

1. 次の文章を読み、問に答えなさい。

〔 I 〕

周期表第3周期の金属元素には、ナトリウム、マグネシウム、アルミニウムがある。

①ナトリウムの単体は、常温の水と激しく反応する。一方、マグネシウムの単体は、常温の水とは反応せず、熱水と穏やかに反応する。ナトリウムと水の反応で生成する水溶液を白金線の先端につけ、ガスバーナーの外炎に入れると 色の炎色反応を示す。ナトリウムの化合物である炭酸ナトリウムは、工業的には 法でつくられる。この方法では、②塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアを吸収させ、二酸化炭素を吹き込むと の沈殿が生じる。この沈殿を焼くと熱分解によって炭酸ナトリウムが得られる。 法で使用する二酸化炭素は、 の熱分解によって得られる。

アルミニウムの単体は、鉍石のボーキサイトから得られる を、氷晶石とともに熔融塩電解してつくられる。アルミニウムの単体は③両性金属であり、④酸とも強塩基とも反応する。アルミニウムの化合物であるミョウバンは、 と の混合水溶液を冷却すると得られる。ミョウバンのように、二種類以上の塩が結合した化合物で、水に溶けると個々の成分イオンに電離する塩を という。

問1 ～ に入る適切な語を解答用紙に書きなさい。

問2 ～ に入る化合物の化学式を解答用紙に書きなさい。ただし、 ～ は互いに異なる化合物であり、 と は順不同である。

問3 下線部①について、マグネシウムのほうが水との反応性が低い理由を25字以内で解答用紙に書きなさい。

問4 下線部②の反応の化学反応式を解答用紙に書きなさい。

問5 下線部②で使用する二酸化炭素の電子式を解答用紙に書きなさい。

問6 単体が下線部③の性質を示す元素を下記からすべて選び、その番号を解答用紙に書きなさい。

1 Cu 2 Fe 3 Mg 4 Sn 5 Zn

問7 下線部④について、(a) アルミニウムと塩酸、(b) アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液の反応の化学反応式を、それぞれ解答用紙に書きなさい。

〔Ⅱ〕

金属元素の原子は、イオン化エネルギーが小さく価電子を放出しやすい。金属では、隣接した金属原子の最外殻が重なり合い、価電子はこれを伝って金属内を動き回る。このような電子を エ 電子という。金属の性質として、 エ 電子を持つ金属は金属光沢があり、熱伝導性や電気伝導性が大きい。また、金属は金箔やアルミニウム箔のように、^⑤ たたいて箔状に 広げることができる性質を持つ。 エ 電子による金属原子の間の結合を金属結合といい、金属結合によって生じる結晶を金属結晶という。金属結晶の原子配列は、 オ , 面心立方格子、六方最密構造のいずれかになることが多い。金属結晶において、1 個の原子に隣接する原子の数を配位数という。 オ の配位数は、 (1) (2) であり、面心立方格子と六方最密構造の配位数はともに (3) (4) である。

X 線を用いて銅の結晶を解析すると、単位格子の1 辺が 3.6×10^{-10} m の面心立方格子をつくっていることがわかる。銅結晶の単位格子中に含まれる原子の数は、 (5) 個である。この結晶の密度を 8.96×10^3 kg/m³ とすると、銅原子1 個の質量は、 (6) (7) $\times 10^{-$ (8) (9) g となる。金属結晶では、単位格子の1 辺の長さから原子半径も求められる。面心立方格子の構造をとる金属では、単位格子の1 辺の長さを a 、原子の半径を r とすると、 $r =$ (10) と表される。この式より、銅原子の原子半径は、 (11) (12) $\times 10^{-$ (13) (14) m となる。

一方、固体の原子や分子の配列に規則性がないものを カ という。 カ は、結晶のように構成粒子が規則的な配列をしていないため、結晶と異なり、 キ 。石英ガラスは代表的な カ であり、共有結合の結晶である^⑥ 石英を加熱して融解し、それを冷却して凝固させると得られる。

問8 エ ～ カ に入る適切な語を解答用紙に書きなさい。

問9 下線部⑤の性質を何というか。解答用紙に書きなさい。

問10 (1) ～ (9) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 (6) に入る数値は0 ではない。

問11 (10) に入る適切な式を下記から選び，その番号をマークシートにマークしなさい。

1 $\frac{\sqrt{3}}{4}a$ 2 $\frac{\sqrt{3}}{8}a$ 3 $\frac{\sqrt{2}}{4}a$

4 $(\sqrt{2}-1)a$ 5 $(\sqrt{3}-1)a$

問12 (11) ～ (14) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし，(11) に入る数値は 0 ではない。

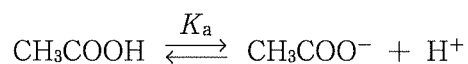
問13 キ に入る適切な文章を，【融点】を用いて 15 字以内で解答用紙に書きなさい。

問14 下線部⑥の化学式を解答用紙に書きなさい。

2. 次の文章を読み、問に答えなさい。

{ I }

ブレンステッドとローリーは、酸とは (15) 分子・イオンであり、塩基とは (16) 分子・イオンであると定義した。酸、塩基には強さがある。(17) は溶液の酸性の強さを示し、(17) が大きいほど溶液の酸性が強い。電離度は水溶液中における酸や塩基の電離の程度を表し、通常、電離度が (18) ほど強い酸または塩基である。しかし、①電離度は温度や濃度によって変化するため、電離度で酸・塩基の強さを評価することは適切でない。一方、酸の電離定数 K_a および塩基の電離定数 K_b は平衡定数であり、同じ温度では濃度によらず一定の値をとる。そのため、 K_a または K_b は濃度に関係なく酸または塩基の強さを表し、 K_a が (19) ほど強い酸、 K_b が (20) ほど強い塩基である。例えば、酢酸は水溶液中で下記の電離平衡が成り立つ。



この時、水溶液中の各分子またはイオンのモル濃度を $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{H}^+]$ と表記すると、水素イオンのモル濃度 $[\text{H}^+]$ は、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、酢酸の電離定数 K_a を用いて、(1) 式で表される。

$$[\text{H}^+] = \boxed{\text{ア}} \cdots (1)$$

(1) 式より、酢酸が イ % 電離しているとき、水素イオンのモル濃度 $[\text{H}^+]$ は K_a と等しい。

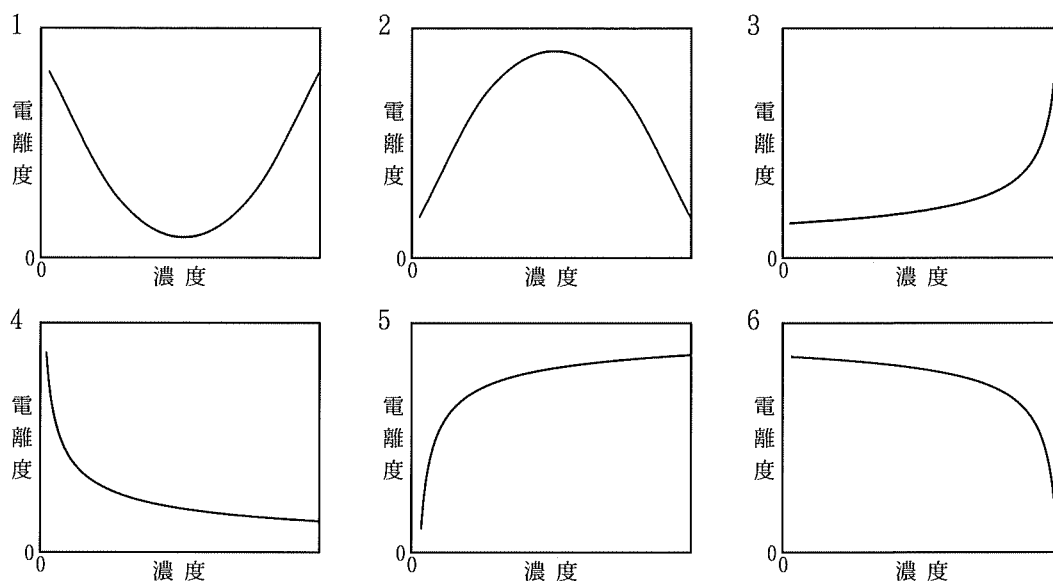
問1 (15) ~ (20) に入る適切な語句を下記から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。ただし、同じ語句を複数回使用できるものとする。

- | | | |
|-------------|--------------|-----------|
| 1 水素イオンを与える | 2 水素イオンを受け取る | 3 電子を与える |
| 4 電子を受け取る | 5 水酸化物イオン濃度 | 6 水素イオン濃度 |
| 7 pH | 8 大きい | 9 小さい |

問2 ア に入る式を解答用紙に書きなさい。

問3 イ に入る適切な数字を解答用紙に書きなさい。

問4 下線部①について、温度一定の条件下、弱酸である酢酸の濃度と電離度の関係を示す最も適切な図を下記から選び、その番号をマークシートの〔21〕にマークしなさい。なお、電離度は1よりも十分に小さい値とする。



〔Ⅱ〕

塩酸と酢酸の混合液Aから10 mLを〔22〕で正確にとり、乾燥した②コニカルビーカーに全量を入れ、〔23〕を用いて 1.0×10^{-1} mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。pH指示薬Bを用いて滴定すると、③塩化水素のみが中和される第一中和点までに10 mLを要した。一方、pH指示薬Bの代わりに④pH指示薬Cを用いて最初から再び滴定すると、酢酸が中和される第二中和点までに15 mLを要した。よって、混合液A中の塩化水素の濃度は〔24〕.〔25〕 $\times 10^{-〔26〕}$ mol/L、酢酸の濃度は〔27〕.〔28〕 $\times 10^{-〔29〕}$ mol/Lである。次に、この滴定過程のpH変化をpHメーターで測定したところ、滴定前の混合液AのpHは〔30〕.〔31〕、水酸化ナトリウム水溶液を10 mL添加した第一中和点のpHは〔32〕.〔33〕であった。水酸化ナトリウム水溶液をさらに2.5 mL添加した時のpHは〔34〕.〔35〕であり、⑤さらに2.5 mL添加した第二中和点のpHは〔36〕.〔37〕であった。

問5 〔22〕, 〔23〕に入る最も適切な器具を下記から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。

- | | | |
|-----------|----------|-----------|
| 1 駒込ピペット | 2 ビュレット | 3 ホールピペット |
| 4 メスシリンダー | 5 メスフラスコ | 6 ろうと |

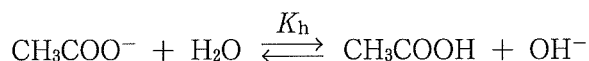
問6 混合液 A の酸の濃度を求める目的には、下線部②のコニカルビーカーは純粋な水でぬれたまま使用してもよい。その理由を 30 字以内で解答用紙に書きなさい。

問7 下線部③の中和反応について、中和熱を 56 kJ とし、この中和反応の熱化学方程式を解答用紙に書きなさい。

問8 下線部④の pH 指示薬 C として適切な物質の名称を解答用紙に書きなさい。

問9 (24) ～ (35) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、(24), (27) に入る数値は 0 ではない。なお、pH 指示薬の体積は無視できるものとし、酢酸の電離定数を $K_a = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

問10 下線部⑤の溶液には酢酸ナトリウムが溶けているため、溶液が塩基性を示す。酢酸ナトリウムの水溶液中では、以下の電離平衡が成り立つ。



この時、水溶液中の水酸化物イオンのモル濃度を $[\text{OH}^-]$ と表記すると、加水分解定数 K_h は (2) 式で表される。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad \dots (2)$$

水溶液中の酢酸ナトリウムのモル濃度を c とすると、加水分解する酢酸イオンは非常に少ないため、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-] \simeq c$ と近似できる。加水分解により生じる水酸化物イオンのモル濃度は酢酸のモル濃度と等しいため、 $[\text{OH}^-]$ は K_h と c を用いて次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \boxed{\text{ウ}}$$

また、(2) 式より K_h は K_a と K_w を用いて次のように表される。

$$K_h = \boxed{\text{エ}}$$

$\boxed{\text{ウ}}$, $\boxed{\text{エ}}$ に入る式を解答用紙に書きなさい。

問11 (36), (37) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。なお、pH 指示薬の体積は無視できるものとし、酢酸の電離定数を $K_a = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積を $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。

3. 次の文章を読み、問に答えなさい。

図1に示す反応容器AとBは、細いコック付き連結管により接続され、コックは閉じられている。反応容器AとBの内容積は共に6.72 Lで等しく、連結管と点火線の体積は無視できるものとする。反応容器Aにはメタンとエタンの混合気体が合計で0.30 mol含まれており、反応容器Bには酸素が1.00 mol含まれていた。温度は0℃に保たれ、このとき、反応容器B内の酸素の圧力は $\boxed{(38).(39)} \times 10^{\boxed{(40)}}$ Paであった。コックを開いて十分な時間放置した後、点火し、①メタンとエタンの混合気体を完全燃焼させた。その後、コックを開いたまま273℃まで冷却したところ、容器内の物質はすべて気体で存在していた。このとき、容器内の圧力を測定したところ、 4.79×10^5 Paであった。このときの圧力から、燃焼前のメタン、エタンの混合気体には、エタン $\boxed{(41).(42)} \times 10^{-\boxed{(43)}}$ molが含まれていたことがわかった。さらに50℃まで冷却したところ、②反応容器内に水滴が生じた。このとき、容器内の圧力を測定したところ、 $\boxed{(44).(45)} \times 10^{\boxed{(46)}}$ Paであった。

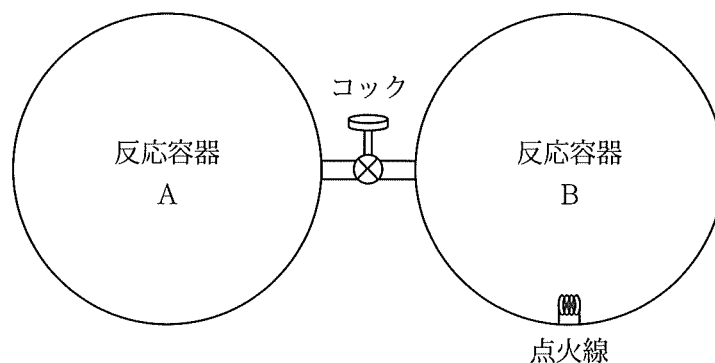


図1

問1 $\boxed{(38)}$ ～ $\boxed{(40)}$ に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 $\boxed{(38)}$ に入る数値は0ではない。

問2 下線部①について、エタンが完全燃焼する化学反応式を解答用紙に書きなさい。

問3 燃焼前に反応容器Aに含まれていたメタンの物質量を x mol、エタンの物質量を y mol とし、燃焼後に容器内に残っている酸素の物質量を x と y を含む式で表し解答用紙に書きなさい。

問 4 $\boxed{(41)}$ ～ $\boxed{(43)}$ に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 $\boxed{(41)}$ に入る数値は 0 ではない。

問 5 下線部②の状態変化を表す適切な語を解答用紙に書きなさい。

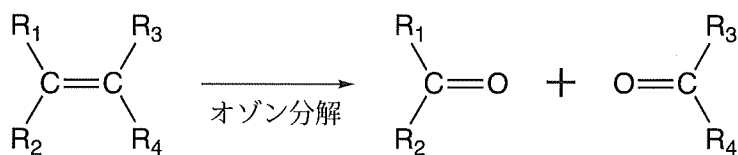
問 6 $\boxed{(44)}$ ～ $\boxed{(46)}$ に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 $\boxed{(44)}$ に入る数値は 0 ではない。なお、水の蒸気圧は 50°C で $1.2 \times 10^4 \text{ Pa}$ とし、液体の水の体積と、容器内の気体の水への溶解は無視できるものとする。

問 7 下線部②について、液体になった水の物質量を求めたところ $\boxed{(47). (48)} \times 10^{-\boxed{(49)}} \text{ mol}$ であった。 $\boxed{(47)}$ ～ $\boxed{(49)}$ に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 $\boxed{(47)}$ に入る数値は 0 ではない。なお、水の蒸気圧は 50°C で $1.2 \times 10^4 \text{ Pa}$ とし、液体の水の体積と、容器内の気体の水への溶解は無視できるものとする。

4. 次の文章を読み、問に答えなさい。

化合物 A は、水素原子、炭素原子、酸素原子のみから構成され、ベンゼン環を 2 個含む分子量 500 以下のエステルである。0.846 g の化合物 A を完全燃焼すると、二酸化炭素 2.51 g と水 0.594 g を生じた。化合物 A に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し加水分解すると、化合物 B のナトリウム塩と化合物 C が生成した。化合物 B を過マンガン酸カリウムで酸化すると化合物 D が生成した。化合物 D と化合物 E を次々と縮合重合させると、高分子化合物 F が得られ、これは繊維として衣料品に用いられる他、樹脂としてペットボトルの原料となる。

一方、化合物 C に濃硫酸を加え 170℃ で加熱したところ、化合物 G およびその構造異性体 H, I が生成した。化合物 H と化合物 I はシス・トランス異性体の関係にあり、化合物 H はシス形、化合物 I はトランス形である。化合物 G をオゾン分解したところ、化合物 J と化合物 K が得られた。また、化合物 H をオゾン分解したところ、ベンズアルデヒドと化合物 L が得られた。化合物 J と化合物 L はフェーリング液を還元し赤色沈殿を生成した。化合物 K はフェーリング液を還元しなかったが、ヨードホルム反応は陽性だった。なお、オゾン分解の反応例を図 1 に示す。



R₁ ~ R₄ は水素、アルキル基あるいはフェニル基

図 1

問 1 化合物 A の分子量は (50)(51)(52) である。(50) ~ (52) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。

問 2 化合物 D, E, K の化合物名を解答用紙に書きなさい。

問 3 化合物 A, I, J, L の構造式を、3 ページにある例にならって解答用紙に書きなさい。

問 4 高分子化合物 F の平均分子量が 3.84×10^4 のとき、500 g の高分子化合物 F を完全に加水分解するのに必要な水酸化ナトリウムの量は、理論上 (53).(54)(55) $\times 10^{(56)}$ g である。(53) ~ (56) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、(53) に入る数値は 0 ではない。

問 5 化合物 G, H, I を混ぜた溶液に臭素を加え、付加反応を行ったところ、生成物は鏡像異性体も区別すると (57) 種類だった。(57) に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。

5. 次の文章を読み、問に答えなさい。

〔 I 〕

生体を構成する細胞は、タンパク質、①核酸、②糖類、脂質などを含んでいる。タンパク質は、その構成成分により [ア] タンパク質と [イ] タンパク質に分類される。[ア] タンパク質は③アミノ酸のみで構成されるが、[イ] タンパク質はアミノ酸以外に核酸、色素、脂質、糖類、[ウ] などを構成成分として含む。例えば、カゼインは [ウ] を含む [イ] タンパク質である。一方、脂質には、油脂、リン脂質、コレステロールなどがある。油脂は脂肪酸とグリセリンのエステルで、油脂を構成する脂肪酸は、天然では炭素数が [エ] と [オ] のものが多い。脂肪酸のうち、炭素間二重結合を含まないものを飽和脂肪酸、含むものを不飽和脂肪酸という。例えば、パルミチン酸は炭素数が [エ] の飽和脂肪酸、リノレン酸は炭素数が [オ] ，炭素間二重結合の数が [カ] の不飽和脂肪酸である。

問1 [ア] ～ [ウ] に入る適切な語と、[エ] ～ [カ] に入る数字を解答用紙に書きなさい。

問2 下線部①について、DNAを構成する4種類の核酸塩基のうち、構造に酸素原子を含む核酸塩基の名称をすべて解答用紙に書きなさい。

問3 下線部②について、マルトースの構造異性体を下記からすべて選び、その番号を解答用紙に書きなさい。

- | | | |
|----------|----------|---------|
| 1 ガラクトース | 2 グルコース | 3 スクロース |
| 4 セロビオース | 5 フルクトース | 6 ラクトース |

問4 下線部②について、デンプンを二糖を経てグルコースまで加水分解するために必要な2種類の酵素の名称を解答用紙に書きなさい。

問5 下線部③について、等電点がpH 9.7のヒトの必須アミノ酸を下記から選び、その番号をマークシートの [58] にマークしなさい。

- | | | |
|---------|------------|---------|
| 1 アルギニン | 2 グルタミン酸 | 3 システイン |
| 4 セリン | 5 フェニルアラニン | 6 リシン |

〔Ⅱ〕

感染症の予防には、④セッケン、流水を用いた手洗い、あるいは消毒液を用いた手指の消毒が有効である。約 80 % の濃度の⑤エタノール水溶液は、速乾性の消毒液として使用され、湿潤剤として⑥グリセリンや⑦尿素が添加される場合もある。手洗い、手指の消毒に加えて、医療に従事する者は感染、汚染防止のため、マスク、手袋、ガウン、キャップなどの防護具も使用する。防護具は、合成高分子製の使い捨てのものがよく用いられ、例えばマスクは、⑧ポリプロピレンの不織布で作られているものが多い。

問 6 下線部④について、界面活性剤であるセッケンは、細菌やウイルスの表面を覆う脂質の膜を破壊したり、脂質を乳化して水中に分散させる作用をもつ。セッケンが、脂質のような疎水性の物質を水中に分散させる乳化作用をもつ理由を、次の 6 つの語を用いて 60 字以内で解答用紙に書きなさい。

【内側、外側、コロイド粒子、親水性部分、疎水性部分、疎水性の物質】

問 7 下線部④および⑥について、セッケンとグリセリンは、油脂を水酸化ナトリウムで加水分解すると生じる。けん化価が 2.10×10^2 の油脂 1.00 kg を水酸化ナトリウムで完全に加水分解すると、 $\boxed{(59).(60)(61)}$ kg のセッケンと $\boxed{(62).(63)(64)} \times 10^{-\boxed{(65)}}$ kg のグリセリンが生じる。 $\boxed{(59)} \sim \boxed{(65)}$ に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 $\boxed{(62)}$ に入る数値は 0 ではない。なお、けん化価とは、油脂 1 g を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量 (mg) である。

問 8 下線部⑤について、デンプンを加水分解し得られるグルコースから、酵母によるアルコール発酵でエタノール 18 L をつくる時、理論上 $\boxed{(66).(67)} \times 10^{\boxed{(68)}}$ kg のデンプンが必要である。 $\boxed{(66)} \sim \boxed{(68)}$ に入る適切な数字をマークシートにマークしなさい。ただし、 $\boxed{(66)}$ に入る数値は 0 ではない。なお、エタノールの密度は 0.80 g/cm^3 とする。

問 9 下線部⑦の尿素は、合成高分子の原料としても用いられ、尿素樹脂が尿素とホルムアルデヒドから $\boxed{(69)}$ で合成される。一方、下線部⑧のポリプロピレンは、プロピレンから $\boxed{(70)}$ で合成される。尿素樹脂は $\boxed{(71)}$ 樹脂、ポリプロピレンは $\boxed{(72)}$ 樹脂である。 $\boxed{(69)} \sim \boxed{(72)}$ に入る適切な語を下記から選び、その番号をマークシートにマークしなさい。ただし、同じ語を複数回使用できるものとする。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| 1 開環重合 | 2 縮合重合 | 3 付加重合 |
| 4 付加縮合 | 5 熱可塑性 | 6 熱硬化性 |