

過酸化水素蒸気による除染の重要な計測パラメータについて



温度、相対湿度、および相対水分飽和度の関係

過酸化水素蒸気は残留物が残らず、室温での除染に有効なため、アイソレーター、クリーンルームの出入り口などに使われるパスボックスをはじめ、信頼性の高い除染が必要なさまざまな施設で広く使用されています。

異なる湿度と H_2O_2 のppmレベルにより、微生物を効果的に死滅させることができます。除染チャンバーやアイソレーターのメーカーの中には、極僅かな結露を推奨するメーカーもあれば、乾式除染プロセスを推奨するメーカーもあります。ただし、曝気時間、素材、および均一な除染効率に悪影響を及ぼす可能性があるため、結露の滴下は避ける必要があります。したがって、過酸化水素蒸気による除染サイクル中の湿度を計測することは不可欠です。ところが、水 (H_2O) と過酸化水素 (H_2O_2) は非常によく似た分子構造を持っています。このため、いずれも空気の湿度に影響を及ぼします。

相対湿度とは、水蒸気だけで発生する空気の湿度のことを意味します。過酸化水

素蒸気が存在する状況下で相対湿度を計測する場合は、通常の湿度センサの上に触媒層を使用するのが一般的です。触媒層は、湿度センサで水蒸気のみが計測されるよう、過酸化水素を触媒します。一方、蒸気状態での H_2O_2 の計測においては、相対水分飽和度は、空気中の過酸化水素と水蒸気の混合によって生じる、湿度を示すパラメータとなります。相対水分飽和度が100%RSに到達すると、混合空気の凝縮が始まります。相対水分飽和度は、水蒸気と過酸化水素蒸気を含む混合空気が凝縮を開始するタイミングを示す唯一のパラメータです。このため、除染プロセス中の相対水分飽和度の値を確認することが重要になります。

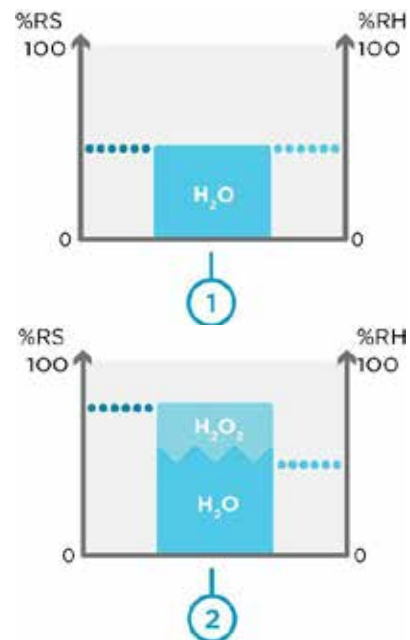


図 1. H_2O_2 蒸気を含まない空間 1 と H_2O_2 蒸気を含む空間 2。

上の図 1 は、 H_2O_2 蒸気を含まない空間 1 と H_2O_2 蒸気を含む空間 2 を示しています。 H_2O_2 蒸気が存在しない場合（空間 1）、相対水分飽和度は相対湿度に等しくなります。空間 2 には、 H_2O_2 蒸気を含む同じ体積の空気があります。この場合、相対水分飽和度は相対湿度よりも高くなります。

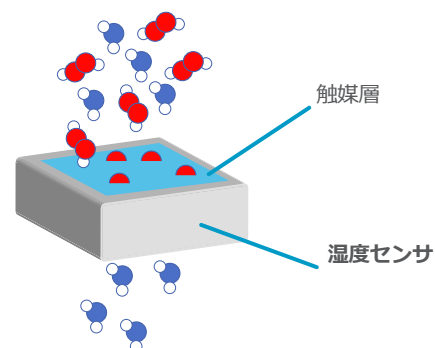


図2は、25°Cにおける相対水分飽和度と相対湿度の関数としての H_2O_2 のppmを示しています。相対水分飽和度はX軸、相対湿度はY軸で表されています。濃い色は、 H_2O_2 のppmが高いことを表します。これを見ると、混合空気中の過酸化水素の量が多いほど、相対水分飽和度と相対湿度の値の差が大きくなっていることがわかります。たとえば、25°Cで過酸化水素濃度が1,000ppmの場合、湿度25%RHは70%RSに相当します。この過酸化水素濃度が1,000ppmの混合ガスが凝縮を開始するとき（相対水分飽和度が100%）の相対湿度は35%です。

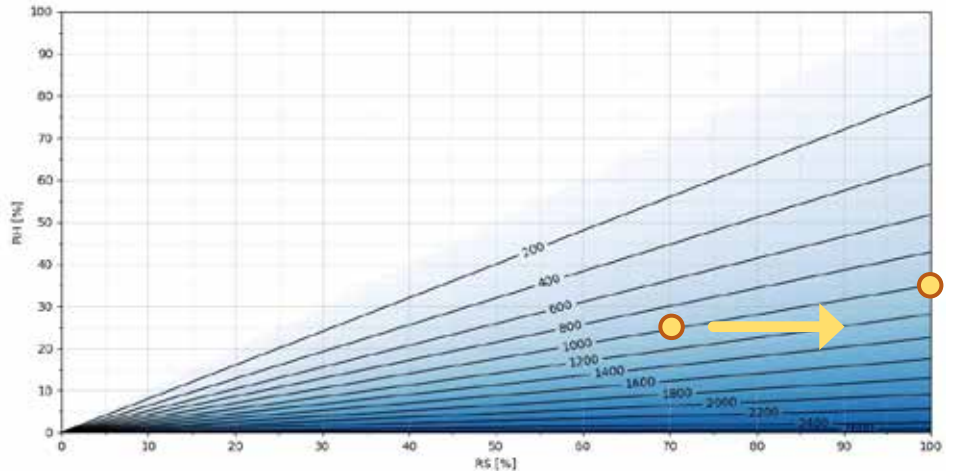


図2. ($T = 25^\circ\text{C}$ の場合の RS/RH の関数として表される) H_2O_2 の ppm

温度は、凝縮する前（相対水分飽和度が100%RS）の空气中に存在できる過酸化水素の量に影響を及ぼします。したがって、温度の変化に伴って図2のグラフは変化します。

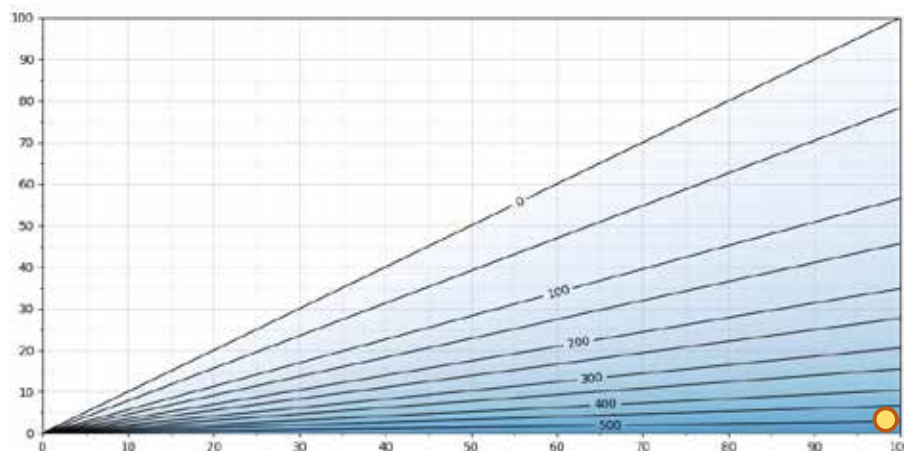


図3. ($T = 5^\circ\text{C}$ の場合の RS/RH の関数として表される) H_2O_2 の ppm

図3は、5°Cにおける同じグラフを表しています。5°Cにおける H_2O_2 の最大濃度は500ppmをわずかに上回るレベルです。たとえば、5°Cで過酸化水素濃度が500ppm、相対水分飽和度が100%RSの場合、相対湿度は約2%RHです。相対水分飽和度は100%RSとなるため、混合空気は凝縮します。この温度での%RSと%RHの差は非常に大きく、100%RSに対して2%RHとなっています。この場合の%RHの計測は、実用の値にはなりません。

図4および図5に示されているように、温度が高いほど、混合空気を凝縮させずに H_2O_2 ppmを多く添加することができます。図4では、50°Cで12,000ppmを超える H_2O_2 濃度を達成できます。

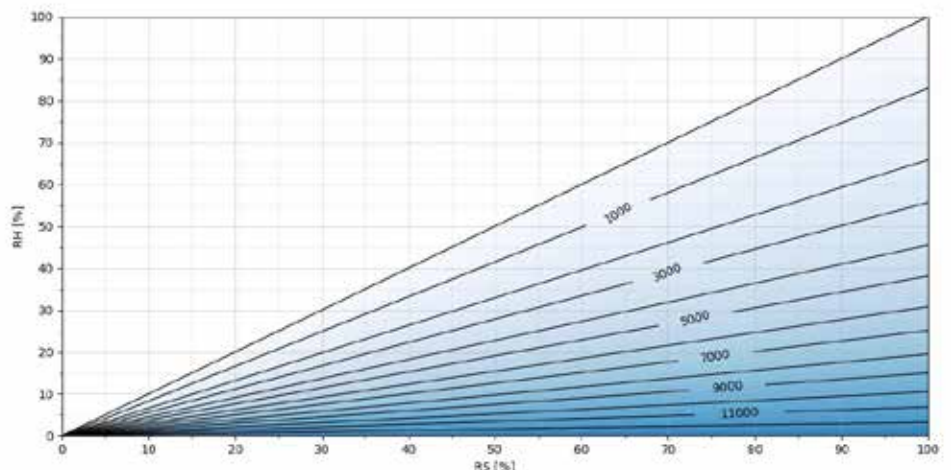


図4. ($T = 50^\circ\text{C}$ の場合の RS/RH の関数として表される) H_2O_2 の ppm

図 5 の各点は凝縮点（相対水分飽和度が100%RS）を表します。温度はX軸、 H_2O_2 ppmはY軸で表されています。曲線は最大相対湿度を示します。たとえば、20°Cで過酸化水素濃度が300ppmの場合、60%RHは100%RSに相当します。 H_2O_2 濃度が300ppmで温度を40°Cまで上昇させると、相対湿度は87%、相対水分飽和度は100%となります。凝縮は、温度と H_2O_2 濃度の関係に依存し、相対湿度が100%を下回る場合でも起こります。このため、温度が高いほど、最大RH%が高くなります。40°Cで過酸化水素濃度を300ppmから900ppmに増加させると、達成し得る最大相対湿度は87%RHから70%RHに減少します。過酸化水素濃度が高いほど、最大%RHは低くなります。

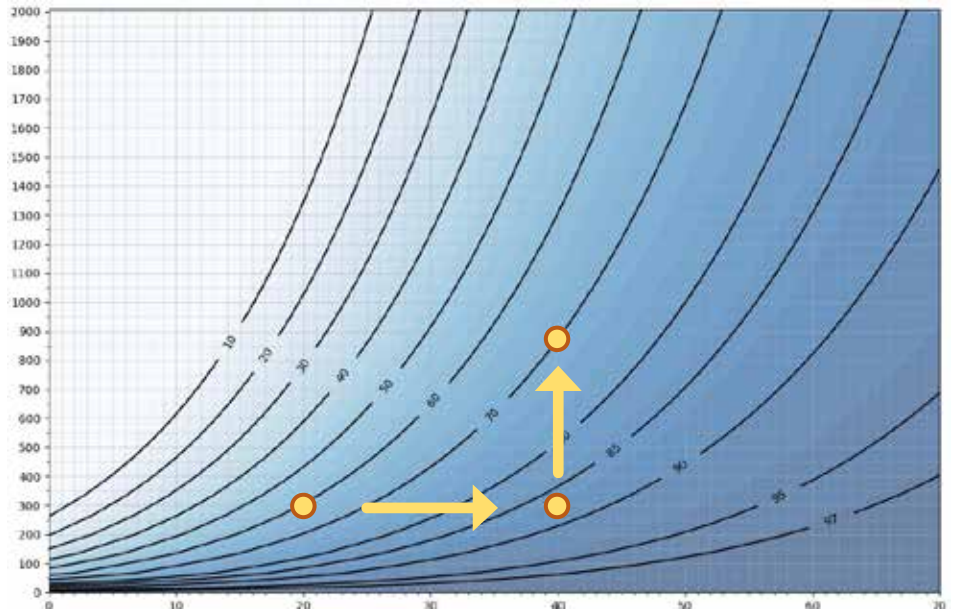


図 5. X 軸 = 温度、Y 軸 = ppm 濃度。
最大相対湿度 (RS = 100%RS)

法則： H_2O_2 ppm が高いほど、達成し得る最大 RH は低く、RH と RS の差は大きくなる。

これまでのグラフにより、過酸化水素蒸気を使用する除染プロセスにおいて、相対湿度を確認するだけでは不十分なことがわかります。 H_2O_2 を含む空気は、温度および過酸化水素濃度に応じた、100%を下回る相対湿度で凝縮します。空気に H_2O_2 蒸気が含まれている場合、相対湿度が100%に達することはなく、凝縮が起きるタイミングを正確に予測することは困難を極めます。温度が高いほど、相対湿度許容値は高くなる一方、 H_2O_2 濃度が高いほど、達成し得る最大湿度RHは低くなります。

過酸化水素蒸気を使用した除染を行う場合、飽和レベルを正確に表すパラメータは相対水分飽和度のみです。つまり、相対水分飽和度の計測は、凝縮が始まるポイントを予測するために不可欠といえます。



VAISALA

詳細は www.vaisala.com/contactus よりお問い合わせください。

www.vaisala.com

Ref. B211784JA-A ©Vaisala 2019

本文書は著作権保護の対象となっており、すべての著作権はヴァイサラと関連会社によって保有されています。無断複写・転載を禁じます。本文書に掲載されているすべてのロゴおよび製品名は、ヴァイサラまたは関連会社の商標です。私的使用その他法律によって明示的に認められる範囲を超えて、これらの情報を使用（複製、送信、頒布、保管等を含む）をすることは、事前に当社の文書による許諾がない限り、禁止します。技術的仕様を含め、すべての仕様は予告なく変更されることがあります。