

気化式加湿+ケミカル物質除去装置 TOMBO™ No.8805-HW 「ハニカムウォッシャー®」

工業製品事業本部 環境製品技術開発部

1. はじめに

半導体、FPD 製造工場では空気中の浮遊粉じんやケミカル成分（分子状汚染物質）の管理のほか、生産設備機器の維持のために年間を通じて恒温恒湿にしたクリーンルームが用いられています。TOMBO™ No.8805-HW 「ハニカムウォッシャー®」（以下「ハニカムウォッシャー®」）は、クリーンルームの外調機内でケミカル成分（ SO_4^{2-} 、 NH_4^+ ）の除去と加湿を同時に行う装置です。弊社独自の斜行ハニカム構造の加湿エレメントを使用した気化式加湿方式を採用したことで、従来の水噴霧式と比べ、高性能、低圧損、省スペース、省電力で加湿とケミカル成分の除去を行うことができる理想的なシステムです。本稿では製品の概要ならびに特長についてご紹介します。



図1 TOMBO™ No.8805-HW 「ハニカムウォッシャー®」

2. クリーンルームの湿度調整

半導体製造工場などのクリーンルームは浄化された空気を循環させて使用しますが、外部から室内への汚染流入を防ぐために室内を陽圧に保つ必要があります。陽圧を保つためには、外気を処理した空気を循環空気と混合して使用します。一方、室内の空気は、生産設備機器や作業環境を最適に保つために温湿度が厳密にコントロールされています。特に冬季は導入する外気が乾燥しているため加湿する必要があり、混合する外気は外調機で外気中の粉じんを除去したあと、エアワッシャーなどで加湿（調湿）を行います。

加湿の方式は表1に示すように蒸気式、水噴霧式、気化式の3種類の方式に分けられます。蒸気式は大きな加湿量とクリーンな加湿が可能である長所を持ちますが、加熱にエネルギーを必要とするためCO₂排出量が増加するほか、結露が生じる欠点があります。水噴霧式は機構の簡便さとランニングコストの安さが長所ですが、水中の不純物が飛散する欠点があります。気化式は、加湿材に浸透させた水に空気を通気し、気液接触により水を気化・蒸発させて加湿する方法です。加湿にエネルギーをほとんど必要としないほか、装置の構造が簡単であり、飽和蒸気圧になると気化しなくなるため結露が生じにくいといった多くの利点があり、近年外調機への導入が進んでいます。

表1 加湿方式の分類

蒸気式	水を電気ヒーターやボイラーなどで加熱し、発生した水蒸気で加湿
水噴霧式	水をスプレーや超音波振動子などで霧化して加湿
気化式	水分を含ませた加湿材に通風させ、気液接触による気化で加湿

3. 製品概要と特長

3.1 製品概要

「ハニカムウォッシャー®」は、クリーンルームの外調機内でケミカル成分 (SO_4^{2-} , NH_4^+) の除去と加湿を同時に行う装置です。弊社独自の加湿エレメントである斜行ハニカムの上部より純水を滴下し、ハニカム表面に水膜を形成させ、純水で濡れた状態となった斜行ハニカムに外気を通過することでケミカル成分の除去と共に加湿をおこないます。

従来の水噴霧式と比べ低圧損、省スペース、省電力で加湿とケミカル成分の除去が可能なシステム (図2) となっています。

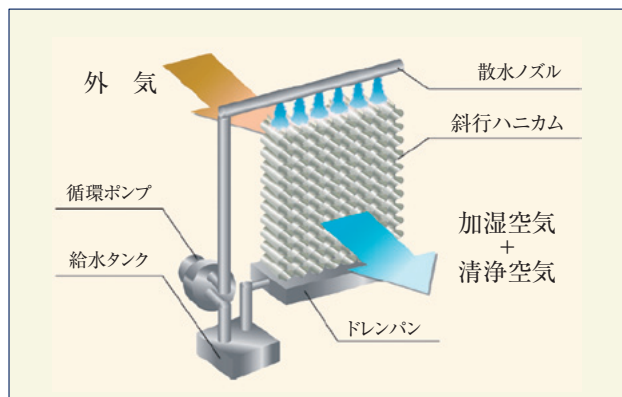


図2 「ハニカムウォッシャー®」の概略図

3.2 斜行ハニカム

斜行ハニカムは、図3に示すようにフィルターの厚み方向に対し一定角度を持たせた波板を互い違いに配置することで、隣接したセル同士が重なったハニカム構造体です。次のような特長があります。

- ①吸水性、保水性が非常に優れた多孔質セラミックで構成されており、小水量でも表面に均一な水膜が得られます。
- ②気液接触面積 ($550\text{m}^2/\text{m}^3$) が大きいので、少量でも安定したケミカル成分 (SO_4^{2-} , NH_4^+) の除去性能と十分な加湿性能を発揮します。
- ③熱処理を施しているため、溶出成分およびアウトガスが極めて少ない。
- ④水滴飛散がほとんどありません。したがって水噴霧式において必要な余剰ミストを除去するエリミネーターが不要なため、装置の小型化が可能であるとともに圧力損失も低く抑えることができます。
- ⑤加湿に必要なエネルギーは循環ポンプのみであるため、蒸気加湿方式と比較してランニングコストを大幅に抑えることが可能です。

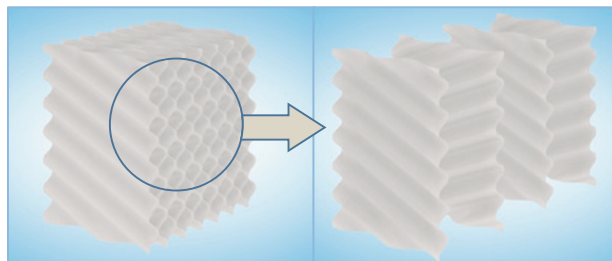


図3 斜行ハニカムの構造

3.3 水噴霧式エアワッシャーとの比較

表2に「ハニカムウォッシャー®」と水噴霧式エアワッシャーとの性能比較を示します。

表2 「ハニカムウォッシャー®」と水噴霧式エアワッシャーの比較

		ハニカムウォッシャー	水噴霧式エアワッシャー
純水使用量 *L/G=水/ 空気重量比	循環水量:L/G	0.04	1.0
	補給水量:L/G	0.008~	0.02
ケミカル除去性能 (代表成分)	NH_4^+	80%以上	80%以上
	SO_4^{2-}	80%以上	75%以上
装置圧力損失 [Pa]		70	250
装置幅寸法 [mm] (空気流れ方向)		700	2000
送風機搬送動力 [kw]		23	30
循環水ポンプ動力 [kw]		0.5	18.5
ランニングコスト (従来型を100とした場合)		48	100

処理風量: 30,000m³/h 想定

「ハニカムウォッシャー®」は水噴霧式と比較して純水使用量、圧力損失、使用電力が少なく、この例では総合的なランニングコストが半分以下であることがわかります。

このような優れた特長から半導体製造工場や液晶製造工場などの外調機に500台以上の納入実績があります。

4. 外調機の基本システムと調湿

4.1 外調機の基本システム

「ハニカムウォッシャー®」を使用したクリーンルーム外調機システムを図4に示します。導入する外気は次の手順を経て供給空気としてクリーンルームに供給されます。

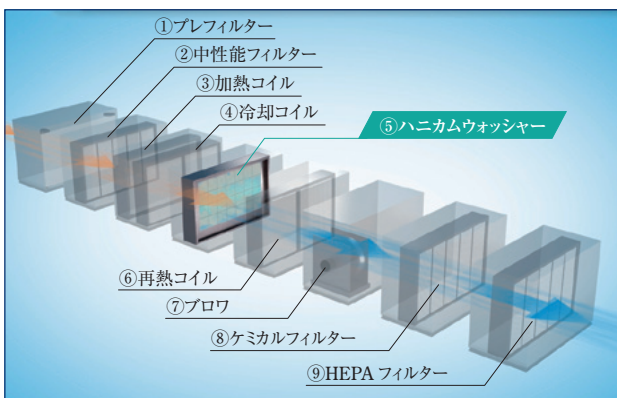


図4 「ハニカムウォッシャー®」を使用したクリーンルーム外調機システム

①プレフィルター

外気に含まれる粉じんを粗取りします。

②中性能フィルター

さらに細かい粉じんを除去します。

③加熱コイル

冬場は外気温が低いため、外気温を昇温します（夏は停止）。

④冷却コイル

夏場は外気温が高く、空気中に含有する水分量が多いため、外気を冷却して余分な水分を除去します（冬場は停止）。

⑤「ハニカムウォッシャー®」

③④で温調された空気は純水で濡れた「ハニカムウォッシャー®」の斜行ハニカムを通過す

ることで気液接触し、ケミカル成分（ SO_4^{2-} 、 NH_4^+ ）を除去するとともに、加湿します。

⑥再熱コイル

⑤「ハニカムウォッシャー®」を通過した空気は降温するため、再熱コイルで暖めて供給空気の温度と相対湿度を調整します。

⑦ブロワ

外調機内に外気を引き込み、空気を供給します。

⑧ケミカルフィルター

供給空気中に含まれるケミカル成分を極低濃度まで除去します。

⑨HEPA (ULPA) フィルター

供給空気に含まれる極めて微細な粉じんやコンタミ成分をHEPA (ULPA) フィルターで除去し供給空気となります。

4.2 外調機による調湿

外調機の湿度コントロールは、外気を③④および⑥の行程で温度をコントロールして行います。

気化式加湿の加湿原理は、加湿しようとする空気の持つ熱エネルギー（顕熱）が気液接触した水に伝わり、気化・蒸発することで絶対湿度が高まることによります。

このときの変化について、空気線図*を用いて説明します（図5）。

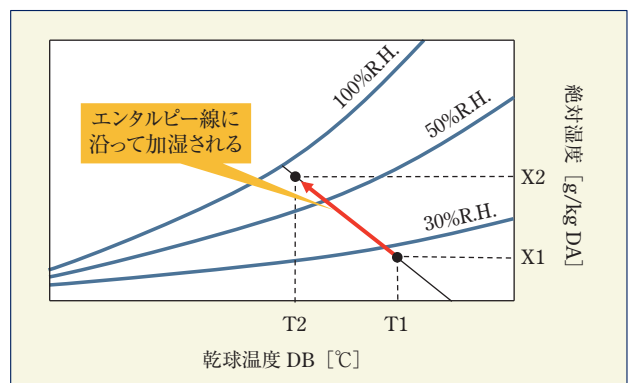


図5 気化式加湿の空気線図の変化

*空気線図とは、乾球/湿球温度、露点温度、絶対/相対湿度、エンタルピーなどを記入し、その中から2つの値を求めることにより、空気の状態がわかるようにした線図のこと。

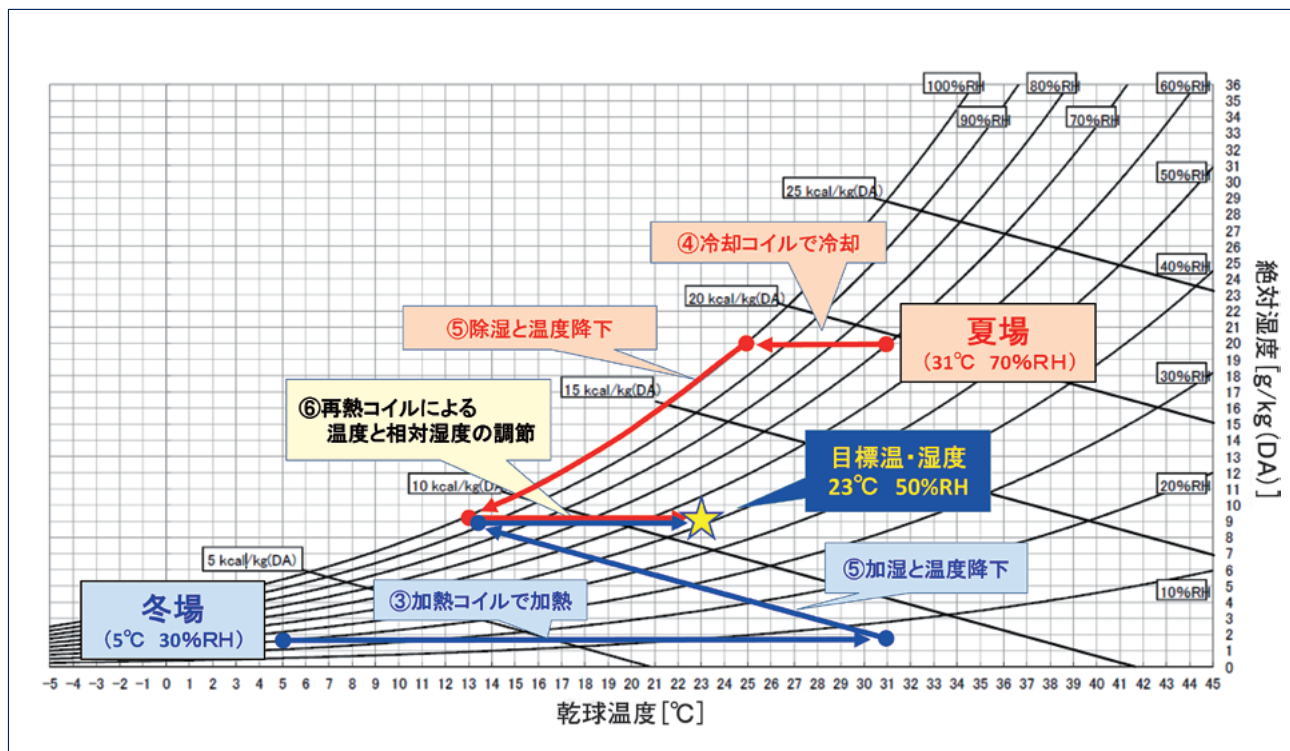


図6 外調機の冬場と夏場の空気線図

乾球温度 T_1 、絶対湿度 X_1 の空気を絶対湿度 X_2 に加湿すると、空気は水との熱伝達および水の蒸発潜熱によって冷やされ T_2 になります。すなわち潜熱が増えて顕熱が減少します。この潜熱と顕熱の授受は等しい（エンタルピーの増減が無い断熱変化）となり空気線図上のエンタルピー線（湿球温度一定の線）上を飽和曲線（100%RH）に向かって移動しながら加湿していくことになります。

外調機の湿度コントロールの一例として、一般的なクリーンルームの温湿度である23°C、50%RHの空気を冬場と夏場で得ようとする場合を想定します。図6に外調機の冬場と夏場の空気線図を示します。

i) 気温が低く湿度の低い冬場の外気

- ・冬場（温度5°C、湿度30%RH）の外気は、③加熱コイルで31°Cまで加熱してから⑤「ハニカムウォッシャー®」で相対湿度約90%RH辺りまで加湿します。
- ・加湿により温度が13°Cまで低下した湿った空気を、⑥再熱コイルで加熱し、23°Cにすることで相対湿度50%RHの空気を得ることができます。

ii) 気温が高く湿度の高い夏場の外気

- ・夏場（温度31°C、湿度70%RH）の外気は④冷却コイルで12°C付近まで冷却し、結露によって大気中の余剰湿分を除去します。
- ・除湿した空気を⑤「ハニカムウォッシャー®」に通過させますが、空気の相対湿度が100%RHであるため、水は気化せずケミカル成分（ SO_4^{2-} 、 NH_4^+ ）だけが除去されます。
- ・この空気を冬場と同様に⑥再熱コイルで加熱し、23°Cにすることで相対湿度50%RHの空気を得ることができます。

5. おわりに

TOMBO™ No.8805-HW「ハニカムウォッシャー®」はクリーンで省エネルギーな加湿が可能な製品です。本製品に関するご質問、お問合せなどは工業製品事業本部 環境製品技術開発部までお願いいたします。

- *「TOMBO」はニチアス㈱の登録商標または商標です。
- *「ハニカムウォッシャー」はニチアス㈱の登録商標です。
- *本稿の測定値は参考値であり保証値ではありません。