

1 蒸気工学で用いられる単位

圧力の単位

最初に蒸気や蒸気工学で出てくる単位について復習しましょう。まずは圧力です。圧力は単位面積あたりに作用する垂直方向の力で表します。圧力の単位はSI単位(SI単位とはメートル法が発展したもので、それまでのMKS単位系・長さをm、質量をkg、時間を秒sを用いて組み合わせる方法を拡張した単位系)では、Pa(パスカル)≡N(ニュートン)/m²が基本単位です。この値は日常生活で使用すると小さすぎるので、通常はその1000(10³)倍や100万(10⁶)倍の値をkPa(キロパスカル)やMPa(メガパスカル)で示します。

ここで注意すべきことは、地表では常に物質に重力加速度(引力)がかかるから、秤で重さを測ると「力」で表され、その計測結果はkgfという工業用単位で測っていることとなります。kgfの後のfは力(force)を意味するものです。上記式のkgは質量で、加速度1m/s²で動いていると力は1Nになります。ですから1

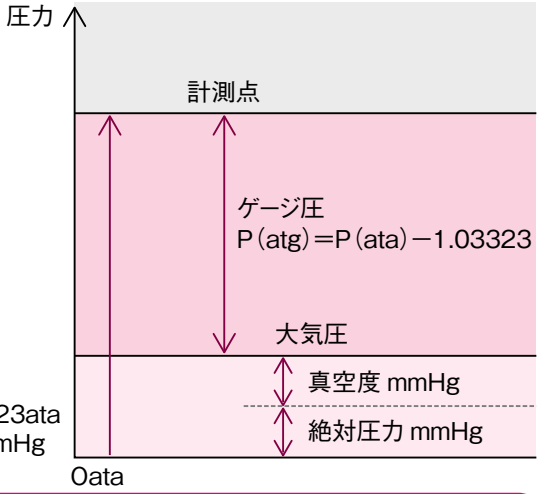
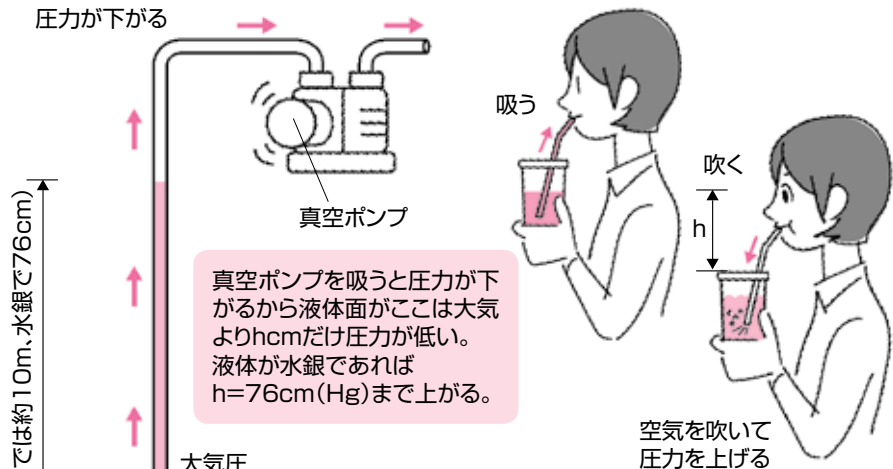
kgfは地上における重力加速度(9・81m/s)を受けているので、おおよそ9・81Nの力であることに注意をしなければなりません。

左図に示すような真空ポンプ装置でパイプ中の気体を排出すると、パイプ中の液体は徐々に上がり、最終的に上がらなくなります(周囲の気圧を上げてやれば変わりますが)。この時、パイプ中の気体を完全に吸い上げた時の状態が「絶対圧力零(ゼロ)」といいます。そしてこの絶対圧力零の状態を基準0atmとして圧力表示します。絶対圧力零(0)として圧力表示が絶対圧力表示です。

次に右上図のように吹いて圧力Pをかけると中の液体は上昇します。この圧力Pは大気圧との差になり図ではhで示してあります。

通常の圧力計はこのように大気圧との差を示しているものがほとんどで、この圧力をゲージ圧と呼びatgを用いて示しています。

圧力の単位



1Pa = 1N/m² = 1kgf/m · s² = 1J/m³
1bar = 10⁵Pa = 10⁵N/m² = 10⁵kgf/m · s²

大気圧は重力加速度 $g = 9.80665\text{N/s}^2$ (国際標準値) における密度が $13.5951 (\text{g/cm}^3)$ 、温度が 0°C の水銀柱 760mm になる圧力 (760mmHg と書くが、標準気圧と呼び記号 atm で表す。
 1 標準気圧 = 1atm = 760mmHG = 760torr = 1.003323 (kgf/cm²) = 0.101325MPa

要点BOX

- 圧力は単位面積あたりに作用する垂直方向の力で表す
- Pa = N(ニュートン)/m² が基本単位

温度とは熱さ・冷たさの割合で、熱いほど高い値を示します。熱力学的には熱平衡の状態を決める尺度と定義されており、高温ほどその物質中の原子の平均運動エネルギーが大きい状態です。

温度の単位には絶対温度、熱力学温度(ケルビン)K、これには度がつきません。

温度の尺度としては摂氏温度(セルシウス度)C、華氏温度(ファーレンハイト度)F、蘭氏温度(ランキン度)R、その他列氏温度(レオシユール度)D、ドリール度D'、ニュートン度(N)、レーマー度(Ro)などがありますが、上記K、C、F、Rが一般的に使われています。各種の温度目盛りの関係は次のとおりです。

- ・ $F=9/5t+32$
- ・ $T=273.15$
- ・ $R=F+459.67=9/5T$

これらの関係を左の図に示しています。なお、三

重点(Triple point)とは、固相、液相、気相の三相が共存する熱力学的平衡状態であり、その物質に固有の温度および圧力となるとされています。

本書で扱う水の場合は水蒸気と水と氷が共存する温度、圧力であって国際単位系(SI)においてケルビン温度の定義に使われています。その定義では水の三重点は、もつとも正確に0.01C(273.16 K)、圧力は611.654 771 007 894 Pa(約0.006 036 563 atm)であると示されています。この時の水はVienna標準平均海水(VSMOW)と呼ばれる水です。

なお、水の物理的性質は、その構成要素である水素と酸素の同位体(酸素や水素でも少し成分が違いものを同位体といいます)の構成割合によって大きく異なるので、構成割合が厳密に定められた水についての測定が必要になります。水の厳密な測定に用いられる国際的標準物質となつてゐる水の量を「Vienna標準水」と呼びます。

温度の単位と色々な温度計

	摂氏 C	華氏 F	ケルビン (K)	ランキン (°R)
水の蒸気点	100	212	373.15	671.67
水の三重点	0.01	32.018	273.16	491.688
氷点	0	32	273.15	491.667
絶対零度	- 273.15	- 459.67	0	0

水銀温度計	水銀は、純粋な物がつくりやすいことや膨張のしかたが温度によってあまり変らない、比熱が小さい、熱が伝わりやすい、あまり蒸発しないなど温度計に使うのにたいへん都合のよい性質をもっている。ただし零下39℃以上150℃までである。特殊のものは700℃ぐらいまでOK。		
アルコール温度計	アルコールは零下117℃まで測れる。しかしそのままでは60℃以上の温度は測れないから気体を閉じ込めて100℃位まで測れるものがある。アルコールは、水銀よりも10倍以上も膨張率が大きいから見やすくなる。ただしガラスだけを熱すると正しい温度がわからない。		
その他の温度計	液体温度計	熱電対2種類の金属または合金を接続したもので、接点間の温度差に依存して発生する熱起電力を測る温度計。	
	抵抗温度計	電気抵抗の温度依存性を利用して計測する温度計。	
	放射温度計	物質からの放射光強度を測る温度計。放射光強度の波長依存性が温度によって変わることを利用している。非接触型温度計である。	

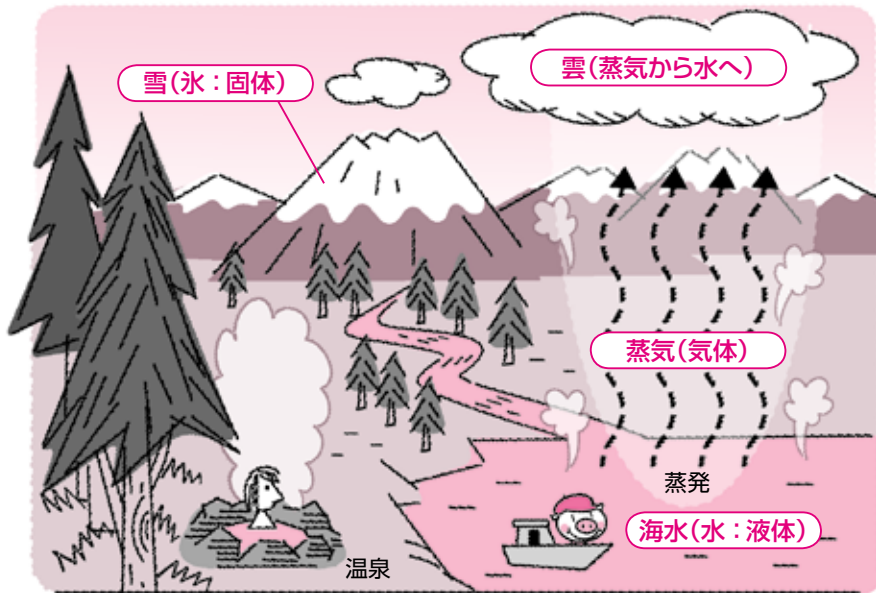
要点BOX

- 温度は熱いほど高い値を示す
- 高温ほどその物質中の原子の平均運動エネルギーが大きい状態

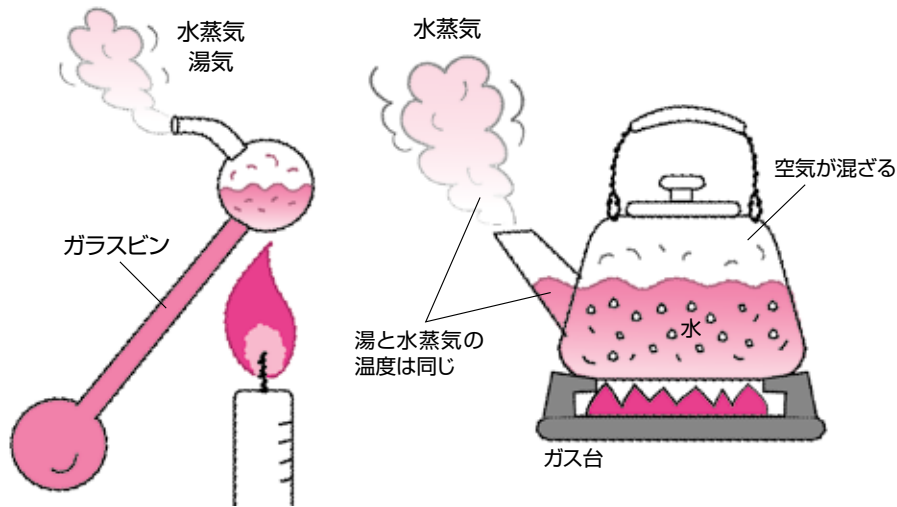
3 蒸気とは何か

水、水、蒸気の状態

自然の中の水、水、蒸気



水と蒸発でできる水蒸気は非常に重要で、産業革命の代名詞になった蒸気機関の発明から以降、それまで以上に人類の進歩に多大な貢献してきた。



用語解説

蒸気：いろいろな物質の状態(液体、気体、固体)の中で、特に液体から蒸発したり、固体から直接気体に昇華したりして形成される気体の状態。

蒸気とはいろいろな物質の状態(液体、気体、固体)の中で、特に液体から蒸発したり、固体から直接気体に昇華したりして形成される気体の状態をいいます。一般的には水が温度を受けて蒸発して水蒸気になります。その状態を簡略化して蒸気と呼ぶことが多いのですが、水蒸気は水の蒸気で、蒸気だけの場合は、他の物質を含めた一般的な気体状態を呼びます。本書は先に述べたとおり水の話とし、つまり水蒸気のこととします。

まず水全体の概要を説明し、その後に蒸気について話を進めていきます。

自然の中にも多くの各種の状態の水があります。水に熱を加えると水に、もっと熱を加えると水の温度が上昇してやがて蒸発が始まり、沸騰する直前の水になります。「沸騰」とは表面からの蒸発よりも、蒸発速度が上がり、水中で発生した蒸気が噴き出てくるような状態をいいます。

実はこの状態は、火山の噴火のニュースなどで使われる蒸気爆発と同じ状況です。一方、冬の寒さがあると山の上や北国では雪や氷の世界になります。当たり前ですが、氷になることでその体積が増加します。これはこれで人々の生活に影響を与えます。日常でもやかに水を入れ、ガスにかけると蒸気が発生します。通常は蒸気を直接調理には使いませんが、蒸し料理の際には温度が一定に保たれることや、水中のように攪拌されず、また熱が食品に伝わる量(伝熱量)も変わるから独特の料理ができます。

水や氷や水蒸気がなぜこれほど使われているかというと、私たちの周りにたくさんあって、その構造や挙動が非常に安定しているので使いやすいからです。水になっても、水のままでも、そして蒸気になっても水素と酸素の結合が壊れることがなく、また水はその中に多くのものを溶け込ませることができる「スグレモノ」だからです。

要点BOX

- 水蒸気は水の蒸気
- 蒸気は他の物質を含めた一般的な気体状態
- 水は多くのものを溶け込ませることができる