

## 鎖式炭化水素

### ブタン butane

炭素数 4 個のアルカン(脂肪族鎖式飽和炭化水素) 化学式  $C_4H_{10}$  2 種の異性体がある。n - ブタン(IUPAC 名は単にブタン) $CH_3CH_2CH_2CH_3$ は正ブタンとも呼ばれ、沸点  $-0.50^\circ C$ 、イソブタン(IUPAC 名は 2 - メチルプロパン) $(CH_3)_3CH$  は分枝状アルカンの最も簡単なもので、沸点  $-11.73^\circ C$  である。天然ガスの一成分として産し、また原油中に溶存し、石油精製における蒸留ガスに含まれる。重質油の熱分解(クラッキング)あるいは接触改質(リフォーミング)の際に副生する。化学的に安定で、ほとんどの化学試薬とは反応しない。液化石油ガス(LPG)の一成分として工業用・自動車用燃料として用いられるほか、ガソリン中に適量を溶解させて蒸気圧調節、オクタン価向上に役だたせる。

### エチレン ethylene

二重結合をもつ脂肪族不飽和炭化水素(アルケン、オレフィンという)のうちで最も簡単なもの。化学式  $CH_2 = CH_2$  工業的には、ふつう石油の高温熱分解によって製造されるが、ときにコークス炉ガスなどからの分離、エチルアルコールの脱水、アセチレンの部分水素化などの方法で生産される例もある。エチレンはプロピレンと並んで、今日の有機合成化学工業の最も重要な脂肪族系の出発原料である。

### 【性質】

常温・常圧下では無色、無臭の可燃性の気体で、沸点  $-103.7^\circ C$ 。空気中では 2.8 ~ 36 容量%の範囲で爆発的に燃焼する。水にはほとんど溶けないが、アルコール、エーテルにはよく溶解する。二重結合をもつので化学反応性に富み、いろいろな付加反応を起こす。たとえば、ニッケル触媒上で水素と反応してエタンとなり、塩素が付加すれば 1, 2 - ジクロロエタンとなり、塩酸が付加すれば塩化エチルとなる。また硫酸の存在下で水の付加反応によりエチルアルコールを生ずる。さらに、ある種の触媒の存在下で重合してポリエチレンをつくる。

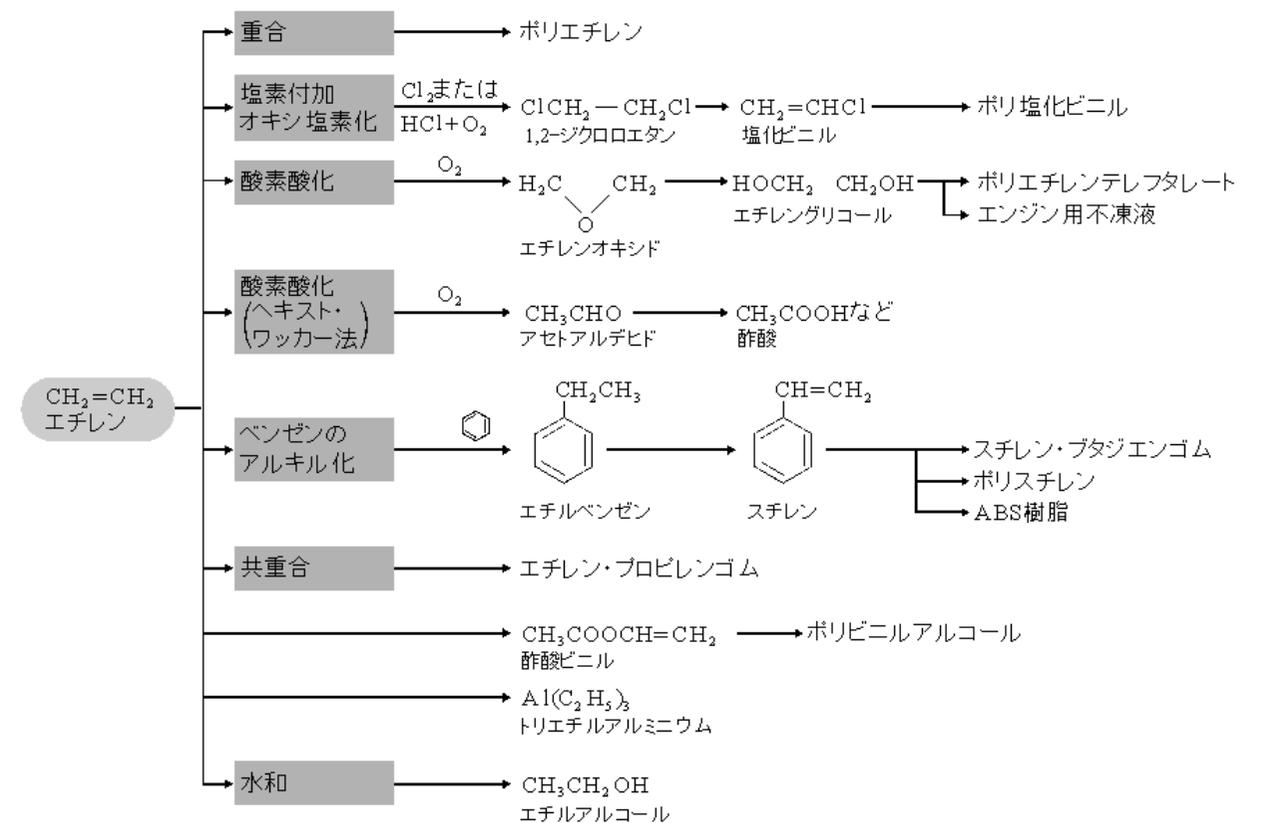
### 【製法】

(1)石油化学法 石油炭化水素を  $750 \sim 850^\circ C$  の高温度で熱分解すると、エチレン、プロピレンなどのオレフィン類が生ずる。どのような石油留分を原料とするかは各国の資源やエネルギー事情によるが、日本やヨーロッパ諸国ではナフサが用いられる。ナフサを原料としてオレフィンを生産する方法を一般にナフサ分解という。アメリカやカナダでは天然ガス(エタン、プロパンを多く含む)が豊富に産出されるので、これをエチレンの主原料としている。エチレンは軽油や重油などの重質な石油からもその高温熱分解により生産できるが、石油製品の需給関係や価格事情により、現在はあまり用いられていない。

(2)エチルアルコール脱水法 デンプンや糖の発酵によって得られるエチルアルコールをアルミナなどの酸性触媒の存在下で加熱すると、脱水反応によってエチレンが生ずる。この方法はブラジルなど肥沃な土地や太陽と水に恵まれた国では経済的に成立しうる可能性があるが、一般的には逆に石油から得られるエチレンを水和してエチルアルコールを生産するほうがふつうである。

(3)工業ガスからの分離 コークス炉ガス、石油精製における熱分解プロセスなどのガス中にはエチレンが含まれる。これらのガスから深冷分離法によりエチレンや水素を分離、回収することができる。深冷分離とは、ガスを加圧、冷却(摂氏マイナス数十度)して精密蒸留する技術をいう。

【用途】 1981 年における日本のエチレン需要は約 370 万 t であり、そのうちの約 46 %はポリエチレン製造用(高圧法ポリエチレン用が第 1 位で約 28 %を占め、さらに低・中圧法ポリエチレンが約 18 %)である。これに続いて塩化ビニル、アセトアルデヒド、エチレンオキシド、エチレングリコール、スチレンなどが重要な合成化学的用途である(95 年のエチレン生産量は約 700 万 t)。エチレンからの主要な誘導体は下図に示すとおりである。次にそれぞれの化学反応について解説する。



#### (1) ポリエチレンの製造

反応圧力によって高压法，中圧法，低圧法に分類される。

高压法はエチレンを 1000 ～ 3000 気圧に加圧し，酸素や有機過酸化物などの重合開始剤を加え，100 ～ 200 ℃に加熱し，管状の重合反応器で重合を行う。

この重合反応は大きな発熱を伴うので反応管を冷却する。

反応器から出るポリエチレンからワックス状の低分子量体や未反応エチレンを分離する。中圧法は数十気圧の圧力下で酸化モリブデンや酸化クロムを触媒として 130 ℃前後の温度で懸濁重合あるいは溶液重合を行う。

低圧法はチーグラ触媒を用いて常圧付近，60 ～ 100 ℃の温度で懸濁重合を行う。

また最近，7 ～ 20 気圧，60 ～ 100 ℃で気相重合を行う方法も開発された。

この方法は触媒の分離工程を必要とせず，省エネルギープロセスとして注目を集めている。

#### (2) 塩化ビニルの製造

エチレンに塩素を付加するか，または塩化水素と酸素を作用させる(オキシ塩素化反応)ことによって 1, 2 - ジクロロエタンを得て，これを 450 ～ 500 ℃で熱分解すれば塩化ビニルモノマーが得られる。

さらにこれを過酸化物などを触媒としてラジカル重合を行えば，ポリ塩化ビニルが製造される。

#### (3) エチレンオキシドの製造

銀触媒を用いてエチレンを酸素酸化すればエチレンオキシドが得られる。

エチレンオキシドを加水分解すればエチレングリコールが生産される。

エチレンオキシドの大部分はエチレングリコールに変えられて，ポリエチレンテレフタレート(テレフタル酸と反応)繊維およびフィルムの製造に，またエンジン用不凍液の製造に用いられる。

#### (4) アセトアルデヒドの製造

エチレンを塩化パラジウムを触媒として酸素酸化してアセトアルデヒドが生産される。このプロセスはヘキスト・ワッカー法と呼ばれる。

アセトアルデヒドは化学反応性に富み，酢酸，無水酢酸，過酢酸，酢酸エチル，アルドール，クロトンアルデヒド，ペンタエリトリット，パラアルデヒド，クロラルなどが合成される。

#### (5) スチレンの製造

ベンゼンを酸触媒の存在下エチレンによってアルキル化してエチルベンゼンとし，エチルベンゼンを脱水素すればスチレンが得られる。スチレンはブタジエンと共重合反応させて合成ゴムを生産するなど高分子合成化学原料として重要である。

#### (6) その他

エチレンはプロピレンと共重合してエチレン・プロピレンゴム(EPR)を与え，酢酸ビニルを経てポリビニルアルコール(ポバール)をつくる。また，トリエチルアルミニウムなど合成化学的に有用な有機金属化合物を与えるなど，精密化学の分野でも重要な役割を果たしている。

#### 【植物ホルモンとしてのエチレン】

19 世紀末には，ヨーロッパ各地でガス灯用のガス管の破損によるガスもれが街路樹に有害で異常な形態の変化をもたらすことが知られていたが，1901 年にオーストリアの若い科学者ネルジュボフ D. N. Neljubow が実験室内や温室内で生育させたエンドウの芽生えにみられる形態の異常について，それがガス中のエチレンによるものであることを示した。のちに，カビ類，細菌類の一部と大部分の高等植物で，植物体自身がエチレンを生成し，それが植物の正常な生長過程における調節に一役かっていることが明らかとなるに及び，エチレンは植物ホルモンの一種と認められるようになった。

エチレンは次のような多くの生理学的作用をもつ。

##### (1) 果実の成熟促進

自然条件では果実自身が生成するエチレンによって成熟が引き起こされる。成熟した果実は大量のエチレンを発生するので，果物倉庫の中で一部分の果物がなんらかの理由(傷など)で早く成熟すると，これを中心(ripe spot と呼ばれる)にしてまわりの果物がつぎつぎと成熟していく。

##### (2) 茎や根の伸長を抑制し肥大生長を促進するので植物体はずんぐり型となる。

ただし，イネ幼葉比(ようしょう)は例外的に伸長が促進される。

##### (3) 側芽生長の阻害。頂芽から送られてきたオーキシンが側芽でのエチレン生成を促すことによるものとされている。

##### (4) 上偏生長。葉柄の上側の伸長が促進されて下へ曲がる。

##### (5) 茎の重力屈性(屈地性)の消失。

##### (6) 鉤(かぎ)状部の形成。エンドウ黄化芽生えの上胚軸の先端に近い部分は大量のエチレンを生成し，鉤状に曲がった形になっている。

赤色光を当てるとフィトクロムの働きを介して，エチレン生成が低下し上胚軸は腰を伸ばしたようにまっすぐになる。

- (7) 落葉・落果の促進。アブシジン酸の場合よりも直接的だと考えられている。
- (8) ジャガイモ塊茎の芽，クローバー，チシャなどの種子の休眠解除。
- (9) 花の性の決定。キュウリの花(雌雄異花)の雌花への分化を促進する。
- (10) 花芽分化の促進。パイナップルの花芽分化を早める。

上記の変化は多くの場合 0.01~0.1 μ l / l という低い濃度のエチレンで認められ、1 ~ 10 μ l / l で最大効果を示す。

詳しい作用機作はまだわかっていないが、(7)の場合に離層部における RNA，タンパク質合成が特異的に促進されることが知られている。

二酸化炭素はエチレンの作用を拮抗的に阻害する。果物の貯蔵・輸送に際して傷つかないように包装したり，二酸化炭素中に貯蔵したりするのは，過熟を防ぐためである。

接触，切断などの機械的刺激のほか放射線照射，薬品傷害，病害などあらゆる異常な環境はエチレン生成を増大させるので，エチレンがそのあとで始まる防御機構としての一連の生化学的変化の引金となるのではないかと考えられている。高濃度のオーキシンもエチレンの合成を誘導する。

生合成経路は次のように考えられている。

メチオニン → S - アデノシルメチオニン → 1-アミノシクロプロパン - 1-カルボン酸 → エチレン。エチレンの生成には酸素が不可欠である。生成されたエチレンが植物体内でどのように代謝されているかはまだよくわかっていない。

なおエチレンは，バナナなどの追熟，かんきつ類の催色に以前から実用されてきたが，保存・処理が困難なため，近年では容易に分解してエチレンを発生する 2 - クロロエチルホスホン酸(商品名エスレル)などの散布剤が開発され，広く果実の成熟促進に用いられている。

## アセチレン acetylene

三重結合をもつ不飽和鎖式炭化水素(アルキン)のうちで最も簡単なもの。化学式 HC ≡ CH 1836年にイギリスの H. デービーによって初めて見いだされた。工業的には，カルシウムカーバイド(カーバイド)から製造されるか，または石油の高温熱分解法によって製造される。おもな用途は，灯火用，溶接用，合成化学原料などである。

**【性質】** 常温・常圧下では無色，無臭の可燃性の気体で，沸点 - 83.6 °C。カーバイドに水を加えて発生させたアセチレンは，微量の不純物を含むため特異な臭気をもっている。爆発範囲が広く，1気圧の空気中では 2.5 ~ 80.5 % (容積)の濃度で爆発を起こす可能性がある。また圧縮すると分解，爆発を起こしやすい。そこで，アセチレンをボンベ(高压容器)に充てんするときは，ボンベ中にケイ藻土やアスベスト(石綿)を詰め，アセトンをしみこませたうえ，アセチレンを 10 ~ 15 気圧まで充てんする。アセトンはアセチレンのよい溶媒であり，15 °Cではアセトン 1容にアセチレン 25容が溶解する。銅，銀，水銀などの金属と反応して，爆発性のアセチリドを生成する。燃焼熱は 301.5kcal/mol で水素や天然ガスなどよりずっと大きく，アセチレンを酸素によって燃焼させれば，約 3000 °Cの高温が得られる。この高温を利用して，アセチレンは金属の切断や溶接に用いられる(酸素アセチレン炎)。なお，アセチレンは 800 °C以上の高温では不安定で，水素と炭素に分解する傾向がある。この分解反応は発熱反応であるので，これを利用して，アセチレンからカーボンブラックを製造することができる。このカーボンブラックはアセチレンブラック acetylene black と呼ばれ，電池用導電材などに用いられる。

## 【製法】

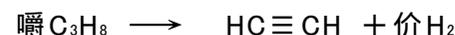
(1)カーバイド法 カーバイド CaC<sub>2</sub>に水を加えると，次式によりアセチレンが発生する。



1tのカーバイドから約 300m<sup>3</sup>(0 °C，1気圧換算)のアセチレンが得られる。このアセチレン中には硫化水素，ホスフィン，アンモニアなどの不純物がわずかながら含まれているので，合成化学原料として利用する場合には，これらの不純物を分離し，精製する。カーバイドは石炭と石灰石を原料とし，電気炉で約 2000 °Cの高温で反応させて製造される。したがって，石炭や電力の価格が高い場合は，次の石油系アセチレンにくらべてコスト高になる。

(2)石油の高温熱分解法

メタン CH<sub>4</sub>，エタン C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>，プロパン C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>あるいはナフサなどの石油系炭化水素を 1100 ~ 1400 °Cの高温で分解するとアセチレンが得られる。



これらの反応は大きな吸熱反応であり，また生成したアセチレンは不安定であるから，原料の炭化水素を急速に加熱して分解し，その反応生成物を急速に冷却する必要がある。このために，次に述べるようないろいろな工夫がされている。

(a)電弧法。直流または交流のアーク(たとえば 7000V，1150A)に炭化水素原料を吹き込む。分解ガスが一酸化炭素などを含まないため，アセチレンの分離，精製が容易である反面，電力のコストが問題である。

(b)火炎分解法。燃料ガスを酸素を用いて燃焼し，その高温火炎中に炭化水素原料を吹き込む。

(c)部分燃焼法。原料炭化水素の一部を酸素によって燃焼し、その発熱を利用してアセチレンを得る。

(d)蓄熱炉法。耐火鉢瓦製の、伝熱面積の大きい炉を燃焼ガスで高温に加熱したのち、原料炭化水素を吹き込む。吸熱反応である分解が進むと炉内温度が低下するので、原料の供給を停止し、燃料と空気を導入して炉を再度加熱する。

これらの燃焼熱を利用する分解法((b)～(d))では、生成ガス中に一酸化炭素や二酸化炭素が混入することになり、アセチレンの分離・精製工程が複雑になる。この工程は一般に次の順序で行われる。

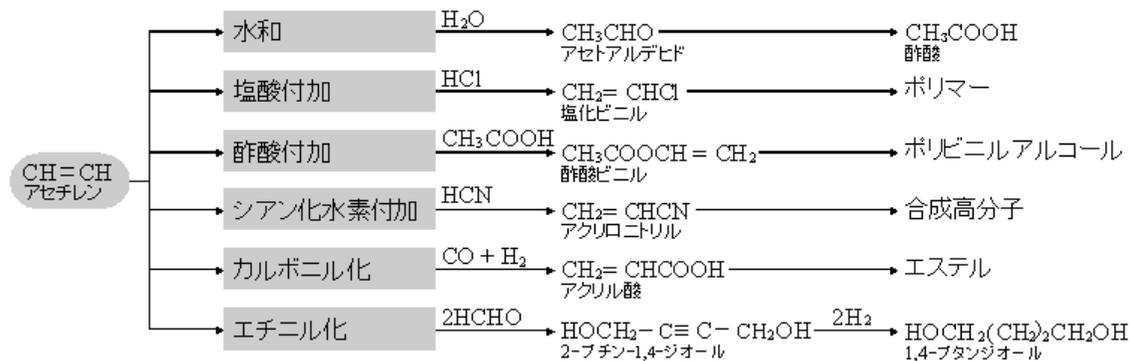
- (1) タール除去 → (2) ガス圧縮 → (3) 二酸化炭素除去 → (4) 高級アセチレン除去 → (5) アセチレン分離 → (6) エチレン回収。  
 (5)の目的には溶媒としてジメチルホルムアミド、メタノール、液体アンモニアなどが用いられ、 $-50 \sim -70^{\circ}\text{C}$ の低温で操業される。

(e)高温水蒸気(約  $2000^{\circ}\text{C}$ )を用いた原油熱分解によるアセチレン製造法。この場合には、分解温度が比較的低位のため、エチレンがかなり副産される。生成ガス中のアセチレンは塩化水素の付加反応を利用して塩化ビニルとして分離し、エチレンは塩素化して塩化エチレンとして回収する。塩化エチレンは熱分解して塩化ビニルとし、このとき副生する塩化水素をアセチレンへの付加反応に利用する。

**[用途]**

酸素アセチレン炎として金属の溶断または溶接に用いられること、またカーボンブラック(アセチレンブラック)をつくり、それを電極製造に使うことなどは前述のとおりであるが、ここでは合成化学工業における用途を示す。アセチレン系誘導体の多くは、石油化学工業で生産されるエチレンからも合成することができるので、1960 - 70年代の石油化学全盛時代にはアセチレン系合成化学は不振であった。しかし、石油価格が大きく上昇すれば、石炭系アセチレン化学が復活する可能性もありえよう。アセチレンからの主要な誘導体は(図)に示すとおりである。このほか、レッペ W.J. Reppe によって発見された多彩なアセチレン系合成化学反応(レッペ反応)がある。

図-アセチレンのおもな誘導体



**カーボンブラック [carbon black]**

天然ガスや石油、クレオソート油などの炭化水素の熱分解と不完全燃焼の組合せによって得られる微粉炭素。製法により次の3種がある。

- 1)チャンネルブラック。ガス状炭化水素炎を冷チャンネル鋼(鉄板)にぶつけて作られ、小粒子はカラーブラックとして使用される。
- 2)サーマルブラック。熱分解で作られ、粒子が大きく、顔料として用いられる。
- 3)ファーネスブラック。ファーネス炉で作られ、タイヤなどのゴム製品の補強剤、プラスチックの導電性賦与などに使用される。

カーボンブラックは、工業製品である。

現在主流となっているファーネス法は、第2次世界大戦中にアメリカで開発された製法で、原料は初めガスが用いられたが最近では油にかわり、高収率で高品位のものが得られる。ファーネス(燃焼炉)のなかに原料と空気を吹き込み、乱流拡散のもとで連続的に不完全燃焼させ、冷却器を通った燃焼ガスを袋状のバッグフィルターで捕らえ、造粒する。操作条件としては、たとえばファーネス温度  $1600^{\circ}\text{C}$ 前後で、燃焼生成物は、水素、一酸化炭素、二酸化炭素、水蒸気およびカーボンブラック(ファーネスブラック)である。冷却は水を噴射して行うが、まず第1次冷却温度  $900^{\circ}\text{C}$ に下げ、次に第2次冷却で  $400^{\circ}\text{C}$ に下げる。サーマル法は、天然ガスを原料とし、これを十分加熱したチェッカー構築物(耐火鉢瓦をすき間をあけて組んだもの)に送って熱分解する方法で、酸素なしでサイクル式操業を行う。チャンネル法は、コンタクト法の代表で、チャンネルハウス内で天然ガス、炭化水素ガスを小さな炎として部分燃焼させて連続的に炎分解し、炎の上の冷たいチャンネル鋼の底面に接触させて捕集する。カーボンブラックは生産後酸化を受ける。かつては多用された方法であるが、原料高や公害問題で、最近ではほとんど行われていない。一般的に、カーボンブラックは粒子の大きいものほど収率がよく価格も安い。日本ではカーボンブラックの品種は正確に規格化されていないが、アメリカの ASTM (American Society of Testing Materials) は、粒子径によって規格を整理し、目的、用途に適合させている。

**墨(すみ)について**

中級品以下の製品では、カーボンブラックを用いている。輝きや墨色もよくない。

墨……中国では黒鉛(石墨)の粉末に漆(うるし)を混ぜて作った。  
 漢代では、炭素の粉末に膠(にかわ)を混ぜて作った。←コロイドの化学

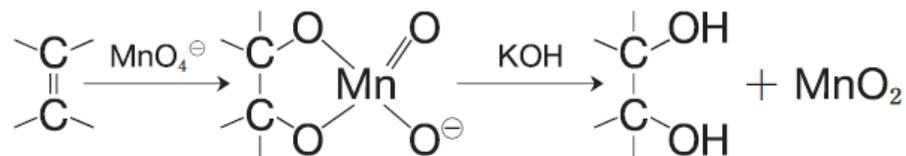
**煤(すす:煙に含まれて立ち昇る炭素粒)を用いた墨**

- 松煙墨(しょうえんぼく) ……淡い色合い
- 油煙墨(ゆえんぼく) ……濃い

# アルケンの酸化

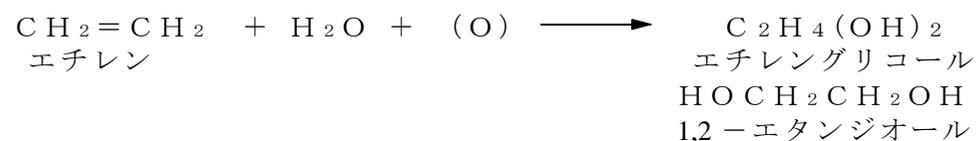
過マンガン酸カリウムによる酸化（塩基性条件）

次のように、環状の中間体を経て、2価アルコールとMnO<sub>2</sub>が生成する。



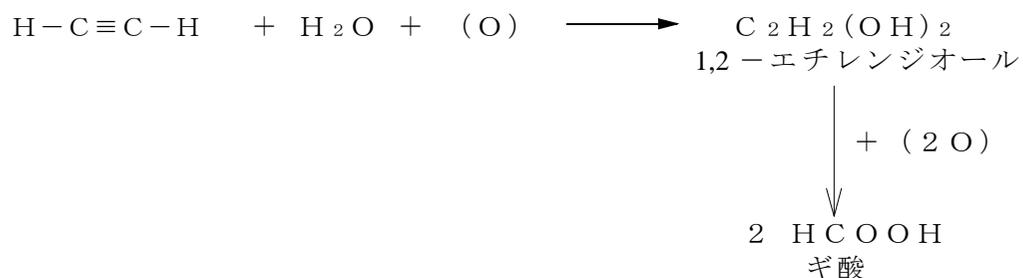
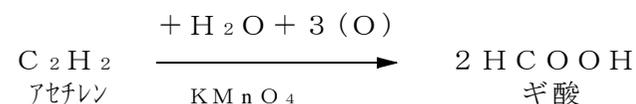
過マンガン酸カリウム水溶液は、アルケンの二重結合をジオールに変化させる。

エチレンは、過マンガン酸カリウム水溶液の赤紫色を脱色する。  
過マンガン酸カリウム水溶液の脱色は酸化還元反応の結果である。



硫酸を加えないで、酸化力を押さえている。

アルキンの過マンガン酸カリウムによる酸化（塩基性条件）  
三重結合の場合は、より酸化を受けやすく、カルボン酸まで酸化される。

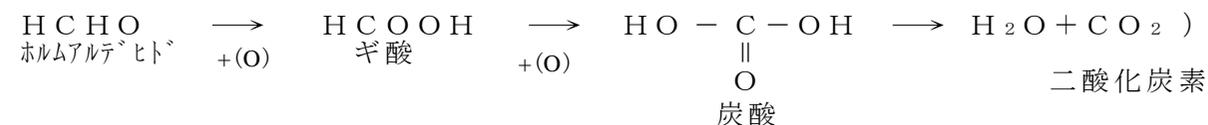
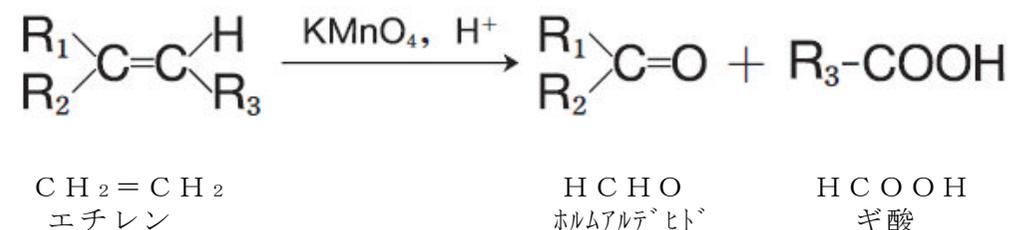


注) C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> からアセトアルデヒドを得るには、触媒が必要



過マンガン酸カリウムによる酸化（酸性条件）

次のようにアルケンの炭素炭素二重結合を開裂し、ケトンもしくはカルボン酸ができる。このとき、R<sub>3</sub>がHでは、末端の炭素原子は二酸化炭素まで酸化される。

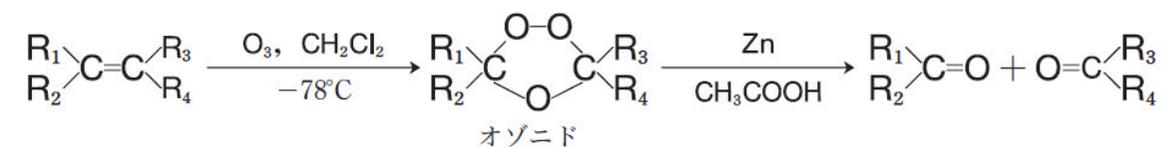


ギ酸は、二酸化炭素まで酸化される。

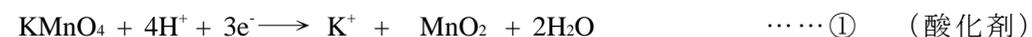


オゾンによる酸化（オゾン分解）

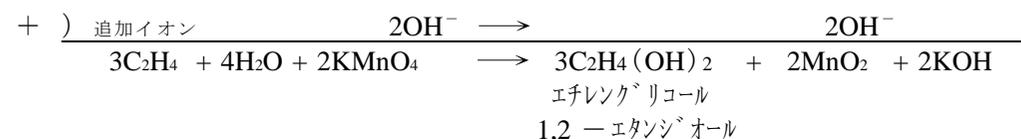
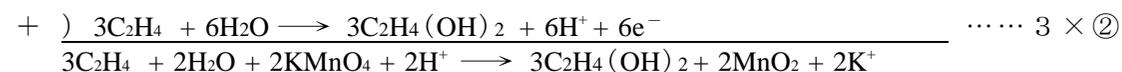
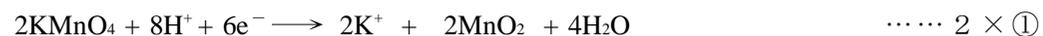
アルケンに低温でオゾンを作用させると、まず環状化合物（オゾンイド）が生成する。それを亜鉛酢酸で還元する。この結果、二重結合が切断されて、2種のカルボニル化合物が生成する。



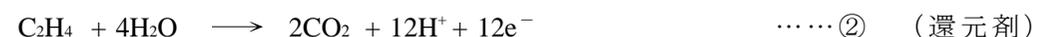
エチレンと過マンガン酸カリウム水溶液との反応（塩基性条件）を化学反応式で示せ。



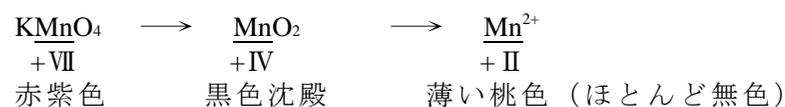
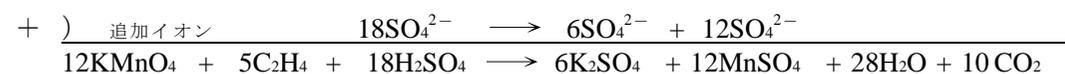
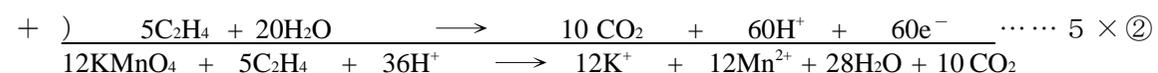
$$2 \times \textcircled{1} + 3 \times \textcircled{2}$$



エチレンと過マンガン酸カリウム水溶液（硫酸酸性）との反応を化学反応式で示せ。



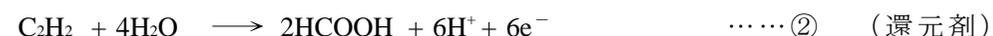
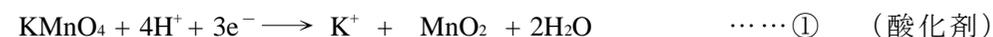
$$12 \times \textcircled{1} + 5 \times \textcircled{2}$$



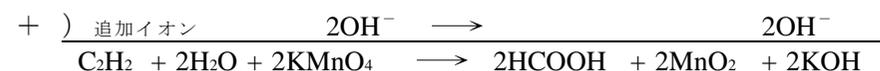
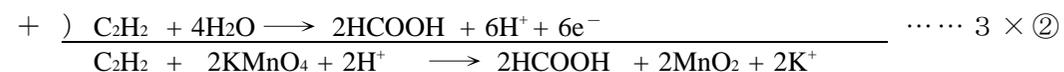
硫酸酸性では、 $\text{KMnO}_4$  は  $\text{Mn}^{2+}$  まで還元され、強い酸化作用を示す。  
(強力な酸化剤)

塩基性条件では、 $\text{KMnO}_4$  は  $\text{MnO}_2$  までしか還元されない。(  $\text{MnO}_2$  で止まってしまう。)

アセチレンと過マンガン酸カリウム水溶液とを反応させたら、ギ酸が生成した。  
この反応を化学反応式で示せ。(塩基性条件)

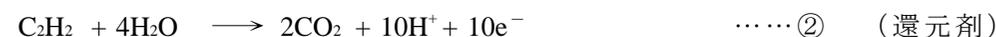
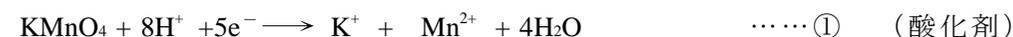


$$2 \times \textcircled{1} + \textcircled{2}$$

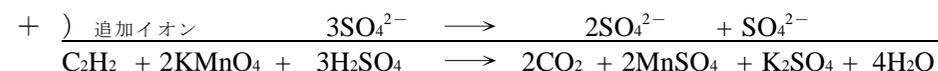
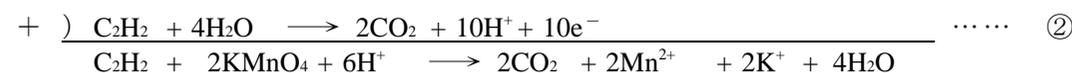


三重結合は二重結合より、さらに酸化を受けやすく、(塩基性条件でも)カルボン酸まで酸化される。(三重結合や二重結合が酸化されやすいということは、 $\pi$ 電子が、外部に飛び出しやすいということである。ちなみに単結合は、酸化されない。)

アセチレンと過マンガン酸カリウム水溶液（硫酸酸性）とを反応させたら、二酸化炭素が発生した。この反応を化学反応式で示せ。

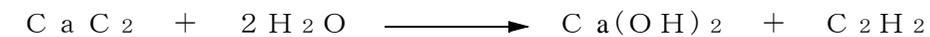


$$2 \times \textcircled{1} + \textcircled{2}$$



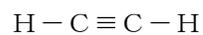
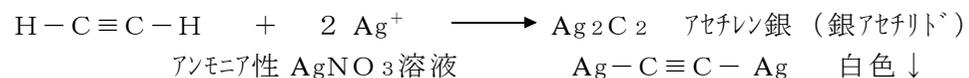
アセチレン  $C_2H_2$   $CH\equiv CH$

実験室的製法……  $CaC_2$  炭化カルシウム (カーバイド) に水を作用させる。



$Ca^{2+}$  と  $(C\equiv C)^{2-}$  アセチドイオン が、イオン結合で結びついている。

アセチレンのH原子は、 $Cu^+$  ,  $Ag^+$  と置換する。



↑ 三重結合を作っているC原子に、直接結合しているHが置換反応する。

$Ag-C\equiv C-Ag$  を、 $Ag^+ \cdot (C\equiv C)^{2-} \cdot Ag^+$  とすれば、共有結合というよりイオン結合と考えてよい。

アセチレンの反応

- 臭素水の脱色 ..... 付加反応
- 過マンガン酸カリウム水溶液の脱色 ..... 酸化還元反応
- アセチリドの沈殿 ..... 置換反応

アルキンの付加反応について

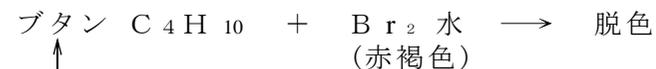
アルキン (三重結合) に対するハロゲン付加は、水素付加とは逆に、アルケン (二重結合) の場合に比べ、やや起こりにくい。

なぜか?

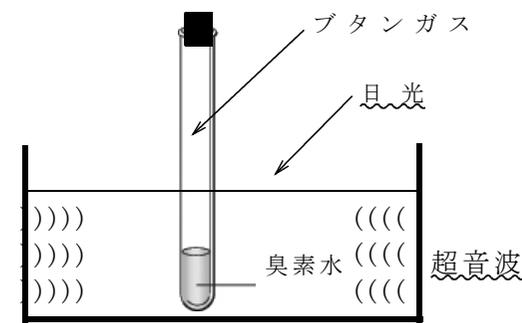
付加反応における中間体  $H-C \begin{matrix} \diagup \\ \diagdown \end{matrix} C-H$  が  $H-C \begin{matrix} \diagup \\ \diagdown \end{matrix} C-H$  より、安定性に欠けるため。

置換反応による臭素水の脱色

ブタン  $C_4H_{10}$  も直射日光下で、超音波洗浄器を用いると、臭素水を脱色する。



↑ 気体で水に溶けにくい。



ヘキサン  $C_6H_{14}$



↑ 液体

$Br_2$  は、水よりもヘキサンに溶けやすい。  
 $Br_2$  は、ヘキサンに移動し、そこで置換反応をする。  
よって、ブタンと比べ脱色しやすい。

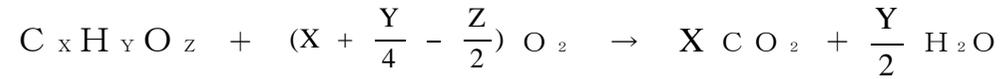


.....  
.....  
.....

実際は置換反応というより、不対電子によるラジカル反応で連鎖的に反応が進行する。

## アセチレンの燃焼

$C_xH_yO_z$ の完全燃焼式



未定係数法で求めるより、数段速く求まる。



最も反応しやすい濃度比がある。  
反応における過不足のない濃度比において、単位時間あたりの、反応物質どうしの衝突回数は、一番多くなる。つまり、反応速度が一番速くなる。）

アセチレンの  $C_2H_2$  の完全燃焼では

$$\begin{aligned} [C_2H_2] : [O_2] &= 2 : 5 \\ &= 1 : 2.5 \end{aligned}$$

空気は窒素と酸素の混合気体である。

$$[N_2] : [O_2] = 4 : 1$$

空気 5 体積に酸素 1 体積の割合で混合している。

よって、空気中での完全燃焼については

$$\begin{aligned} [C_2H_2] : [空気] &= 1 : 2.5 \times 5 \\ &= 1 : 12.5 \end{aligned}$$

アセチレンと空気の混合割合が 1 : 12.5 のとき、最も激しく反応する。

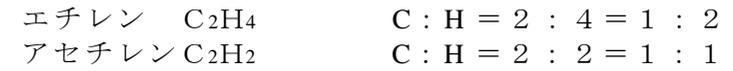
アセチレン : (アセチレンと空気) = 1 : 13.5 で考えてもよい。

↑  
試験管の体積

炭化水素の燃焼と煤（スス）の量

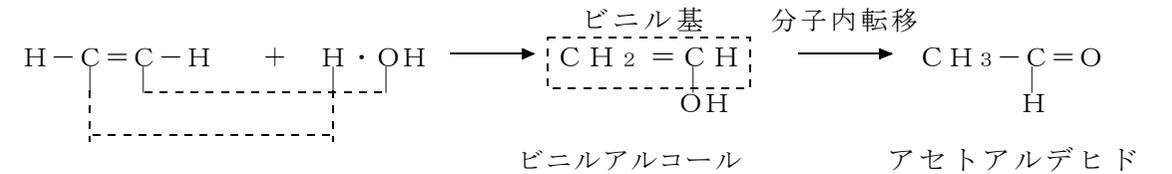
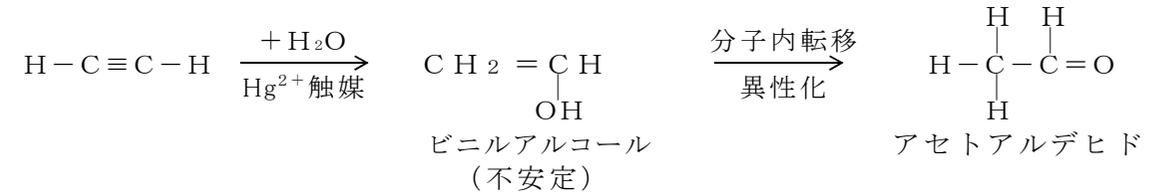
一般的には、組成における C（炭素）の割合が高いほど、煤が多くなる。

煤は、化合物（炭化水素）中の C の割合と、 $O_2$  の供給量で決まる。  
酸素濃度  $[O_2]$  が一定ならば、C の割合で決まる。  
ただし、他にも色々な要素があり単純には決められない。



空気中での燃焼では、エチレンよりアセチレンの方が、煤が多い。

アセチレンへの  $H_2O$  の付加



ケト-エノール互変異性

アセチレンの水和で生じたビニルアルコールは不安定で、直ちにアセトアルデヒドに異性化する。一般に、ビニルアルコールのように、二重結合にヒドロキシ基が結合した構造をエノール形といい、ヒドロキシ基のプロトンが二重結合炭素に移動して生成するカルボニル化合物と平衡関係にある。

このカルボニル化合物をケト形といい、エノール形とケト形が互いに変化しあう異性化現象を、ケト-エノール互変異性という。

