

# 化 学

必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, N = 14.0, Ca = 40.1, S = 32.1, Zn = 65.4,

Cd = 112 とする。

気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。

〔1〕 次の文を読み、下表 1～3 で与えられた数値から必要な値を使って問 1～3 に答えなさい。

127℃ に保っている油槽中に 10 L の密閉容器を入れ、この密閉容器内にメタンとプロパンの混合ガス A と酸素を 1 : 12 の体積比で封入した。密閉容器内の温度が 127℃ になった後、密閉容器内の圧力を測定し、電気火花で点火して混合ガス A を完全燃焼させた。この反応で 49.0 kJ の熱が発生した。その後、密閉容器内の温度が 127℃ に下がって密閉容器内の圧力を測定すると、点火前の圧力と比べて  $4.98 \times 10^3 \text{ Pa}$  上昇していた。

表 1 水に関する熱量

融解熱	6.0 kJ/mol
蒸発熱	44.0 kJ/mol
昇華熱	50.9 kJ/mol
比熱	4.2 J/(g·K)
127℃ での飽和蒸気圧	$2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$

表 2 燃焼熱

物質	燃焼熱* [kJ/mol]
CH <sub>4</sub> (気)	891
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> (気)	2058
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (気)	2219

\*生成する H<sub>2</sub>O が液体になる場合の数値

表 3 結合エネルギー

結 合	結合エネルギー [kJ/mol]
O=O	494
C=O	799
O-H	459
C-H	413

- 問 1 密閉容器に封入した混合ガス A 中のメタンの物質量は何 mol か，有効数字 2 桁で答えなさい。
- 問 2 密閉容器に封入した混合ガス A 中のプロパンの物質量は何 mol か，有効数字 2 桁で答えなさい。
- 問 3 この実験結果から，プロパンの C-C の結合エネルギーは何 kJ/mol と計算されるか，有効数字 3 桁で答えなさい。

〔2〕 次の問に答えなさい。

問 1  $\text{CdSO}_4$  と  $\text{ZnSO}_4$  をそれぞれ  $0.010 \text{ mol/L}$  含んでいる混合水溶液がある。この溶液に  $\text{H}_2\text{S}$  を十分通じながら硫酸で pH を 3.0 に調整した。この溶液中に溶解している  $\text{Cd}^{2+}$  と  $\text{Zn}^{2+}$  のモル濃度をそれぞれ有効数字 2 桁で答えなさい。このとき  $\text{H}_2\text{S}$  は  $0.10 \text{ mol/L}$  の飽和濃度で溶解しており、 $\text{H}_2\text{S}$  の電離定数の積  $K_1 \cdot K_2 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1.0 \times 10^{-22} [\text{mol/L}]^2$  とする。また、 $\text{CdS}$  および  $\text{ZnS}$  の溶解度積は、それぞれ  $2.1 \times 10^{-20} [\text{mol/L}]^2$  および  $2.2 \times 10^{-18} [\text{mol/L}]^2$  とする。pH の調整にともなう液量の変化は無視できるものとする。

問 2 ポリアミド系合成繊維の代表的なものとして、ナイロン 66 (6,6-ナイロン) があげられる。ナイロン 66 は、アジピン酸 ( $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ ) とヘキサメチレンジアミン ( $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ ) が縮合重合したポリマーである。ベンゼンから等モルのアジピン酸が生成され、アジピン酸から等モルのヘキサメチレンジアミンが生成される。ベンゼンから  $791 \text{ g}$  のナイロン 66 を合成した場合、計算上何  $\text{g}$  のベンゼンから合成したことになるか、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3  $0.18 \text{ g}$  のアミロースを温水に溶解し、 $200 \text{ mL}$  のアミロース水溶液を調製した。この水溶液の  $77^\circ\text{C}$  における浸透圧を測定したところ、 $250 \text{ Pa}$  であった。このアミロース 1 分子当たりに含まれるグルコースは平均何個か、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 炭素、水素、酸素からなる化合物 A がある。化合物 A について、以下の実験を行った。得られた結果から化合物 A の構造式を書きなさい。

[実験 1] 化合物 A にナトリウムを加えると水素が発生した。

[実験 2] 化合物 A にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させると、黄色沈殿が生じた。

[実験 3] 化合物 A に濃硫酸を加えて  $170^\circ\text{C}$  に加熱すると、炭素と水素からなる気体の化合物 B が生成した。

[実験 4]  $112 \text{ mL}$  の化合物 B を完全燃焼させると二酸化炭素が  $336 \text{ mL}$  生じた。また、 $120 \text{ mL}$  の化合物 B に触媒を用いて水素を付加すると、 $120 \text{ mL}$  の水素が吸収された。気体の体積はいずれも標準状態での値である。

問 5 次の文を読み、下の問に有効数字 2 桁で答えなさい。

1.66 L の密閉容器に水を少量入れ、99.6 °C に長時間保った。このとき容器内に液体の水が少し残っていた。この密閉容器を体積一定のまま 27.0 °C に温度を下げて長時間放置した。

99.6 °C と 27.0 °C における水の飽和蒸気圧は、それぞれ  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  と  $0.36 \times 10^5 \text{ Pa}$  である。容器内の液体の水の体積は無視できるものとする。

(1) 27.0 °C での密閉容器内の水蒸気の物質量は、99.6 °C での水蒸気の物質量の何 % になるか。

(2) 温度を下げたことで、密閉容器内の液体の水は何 g 増加したか。

〔3〕 次の文を読み、問1～4に答えなさい。

$\alpha$ -アミノ酸で構成される直鎖状ポリペプチド[ペプチドX(図1)]の一次構造(アミノ酸配列)を調べる実験を行い、以下の結果1～7が得られた。

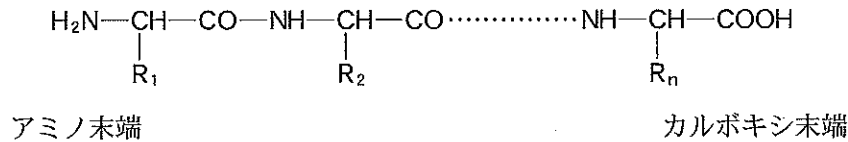


図1 ペプチドXの構造

$\text{R}_1, \text{R}_2, \dots, \text{R}_n$ はアミノ酸の側鎖。図1のように、アミノ基がある側をアミノ末端、カルボキシ基がある側をカルボキシ末端という。側鎖同士のアミド結合はない。

結果1 ペプチドXは、右の表1に示したように6種類のアミノ酸を含み、8個のアミノ酸から構成されていることがわかった。

結果2 ペプチドXのアミノ末端のアミノ酸はグリシンであることがわかった。

結果3 ペプチドXを塩基性アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する酵素Aで切断すると3種類のペプチド(A1, A2, A3)が得られ、A1は塩基性アミノ酸以外の3個のアミノ酸から構成されていること、およびA2は不斉炭素を1個含むペプチドであることがわかった。

結果4 ペプチドA1水溶液に a 水酸化ナトリウム水溶液を加え塩基性にしたのち、少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると、 $\text{Cu}^{2+}$ の錯イオンが生じて赤紫色になった。

結果5 ペプチドA1とペプチドA3を酸性アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する酵素Bで切断すると、A1からはアラニンが、A3からはグルタミン酸が得られた。

結果6 ペプチドA1水溶液に b 濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸で中和し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。

結果7 ペプチドA3水溶液に c 濃硝酸を加えて加熱後、アンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になった。

問 1 下線部 a の反応の名称を答えなさい。また、ペプチド A 2 水溶液ではこの反応が起こるかどうか、理由も合わせて答えなさい。

問 2 下線部 b の反応で生じた黒色沈殿を化学式で示しなさい。

問 3 下線部 c の反応の名称を答えなさい。また、表 1 のどのアミノ酸を含んでいるとこの反応が起こるか、アミノ酸名を書きなさい。

問 4 ペプチド X のアミノ酸配列を表 1 の略称を用いて、アミノ末端からカルボキシ末端への順に下の例のように示しなさい。

例 Gly-Ala-Lys-Phe-Glu-Cys

(Gly がアミノ末端アミノ酸、Cys がカルボキシ末端アミノ酸)

表 1 ペプチド X を構成するアミノ酸

アミノ酸名	略 称	構造式	ペプチド X に含まれる数
グリシン	Gly	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{H} \end{array}$	1
アラニン	Ala	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	1
リシン	Lys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-(\text{CH}_2)_3-\text{NH}_2 \end{array}$	2
フェニルアラニン	Phe	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	1
グルタミン酸	Glu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$	2
システイン	Cys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{SH} \end{array}$	1