高校化学 L01 第 173 講 付加重合でできる合成樹脂

この講でできるようになること

- 付加重合でできる代表的な合成樹脂について、単量体と高分子名、繰返し単位の対応を説明できる。
- PE・PP・PVC・PS について、構造上の特徴と、代表的な性質・用途を説明できる。

付加重合でできる合成樹脂

合成樹脂は、人工的につくられる高分子化合物であり、私たちの身の回りの多くの製品に利用されている。特に付加重合でできる合成樹脂では、単量体の二重結合が開いて多数つながることで、高分子の鎖が形成される。

付加重合を理解するときは、単量体の構造がどのように繰返し単位へ変化するかを見ることが重要である。

ポリエチレン（PE）

ポリエチレンは、エチレンを単量体とする付加重合によってできる合成樹脂である。

エチレンの二重結合が開き、多数のエチレン分子がつながることで、主鎖が炭素 2 個ずつの繰返し構造になる。

エチレンの構造式は $CH_2=CH_2$ であり、二重結合が開くと繰返し単位は $-CH_2-CH_2-$ となる。

高分子全体では、繰返し単位が n 個つながった形で表す。

$$[-CH_2-CH_2-]_n$$

ここで n は、1 本の高分子鎖に含まれる繰返し単位の数を表す。

ポリエチレンは軽く、加工しやすい特徴をもつため、フィルムや袋などの日用品に利用されている。ただし、ポリエチレンには構造の違いによって硬さなどが異なる種類があり、性質は構造や製品への加工方法などによって変化する。

ポリプロピレン（PP）

ポリプロピレンは、プロペンを単量体とする付加重合によってできる合成樹脂である。

プロペンの構造式は $CH_2=CH(CH_3)$ であり、二重結合が開くことで炭素 2 個が主鎖となる。もとの CH_3 は同じ炭素に結び付いたまま、側鎖として残る。

そのため、ポリプロピレンの繰返し単位は $-CH_2-CH(CH_3)-$ となる。

$$[-CH_2-CH(CH_3)-]_n$$

ポリプロピレンは軽く、加工しやすいことに加えて、製品の形を保ちやすい特徴をもつ。そのため、食品容器などの材料として利用されている。

ただし、用途や性質は高分子の構造だけでなく、製品の設計や加工方法などにも関係する。

©ミライコーチング

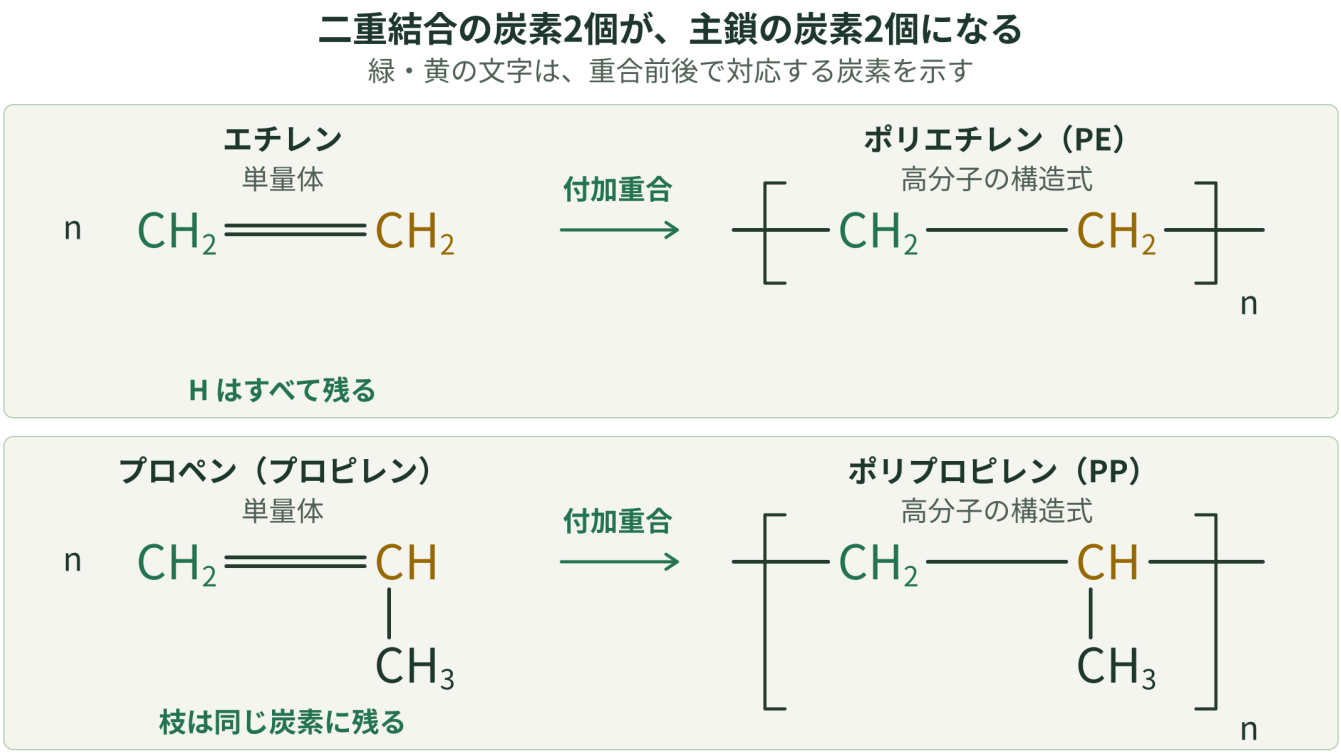

図 1　ポリエチレンとポリプロピレン。単量体の置換基を保った構造の対応

ポリ塩化ビニル（PVC）

ポリ塩化ビニルは、塩化ビニルを単量体とする付加重合によってできる合成樹脂である。

塩化ビニルの構造式は $CH_2=CHCl$ であり、二重結合が開くことで、ビニル基に含まれる 2 個の炭素が主鎖となる。Cl はもとの炭素に結合したまま側に残る。

そのため、ポリ塩化ビニルの繰返し単位は $-CH_2-CH(Cl)-$ となる。

$$[-CH_2-CH(Cl)-]_n$$

ポリ塩化ビニルは、硬さを調整しやすい合成樹脂である。硬質 PVC は水道管などの硬い管に利用される一方、可塑剤を加えて柔軟にした PVC は柔らかい管などに利用される。

このように、同じ高分子でも配合や加工方法によって製品の性質を変えられる。

ポリスチレン（PS）

ポリスチレンは、スチレンを単量体とする付加重合によってできる合成樹脂である。

スチレンの構造式は $CH_2=CH(C_6H_5)$ であり、二重結合が開くことで、ビニル基由来の 2 個の炭素が主鎖となる。C_6H_5 はベンゼン環を含む置換基であり、重合後ももとの炭素に結合したまま側に残る。

ベンゼン環そのものが重合によって開くわけではないため、ポリスチレンではベンゼン環を含む側鎖が存在する。

ポリスチレンの繰返し単位は $-CH_2-CH(C_6H_5)-$ となる。

$$[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$$

©ミライコーチング

一般的なポリスチレンは透明で硬く、透明な容器などに利用されるが、衝撃でもろく割れやすい。また、発泡ポリスチレンでは内部に多数の気泡を含むことで軽く、断熱性をもつ材料として利用される。

発泡によって高分子の繰返し単位そのものが別の構造へ変化するのではなく、内部に気泡を含むことで材料としての性質が変化する。

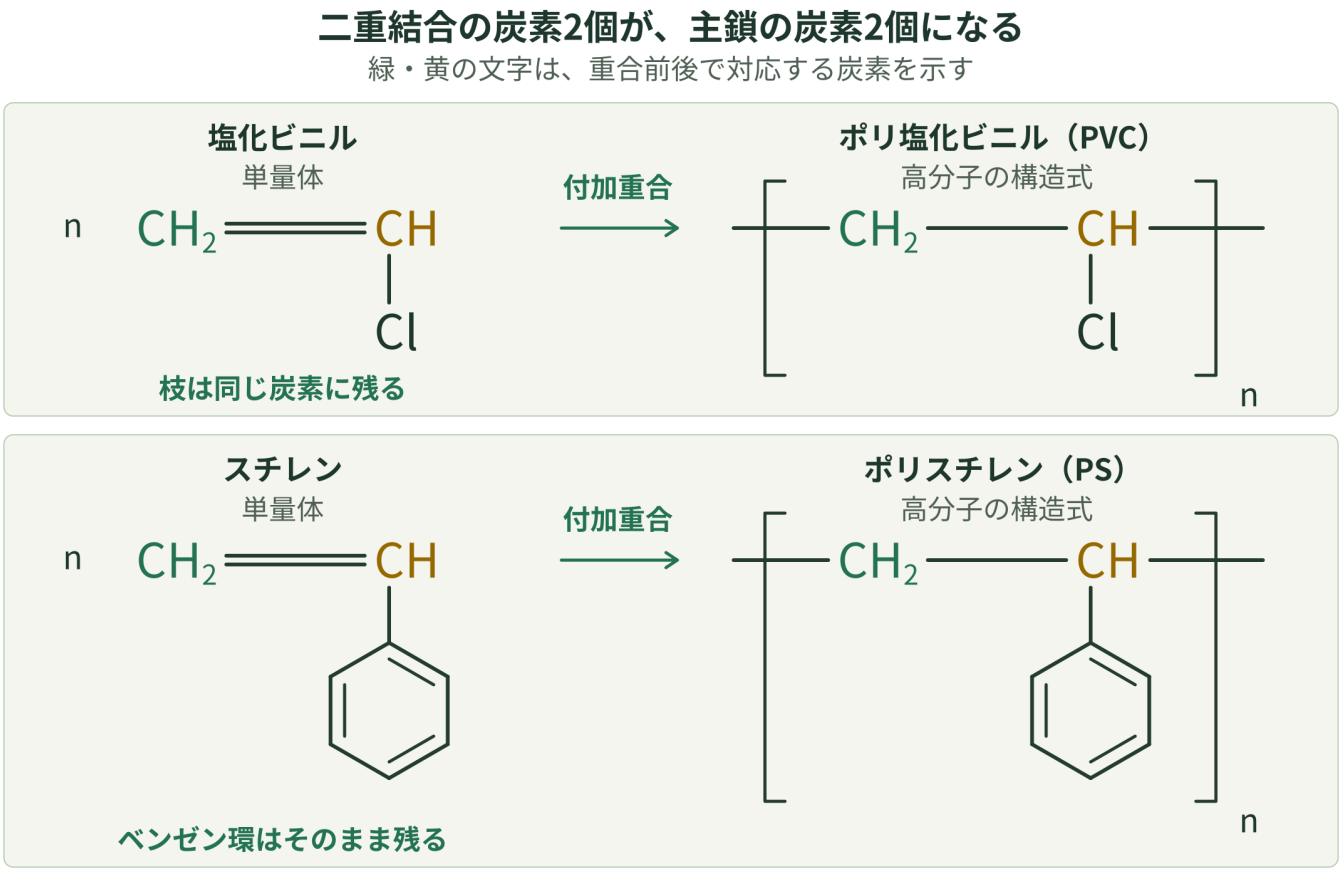

図 2　ポリ塩化ビニルとポリスチレン。Cl とベンゼン環を保った構造の対応



図 3　代表的な樹脂製品のイメージ。左から PE、PP、PVC、PS

上の図は代表的な製品イメージであり、見た目だけから材質を断定するものではない。実際の製品では複数の材料が組み合わされる場合がある。

©ミライコーチング

高分子名	単量体	構造上の特徴	代表的用途
ポリエチレン（PE）	エチレン	主鎖が $-CH_2-CH_2-$ の繰返し	フィルム、袋など
ポリプロピレン（PP）	プロペン	主鎖に CH_3 が側鎖として残る	食品容器など
ポリ塩化ビニル（PVC）	塩化ビニル	主鎖の炭素に Cl が直接結合する	管、柔軟な管など
ポリスチレン（PS）	スチレン	ベンゼン環を含む側鎖が残る	透明な容器、発泡材など

この 4 種類を整理するときは、「単量体の二重結合部分の 2 個の炭素が主鎖になること」と「その炭素に結び付く H、CH_3、Cl、C_6H_5が同じ炭素に残ること」を対応させると理解しやすい。

例題 1

次の問いに答えよ。

(1) エチレン $CH_2=CH_2$ を単量体とする高分子の名称と繰返し単位を答えよ。

(2) プロペン $CH_2=CH(CH_3)$ を単量体とする高分子について、繰返し単位と CH_3 の位置を説明せよ。

解答・解説

(1) 高分子名はポリエチレン（PE）であり、繰返し単位は $-CH_2-CH_2-$ である。

エチレンでは二重結合をもつ 2 個の炭素が重合後の主鎖となる。二重結合が開くことで、この 2 個の炭素が次々につながり、繰返し単位が形成される。

高分子全体を表す場合は

$$[-CH_2-CH_2-]_n$$

となるが、1 つの繰返し単位だけを表す場合は $-CH_2-CH_2-$ のように n を付けない。

(2) 高分子名はポリプロピレン（PP）であり、繰返し単位は $-CH_2-CH(CH_3)-$ である。

プロペンでも二重結合をもつ 2 個の炭素が主鎖となる。そのため、もとの CH_3 は主鎖に入り込まず、元の炭素に結合したまま側鎖として残る。

したがって、ポリプロピレンでは主鎖の炭素に CH_3 が結合した構造になる。

例題 2

次の問いに答えよ。

(1) 塩化ビニル $CH_2=CHCl$ を単量体とする高分子の名称と繰返し単位を答えよ。

(2) スチレン $CH_2=CH(C_6H_5)$ を単量体とする高分子について、主鎖とベンゼン環を含む部分の関係を説明せよ。

解答・解説

(1) 高分子名はポリ塩化ビニル（PVC）であり、繰返し単位は $-CH_2-CH(Cl)-$ である。

塩化ビニルの二重結合をもつ 2 個の炭素が重合後の主鎖になる。Cl はもとの炭素に結合したまま残り、重合後も主鎖の炭素に直接結合する。

高分子全体では

$$[-CH_2-CH(Cl)-]_n$$

と表される。

(2) ポリスチレン（PS）の繰返し単位は $-CH_2-CH(C_6H_5)-$ である。

スチレンでは、ビニル基の二重結合をもつ 2 個の炭素が主鎖となる。一方、C_6H_5 はベンゼン環を含む側の部分であり、重合後も主鎖炭素に結合したまま残る。

つまり、重合によって開くのはビニル基の二重結合部分であり、ベンゼン環そのものではない。

高分子全体では

$$[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$$

と表される。

例題 3

次の問いに答えよ。

(1) PVC 製品には硬い管として利用されるものと、柔らかい管として利用されるものがある。この違いが生じる理由を説明せよ。

(2) ポリスチレンには透明な容器などに使われるものと、発泡ポリスチレンとして利用されるものがある。それぞれの特徴と用途の関係を説明せよ。

解答・解説

(1) PVC は同じポリ塩化ビニルという高分子でも、配合によって硬さを調整できる。

硬質 PVC は形を保ちやすいため、管などの材料として利用される。一方、可塑剤を加えて柔軟にした PVC は、曲げやすい性質を利用して柔らかい管などに使われる。

このように、用途は高分子の種類だけでなく、材料の加工や配合によっても変化する。

(2) 一般的なポリスチレンは透明で硬く、透明な容器などに利用されるが、衝撃でもろく割れやすい。

一方、発泡ポリスチレンは内部に多数の気泡を含むことで軽く、断熱性をもつ。そのため、保温・保冷用の容器などに利用される。

発泡によって繰返し単位そのものが変化するのではなく、同じポリスチレンに気泡を含む構造が加わることで、材料としての性質が変化する。

演習問題

演習 1

エチレンを単量体とする合成樹脂について、次の問いに答えよ。

(1) 単量体の名称と化学式、高分子名、繰返し単位をそれぞれ答えよ。

(2) この高分子が利用される代表的な製品を 1 つ挙げ、性質と用途の関係を簡潔に説明せよ。

演習 2

プロペンを単量体とする合成樹脂について、次の問いに答えよ。

(1) プロペンの二重結合をもつ 2 個の炭素が重合後にどの部分になるか説明し、ポリプロピレンの繰返し単位を答えよ。

(2) ポリプロピレン中の CH_3 がどのような位置に残るか説明せよ。

演習 3

ポリ塩化ビニル（PVC）について、次の問いに答えよ。

(1) 塩化ビニルの化学式と、ポリ塩化ビニルの繰返し単位を答えよ。

(2) 硬質 PVC と柔軟な PVC で用途が異なる理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習 4

ポリスチレン（PS）について、次の問いに答えよ。

(1) スチレンを単量体としたとき、重合後の主鎖となる部分と側に残る部分を説明せよ。

(2) ポリスチレンの繰返し単位を答え、ベンゼン環が重合後も残る理由を説明せよ。

演習 5

ポリスチレンには、一般的なポリスチレンと発泡ポリスチレンがある。次の問いに答えよ。

(1) 両者で化学的な繰返し単位が変化しているか答え、その理由を説明せよ。

(2) 発泡ポリスチレンが軽く断熱性をもつ理由を説明し、用途との関係を答えよ。

演習 6

PE、PP、PVC、PS に共通する付加重合について、次の問いに答えよ。

(1) 付加重合では、単量体のどの部分が主鎖になり、どの部分が側に残るか説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

(1) 単量体はエチレン $CH_2=CH_2$ であり、高分子名はポリエチレン（PE）である。繰返し単位は $-CH_2-CH_2-$ である。

高分子全体を表す場合は

$$[-\mathrm{CH_2-CH_2-}]_n$$

となる。ここで n は繰返し単位の数を表すが、1 つの繰返し単位だけを示す場合には付けない。

(2) ポリエチレンは軽く加工しやすいため、フィルムや袋などに利用される。

袋やフィルムには、軽さや薄い形に加工しやすい性質が利用されている。

解答 2

(1) プロペン $CH_2=CH(\mathrm{CH_3})$ では、二重結合をもつ 2 個の炭素が重合後の主鎖になる。

ポリプロピレン（PP）の繰返し単位は

$$-\mathrm{CH_2-CH(CH_3)-}$$

である。

(2) プロペンにもともと結合していた CH_3 は、二重結合が開いた後も元の炭素に結合したまま残る。そのため、CH_3 は主鎖ではなく側鎖となる。

この側鎖の存在が、ポリエチレンとの構造上の違いになる。

解答 3

(1) 塩化ビニルの化学式は $CH_2=CHCl$ であり、ポリ塩化ビニル（PVC）の繰返し単位は

$$-\mathrm{CH_2-CH(Cl)-}$$

である。

高分子全体では

$$\left[-\mathrm{CH_2-CH(Cl)-}\right]_n$$

と表される。

(2) 硬質 PVC は形を保ちやすいため、硬い管などに利用される。

一方、可塑剤を加えて柔軟にした PVC は曲げやすくなるため、柔らかい管などに利用される。

高分子の種類だけでなく、配合によって材料の性質を調整できることが用途の違いにつながる。

解答 4

(1) スチレン $CH_2=CH(\mathrm{C_6H_5})$ では、ビニル基の二重結合をもつ 2 個の炭素が重合後の主鎖になる。

一方、C_6H_5 は側鎖として残る部分であり、主鎖には入らない。

(2) ポリスチレン（PS）の繰返し単位は

$$-\mathrm{CH_2-CH(C_6H_5)-}$$

である。

高分子全体では

$$\left[-\mathrm{CH_2-CH(C_6H_5)-}\right]_n$$

と表される。

重合によって開くのはビニル基の二重結合部分であり、ベンゼン環そのものではない。そのため、ベンゼン環は側鎖として残る。

解答 5

(1) 一般的なポリスチレンと発泡ポリスチレンでは、化学的な繰返し単位は同じである。

発泡によって高分子の構造単位が別の物質へ変化するのではなく、内部に気泡を含む形態の違いによって材料の性質が変化する。

(2) 発泡ポリスチレンは内部に多数の気泡を含むため、密度が小さく軽い。また、気泡が熱の移動を抑えるため断熱性をもつ。

そのため、軽く持ち運びやすく、中の温度が変わりにくい保温・保冷用の容器などに使われる。

解答 6

(1) 付加重合では、単量体の二重結合をもつ 2 個の炭素が主鎖となる。

二重結合が開いた後も、その炭素に結び付いていた H、CH_3、Cl、C_6H_5は同じ炭素に残る。

例えば、PVC では Cl が主鎖炭素に直接結合し、PS ではベンゼン環を含む C_6H_5 が側鎖として残る。

このように、単量体の構造を見ることで、高分子の繰返し単位を判断できる。

©ミライコーチング