

第3章 燃料と燃焼

1 燃料

燃料とは、空气中で燃焼し、その燃焼熱を経済的に利用できる物質をいう。
供給が容易で、貯蔵、運搬および取り扱いが便利なおこなうことが必要。

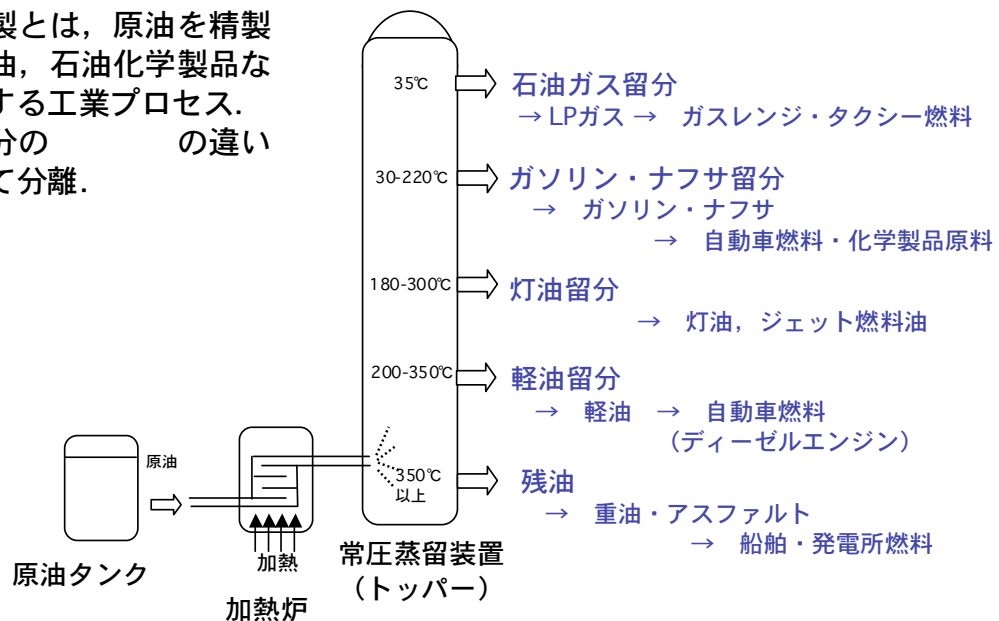
燃料は一般に天然物、しかし、産出したものをそのまま用いることは少ない。多くは加工して用いられる。

燃料にはどんなものがあるか？

2 石油精製

石油精製とは、原油を精製して燃料油、石油化学製品などを製造する工業プロセス。

原油成分の 違いを利用して分離。



石油精製の仕組み

3 燃料の分類

3.1 気体燃料

3.1.1 特徴

気体燃料は、天然ガスを除けば、液体燃料や固体燃料から製造される。

1) 利点

- ・ 燃焼効率が高い,
- ・ すすが発生しない,
- ・ 完全燃焼を得られやすい,
- ・ 二酸化イオウを生成しない,

2) 欠点

- ・ 貯蔵タンクなどの設備費用が高い,
- ・ 燃料費が高い,

3.1.2 種類

1) 天然ガス

地下から産出するガスのうち、炭化水素を主成分とする可燃性ガス。メタン、エタン、プロパン、ブタンなどを含む。

圧力を加え液化したものが、である。

用途：化学工業の原料、都市ガス用、発電用など。

2)

常温でわずかに圧力を加えて製造した石油系炭化水素。液化しやすい炭化水素。

LPGはの際に副産されるものが大部分。

プロパン、プロピレン、ブタン、ブチレンなどが主成分。

一般にプロパンガスと称される。

用途：ほとんどは家庭用、その他に業務用、自動車用、工業用など。

特徴

- ・ 発熱量が高い (20,000-30,000kcal/Nm³) ,
- ・ 硫黄分が少なく毒性がない,
- ・ 比重が空気より重い,

3) 油ガス

石油類 (重油, 灯油, 軽油) の分解によって得られるガス。

主に都市ガス用に用いられる。

4) 製油所ガス

製油所の様々な精製過程から排出されるガス。

炭素数1~4までの軽質炭化水素が主である。

5) 石炭ガス

石炭を精製する際に得られるガス。

6) 都市ガス

LNGが主体, LPGや油ガス, その他のガスを混合・調整される。発熱量11,000kcal/Nm³

3.2 液体燃料

石油精製によって、原油からつくられる。

3.2.1 液体燃料の特徴

- ・発熱量が高い
ガソリン：8400kcal/L,
軽油：9200kcal/L,
灯油：8900kcal/Lなど）,
- ・貯蔵運搬が容易,
- ・石炭に比べるとばい煙の発生が少ない,
- ・重質油は硫黄分を含み、二酸化硫黄（SO₂）が発生する,

3.2.2 種類

1)ガソリン

石油製品のうち最も軽質のもの、沸点は約30～220℃。

2)ナフサ

ナフサは沸点範囲35～180℃程度のもの。石油化学製品の原料として使われる。
別名、粗製ガソリン、直留ガソリン。

3)灯油

沸点180～300℃程度のもの、暖房用（白灯油）と動力用（茶灯油）あり。

4)軽油

沸点200～350℃程度のもの、ディーゼル機関用燃料。

5)重油

蒸留残油に軽質油を混合して作られる。

残油と軽質油の混合比によって、JISにはA, B, Cの3種類の重油が規定されている。

C>B>Aの順に残油の比率が高いため、この順で含まれる硫黄分が多くなる。
用途は、内燃機関用、ボイラー用など。

3.3 固体燃料

1) 石炭

- ・我が国では,
1960年代までは石炭が中心 → その後石油が主流
→ 2回の石油危機 → 石油代替エネルギーとして再び見直されている.
- ・現在, エネルギー需要の約30%を担っている.
- ・石炭は, 複雑な生成過程を経て, 長年の間に生成したもの. → 質は千差万別
- ・用途は, 主に発電・製鉄などの燃料.

2) コークス

- ・コークスとは, 石炭を蒸し焼き (乾留) にして造った燃料.
- ・燃焼時の発熱量が高く, 高温を得ることができる.
(コークスの発熱量: 7200kcal/kg, 石炭の発熱量: 5000-7700kcal/kg)
- ・用途は, 蒸気機関車や鉄鋼業など燃料.

4 燃焼

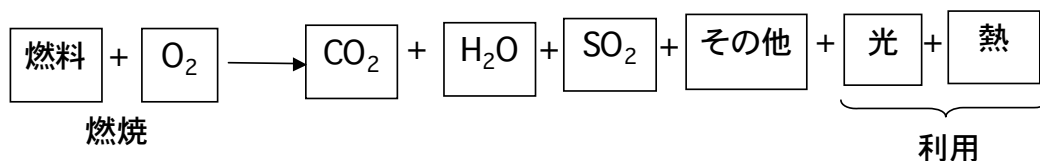
4.1 燃焼とは

燃焼は酸化反応である. 空気又は酸素との反応によって, 光と熱とを発する現象. (生体内で起こる緩やかな酸化反応も燃焼が, ここでは考えない.)

燃料中の物質は, 例えば,

- 炭素(C) →
- 水素(H) →
- 硫黄(S) →

になる.



4.2 発熱量

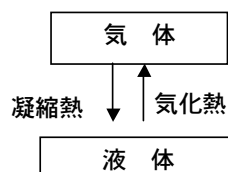
1) 高位発熱量と低位発熱量

発熱量は、燃料の単位量（気体燃料では1Nm³，固体・液体燃料では1kg）が完全に燃焼する時に発生する熱量をいう。発熱量には、

：熱量計で測定される熱量，水蒸気が水になる時の凝縮熱を含む（凝縮熱は利用できない），

：凝縮熱を含まない熱量，

がある。

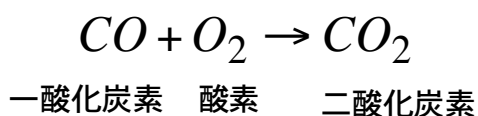


2) 熱量の単位

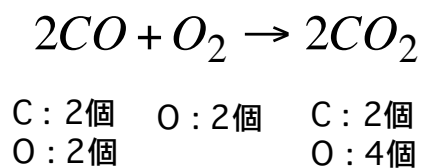
復習1 化学反応式

化学反応式とは、反応物と生成物の関係を表す式のこと。
化学反応式の作り方

(1) 反応物（左）と生成物（右）の化学式を書き，→で結ぶ。



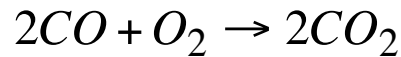
(2) 右辺と左辺の各原子の数が等しくなるように係数をつける。



元素の後ろにある数字
→ その原子の数
例 H₂O → Hが2個

元素の前にある数字
→ その原子(分子)の数
例 2H₂O
→ Hが4個，Oが2個

つづき



この式は、
が反応して、

の一酸化炭素（分子）と
の酸素（分子）
の二酸化炭素（分子）ができることを表している。

また、各原子の原子量は、C : 12, O : 16（酸素ガス O_2 : 32）であるから、

$$2CO \rightarrow 2 \times (12 + 16) = 56[g]$$

$$O_2 \rightarrow 32[g]$$

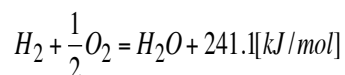
$$2CO_2 \rightarrow 2 \times (12 + 16 \times 2) = 88[g]$$

すなわち、一酸化炭素56[g]と酸素32[g]が反応して88[g]の二酸化炭素
ができることを示している。

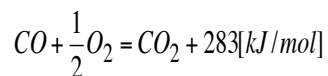
反応前後で物質の総質量は変わらない！

4.3 燃焼反応と理論空気量

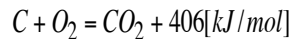
1) 水素



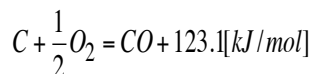
2) 一酸化炭素



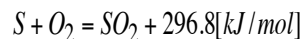
3) 炭素（完全燃焼）



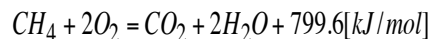
4) 炭素（不完全燃焼）



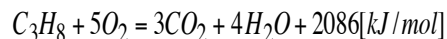
5) 硫黄



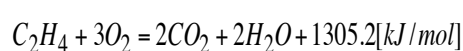
6) メタン



7) プロパン

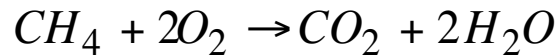


8) エチレン



[例題1]

メタン1kgを完全燃焼させるのに必要な理論空気量[Nm³]はいくらか？空気中の酸素濃度は20%とする。また、反応は次式に従う。



<解答>

メタン1molは、
メタン1kgは、
反応式より、メタン1molに対し酸素が
のモル数は、

gだから、
molである。
mol必要なので、必要な酸素
molとなる。

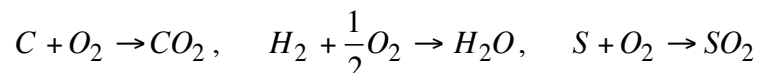
0°C, 1013hPa(1atm), 1molの体積はどんな気体でも
酸素の体積は、
空気中の酸素濃度は20%であるから、必要な空気量は、

Lなので、
Lである。

[例題2]

重量比でC=85%, H=12%, S=3%からなる重油100gがある。完全燃焼させた時の排ガス中のSO₂濃度はいくらか？ただし反応は、次式によるものとする。

なお、空気中の酸素濃度20%, 窒素濃度80%, 各元素の原子量は、H=1, C=12, O=16, S=32とする。



<解答>

[炭素]

炭素のg数

炭素のモル数

反応式より炭素1molに対し、酸素
molが必要なので、必要な酸素量は、
.....(a)

反応式より二酸化炭素が1mol生成するので、生成する二酸化炭素量は、
.....(a)'

[水素]

水素のg数

水素のmol数

反応式より水素1molに対し、酸素
molが必要なので、必要な酸素量は、
.....(b)

反応式より水が1mol生成するので、生成する水の量は、
.....(b)'

[イオウ]

イオウの g 数

イオウのモル数

反応式よりイオウ1モルに対し、酸素1モルが必要なので、必要な酸素量は、

.....(c)

反応式より二酸化イオウが1モル生成するので、生成する二酸化イオウの量は、

.....(c)'

以上より、必要な酸素量は、

(a)+(b)+(c)

これより、

必要な空気量は

窒素量は、

.....(d)'

[排ガス量]

湿潤 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{N}_2 = (a)' + (b)' + (c)' + (d)'$

乾燥 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{N}_2$

[排ガス中のSO2濃度]

湿潤ガス

乾燥ガス



4.4 混合気体

省略

4.5 所要空気量

燃焼熱を工業的に利用する場合、“燃焼装置”が使われる。

この時、理論空気量だけを供給したのでは完全燃焼させることはできない。

実際には、理論空気量より多くの空気量を与えなければならない。

実際供給された空気量をA、理論空気量をA₀とすると、

$$A = mA_0 \quad (m > 1.0)$$

で表し、mを

または空気過剰係数という。

4.6 燃焼環境

燃料が燃焼するためには、酸素（空気）が必要であると共に、燃焼環境（温度、空間、時間）が必要である。

1) 温度

着火温度：点火しないで燃焼を開始する温度

引火点：点火して燃焼を開始する温度

燃焼が継続するためには、燃焼装置内温度が常に着火温度以上の温度に保たれなければならない。

2) 時間と空間

これらの条件を表す燃焼装置の容量の表示方法には、

- ・液体&気体燃料の場合：**燃焼室熱負荷**（燃焼室負荷）

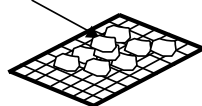
燃焼室単位容積・単位時間当たりの熱負荷

- ・固体燃料の場合：**火格子熱負荷**（火格子負荷）

火格子の単位面積・単位時間当たりの熱負荷

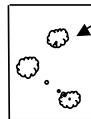
がある。

固体燃料消費量(Gf)



火格子面積 (F)

液体（気体）燃料消費量 (Gf)



燃焼室容積V

$$\text{熱負荷} = \frac{\text{燃料消費量 (Gf)}}{\text{燃焼室容積V(もしくは火格子面積F)}}$$

これらの値は、高い方が燃焼室（火格子）を小さくできるので好ましいが、様々な制約（バーナーの種類に限度がある、火炉の耐熱強度、燃焼灰の付着など）により、ある程度以上には高くできない。これらの値を大きくすると、いわゆる無理だきとなり、不完全燃焼を起こし、ばい煙発生の原因になる。

[例題]

燃焼室容積V=3.6m³の燃焼室で、低位発熱量41.9MJ/kgの重油を1時間に100kg燃焼している。燃焼室熱負荷はいくらか？

[解]

$$\begin{aligned}\text{燃焼室熱負荷} &= 41.9 \text{ [MJ/kg]} \times 100 \text{ [kg/hr]} \div 3.6 \text{ [m}^3\text{]} \\ &= 1,164 \text{ [MJ/m}^3\text{hr]}\end{aligned}$$