

## 圧縮空気における露点 — よくある質問



### よくある質問

1. 露点とは何ですか？
2. 露点と「圧力下露点」の違いは何ですか？
3. 圧力が露点に及ぼす影響は何ですか？
4. 管理になぜ露点の知識が重要なのですか？
5. 圧縮空気に見られる典型的な露点温度範囲はどのくらいですか？
6. 圧縮空気の基準は何ですか？
7. 圧縮空気の露点をきちんと測定するにはどうすればよいですか？
8. 露点センサの故障の兆候にはどんなものがありますか？
9. 露点センサのチェックや校正はどのくらいの頻度で行えばよいですか？

### 1. 露点とは何ですか？

露点温度とは、気体中にどれだけ水蒸気が存在するかを評価する基準です。水は、幅広い範囲の条件下で、液体、固体、気体として存在しうる特性を持っています。水蒸気の性質を理解するには、まず始めに気体の一般的な性質を考えるのが有効です。

どんな気体の場合でも、気体の全圧は各気体の分圧の合計になります。これをダルトンの法則といい、次のように表わされます。

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + P_3 \dots$$

混合気体中の各気体の量も、圧力として表わすことが可能です。空気の主要成分は、窒素、酸素、水蒸気です。そのため、大気圧はこの3つの気体の分圧の和です。窒素と酸素が安定した分圧で存在する一方、水蒸気分圧は極めて変動しやすいため、水分量（水蒸気）の測定を行わなければなりません。

飽和水蒸気圧は、厳密に温度関数です。例えば、20°C (68°F) における水蒸気の最大分圧は23.5mbarです。23.5mbarの値は、20°C (68°F) における「飽和水蒸気圧」と言われています。20°C (68°F) の「飽和した」環境では、さらに水蒸気加わると、結露が発生します。この結露の現象は、水分量（水蒸気）の測定に活用できます。



ヴァイサラDRYCAP®ハンディタイプ露点計

ある水蒸気濃度が不明な気体が、温度を調節できる物体の上を流れているとします。その物体の温度を下げていき、物体の表面に結露が発生したその時の温度を「露点温度」といいます。温度と飽和水蒸気圧の間には固有の相関関係があるため（水蒸気の最大分圧＝飽和水蒸気圧、また飽和水蒸気圧は温度関数です）、気体の露点温度の測定は、水蒸気圧の直接測定となります。露点温度を知るためには、それに対応する飽和水蒸気圧を計算または調べればよいのです。次の表は、いくつかの温度値と、それに対応する飽和水蒸気圧を示しています。

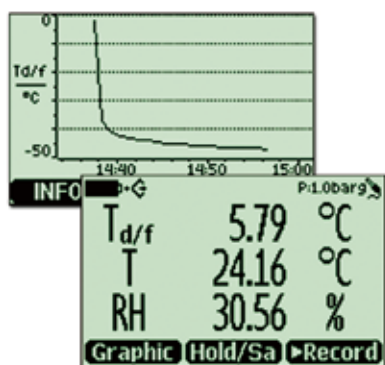
温度 °C (°F)	飽和水蒸気圧 (mbar)
20 (68)	23.3
0 (32)	6.1
-10 (14)	2.8
-20 (-4)	1.3
-40 (-40)	0.2

## 2. 露点と「圧力下露点」の違いは何ですか？

「圧力下露点」は、大気圧より高い圧力で気体の露点温度を測定する際に使用する用語です。これは、圧力下にある気体の露点温度のことをいいます。気体の圧力が変化すると気体の露点温度が変化するため、圧力下露点は重要です。

## 3. 圧力が露点に及ぼす影響は何ですか？

気体の圧力が上がると、気体の露点温度は上がります。大気圧1013.3mbar、露点温度-10°C (14°F) の大気を例にとって考えてみましょう。上の表より、水蒸気の部分圧 (e で示す) は



グラフ表示付きの機器は、長時間にわたる露点のモニタリングに便利です。

2.8mbarです。この大気が圧縮され、全圧が2026.6mbarに倍増した場合、ダルトンの法則に従い、水蒸気圧eも2倍の5.6mbarとなります。5.6mbarに対応する露点温度は約-1°C (30°F) ですので、大気の圧力が上昇すると大気の露点温度も上昇することは明らかです。反対に、圧縮された気体が大気圧に減圧されると、水蒸気を含む混合気体の部分圧は減少し、そのため気体の露点温度も下がります。水蒸気圧eに対する全圧の関係は、次のように表されます。

$$P_1/P_2 = e_1/e_2$$

露点温度を対応する飽和水蒸気圧に変換すると、全圧の変化が飽和水蒸気圧に及ぼす影響の計算は容易です。そして、新たな飽和水蒸気圧の値は、露点温度に再変換することが可能です。これらは表を使用した手動や、さまざまな種類のソフトウェアで計算が可能です。



リークスクリュー付のクイックコネクター、冷却コイル、接続アダプターなど、さまざまなサンプリングセルにより、露点センサの取り付けは容易です。

## 4. 圧縮空気の管理になぜ露点の知識が重要なのですか？

圧縮空気における露点温度の重要性は、空気の用途によります。空気を運ぶパイプが氷点下の気温にさらされているため、露点が高いとパイプの凍結や閉塞を引き起こす恐れがあるという理由から、露点が重要になる場合もあります。多くの近代的な工場では、内部部品に結露が生じると正常に機能しない恐れがある機器に、圧縮空気が使用されています。圧縮空気を要求する、水の影響を受けやすい一定のプロセス

(塗料の噴射など)は、特定の乾燥仕様を備えている場合があります。また、医療および製剤プロセスには極めて高レベルの純度が要求されるため、水蒸気やその他の気体を汚染物質として扱うことがあります。

## 5. 圧縮空気に見られる典型的な露点温度範囲はどのくらいですか？

圧縮空気の露点温度は、周辺温度から-80°C (-112°F)の範囲に及び、特殊なケースではさらに下回ることもあります。ドライヤーとセットでない圧縮機システムでは、まず空気が圧縮され、圧力が上昇することで露点温度も上がります。露点温度が周辺温度より高い場合、結露と同様、周辺温度と露点と同じになるまで余分な水分が出ます。そして、周辺温度までの露点を生成する傾向にあります。冷却式ドライヤーのあるシステムでは、圧縮空気のある種の冷却式熱交換機に通すため、更に結露が生じます。通常、これらのシステムでは、5°C (23°F)以上の露点空気を生成します。乾燥剤を使用した乾燥システムは、更に水蒸気を吸収し、露点-40°C (-40°F)、必要であればさらに乾燥した空気を生成することが可能です。

## 6. 圧縮空気の基準は何ですか？

ISO8573.1は、圧縮空気の質を定める国際基準です。この基準は、空気の限度値を3つのカテゴリーで定義しています。

- 残存粒子の最大粒径
- 最大露点温度許容値
- 最大残存油分量

各カテゴリーには、下の表に示す基準値に従って1から6までの等級がつけられます。例として、ISO8573.1に適合し、等級1.1.1と評価されるシステムは、露点-70°C (-94°F)以上の空気を提供することになります。空気中の残存粒子はすべて0.1µm以下、最大油分は0.01mg/m<sup>3</sup>となります。その他にも、計器用空気向けANSI/ISA-7.0.01-1996などの圧縮空気の基準があります。

### 計器用空気向けANSI/ISA-7.0.01-1996

等級	粒径 (µm)	露点 °C	露点 °F	油分 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0.1	-70	-94	0.01
2	1	-40	-40	0.1
3	5	-20	-4	1
4	15	3	37	5
5	40	7	45	25
6	-	10	50	-

## 7. 圧縮空気の露点をきちんと測定するにはどうすればよいですか？

露点計測の原則には、メーカーを問わず全タイプの機器に適用されるものがあります。

- 正しい測定範囲の機器を選びましょう。高露点の測定に適した機器は、低露点の測定には適していません。同様に、極低露点に適した機器は、高露点にさらされると正しく機能しません。
- 露点測定機器の圧力特性を理解しましょう。機器の中には、プロセス圧力での使用に適さないものがあります。それらの機器は、大気圧に減圧後の圧縮空気を測定する用途に取り付けることは可能ですが、目的とする測定項目が圧力下露点の場合は、測定された露点の値を修正しなければなりません。
- センサを正しく取り付けましょう。メーカーの指示に従いパイプ「末端」部など、流量のないところに露点センサを取り付けないでください。

ヴァイサラは、圧縮空気の露点温度測定に理想的な機器シリーズを製造しています。DRYCAP®センサ技術は、周辺温度から-60°C (-76°F)まで、±2°C (±3.6°F)の測定範囲精度で迅速に露点測定を行います。ヴァイサラの露点計測機器を選択、取り付けの際は、上記の一般的な原則だけでなく、次の項目も考慮に入れてください。

A. 露点センサを取り付ける際は、センサを圧縮空気ラインから離してください。これは、センサをサンプリングセル内に取り付け、セルを圧縮空気ライン「T」の最適な位置に接続すれば可能です。これにより、少量の圧縮空気が流出し、センサを通過します。セルはステンレス製のものを使用し、チューブ(1/4"または6mm)で「T」に接続してください。セルと空気ラインの間に遮断弁を取り付けると便利です。これにより、センサの取り外しが容易になります。

B. 流量調整デバイスは、センサを通過する流量の管理に必要です。望ましい流量は、わずかに1slpm (2scfh)です。調整デバイスは、リークスクリーやバルブのことがあります。圧力露点の測定の際、調整デバイスはセンサより下流に取り付けます。これは、遮断弁が開く時に、センサがそのプロセス圧力にあるようにするためです。大気圧力で露点を測定する場合は、調整デバイスを露点センサより上流に取り付けなければなりません。

C. 推奨された流量を上回ってはなりません。圧力露点測定の際、過剰な流量はセンサで局所圧力損失を発生させます。露点温度は圧力に影響されるため、これによって誤計測が生じます。

D. 最適なチューブ材質はステンレス (SS) です。非金属チューブは水蒸気を吸収、脱着するため、測定応答に遅れが生じます。ステンレスチューブが利用できない場合は、水分を吸収しないPTFEまたは他の材質を使用することをご検討ください。透明プラスチックチューブや黄色のゴム製チューブは使用しないでください。

E. センサを直接圧縮空気ラインに取り付けることにより、常設する露点測定機器の設置コストを抑えることが可能です。その場合は、センサが十分な流量を受け、圧縮空気の温度が周辺温度と同じかそれに近い場所を選ぶことが重要です。

### 8. 露点センサの故障の兆候にはどんなものがありますか？

- 出力または表示部がロックされているかのように、常時同じ値を表示している機器
- 常に最低値を指している「下げ止まり」機器
- 値が広い範囲で急激またはランダムに変化する、不安定な機器
- 極端に乾燥または湿った露点の値を表示する機器



完全一体型サンプリングシステムDSS70Aは、露点センサの汎用性を広げ、正圧下でない他のプラントのプロセス測定も実現しています。

### 9. 露点センサのチェックや校正は、どのくらいの頻度で行えばよいですか？

メーカーの推奨に従ってください。ヴァイサラは、機器によって年に1回または2回の校正間隔を推奨しています。校正済のポータブル機器に対し、他の機器が正しく動作することを確認するには、単純な現場チェックだけで十分な場合もあります。ヴァイサラは、出荷時に各機器に同梱する取扱説明書に、校正に関する詳しい情報を記載しています。お手元の露点測定機器の性能に疑わしい点がある時は、常に校正をチェックするとよいでしょう。

#### DSS70Aサンプリングシステム およびDSC74B/Cサンプリングセル

DSS70Aサンプリングシステムは、汚れたサンプルガスを清浄にするフィルターと、流量計でサンプル流量を制御するニードルバルブを備えています。サンプルポンプは、環境気圧におけるプロセスからサンプル流量を発生させるために使用します。

**ガス圧における測定**

**大気圧における測定**

DSC74Bサンプリングセルは、ガスの取入口、排出口に応じて、10barまでのガス圧または大気圧のいずれかによるサンプルガスの測定が可能です。DSC74CはDSC74Bと似ていますが、大気圧での露点測定において、周囲の水分の逆流防止対応のコイルがついています。

ヴァイサラの露点測定機器に関する詳しい情報は、<http://www.vaisala.com/dewpoint>をご覧ください。