

ニッシンくんの 学習室



前回は、「冷凍の原理」についてとりあげましたが、今回は、冷凍装置に使われる用語・単位についてのべます。

単位については、「日新月异」No262インフォメーションで取り上げました、国際単位系(SI単位)への移行の問題があります。1960年に国際度量衡総会においてメートル法を基に国際単位系(SI)が誕生し、我が国も計量単位をSI単位へ統一する新計量法が1992年5月20日に公布され、1993年11月1日に施行されました。SI化については非SI単位である従来単位の使用も猶予期間を最長7年の期限で認められてきましたが、今世紀末以降は取引、証明に適用される単位はすべてSI単位となります。

私たちに関わりの深い高圧ガス保安法は1997年4月にSI化が既に施行されており、冷凍保安規則及び補完基準などは、順次SI化が進められております。そこで、SI単位に慣れ親しんで頂くために、本学習室では、SI単位を基準にのべます。

2 用語・単位

(1) 圧力・圧力計

ガス体は、常に膨らもうとしています。そこで、このガスを容器に入れるとガスは膨らもうとして容器の壁を外に押し出します。この力が「圧力」です。

圧力の単位は、パスカルといい、記号はPaを用います。

メートル単位では、キログラム毎平方センチメートルといい、kg/cm²またはkgf/cm²で表します。

1Pa = 1.0197 × 10⁻³kgf/cm² です。

1MPa = 10³kPa = 10⁶Pa

圧力には絶対圧力とゲージ圧力があります。

絶対圧力は実際にガスが容器の壁面に加える力の大きさを示し、Pa aまたはPa abs(Absoluteの略)を用います。

ゲージ圧力は、圧力計で測った圧力で、ガスが容器の内壁に加える力(内圧)と大気が外部から容器の外壁に加える力(外圧)の差を示し、Pa gまたはPa gaugeを用います。

圧力計の示す圧力は、ガスの圧力から大気の圧力を引いたものです。

そこで、圧力計が0 kPa gでも、ガスは実際には大気の圧力(約101 kPa a)を持っています。

総称圧力計には、大気圧以上を計測する圧力計、大気圧以下を計測する真空計、大気圧以上と以下を計測する連成計の3種類がありますが、冷凍装置の冷媒サイクルでは大気圧以上、以下の圧力が存在するので一般に連成計が使用されます。

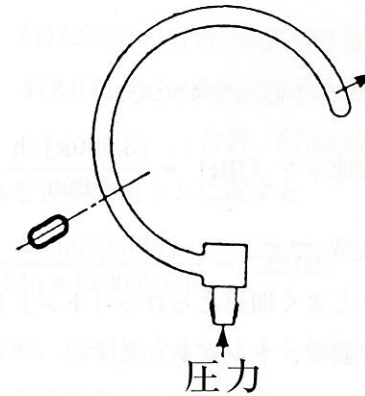
メートル単位では、負圧(大気圧以下の圧

力差)の場合、例えば、「負圧が60mmHgである」のように表していましたが、これはSI単位では、

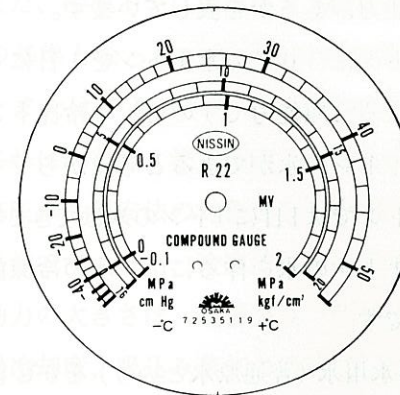
$$101 \text{ kPa a} \times \frac{(760 \text{ mmHg} - 60 \text{ mmHg})}{760 \text{ mmHg}} = 93 \text{ kPa a}$$

となりますが、これは、93kPa aまたは-8 kPa gのように表します。

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101.325 \text{ kPa a}$$



第1図 ブルドン管



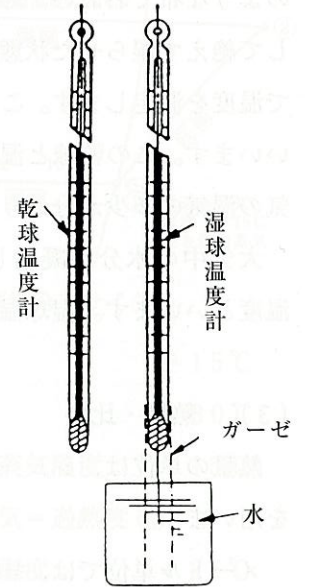
参考 当社連成計目盛盤

冷凍装置に多く使用されている圧力計は、ブルドン管圧力計で、薄肉の断面が扁平な金属管の一端を密閉し、半円形にまいたものをブルドン管といい、ブルドン管の開放端を固定し、この管の内部にガス圧を加えると断面は円になろうとして管先は外側に伸びます。この伸びを歯車装置で拡大して指針を動かすようにしたものです。(第1図参照)

(2) 温度・温度計

物体の暖かさ・冷たさの度合いを表す尺度が温度です。

温度の単位には、普通、摂氏を用い、「℃」で表し、零度以下の温度を表すには「-」の記号を用います。これは、圧力が1気圧のときの純粋の水の氷点を0℃、沸騰点を100℃とし、この二つの標準温度



第2図 乾湿球温度計

を基にして定めた温度です。

℃と同じ目盛間隔を用い、その示度の基点の異なる、絶対温度という温度の単位があります。絶対温度で測ると摂氏零度は273度で、K(ケルビン)という記号を用います。

$$K = t^{\circ}\text{C} + 273 \text{ です。}$$

温度計で普通で使用されるのは水銀温度計とアルコール温度計です。使用中の狂いが少なく精密なのは水銀温度計ですが、水銀は-39℃で凝固するので、-35℃ぐらいまでしか使用できません。アルコール温度計は狂いやすいが、アルコールは-114℃まで凝固しないので低温用としては適しています。

大気中に含まれる水蒸気の状態を知るのに使用されるのが乾湿球温度計(略して乾湿計ともいう)です。(第2図参照)

これは、2本の棒状温度計を併置し、一方の温度計(乾球温度計)は、そのまま大気の温度を測り(この温度を乾球温度という)、他

方の温度計（湿球温度計）の感温球をガーゼのような布でおおい、その布の下部を水に浸して絶えず湿らせた状態（これを湿球という）で温度を測定します。この温度を湿球温度といいます。この乾球と湿球の温度差から、大気の湿気の多少が分かります。

大気中の水分が凝縮し始める温度を露点温度といいます。湿球温度より低い温度です。

(3) 熱量・比熱

熱量の単位は、ジュールといい、記号はJを用います。

メートル単位では、キロカロリー（kcal）で、1kcal=4186.8Jです。

1kgの物質を1K温めるのに必要な熱量を、比熱といい、その単位はジュール毎キログラム毎ケルビンといい、記号はJ/kg Kを用います。

水の比熱は、4.1868kJ/kg K、氷の比熱は、2.0934kJ/kg Kです。

(4) 冷凍能力・冷凍トン

冷凍機の冷凍能力は、ワットまたはキロワットで表し、記号はW, kWを用います。

メートル単位では、kcal/hを用い、1kW=860kcal/hです。

また、熱量、力との関係は、

1J=1Nm=1Wsと定義されています。

大型の冷凍機の能力を表すのに日本冷凍トン（RT または JRt）という単位を使っています。

この、日本冷凍トンとは、「0℃の水1トンを1日（24時間）で、0℃の氷にするために除去しなければならない熱量のことを1冷凍トンという」と定義されています。

0℃の氷の融解熱は333.6kJ/kgですので、1日本冷凍トン（JRt）

$$= \frac{333.6\text{kJ/kg} \times 1000\text{kg}}{24\text{h}}$$

$$= 13,900\text{kJ/h} \text{ です。}$$

また、1kW=1kJ/sですので、

$$1 \text{ 日本冷凍トン (JRt)} = \frac{13,900\text{kJ/h}}{3,600}$$

$$= 3.861\text{kW} \text{ です。}$$

冷凍トンとよく間違えられる「トン」に、製氷能力を表す、トンがあります。

製氷能力を表すトンは、1日に何トンの氷を作る能力があるかを表しています。

冷凍トンは、0℃の水1トンを1日に0℃の水にする冷凍能力ですので、1冷凍トンで1日に1トンの氷ができると考えがちですが、1冷凍トンでは1日に1トンの氷はできません。1日に1トンの氷を作るには、次の冷凍能力が必要です。

(1) 製氷用水（普通原水という）を0℃まで冷やすのに要する冷凍熱量

$$\begin{aligned} & \text{原水を} 30^\circ\text{C} \text{ と仮定すると、} \\ & 1,000\text{kg} \times 30^\circ\text{C} \times 4.1868\text{kJ/kg K} \\ & = 125,604\text{kJ} \end{aligned}$$

(2) 0℃の水を0℃の氷にするのに要する冷凍熱量

$$1,000\text{kg} \times 333.6\text{kJ/kg} = 333,600\text{kJ}$$

(3) 0℃の水をさらにブライン温度の近くまで冷却するのに必要な冷凍熱量
-9℃まで冷やすとすると、

$$1,000\text{kg} \times 9^\circ\text{C} \times 2.0934\text{kJ/kg K} = 18,840.6\text{kJ}$$

$$(1)(2)(3) \text{ の小計 } 478,044.6\text{kJ}$$

(4) 製氷装置に外部から伝わってくる熱を取り去るのに必要な冷凍熱量

(1)(2)(3)の合計の20%を見込むと、

$$478,044.6\text{kJ} \times 0.2 = 95,608.92\text{kJ}$$

$$\text{合計 } 573,653.52\text{kJ}$$

これを日本冷凍トンに直すと

$$\frac{573,653.52\text{kJ}}{24\text{h} \times 13,900\text{kJ/h}} = 1.72\text{JRt}$$

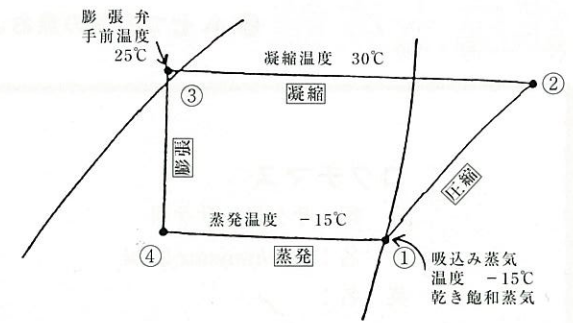
普通、1.72JRtを1日1トン製氷するのに必要な冷凍能力としています。

また、冷凍トンには高圧ガス保安法の規制上の基準となっている「1日の冷凍能力20トンまたは50トン」という数値があります。

これは、普通、法定冷凍トン数といいます。

高圧ガス保安法の対象となる冷凍設備は多種多様です。また、冷凍装置の冷凍能力や所要動力の大きさは、凝縮温度、蒸発温度、液の過冷却度、吸込み蒸気の過熱度等によって変化します。そこで、冷凍能力を比較しやすいように、基準になる温度条件を定めて、この温度条件で法定冷凍トン数を算出するように定めています。（冷凍保安規則第2章第5条）

この基準になる温度条件による冷凍サイクルを基準冷凍サイクルと呼び、次のような条件を定めています。（第3図参照）



第3図 基準冷凍サイクル

蒸発温度 (ET)	-15℃
凝縮温度 (CT)	+30℃
圧縮機の吸込み蒸気温度	-15℃
(乾き飽和蒸気 = 過熱度0)	
膨張弁手前の液温度	+25℃
(過冷却度 = 5℃)	

(5) 仕事・エネルギー

機械の仕事の単位には、熱量と同じくジュール（J）で、表わします。

また、機械エネルギーも単位には、同じくジュール（J）で、表わします。

メートル単位では、kg m (kgf m) を用い、1J=0.102kg m です。

(6) 動力

単位時間になされる仕事の時間的割合を動力といい、その単位にはキロワット（kW）を用います。

メートル単位では、kg m/s (kgf m/s) を用います。

$$1 \text{ kW} = 102\text{kg m/s} \text{ です。}$$

—以下次号へ—