

化 学 問 題

(この問題は5題からなっている)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答用紙への記入には、必ず**HBの黒鉛筆**を使用しなさい。
3. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしてはならない。採点が不可能になる。
4. 合図があったら、解答用紙の左上部の空欄に**受験番号**を記入しなさい。
5. 試験中にページの脱落等に気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。解答用紙の汚れ等に気づいた場合も、同様に知らせなさい。
6. 解答は解答用紙の指定された場所に記入し、その他の部分には何も書いてはならない。
7. 解答にあたっては、マークすることを要求された欄を
マーク例に従ってぬりつぶしなさい。
たとえば、aにマークするときは、 $\overset{a}{\bullet} \overset{b}{\circ} \overset{c}{\circ}$ のように
マークする。
8. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消さねばならない。
×をつけても消したことはない。
9. 計算や下書きは、問題冊子の余白を利用しなさい。
10. 計算機を使用してはならない。また、携帯電話やスマートフォンなどの通信機器は、必ず電源を切って鞆の中にしまいなさい。
11. 不正行為に対しては厳正に対処する。不正行為を行った場合、その時点で化学の受験を停止とし、英語および数学の試験も受験できない。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
●	● × ●

1 問1～問8に答えなさい。

問1 分子a～eのうち、非共有電子対をもたないものを1つ選びなさい。

- a N_2 b CO_2 c C_2H_4
d H_2S e NH_3

問2 分子の組合せa～eのうち、いずれも極性分子であるものを1つ選びなさい。

- a 塩化水素 と メタノール
b 四塩化炭素 と アンモニア
c メタン と フッ化水素
d ヨウ素 と 二酸化炭素
e 塩素 と 硫化水素

問3 化合物a～eのうち、窒素原子の酸化数が最も大きいものを1つ選びなさい。

- a 一酸化窒素 b 二酸化窒素 c 四酸化二窒素
d 硝酸 e 亜硝酸ナトリウム

問4 水に関する記述a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 水は硫化水素よりも沸点が高い。
b 水は固体よりも液体の方が密度は大きい。
c 水分子の形は直線形である。
d 純粋な水では水分子のごく一部が電離している。
e 水は常温でカルシウムの単体と反応して水素を発生する。

問5 水素の同位体(^1H , ^2H , ^3H)に関する記述 a～eのうち、正しいものを1つ選びなさい。

- a いずれも質量数が等しい。
- b いずれも電子の数が異なる。
- c ^1H は中性子を1個含む。
- d 水素の同位体の中で、 ^2H の存在比が最も大きい。
- e ^3H は放射性同位体である。

問6 第2周期から第5周期のハロゲンに関する記述 a～eのうち、正しいものを1つ選びなさい。

- a 原子番号が小さいものほど単体の酸化力が強い。
- b ハロゲンの単体の中で、常温・常圧で気体の物質は塩素のみである。
- c 臭化カリウム水溶液にヨウ素を加えると臭素が遊離する。
- d ハロゲン化水素の水溶液は、いずれも強酸性を示す。
- e ハロゲン化銀は、いずれも水にほとんど溶けない。

問7 金属イオン a～eのうち、その水溶液に少量のアンモニア水を加えると白色沈殿を生じ、さらにアンモニア水を過剰に加えるとその沈殿が溶けて無色になるものを1つ選びなさい。

- a Al^{3+}
- b Ca^{2+}
- c Cu^{2+}
- d Pb^{2+}
- e Zn^{2+}

問8 合金に関する記述 a～e のうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 鉄 Fe とクロム Cr, ニッケル Ni などからなる合金は, ステンレス鋼とよばれ, さびにくいため調理器具に用いられる。
- b スズ Sn と銅 Cu, 銀 Ag からなる合金は, 無鉛はんだとよばれ, 融点が低いため金属の接合に用いられる。
- c ニッケル Ni とチタン Ti からなる合金は, 形状記憶合金とよばれ, 変形させても温度を変えることにより元の形に戻るため温度センサーに用いられる。
- d 銅 Cu と鉄 Fe からなる合金は, 青銅(ブロンズ)とよばれ, さびにくく硬いため美術品の制作に用いられる。
- e ニッケル Ni とクロム Cr からなる合金は, ニクロムとよばれ, 電気抵抗が大きいいため電熱器に用いられる。

(この頁は余白)

2 問1～問4に答えなさい。

問1 質量パーセント濃度が18%の水酸化ナトリウム水溶液(密度 1.2 g/cm^3) (A液)を水で薄めて、 $3.0 \times 10^{-1}\text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム水溶液(B液)をつくった。(1)～(3)に答えなさい。ただし、原子量は $\text{H}=1.0$, $\text{O}=16$, $\text{Na}=23$, 水のイオン積 K_w は $1.0 \times 10^{-14}\text{ (mol/L)}^2$, $\log_{10}2 = 0.3$ とする。また、水溶液中の強酸と強塩基の電離度は1.0とする。

(1) A液のモル濃度[mol/L]はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| a 3.8 | b 4.5 | c 5.4 |
| d 38 | e 45 | f 54 |

(2) B液を90 mLつくるのに必要なA液は何 mLか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a 0.50 | b 0.60 | c 0.72 |
| d 5.0 | e 6.0 | f 7.2 |

(3) B液90 mLに $1.2 \times 10^{-1}\text{ mol/L}$ の希塩酸180 mLを加えてよく混ぜた。この混合液のpHはいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、混合後の溶液の体積は、混合前の溶液の体積の和に等しいものとする。

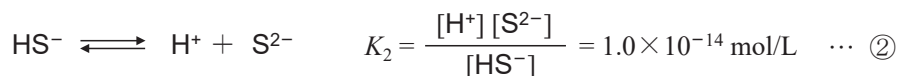
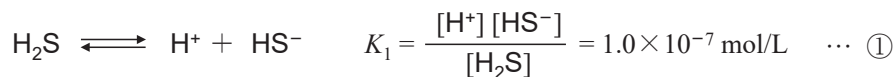
- | | | |
|--------|--------|--------|
| a 1.7 | b 2.3 | c 2.7 |
| d 11.3 | e 11.7 | f 12.3 |

問2 記述 a～e のうち、共通イオン効果による現象を表しているものを1つ選びなさい。

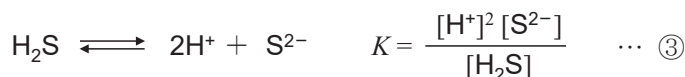
- a 炭酸カルシウムに塩酸を加えると、二酸化炭素が発生した。
- b 硝酸銀水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、酸化銀の褐色沈殿が生じた。
- c 塩化銀の白色沈殿が析出している水溶液にアンモニア水を加えると、沈殿が溶解した。
- d 塩化ナトリウムの飽和水溶液に気体の塩化水素を吹き込むと、塩化ナトリウムの結晶が析出した。
- e 水酸化アルミニウムの白色ゼリー状沈殿が生じている水溶液に希塩酸を加えると、沈殿が溶解した。

問3 次の文を読み、(1)と(2)に答えなさい。

硫化水素 H_2S は、水溶液中では以下のように2段階(①, ②式)で電離する弱酸である。



さらに、1段階目と2段階目を合わせた反応式とその平衡定数は、③式で表される。



このとき、③式の K と、①, ②式の K_1 , K_2 には、次のような関係が成り立つ。

$$K = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 \quad \dots \text{④}$$

(1) $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の硫化水素水溶液の pH はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、②式の電離は無視でき、 $[\text{H}^+]$ は $[\text{H}_2\text{S}]$ に比べて非常に小さいものとする。

- | | | |
|-----|-----|-----|
| a 2 | b 3 | c 4 |
| d 5 | e 6 | f 7 |

(2) $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の硫化水素水溶液中の硫化物イオン S^{2-} のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| a 1.0×10^{-18} | b 1.0×10^{-16} | c 1.0×10^{-14} |
| d 1.0×10^{-12} | e 1.0×10^{-10} | f 1.0×10^{-8} |

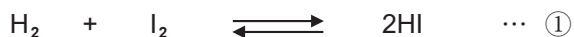
問4 文中の $\boxed{\text{ア}}$ にあてはまる数値として最も近いものを a～f から選びなさい。
ただし、硫化銅(Ⅱ) CuS の溶解度積 K_{sp} は $6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$ とする。

$1.3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の硫酸銅(Ⅱ)水溶液に硫化水素を通じたところ、水溶液中の硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ が $\boxed{\text{ア}}$ mol/L を超えたとき、硫化銅(Ⅱ)の沈殿が生じた。

- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| a | 2.0×10^{-28} | b | 5.0×10^{-28} | c | 2.0×10^{-27} |
| d | 5.0×10^{-27} | e | 2.0×10^{-26} | f | 5.0×10^{-26} |

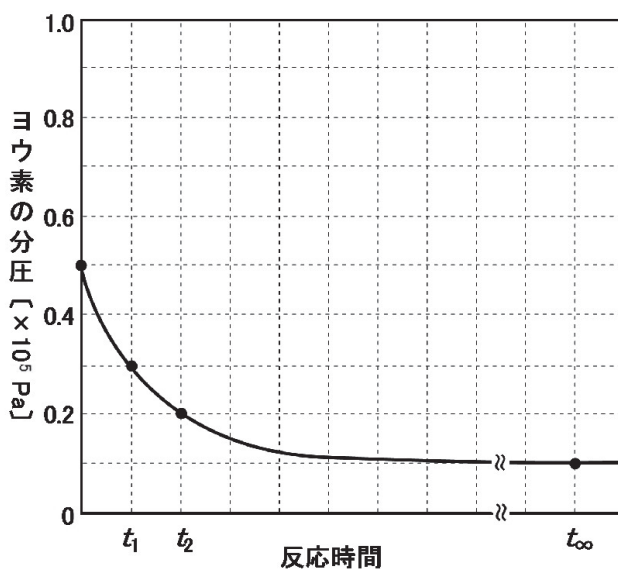
- 3 次の文を読み、問1と問2に答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとし、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

水素 H_2 (気) とヨウ素 I_2 (気) からヨウ化水素 HI (気) が生成する反応は①式で示される可逆反応である。



実験1

真空の密閉容器に等しい物質量の H_2 (気) と I_2 (気) を入れて、温度を 600 K、全圧を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保って反応させたところ、 I_2 の分圧は図のように変化した。ただし、 t_∞ は①式で示される可逆反応が平衡に達した時間を表すものとする。



図

実験2

真空にした容積 10 L の密閉容器に、 H_2 (気) 0.10 mol、 I_2 (気) 0.10 mol、 HI (気) 1.0 mol を入れて、温度を 600 K に保ったところ、①式で示される可逆反応が進行した。

問1 実験1に関する(1)～(5)に答えなさい。

- (1) 反応時間 t_1 , t_2 , t_∞ における HI の分圧は, それぞれ $\boxed{\text{ア}}$ $\times 10^5$ Pa, $\boxed{\text{イ}}$ $\times 10^5$ Pa, $\boxed{\text{ウ}}$ $\times 10^5$ Pa であった。 $\boxed{\text{ア}}$, $\boxed{\text{イ}}$, $\boxed{\text{ウ}}$ にあてはまる最も近い数値を a～j からそれぞれ1つ選びなさい。

- | | | | | | |
|---|------|---|------|---|------|
| a | 0.10 | b | 0.20 | c | 0.30 |
| d | 0.40 | e | 0.50 | f | 0.60 |
| g | 0.70 | h | 0.80 | i | 0.90 |
| j | 1.0 | | | | |

- (2) 反応時間 t_∞ における状態を正しく表している記述はどれか。a～d から1つ選びなさい。

- a H_2 と I_2 は反応しなくなり, HI は分解しなくなっている。
- b H_2 と I_2 の物質量の和は, HI の物質量と等しくなっている。
- c H_2 , I_2 , HI の物質量の比は, 1:1:4 になっている。
- d ①式の正反応の反応速度と逆反応の反応速度は等しくなっている。

- (3) 600 K において①式で示される可逆反応が平衡状態にあるとき, 圧平衡定数 K_p とモル濃度を用いた濃度平衡定数 K_c の関係を正しく表す式を a～e から選びなさい。

- | | | | | | |
|---|----------------------------|---|---------------------------|---|-------------|
| a | $K_p = \frac{1}{600R} K_c$ | b | $K_p = \frac{600}{R} K_c$ | c | $K_p = K_c$ |
| d | $K_p = \frac{R}{600} K_c$ | e | $K_p = 600RK_c$ | | |

- (4) 600 Kにおいて①式で示される可逆反応が平衡状態にあるとき、濃度平衡定数 K_c の数値として、最も近いものを a～e から選びなさい。

a 1.3×10^{-5} b 4.6 c 6.4×10
d 8.9×10^2 e 3.2×10^8

- (5) ①式の正反応の反応速度を v_1 、逆反応の反応速度を v_2 、正反応の反応速度定数を k_1 、逆反応の反応速度定数を k_2 とすると、**実験 1**において、正反応と逆反応の反応速度式は次のように表されることがわかった。

$$v_1 = k_1 [\text{H}_2] [\text{I}_2], \quad v_2 = k_2 [\text{HI}]^2$$

$\frac{k_1}{k_2}$ の数値として、最も近いものを a～e から選びなさい。

a 1.6×10^{-2} b 8.0 c 6.4×10
d 1.6×10^2 e 5.2×10^3

問2 **実験 2**に関する(1)と(2)に答えなさい。

- (1) **実験 2**を開始した直後に起こる変化として、正しいのはどれか。a～c から 1つ選びなさい。

a H_2 と I_2 が減少し、HI が増える。
b HI が減少し、 H_2 と I_2 が増える。
c H_2 、 I_2 、HI の量は変化しない。

- (2) **実験 2**において、平衡状態に達したとき、容器内に存在する HI の物質量は何 mol か。最も近い数値を a～f から 1つ選びなさい。

a 0.64 b 0.87 c 0.96
d 1.0 e 1.2 f 1.5

(この頁は余白)

4 問1～問5に答えなさい。

問1 芳香族炭化水素に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a ベンゼンの炭素—炭素結合の長さは、エチレンの炭素—炭素結合の長さよりも長い。
- b *o*-キシレンのすべての炭素原子は同一平面上にある。
- c ナフタレンの水素原子の1つを臭素原子で置換したのものには2種類の構造が考えられる。
- d ベンゼンに室温で臭素水を加えると、臭素の付加反応が進行する。
- e ベンゼンに紫外線を当てながら塩素を作用させると、1,2,3,4,5,6-ヘキサクロロシクロヘキサンを生じる。

問2 有機化合物の沸点や融点に関する記述 a～eのうち、正しいものを1つ選びなさい。

- a シクロヘキサン < シクロペンタン < シクロブタンの順に沸点は高くなる。
- b 1-ブタノール < 1-プロパノール < エタノールの順に沸点は高くなる。
- c ジメチルエーテル < アセトアルデヒド < エタノールの順に沸点は高くなる。
- d 酢酸 < 1-プロパノール < ブタンの順に沸点は高くなる。
- e ステアリン酸 < オレイン酸 < リノール酸の順に融点は高くなる。

問3 次の文を読み、(1)と(2)に答えなさい。

化合物A～Cはいずれも分子式 $C_8H_{10}O$ で表されるベンゼン環をもつ化合物である。A～Cはいずれも塩化鉄(Ⅲ)水溶液による呈色反応は示さなかった。また、ナトリウムの単体をA～Cとそれぞれ反応させたところ、Aは気体を発生しなかったが、BとCは気体を発生した。B、Cをそれぞれ過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、Bからはモノカルボン酸Dが得られ、Cからはジカルボン酸Eが得られた。一方、Bを穏やかに酸化して得られた化合物に対し、フェーリング液を加えて温めると赤色沈殿が生じた。Eのベンゼン環の水素原子の1つを塩素原子で置換したものには、2種類の構造が考えられる。

(1) 化合物Aとして考えられる構造式はいくつあるか。a～eから1つ選びなさい。

a 2

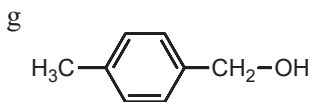
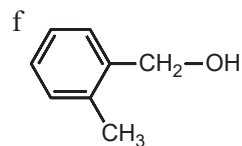
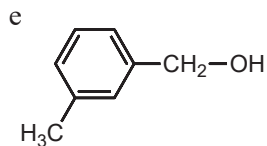
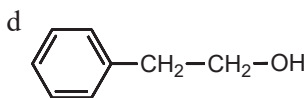
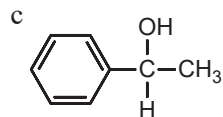
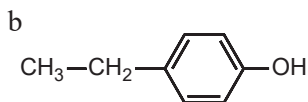
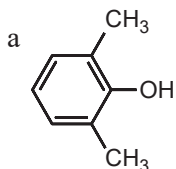
b 3

c 4

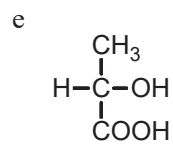
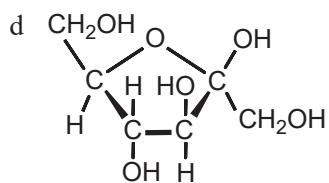
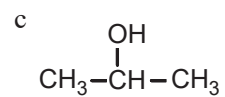
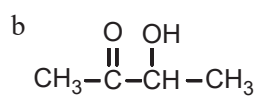
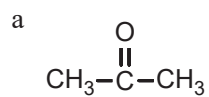
d 5

e 6

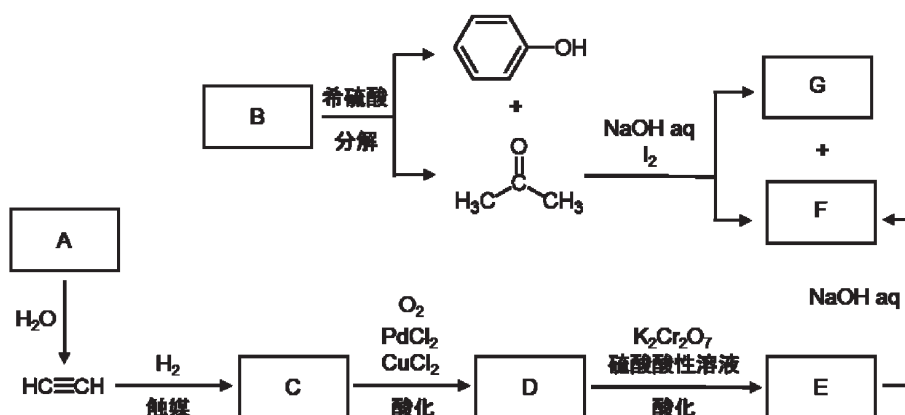
(2) 化合物B、Cの構造式として適切なものをa～gからそれぞれ1つずつ選びなさい。



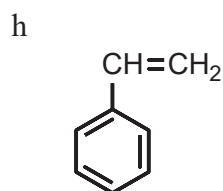
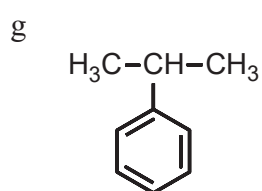
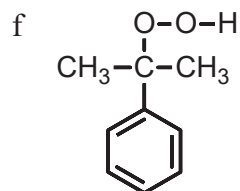
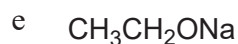
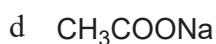
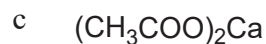
問4 化合物 a～e のうち，その水溶液が銀鏡反応を示すものはどれか。1つ選びなさい。



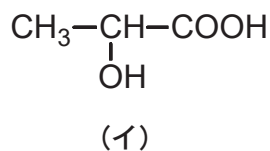
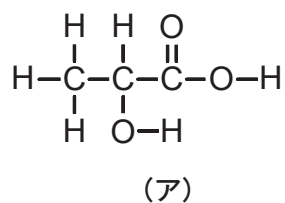
問5 次の反応経路図について、(1)と(2)に答えなさい。



(1) A, B, Fにそれぞれあてはまる化合物はどれか。a～hから1つずつ選びなさい。



(2) C, D, E, Gにそれぞれあてはまる有機化合物の構造式を書きなさい。ただし、構造式は、すべての原子および価標(共有結合を表す線)を略さず書きなさい。例えば、下記に示した(ア)のように書き、(イ)のように略さないこと。



5 問1と問2に答えなさい。

問1 ペプチドAは、下記に示す6種類の α -アミノ酸が1分子ずつ縮合した直鎖状のヘキサペプチドである。次の文を読み、(1)と(2)に答えなさい。

・アスパラギン酸(133)	・アラニン(89)	・グリシン(75)
・システイン(121)	・チロシン(181)	・リシン(146)

()中の数字は分子量を示す

Aを酵素 X_1 で加水分解すると、ペプチドBおよびペプチドCが生じた。Bはビウレット反応を示さないジペプチドであった。Bに濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、これを冷却してアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になった。また、Bの水溶液に固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。一方、ペプチドCを酵素 X_2 で加水分解すると、Cから1つのアミノ酸が遊離してペプチドDが生じた。 X_2 による加水分解によって遊離したアミノ酸は、pH6の水溶液中で電気泳動を行うと陽極側に移動した。

(1) ペプチドCを X_2 で加水分解したとき、遊離した α -アミノ酸はどれか。a～fから選びなさい。

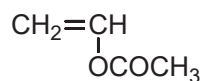
a アスパラギン酸	b アラニン	c グリシン
d システイン	e チロシン	f リシン

(2) ペプチドDに含まれる窒素Nの質量百分率は何%か。最も近い数値をa～eから1つ選びなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $N = 14$, $O = 16$ とする。また、質量百分率は次の式で示される。

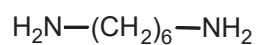
$$\frac{\text{ペプチドD(1 mol)に含まれるNの質量}}{\text{ペプチドD(1 mol)の質量}} \times 100$$

a 5	b 10	c 15	d 20	e 27
-----	------	------	------	------

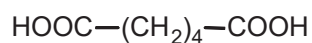
問2 化合物ア～キは合成繊維をつくる際に原料となる単量体である。これら単量体に関する記述 a～e のうち、正しいのはどれか。1つ選びなさい。



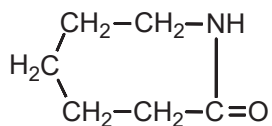
ア



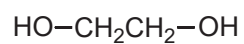
イ



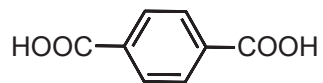
ウ



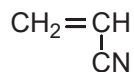
エ



オ



カ



キ

- a アを付加重合させることで、アクリル繊維がつくられる。
- b イとウを縮合重合させることで、ポリエチレンテレフタレートがつくられる。
- c エを開環重合させることで、ナイロン6がつくられる。
- d オとカを縮合重合させることで、ナイロン66がつくられる。
- e キを付加重合させることで、ビニロンがつくられる。

