

有機化学反応《手の動き》のしくみ

Norimasa Tachikawa

1 アルコールの酸化

1.1 アルコールの酸化のしくみ

ヒドロキシル基 ($-OH$) をもつものをアルコールといいます。アルコールは、第一級アルコール、第二級アルコール、および第三級アルコールに分類されます。第 n 級とは、ヒドロキシル基 ($-OH$) のついている炭素に結合する炭素数を示しています。

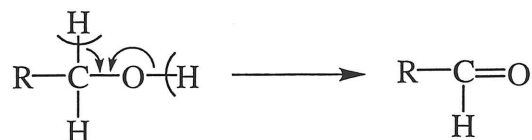


図 1

酸化とは、酸素がくっつくことだけではなく、水素がとれることも酸化といいます。図 1 はアルコールの酸化のときの手の動きです。『ヒドロキシル基 ($-OH$) の水素と、ヒドロキシル基のついた炭素に結合した水素がとれる』という反応が起こります。

1.2 第一級アルコールの酸化

次の太字部分覚えて下さい。



アルデヒドからカルボン酸になるときの手の動きは、図 2 のように、アルデヒド基 ($-CHO$) の $C-H$ 結合の間に酸素 (O) が入り込むと覚えて下さい。

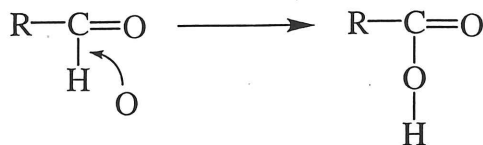


図 2

【練習問題 1】

上に示した手の動きを参考にして、次の 3 つの第一級アルコールが酸化すると、どのように変化するかを考えなさい。また、生成した化合物の名称は何か。

1. メタノール
2. エタノール
3. 1-プロパノール

〔補足〕

- ギ酸はカルボキシル基 ($-\text{COOH}$) だけではなく、アルデヒド基 ($-\text{CHO}$) をもっています。
- ホルムアルデヒドは物質の名前ですが、ホルマリンはホルムアルデヒドを水で薄めたものである。40%ホルムアルデヒド水溶液がよく利用されます。

1.3 第二級アルコールの酸化

次の太字部分を覚えて下さい。

『第二級アルコール → ケトン』

第二級アルコールの酸化だからといって特別なことはありません。図 1 に示した手の動きにしたがって反応が起こります。

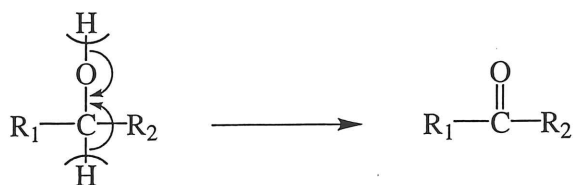


図 3

図 3 からわかるように、第二級アルコールを酸化するとケトンが生成します。

【練習問題 2】

上に示した手の動きを参考にして、次の 3 つの第二級アルコールが酸化すると、どのように変化するかを考えなさい。また、生成した化合物の名称は何か。

1. 2-プロパノール
2. 2-ブタノール
3. 3-ペンタノール

〔補足：命名法 (名前のつけ方) について〕

国際命名法は IUPAC 命名法と言います。たとえば、 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ はプロピレンですね。しかし、IUPAC 命名法ではプロパン (propane) の語尾を、二重結合を意味するエン (ene) に変化させたプロペン (propene) になります。プロピレンという名称は、いままでのなごりということで慣用名と言われます。

次に、エチルメチルケトンなのか、メチルエチルケトンなのかということですが、入試ではどちらも正解です。正式には、メチルは "methyl"、エチルは "ethyl" という綴りとなります。アルファベット順に命名するのが規則なので、正式にはエチルメチルケトンとなります。

1.4 第三級アルコールの酸化

次の太文字部分を覚えて下さい。

『第三級アルコールは酸化しない。』

第三級アルコールの酸化だからといって特別ではありません。図 1 に示した手の動きにしたがって反応が起こります。2-メチル-2-プロパノールを例に、第三級アルコールが酸化されないことを確認しましょう。

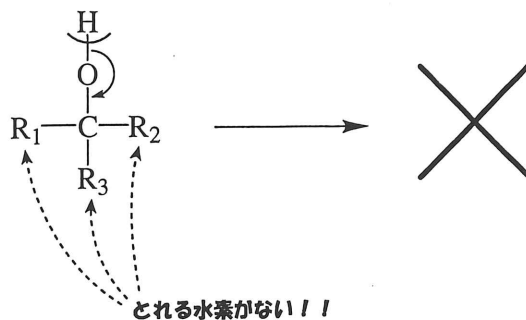


図 4

ヒドロキシル基のついた炭素に結合した水素がないことから、第三級アルコールの酸化が起こらないことがわかります。

〔補足：アセトンについて〕

極性物質は極性溶媒にとけ、無極性物質は無極性溶媒に溶けると言われます。しかし、このようにキッチリと分類できるわけではありません。両方の溶媒に溶ける物質も存在します。このような物質の代表としてはアセトンがあります。入試でよく問われるので覚えておいて下さい。

2 アルコールの脱水反応

アルコールの脱水反応には、反応条件 (反応温度) によって 2 種類あります。脱水剤として濃硫酸が必要となります。

『有機反応では、濃硫酸はほとんどの場合、脱水剤として働く』

と覚えておきましょう。

2.1 分子間脱水 (濃硫酸・130～140℃)

アルコール・濃硫酸・130～140℃という Key Word が見えたら、アルコールの分子間脱水と考えるようにしましょう。

『アルコール・濃硫酸・130～140℃ → アルコールの分子間脱水でエーテル生成』

この反応の手の動きは図 5 に示したようになります。

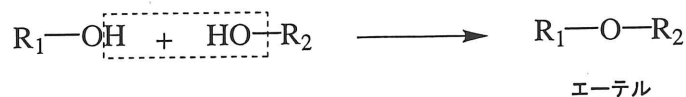


図 5

【練習問題 3】

上に示した手の動きを参考にして、次の 3 つのアルコールに濃硫酸を加え、130～140℃に加熱したときに生成する化合物の構造式と名称を答えなさい。

1. メタノール
2. エタノール
3. 1-プロパノール

2.2 分子内脱水 (濃硫酸・160～170℃)

アルコール・濃硫酸・160～170℃という Key Word が見えたら、アルコールの分子内脱水と考えるようにしましょう。分子間脱水と分子内脱水の手の動きを比べてみると1つの分子中から水分子がとれる分子内脱水の方が起こりにくい。したがって、160～170℃と反応温度を上げて分子の熱運動を激しくする必要があります。

『アルコール・濃硫酸・160～170℃ → アルコールの分子内脱水で二重結合が生成』

この反応の手の動きは図6に示したように、『ヒドロキシル基(−OH)と、ヒドロキシル基(−OH)がついている炭素の隣の炭素に結合している水素(H)がとれる』となります。

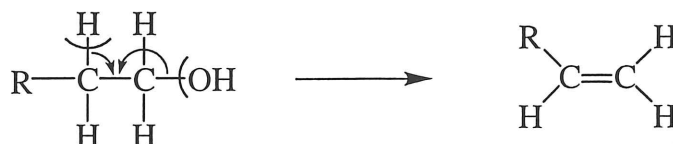


図6

【練習問題4】

上に示した手の動きを参考にして、次の3つのアルコールに濃硫酸を加え、160～170℃に加熱したときに生成する化合物の構造式と名称を答えなさい。

1. エタノール
2. 1-プロパノール
3. 2-プロパノール

2.3 ザイチェフ則

これにより、アルコールの分子内脱水において何通りかの生成物が考えられる場合、どの物質が主生成物になりうるかを判断することができます。

では、2-ブタノールに濃硫酸を加え、160～170℃に加熱したときに起こる反応を例にとり考えていきましょう。

アルコールの分子内脱水では、ヒドロキシル基(−OH)とヒドロキシル基(−OH)のついた炭素の隣の炭素に結合している水素(H)がとれるでしたね。とすると、図7に示すように2通りの水素(H)のとれ方が考えられます。

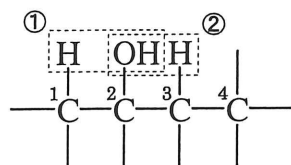


図7

では、どちらの水素原子(H)がとれるのかを、どのように判断するかがザイチェフ則なのです。それは、次のようなものです。

『炭素-炭素二重結合の4本の手に結合する炭素数が多いものが安定』

と覚えて下さい。これから考えると、図7に示した2つのうち②反応の方が起こりやすいことがわかります。したがって、この反応の主生成物は、(シスまたはトランス)-2-ブテンとなります。

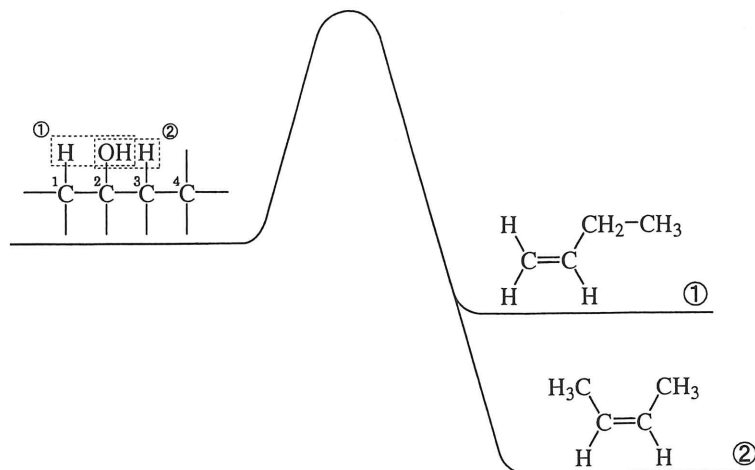


図 8

【練習問題 5】

上に示した手の動きを参考にして、次の2つのアルコールに濃硫酸を加え、160~170℃に加熱したときに主に生成する化合物の構造式と名称を答えなさい。

1. 2-ペンタノール
2. 2-メチル-3-ペンタノール

3 付加反応

3.1 二重結合への付加反応

二重結合の1つは σ 結合、もう1つは π 結合でした。 σ 結合は強い結合ですが、 π 結合は図9のように、混成に預からなかったp軌道がかろうじて重なり合った弱い結合なので、切断されやすい。したがって、二重結合や三重結合などの不飽和結合は、付加反応を起こしやすい。

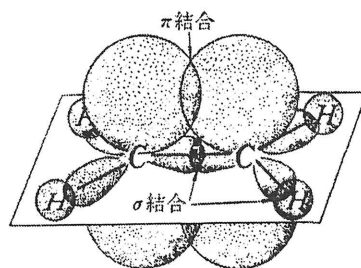


図 9

このように書くと、二重結合はなんでもかんでも付加反応を起こすように感じられるかもしれませんが。しかし、付加するものによって起こりやすさは変化します。各物質についてみていきましょう。

3.2 水素 (H₂) 付加

二重結合への水素 (H₂) 付加は、起こりやすくはなく、ニッケル (Ni) や白金 (Pt) などの触媒が必要となります。図 10 にはエチレンへの水素 (H₂) 付加反応を示しておきます。

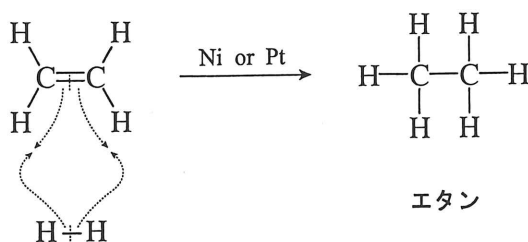


図 10

3.3 臭素 (Br₂) 付加

次に臭素 (Br₂) ですが、これは簡単に付加反応をします。臭素 (Br₂) の付加反応は、

『不飽和結合の検出』

のために、しばしば用いられます。

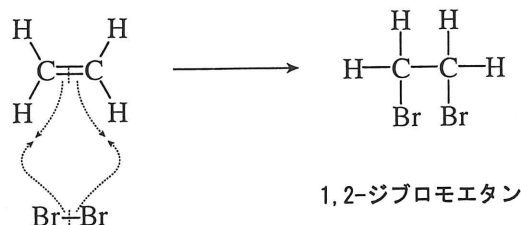


図 11

3.4 水 (H₂O) 付加

先に示したように、エチレンに水素 (H₂) を付加するとエタンになり、エチレンに臭素 (Br₂) を付加すると 1,2 ジブロモエタンとなります。

『付加反応が起こる』だけでなく、次に示す 3 つのものに対する反応の起こりやすさは次のようになります。

1. 水素 : H₂

水素 (H₂) の二重結合への付加は、通常の状態では起こりません。ニッケル (Ni) や白金 (Pt) 触媒が必要となります。

2. 臭素 : Br₂ (ハロゲン)

臭素 (Br₂) は通常、

- ① 臭素水
- ② 臭素の四塩化炭素溶液

という表現で問題文の中にでてきます。たとえば、エチレンの臭素付加を行う場合には、この溶液の中にエチレン (ガス) を吹き込むのです。この反応は通常の状態で行われます。

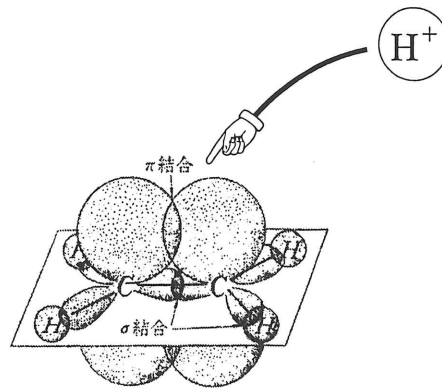


図 14

この攻撃によって、次のような炭素陽イオンと呼ばれるものが生成します (ここでは、エチレンを例にして示しています)。

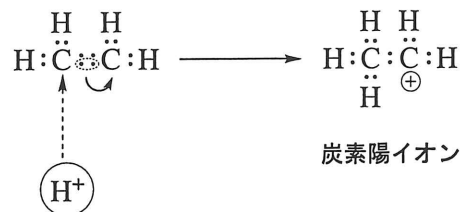


図 15

上記にしたがって、プロピレンの二重結合の部分に水素イオン (H^+) が攻撃すると、次の 2 種類の炭素陽イオン (中間体) が考えられます。

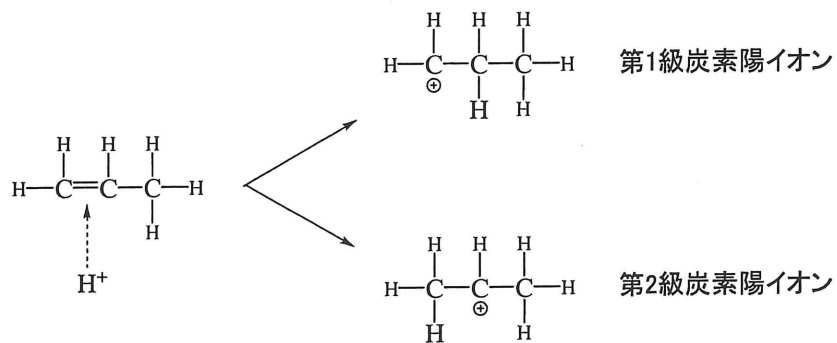


図 16

炭素陽イオンの安定性は、

『第 1 級炭素陽イオン < 第 2 級炭素陽イオン < 第 3 級炭素陽イオン』

となっているので、図 16 の 2 種類のうちどちらが生成するかというと、第 2 級炭素陽イオンの方が安定なので、

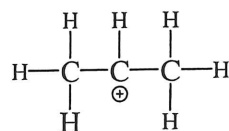


図 17

3. 水 : H_2O

この反応も通常の状態では起こらず、希硫酸など (オキソ酸) の触媒が必要となります。この反応について、これから詳しくみていきましょう。

二重結合への水 (H_2O) 付加は、触媒として希硫酸が必要となります。図 12 のように、まずエチレンに硫酸が付加し、硫酸水素エチルという中間体が生成します。その後、加水分解反応によりエタノールが生成する。

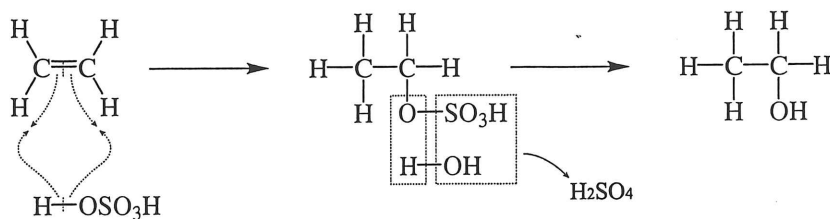


図 12

【練習問題 6】

エチレンへの水付加を行うとき、触媒としてリン酸 (H_3PO_4) を使用したときの、中間体の構造式および名称を示せ。

3.5 マルコフニコフの法則

次に示すように、プロピレンに臭化水素を付加させると、1-ブロモプロパンと 2-ブロモプロパンが生成します。

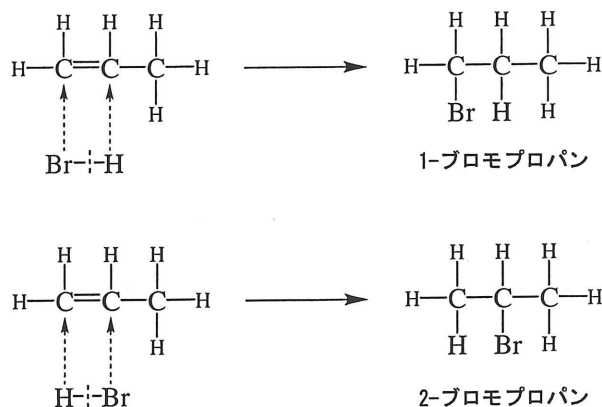
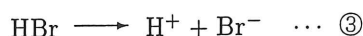


図 13

このうち 2-ブロモプロパンが主生成物となります。これはマルコフニコフの法則のより説明ができます。マルコフニコフの法則の反応機構を詳しくみていきましょう。

まず臭化水素が、



と電離します。図 9 で示したように二重結合の部分は π 結合が形成されており、電子密度が高くマイナス (−) を帯びている。③式より水溶液中には水素イオン (H^+) が多く存在しており、二重結合部分に攻撃をします。

が生成することがわかります。そして、プラス (+) に帯電した部分に、残った Br^- が攻撃し 2-ブロモプロパンが生成するのです。

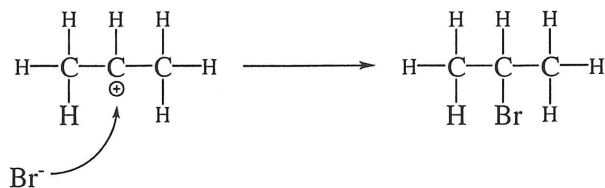


図 18

これが、マルコフニコフの法則の反応機構です。

ここで、勘違いしないで欲しいのですが、2-ブロモプロパンしか生成しないのではありません。1-ブロモプロパンも少ないですが生成します。あくまでも 2-ブロモプロパンが主生成物ということです。

【練習問題 7】

次の各問いに答えよ。

1. 1-ブテンに塩化水素を付加したときの主生成物の構造式と名称を答えよ。
2. 3-メチル-2-ペンテンに臭化水素を付加したときの主生成物の構造式と名称を答えよ。

3.6 三重結合への付加反応

三重結合は二重結合よりも π 結合が 1 つ多いので、付加反応が 2 段階で起こります。たとえば、アセチレンに臭素を付加していくと、

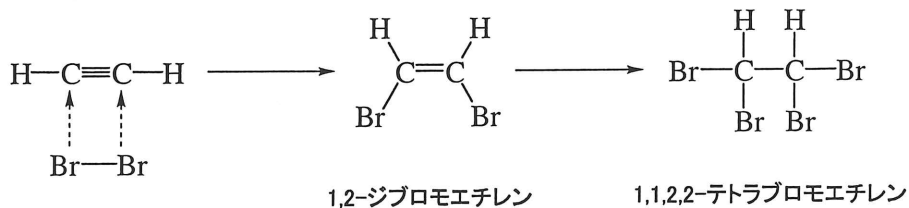


図 19

となります。

エチレンとは異なり、アセチレンは三重結合が存在するので、2 段階に付加反応を起こすという性質を利用して

『アセチレンは高分子化合物合成の出発物質』

となっています。たとえば、次のようなものがあります。

ポリ塩化ビニルの製法

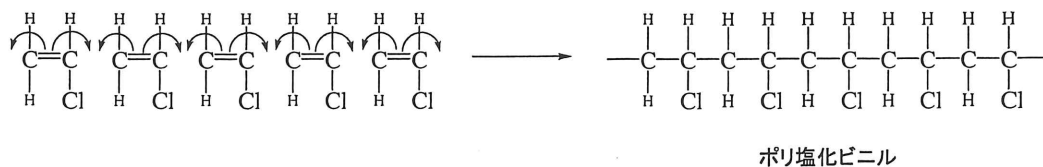
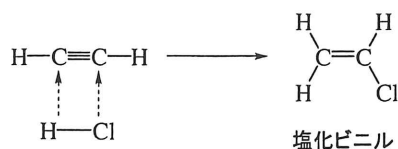


図 20

ポリアクリロニトリルの製法

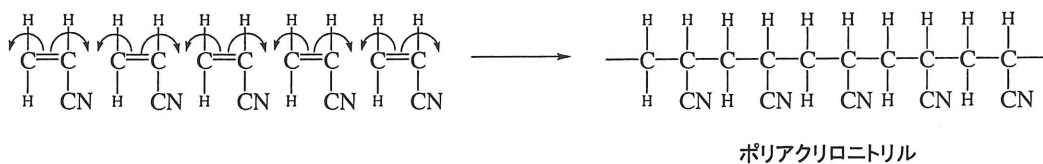
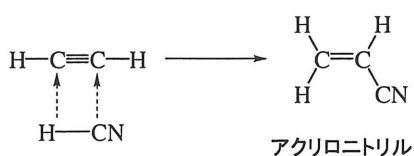


図 21

ポリ酢酸ビニルの製法

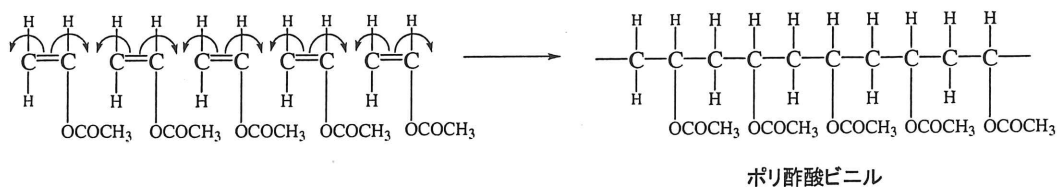
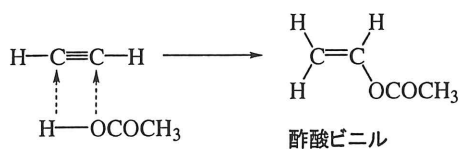


図 22

3.7 ビニルアルコール

アセチレンに硫酸水銀 (HgSO_4) を触媒として水 (H_2O) を付加させると、次のようにビニルアルコールが生成する。

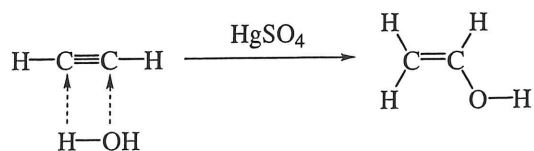


図 23

『ビニルアルコールは不安定』

というフレーズをよく聞きます。しかし、これでは不十分なので次のように理解しておいて下さい。

『二重結合した炭素に-OH基が結合していると不安定で水素転位を起こす。』

です。また水素転位の手の動きは図24に示してあるので、しっかりと理解しておくように。

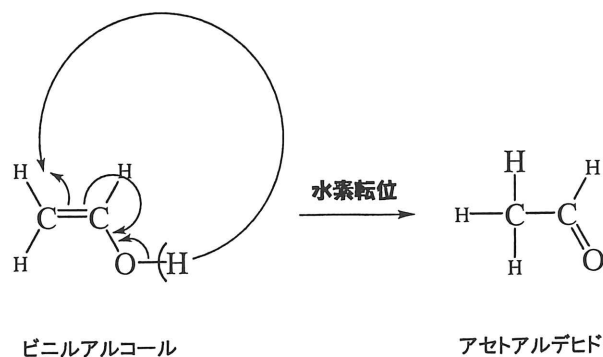


図 24

【練習問題 8】

次の各問いに答えよ。

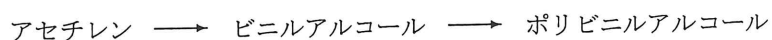
1. プロピンに硫酸水銀 (HgSO_4) を触媒として水を付加したときの生成物の構造式と名称を答えよ。
2. 2-ブチンに硫酸水銀 (HgSO_4) を触媒として水を付加したときの生成物の構造式と名称を答えよ。

3.8 ポリビニルアルコールの製法

今まで学習してきた高分子化合物の生成法を振り返ってみると、アセチレンを出発物質として、“～水素”を付加させて、さらに付加重合反応によって高分子化合物が得られるという順序でした。

- アセチレン → 塩化ビニル → ポリ塩化ビニル
- アセチレン → アクリロニトリル → ポリアクリロニトリル
- アセチレン → 酢酸ビニル → ポリ酢酸ビニル

ではこれらを参考に『ポリビニルアルコール』をどのような手順でつくればいいのか考えて下さい。すると、次のように考えた人はいないでしょうか？



しかし、この生成法には問題点があります。もう皆さんもお分かりでしょうが、ビニルアルコールは安定には存在できないので、ビニルアルコールを付加重合させることなどできません。ということで、工夫が必要となってくるのです。

『まず、ポリ酢酸ビニルをつくり、その後加水分解を行う。』

のです。その手順は次に示したようです。

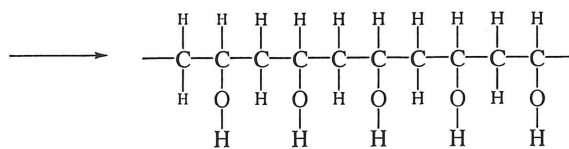
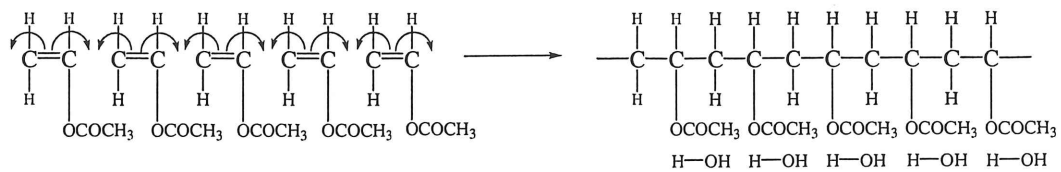
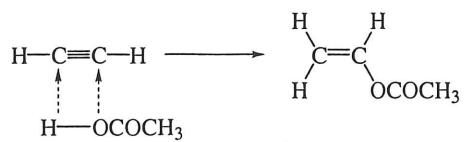


图 25

3.9 ビニロン

3.9.1 ビニロンとは

上述したポリビニルアルコール (PVA) はどのような性質をもっているのでしょうか。水に溶ける物質とはどのようなものだったか思い出して下さい。塩化ナトリウム (NaCl) のように水に溶かしたときにイオンに分かれる物質か、または、アルコールやショ糖のようにヒドロキシル基 ($-\text{OH}$) をもっている物質でしたね。ポリビニルアルコールは高分子化合物ではありますが、ヒドロキシル基 ($-\text{OH}$) をたくさんもっているのが水に溶けるという性質をもっています。もし、この繊維でつくった水着で海に入ったらとんでもないことになってしまいますね。

そこで、ポリビニルアルコールのヒドロキシル基をある程度壊せば、水に溶けなくなりますが、残りのヒドロキシル基が水分子を引きつけるので、水分をよく吸収してくれる繊維 (『吸湿性のよい繊維』) ができるのです。これがビニロンです。ビニロンは、京都大学の桜田一郎によってつくられ、国内で開発された繊維であるため入試にも頻繁に出題されます。

3.9.2 ビニロンの製法

ビニロンは図 26 に示すように、ポリビニルアルコールをホルムアルデヒド (HCHO) でアセタール化することによって作られます。

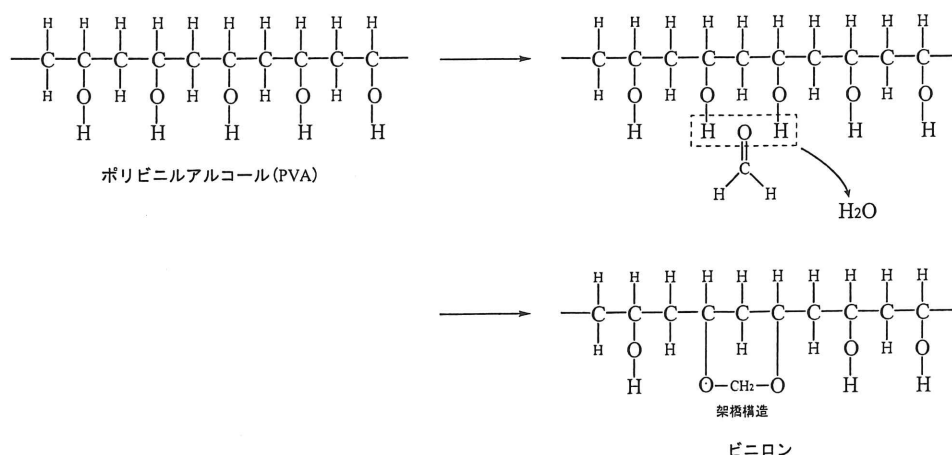


図 26

ホルムアルデヒドによって、2つのヒドロキシル基が架橋構造を形成 (アセタール化) し壊れるために、上記のような『吸湿性のよい繊維』が得られることになります。

ここで少し注意をしておきましょう。ここまでの話を読んで、

...[$-\text{OH}$ 基] [架橋構造] [$-\text{OH}$ 基] [架橋構造] [$-\text{OH}$ 基]...

というように、ヒドロキシル基 ($-\text{OH}$ 基) と架橋構造が交互に並んでいると勘違いする人がいるので気をつけて下さい。そんなにうまく反応が起こるはずがありません。全体の何% かのヒドロキシル基 ($-\text{OH}$ 基) が架橋構造に変化した程度のことしか実際にはわかりません。

【練習問題 9】

アセチレンからビニロンができるまでの流れを示しなさい。

3.10 アセチレンの2分子重合

アセチレンには三重結合があるので付加反応を起こしやすい。また、アセチレンには (非常に弱いのですが) 酸としての性質があります。したがって、図 27 のように電離します。



図 27

アセチレンの2分子重合では、一方のアセチレンは図 27 のように電離し、その電離したものがもう一方のアセチレンに付加するという反応を起こします。その結果、生成してものがビニルアセチレン(ビニル基をもつ)です。

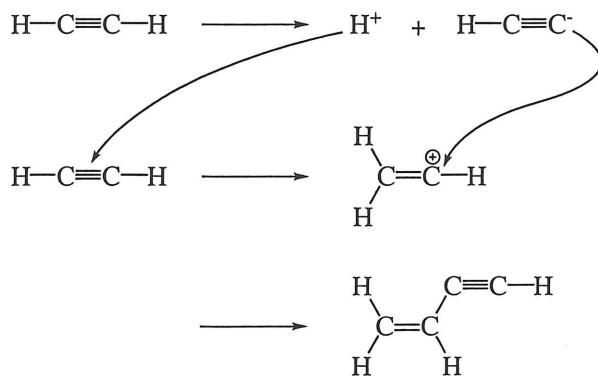


図 28

3.11 ビニルアセチレンへの付加反応

3.11.1 塩化水素付加

ビニルアセチレン ($\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$) 分子内には二重結合と三重結合が一つずつあります。よって、これに塩化水素 (HCl) を付加させようとするとき、二重結合に付加反応を起こす場合と、三重結合に付加反応を起こす場合の2つのパターンが考えられます。どちらへの付加反応が優先的に起こるのでしょうか。付加反応の反応機構を思い出せばわかります。

まず、塩化水素 (HCl) は次のように電離します。



ここで生成した水素イオン (H^+) は、二重結合と三重結合のどちらに攻撃するのかを考えてみると、三重結合 (π 結合 2 つ) の方が二重結合 (π 結合 1 つ) よりも電子密度が大きいため水素イオン (H^+) の攻撃を受けやすいことがわかります。したがって、塩化水素は三重結合に付加反応を起こします。ビニルアセチレンに塩化水素が付加する様子を図 29 に示しました。

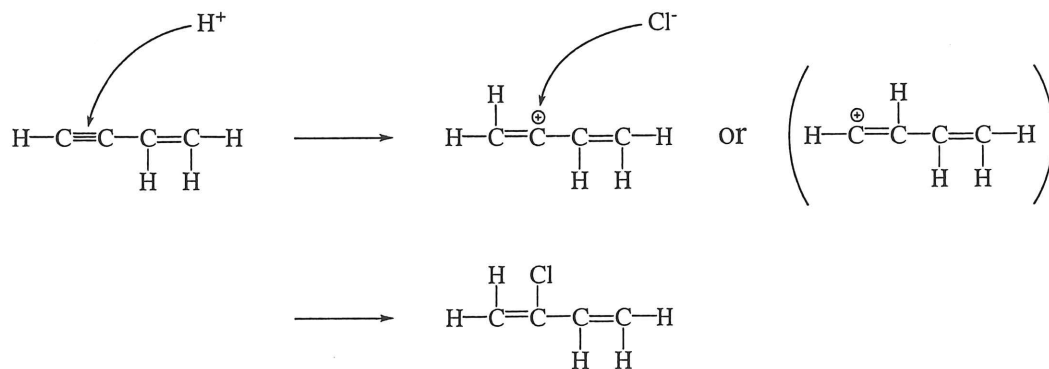


図 29

図 29 で、水素イオンがビニルアセチレンに攻撃したとき 2 つのパターンの炭素陽イオンが考えられますが、炭素陽イオンの安定性 (3.5 マルコフニコフの法則 参照) を考えれば 2 級炭素陽イオンの方が主生成物になることがわかります。

また、ここでできた生成物の名称はクロロプレンと呼ばれ、合成ゴムの単量体 (モノマー) として利用されています。きちんと名称を覚えておきましょう。

ゴムには天然ゴムと合成ゴムがあります。天然ゴムは天然とう名がついているように自然界 (ゴムの木) から得られるものです。この天然ゴムを分析 (熱分解) したところ図 30 のようなイソプレンが付加重合してできたものであることがわかりました。

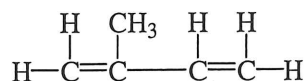


図 30 : イソプレン

そこで、イソプレンと構造が似たものを付加重合させれば、天然ゴムと同じような性質をもったものができるのではないかという発想のもとに合成ゴムがつくられました。クロロプレンは、まさにイソプレンと似た構造をしているので合成ゴムのモノマーとして利用されるようになったのです。

3.11.2 水素付加

ビニルアセチレンへの水素付加は、塩化水素付加と同様に考えればよく図 31 のようになります。

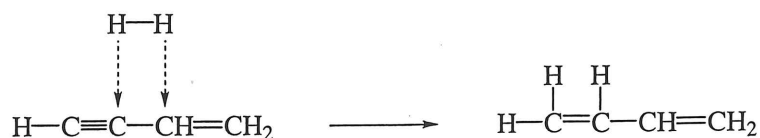


図 31

生成物の名称を考えてみましょう。炭素が 4 つあるので butane (ブタン) が基本となります。次に 1 番炭素と 3 番炭素に二重結合が 2 つあるので、二重結合を意味する ene (エン) に 2 つを意味する di (ジ) をつけて、diene (ジエン) というのが語尾につきます。これをまとめると、1,3-butadiene (1,3-ブタジエン) となるのです。

1,3-ブタジエンには、[二重結合]-[単結合]-[二重結合]という結合がありますが、この結合は共役二重結合と呼ばれます。また、この 1,3-ブタジエンも合成ゴムの原料として使われます。

3.12 アセチレンの3分子重合

アセチレンの3分子重合を図32に示す。

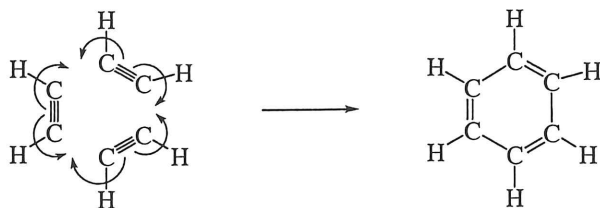


図 32

この手の動きは覚えやすいですね。この反応は、アセチレンを約 500°C に赤熱した鉄管に通すことによって起こります。したがって、

『アセチレンを赤熱した鉄管に通すとベンゼンが生成する。』

というように覚えておくといいでしょう。

4 エステル

酢酸 (CH_3COOH) とエタノール ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) が脱水縮合反応により酢酸エチル ($\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$) ができる反応を下に示す。



この反応があまりにも有名なため、『エステルとはなんですか?』という質問に対して、『カルボン酸とアルコールが脱水縮合してできたものです』と答える人がたくさんいます。しかし、図33に示すように硝酸 (HNO_3) とグリセリンが脱水縮合してできたニトログリセリンもエステルです。

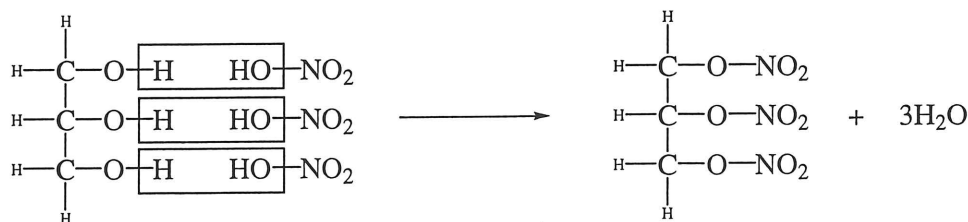


図 33

したがって、エステルとは(オキシ)酸とアルコールが脱水縮合してできたものということになります。オキシ酸とは硝酸 (HNO_3) や硫酸 (H_2SO_4) などのように酸素を含む酸のことをいいます。

脱水縮合反応とは、脱水反応と縮合反応をまとめて表現したものであり、脱水反応とは水がとれる反応であり、また、縮合反応とは2つの分子から水のような小さな分子がとれることにより結合する反応を言います。有機化学反応ではほとんどの場合、脱水剤として濃硫酸を使います。

エステル化では、(オキシ)酸から $-\text{H}$ 、アルコールから $-\text{OH}$ がとれるのではなく、(オキシ)酸から $-\text{OH}$ がとれ、アルコールから $-\text{H}$ がとれて脱水反応が起こります。このことは、酸素の同位体を利用した実験により証明されました。通常、酸素の質量数は16ですが質量数18の酸素 (^{18}O) を含むアルコールを合成し、あるカルボン酸と濃硫酸の存在下でエステル化しました。そのとき、図34に示すような2つの水のとり方が考えられます。

6.3 エチレンの酸化

塩化パラジウム (PdCl_2) を触媒に用いて、エチレンを酸化させるとアセトアルデヒド (CH_3CHO) が生成します。この反応は丸暗記をして下さい。しかし、この反応では塩化パラジウム (PdCl_2) 触媒というのが Key Word になります。塩化パラジウム (PdCl_2) ときたら、この反応を思い出そうにしましょう。

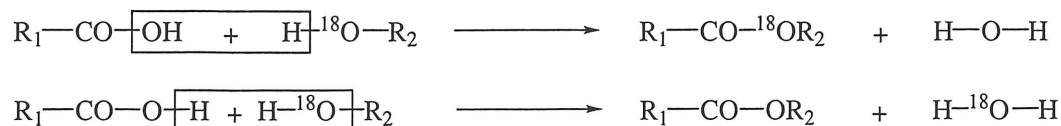


図 34

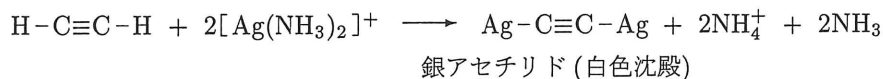
反応させたカルボン酸とアルコールのモル数から生成する水のモル数(質量)が推測できます。その推測値と実際に生成した水の質量を比較することで、生成してきた水が $\text{H}-^{16}\text{O}-\text{H}$ であるか、 $\text{H}-^{18}\text{O}-\text{H}$ であるかを判断することができます。このことから、図 34 の上側の反応と下側の反応のどちらが起こったのかを知ることができます。したがって、このような実験の結果から、上側の反応が起きていることが証明されたわけです。

次に図 12 の左側の反応を見直して下さい。この反応はエチレンの二重結合に硫酸が付加したという反応です。当然のことですが、これは付加反応です。しかし、生成物は硫酸水素エチルというエステルです。硫酸水素エチルは硫酸とエタノールを脱水縮合させるとできることからエステルであることがわかります。ここでは、エステル化によって生成したものだけがエステルではなく、付加反応など他の反応でもエステルを合成できることを覚えておきましょう。

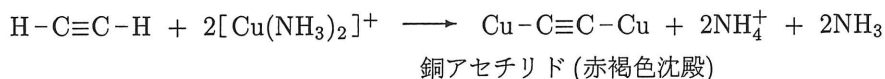
5 アセチリド

アセチリドとは、アセチレンの水素が銀 (Ag) や銅 (Cu) などの金属で置換されたものをいいます。

(1) アンモニア性硝酸銀水溶液にアセチレンを通じる。



(2) アンモニア性塩化銅 (I) 水溶液にアセチレンを通じる。



アセチレンが弱酸性を示すということは 3.10(参照) で述べました。上の 2 つの反応は、アセチレンから水素イオン (H^+) がとれて生成した陰イオン ($\text{HC}\equiv\text{C}^-$) に Ag^+ や Cu^+ などの陽イオンが結合してできた沈殿生成反応です。

アセチリドには爆発性があるので、これは入試において Key Word となるので覚えておきましょう。

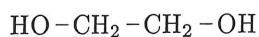
この反応は、アセチレン特有の反応ではなく $-\text{C}-\text{C}-\dots-\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ のように炭素鎖の末端が三重結合になっているものに起こります。問題文中に『化合物 A にアンモニア性硝酸銀水溶液を作用させると爆発性のある物質が生成し・・・』というような記述があったときには、化合物 A の末端の炭素には三重結合があるぞ、と思えるようになります。

6 その他

ここで示す反応は、詳しい反応機構などを知っておく必要はないのですが、よく入試に出題される反応です。手の動きを示しておくので、覚えておきましょう。

6.1 エチレングリコール

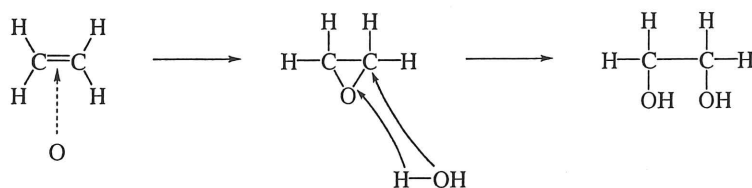
エチレングリコールは、2 価アルコールで次のような構造をしています。



$$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---OH} \quad \boxed{\text{HOOC---}} \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \boxed{\text{---COOH}} \text{HO---CH}_2\text{---CH}_2\text{---OH} \quad \boxed{\text{HOOC---}} \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \boxed{\text{---COOH}} \text{HO---CH}_2\text{---CH}_2\text{---OH} \quad \boxed{\text{HOOC---}} \text{---} \\ \longrightarrow \quad \text{---H}_2\text{C---OOC---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---COO---CH}_2\text{---CH}_2\text{---OOC---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---COO---CH}_2\text{---CH}_2\text{---COO---} \\ \text{Polyethylene Terephthalate(PET)} \end{array}$$

ポリエチレンテレフタレート (Polyethylene Terephthalate) は略して PET と呼ばれ、ペットボトルや UNIQLO で有名なフリースはこれからできています。

エチレン → エチレンオキシド (エチレンオキシド) → エチレングリコールの手の動きを図 36 に示しておきました。



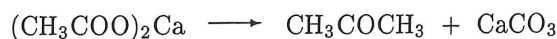
6.2 酢酸カルシウムの乾留

$$2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$$

Diagram illustrating the chemical structures and components:

- Acetone: $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$
- Acetate ion (enclosed in a dashed oval): $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{O}^-$
- Calcium acetate: $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{Ca}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$
- Calcium carbonate: CaCO_3

この反応をまとめると、次のようになります。

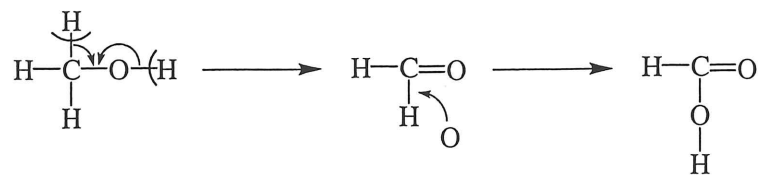


乾留とは、『空気を遮断して加熱分解すること』です。

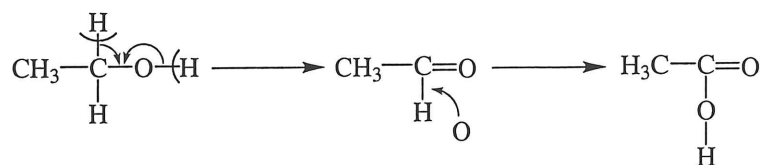
練習問題の解答

【練習問題 1】

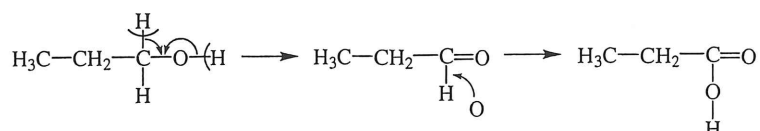
1. メタノールの酸化



2. エタノールの酸化

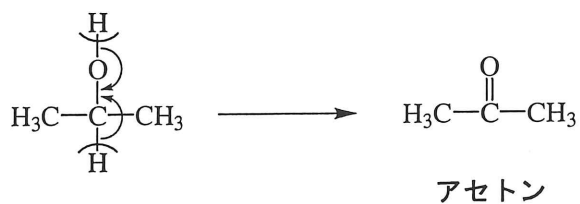


3. 1-プロパノールの酸化

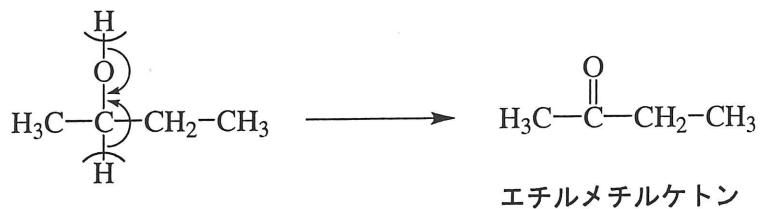


【練習問題 2】

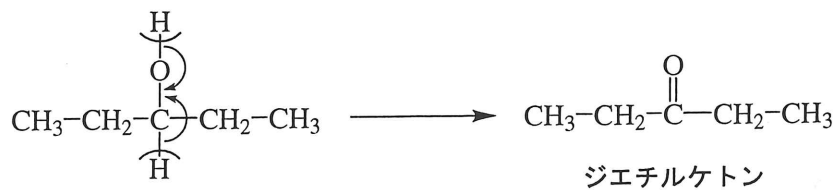
1. 2-プロパノールの酸化



2. 2-ブタノールの酸化

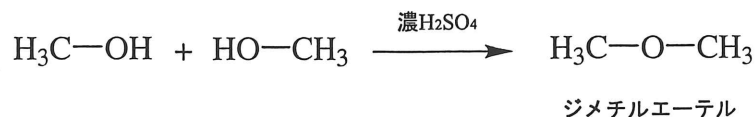


3. 3-ペンタノールの酸化

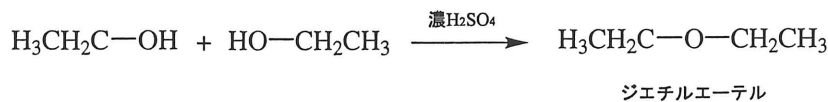


【練習問題 3】

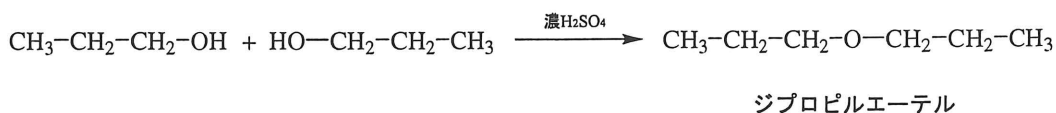
1. メタノールの分子間脱水



2. エタノールの分子間脱水

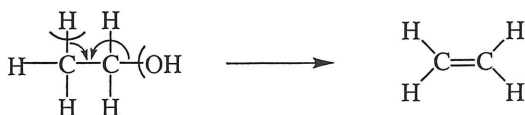


3. 1-プロパノールの分子間脱水

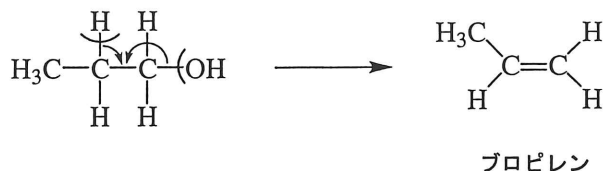


【練習問題 4】

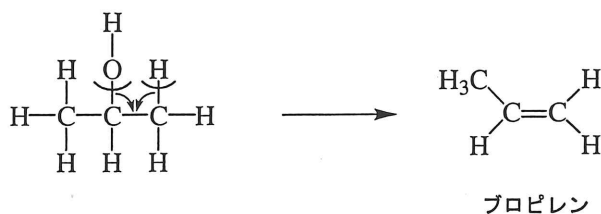
1. エタノールの分子内脱水



2. 1-プロパノールの分子内脱水

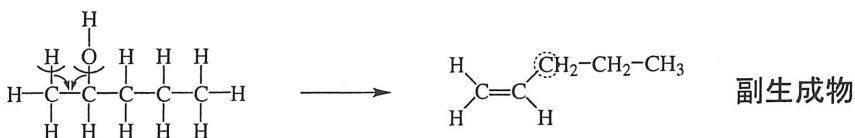
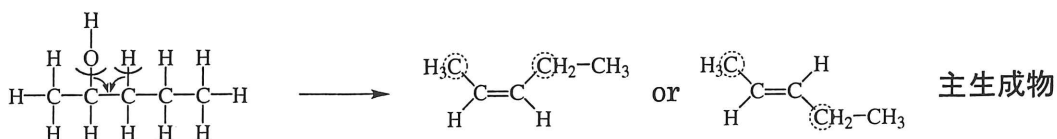


3. 2-プロパノールの分子内脱水

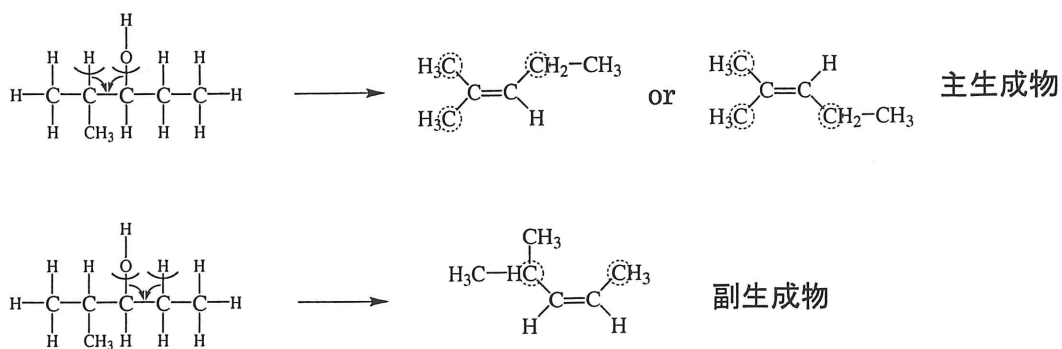


【練習問題 5】

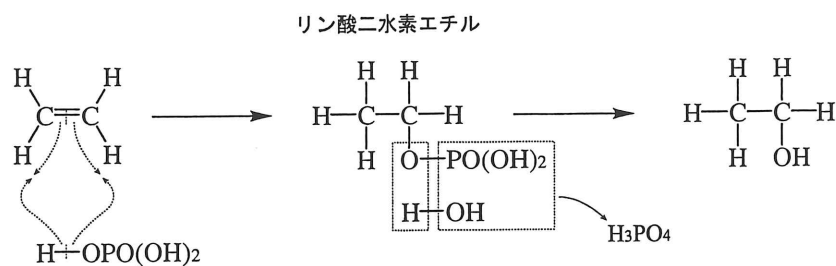
1. 2-ペンタノールの分子内脱水反応による主生成物



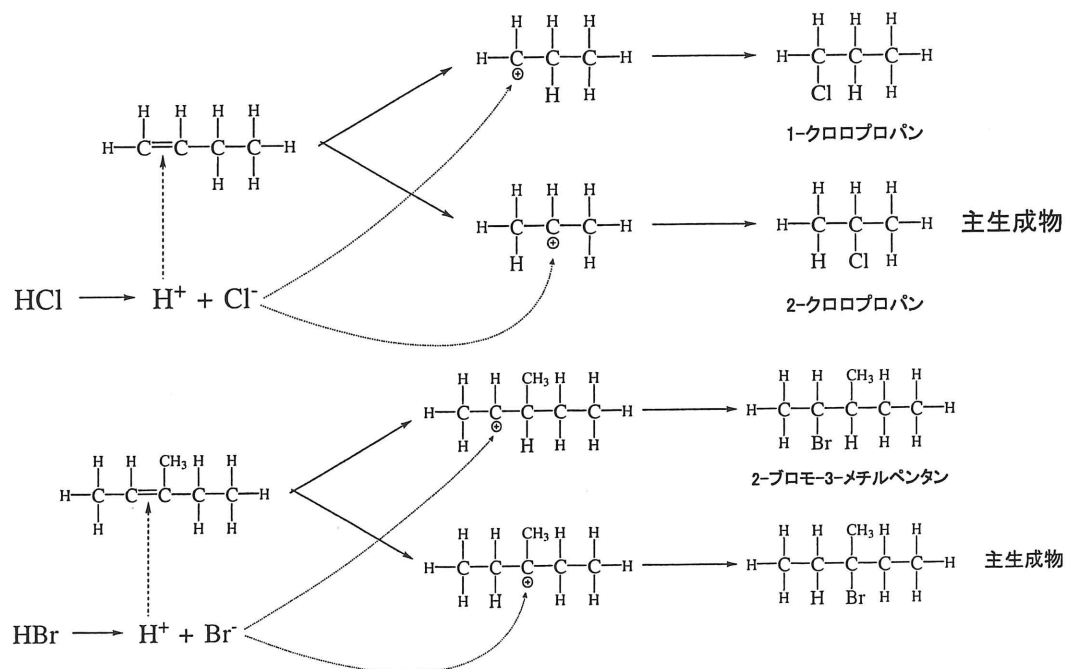
2. 2-メチル-3-ペンタノールの分子内脱水反応による主生成物



【練習問題 6】



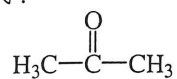
【練習問題 7】



【練習問題 8】

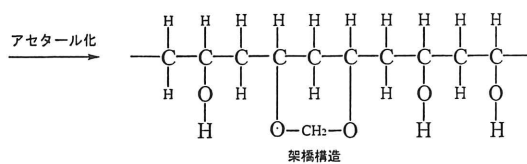
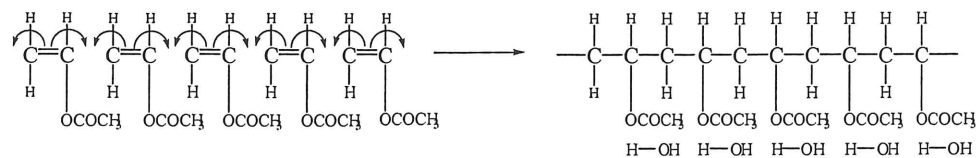
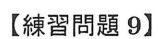
1. 名称：アセトン

構造式：



2. 名称：エチルメチルケトン

構造式：



架橋構造
ビニロン