500 mL の標準水溶液とした。

実験 2：実験 1 で調製した標準水溶液 25.0 mL を  で正確にはかりとり、コニカルビーカーに移し、指示薬  を数滴滴下した。これを、 に入れたある濃度の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定をしたところ、10.0 mL を要した。

実験 3：濃度が未知の酢酸 10.0 mL をコニカルビーカーに移し、指示薬  を数滴滴下し、実験 2 で濃度を求めた水酸化ナトリウム水溶液で中和したところ、15.0 mL を要した。

酢酸は水溶液中では一部しか電離せず、ほとんどは酢酸分子のままで存在している。水に溶かした電解質のうち、電離したものの割合を電離度  $\alpha$  といい、酢酸の 25℃ における電離度は下式で表すことができる。

$$\alpha = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1.33 \times 10^{-2}$$

問4 水酸化ナトリウム水溶液の濃度が変化しやすい理由とその変化について正しいものを a) ~ f) から1つ選べ。正解がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) 空気中の二酸化炭素が水酸化ナトリウム水溶液中の水と反応して酸を生じ、その結果、pHは上がる。
- b) 空気中の二酸化炭素が水酸化ナトリウム水溶液中の水と反応して酸を生じ、その結果、pHは下がる。
- c) 空気中の二酸化炭素が水酸化ナトリウム水溶液中の水と反応して塩基を生じ、その結果、pHは上がる。
- d) 空気中の二酸化炭素が水酸化ナトリウム水溶液中の水と反応して塩基を生じ、その結果、pHは下がる。
- e) 空気中の二酸化炭素が水酸化ナトリウム水溶液に吸収されると、水酸化ナトリウムの電離が促進され、その結果、pHは上がる。
- f) 空気中の二酸化炭素が水酸化ナトリウム水溶液に吸収されると、水酸化ナトリウムの電離が促進され、その結果、pHは下がる。

問5 文中の  ~  に最も適する器具を a) ~ f) からそれぞれ1つ選べ。同じ選択肢を何度用いてもよい。

- a) こまごめピペット      b) ビーカー      c) ビュレット
- d) ホールピペット      e) メスシリンダー      f) メスフラスコ



問6 文中の  と  にあてはまる適切な指示薬を a) と b) からそれぞれ1つ選べ。同じ選択肢を用いてもよい。正解がない場合、あるいは正解が複数ある場合は、z 欄をマークせよ。ただし、かっこ内の数値は指示薬の変色域の pH である。

a) フェノールフタレイン(8.0~9.8)

b) メチルオレンジ(3.1~4.4)

問7 実験1で使用したシュウ酸水溶液の濃度は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

問8 実験2から求めた水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

問9 実験3から求めた酢酸の濃度は何 mol/L か。有効数字2桁で答えよ。

問10 上記の酢酸水溶液を3倍に希釈した水溶液の25℃におけるpHの値として最も近いものは次のa)~e)のどれか。ただし、 $\log 1.33 = 0.124$  とする。

a) 9.0    b) 7.0    c) 5.0    d) 3.0    e) 1.0

- 3 次の文章を読み、問 11～問 15 に答えよ。ただし、標準状態 ( $0^{\circ}\text{C}$  ,  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) の気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。

物質の変化に伴った物質間での電子のやりとりとこれに付随した様々な現象は、エネルギーの変換や伝搬において重要な役割を担っている。異なる化合物の間で起こる電子のやりとりはそれらの性質の違いに起因し、複数の化合物を適当に組み合わせることで電子の流れを作ることができる。金属イオンを含む溶液中に金属板を浸したとき、金属板の表面での変化を表にまとめた。

金属イオンの溶液 \ 金属	亜鉛	銀	鉄	銅
硫酸亜鉛(Ⅱ)水溶液	×	×	×	×
硝酸銀(Ⅰ)水溶液	○	×	○	(ア)
硫酸鉄(Ⅱ)水溶液	○	×	×	×
硫酸銅(Ⅱ)水溶液	○	×	○	(イ)

○：変化が見られた  
 ×：変化が見られなかった

- 問11 表中の(ア)と(イ)の説明として正しいものを a) ～ e) からそれぞれ 1 つ選べ。同じ選択肢を用いてもよい。正解がない場合、または、正解が複数ある場合は、z 欄をマークせよ。

- a) 変化が見られない。
- b) 銅板の表面に気泡が付着した。
- c) 銅板が溶解して完全に消失した。
- d) 銅板に析出物が付着した。
- e) 銅板の下に赤褐色の物質が沈殿した。

問12 亜鉛板と銀板を希硫酸水溶液に浸し、2つの板を導線でつなぐと電流が流れた。この時の銀板の表面から発生した気体として正しいものを a) ~ e) から1つ選べ。正解がない場合、または、正解が複数ある場合は、z 欄をマークせよ。

- a)  $\text{H}_2$     b)  $\text{H}_2\text{S}$     c)  $\text{O}_2$     d)  $\text{O}_3$     e)  $\text{SO}_2$

問13 問12の操作における電気量は386 Cであった。発生した気体の体積は標準状態で何 L か。有効数字2桁で答えよ。

問14 金属イオンを含む2種類の水溶液を素焼き板で仕切り、それぞれに金属板を浸す。そして金属板から導線を引き出し外部回路へと接続することにより、化学電池ができる。化学電池の構成(電池式)として正しいものを a) ~ f) からすべて選べ。正解がない場合、z 欄をマークせよ。

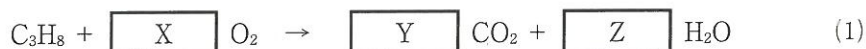
- a)  $(-)\text{Ag} \mid \text{AgNO}_3 \text{ aq} \mid \text{ZnSO}_4 \text{ aq} \mid \text{Zn}(+)$   
b)  $(-)\text{Ag} \mid \text{AgNO}_3 \text{ aq} \mid \text{FeSO}_4 \text{ aq} \mid \text{Fe}(+)$   
c)  $(-)\text{Cu} \mid \text{CuSO}_4 \text{ aq} \mid \text{ZnSO}_4 \text{ aq} \mid \text{Zn}(+)$   
d)  $(-)\text{Cu} \mid \text{CuSO}_4 \text{ aq} \mid \text{FeSO}_4 \text{ aq} \mid \text{Fe}(+)$   
e)  $(-)\text{Fe} \mid \text{FeSO}_4 \text{ aq} \mid \text{ZnSO}_4 \text{ aq} \mid \text{Zn}(+)$   
f)  $(-)\text{Fe} \mid \text{FeSO}_4 \text{ aq} \mid \text{CuSO}_4 \text{ aq} \mid \text{Cu}(+)$

問15 少量の金と銀を含む粗銅板を陽極とし，純粋な銅板を陰極として硫酸銅(Ⅱ)水溶液中で約0.3 Vの電圧をかけて電気分解を行った。電気分解後の両極の質量変化についての記述として正しいものをa)～f)から1つ選べ。正解がない場合，または，正解が複数ある場合は，z欄をマークせよ。

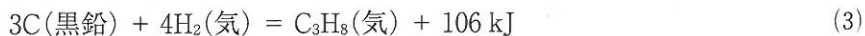
- a) 陽極質量の減少と陰極質量の増加が等しかった。
- b) 陽極質量の減少は陰極質量の増加より大きかった。
- c) 陽極質量の減少は陰極質量の増加より小さかった。
- d) 陽極質量の増加と陰極質量の減少が等しかった。
- e) 陽極質量の増加は陰極質量の減少より大きかった。
- f) 陽極質量の増加は陰極質量の減少より小さかった。

4 次の文章を読み、問16～問20に答えよ。ただし、標準状態(0℃,  $1.0 \times 10^5$  Pa)の気体1 molの体積は22.4 Lとする。

27℃において、 $1.50 \times 10^5$  Paのプロパン0.8 Lと $3.50 \times 10^5$  Paの酸素4.8 Lを、容積8.0 Lの容器に入れた。このとき反応は起こらず、容器の示す圧力が  $\boxed{A}$  Paとなった。いま、この容器内で点火したところプロパンは完全に燃焼した。このときの化学反応式は(1)式ようになる。



生じた水に対する気体の溶解、および水蒸気圧を無視すれば、容器の示す圧力は27℃において  $\boxed{B}$  Paとなる。このとき発生した熱量は  $\boxed{C}$  kJとなった。二酸化炭素、プロパンおよび液体の水が生成するときの熱化学方程式は、それぞれ(2)～(4)式ようになる。



問16  $\boxed{A}$  にあてはまる数値を有効数字2桁で答えよ。

問17 (1)式の係数  $\boxed{X}$  ～  $\boxed{Z}$  にあてはまる整数を a) ～ j) からそれぞれ1つ選べ。同じ選択肢を何度用いてもよい。

- a) 1      b) 2      c) 3      d) 4      e) 5  
f) 6      g) 7      h) 8      i) 9      j) 10以上

問18  $\boxed{B}$  にあてはまる数値を有効数字2桁で答えよ。

問19 プロパン 1 mol あたりの燃焼熱は何 kJ/mol か。4 桁までの整数で答えよ。ただし、答えが 1 桁の場合、1000, 100 および 10 の桁は 0 (ゼロ) の欄をマークせよ。2 桁の場合、1000 および 100 の桁は 0 (ゼロ) の欄をマークせよ。3 桁の場合、1000 の桁は 0 (ゼロ) の欄をマークせよ。

問20  にあてはまる数値を有効数字 2 桁で答えよ。

5 次の文章を読み、問 21～問 22 に答えよ。

分子式  $C_6H_{14}$  の鎖式飽和炭化水素には  個の構造異性体が存在する。そのうちの直鎖の化合物は  である。飽和炭化水素は通常、反応しにくいですが、 と反応すると、多量の熱を放出し、二酸化炭素と水になる。また、塩素  $Cl_2$  を混合して紫外線を照射すると、塩素原子が飽和炭化水素の水素原子と  反応した有機塩素化合物と塩化水素を生成する。

分子式  $C_5H_{10}$  で表される炭化水素は、 炭化水素と  炭化水素に分類される構造異性体を含んでいる。それら  $C_5H_{10}$  の構造異性体のうち、臭素  $Br_2$  が  $25^\circ C$ 、 $1\text{ atm}$  で  反応する構造異性体は、 個である。それら  個の構造異性体は  炭化水素であり、その中に立体異性体を持つ化合物が  個存在する。金属触媒を用いると、 も  個の  炭化水素へ  反応し、 種類の飽和炭化水素を生成する。

問21  ～  に入る数をそれぞれ 2 桁までの整数で答えよ。ただし、答えが 1 桁の整数の場合、10 の桁は 0 (ゼロ) 欄をマークせよ。

問22  ～  にあてはまる語句を a) ～ r) からそれぞれ 1 つ選べ。同じ選択肢を何度用いてもよい。正解がない場合、あるいは正解が複数ある場合は、z 欄をマークせよ。

- |          |         |         |         |
|----------|---------|---------|---------|
| a) 一酸化炭素 | b) オクタン | c) 還元   | d) 酸化   |
| e) 酸素    | f) 脂環式  | g) 縮合   | h) 水素   |
| i) 脱水    | j) 置換   | k) 窒素   | l) ノナン  |
| m) 付加    | n) 不飽和  | o) ヘキサン | p) ヘプタン |
| q) ペンタン  | r) 芳香族  |         |         |

6 次の文章を読み、問23～問26に答えよ。

炭素、水素、酸素の3つの元素からなる化合物  $\boxed{A}$ 、 $\boxed{B}$ 、 $\boxed{C}$  は、それぞれ2つの置換基をベンゼン環のパラ位に持つ化合物である。また、それらは酸素原子を2個含んだ構造異性体の関係にあり、 $\boxed{A}$  と  $\boxed{C}$  は中性、 $\boxed{B}$  は弱酸性の化合物である。 $\boxed{A}$ 、 $\boxed{B}$ 、 $\boxed{C}$  の構造を決めるために、以下の実験1～実験6を行った。

実験1：13.6 mg の化合物  $\boxed{A}$  を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 35.2 mg、水 7.20 mg が生成した。

実験2：化合物  $\boxed{A}$  と  $\boxed{B}$  はナトリウムと反応し、水素を発生した。化合物  $\boxed{C}$  はナトリウムを加えても速やかな変化を示さなかった。

実験3：化合物  $\boxed{A}$  を酸化したところ、ジカルボン酸  $\boxed{D}$  が生成した。

実験4：化合物  $\boxed{B}$  の水溶液に、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めたところ、ヨードホルムの黄色結晶が生じた。

実験5：化合物  $\boxed{C}$  に水を加え、さらに少量の硫酸を加えて加熱したところ、ともに弱酸性である化合物  $\boxed{E}$  と  $\boxed{F}$  が生成した。

実験6：化合物  $\boxed{F}$  に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたところ、青色に呈色した。

問23 化合物  $\boxed{A}$  の分子式  $C_xH_yO_2$  の  $x$ 、 $y$  を整数で答えよ。ただし、答えが1桁の整数の場合、10の桁は0(ゼロ)欄をマークせよ。



問24 次の a) ~ f) の文章で、内容に誤りがあるものをすべて選べ。該当する  
選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a)  A はヒドロキシ基を持っている。
- b)  A はアルデヒド基を持っている。
- c)  B はアセチル基を持っている。
- d)  B はケトン基を持っている。
- e)  C はエーテル基を持っている。
- f)  C はカルボキシル基を持っている。

問25  A と同じ分子式で、 A ,  B ,  C 以外の  
構造異性体のうち、酸化すると  D を生成することができるものは何  
種類考えられるか。a) ~ f) から1つ選べ。正解がない場合は、z 欄を  
マークせよ。

- a) 0      b) 1      c) 2      d) 3      e) 4      f) 5

問26 次の a) ~ f) の文章で、内容に誤りがあるものをすべて選べ。該当する  
選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a)  D はPET(ポリエチレンテレフタレート)ボトルを作るための  
原料となる。
- b)  D は無水酢酸と反応し、エステルを生成する。
- c)  D を熱すると、分子内で脱水した環状の酸無水物が生成する。
- d)  E は還元性を示す。
- e)  E はカルボン酸である。
- f)  E は酸化されて水と二酸化炭素になる。





