

## 深冷式空気分離装置の仕組み

### 空気圧縮機圧力の決まり方

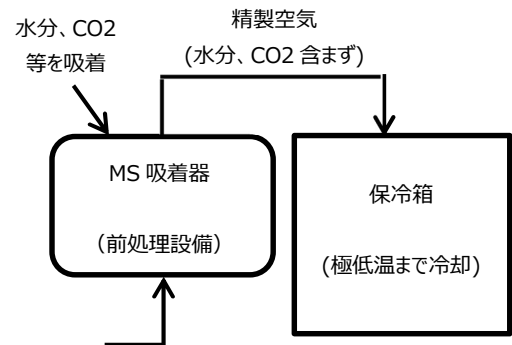
空気圧縮機の圧力が下がると、空気分離装置のランニングコストの大部分を占める空気圧縮機の電気代を削減出来ます。空気圧縮機の圧力は、製品酸素ガスや製品窒素ガスの圧力やプロセス条件によって異なります。複式精留塔の場合、一般的に、製品ガスの圧力、機器及び配管の圧力損失、主凝縮器の能力が空気圧縮機の動力に直結しており、コストとの兼ね合いを考えながら出来るだけ空気圧縮機の吐出圧力が低くなるようにプロセスを設計致します。

#### 空気圧縮機の吐出圧決定要因

- ・製品圧力
- ・機器・配管の圧力損失
- ・主凝縮器の能力

### 前処理プロセス

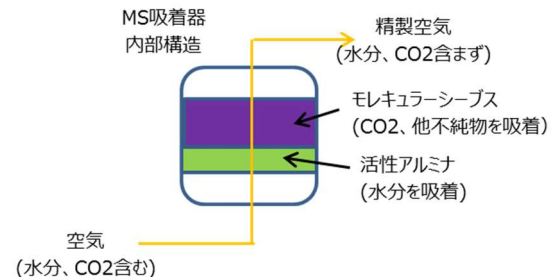
深冷式空気分離装置は、空気を-170~-190℃の極低温とし、酸素、窒素、アルゴンに分離します。空気をそのまま極低温にすると空気中の水分や二酸化炭素が固化し、配管が閉塞するため、運転が出来なくなります。そこで、保冷箱内にて極低温とする前に、MS吸着器と呼ばれる前処理設備にて、水分や二酸化炭素を吸着除去します。



前処理設備イメージ

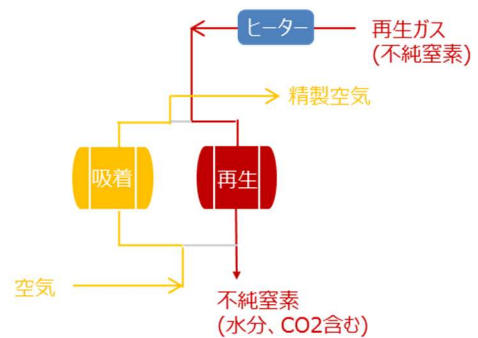
### MS吸着器の内部構造

MS吸着器内部は、二種類の吸着剤が上下別々に充填されており、下層に活性アルミナ、上層にモレキュラーシーブスが充填されています。空気はMS吸着器下部から入り、水分がアルミナで吸着除去され、モレキュラーシーブスで二酸化炭素等が吸着除去された後、精製空気となります。



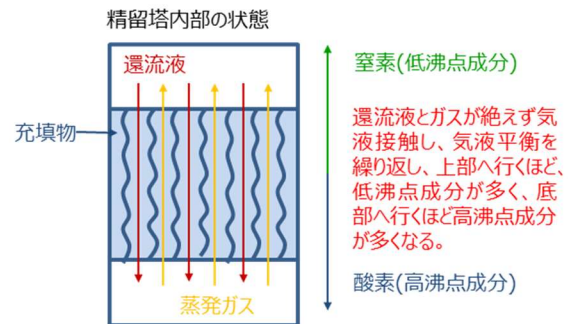
### 吸着剤の再生

MS 吸着器は並列に同じものが 2 塔あり、1 塔は空気中の水分と二酸化炭素を除去し、もう一方は、水分や二酸化炭素が吸着された吸着剤に高温の不純窒素(空気分離装置の余剰ガス)を流すことにより、水分や二酸化炭素を脱着し、再生します。このように 2 塔を吸着側と再生側に交互に切り替えて連続的に精製空気を作り出しています。



### 精留プロセス

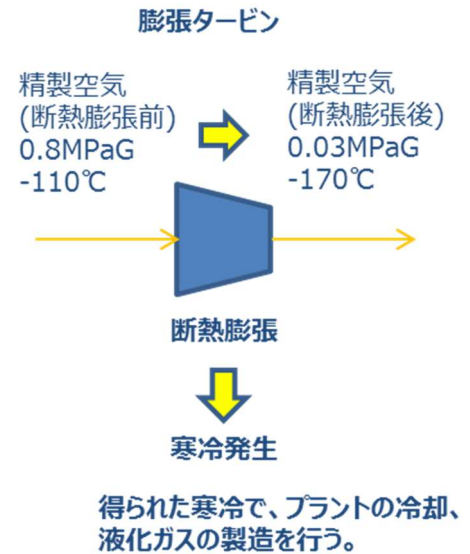
深冷式空気分離装置は酸素、窒素、アルゴンの沸点の差を利用して空気を分離します。水や二酸化炭素が取り除かれた状態の空気は、極低温まで冷却され、精留塔へ送られます。精留塔では、上部から下降する還流液と主凝縮器で蒸発した上昇ガスが絶えず気液接触することにより、連続した気液平衡状態を作り出します。気液平衡に達すると沸点の低い成分はガス相に多く含まれ、逆に沸点の高い成分は液相に多く含まれます。これを繰り返すことにより、精留塔上部からは沸点の低い窒素ガスが得られ、逆に下部からは沸点の高い酸素を得ることができます。



**寒冷（冷熱エネルギー）発生**

深冷式空気分離装置では、空気を酸素、窒素、アルゴンに分離するため、空気や精留塔などの機器を極低温にする必要があり、冷熱エネルギーが必要になります。また、液化ガスを作るためにも冷熱エネルギーが必要となります。

深冷式空気分離装置では、膨張タービンと呼ばれる機器を用いて冷熱エネルギーを発生させています。膨張タービンは、空気圧縮機などで昇圧した圧力の高いガスを断熱膨張に近い形で膨張させることにより、冷熱エネルギーを発生させます。SACのラインナップには、冷熱エネルギーを外部の液化ガスで補うことにより、膨張タービンが不要なタイプもあります。



**保冷箱内の熱バランス**

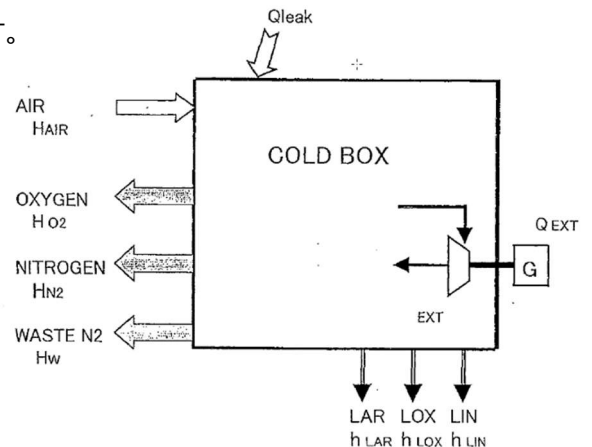
深冷式空気分離装置で必要な冷熱エネルギーを考える場合、保冷箱内の熱バランスを検討します。

保冷箱内での冷熱エネルギーのロスとして、下記が挙げられます。

1. 熱交換器での温端ロス
2. 保冷箱への熱侵入量
3. 液製品の発生に必要な寒冷必要量

保冷箱の熱バランスの計算式は、下記となります。

$$Q_{EXT} = \text{温端ロス} + Q_{leak} + \text{液製品の発生に必要な寒冷必要量} + (\text{※保冷箱内での発生熱})$$



<b>(定義)</b>	
膨張タービンでの寒冷発生量 : $Q_{EXT}(\text{kcal/h})$	
温端ロス $(\text{kcal/h}) = H_{AIR} - H_{O2} - H_{N2} - H_W$	H:ガスのエンタルピー (kcal/h)
保冷箱への熱侵入量 : $Q_{leak} (\text{kcal/h})$	h:液のエンタルピー(kcal/h)
液製品の発生に必要な寒冷必要量 $(\text{kcal/h}) = h_{LAR} + h_{LOX} + h_{LIN}$	

**主凝縮器の原理**

主凝縮器は、下塔頂部のガス窒素と上塔底部の液化酸素を熱交換させ、精留に必要な下塔及び上塔の還流液と上塔の上昇ガスを発生させる機器です。

下塔と上塔が同じ圧力であれば、窒素の沸点は酸素の沸点より低いいため、液化酸素のガス化、ガス窒素の液化は起こりません。そこで深冷式空気分離装置では、下塔の圧力を0.45MPaG付近まで上げることで、下塔のガス窒素温度を上塔の液化酸素温度より高くし、蒸発・凝縮が起こるようにしています。一般的に主凝縮器は、上塔酸素と下塔窒素の温度差が2℃程度になるよう設計します。

