クリーンルーム用機器の新製品

日下　豊（ひした　ゆたか）　岩田　英之（いわた　ひでゆき）　岡垣　良隆（おかがき　よしたか）

1　まえがき

クリーンルームは，半導体，液晶表示パネル（LCD），電子部品，精密機器などの工業分野および医薬品・食品などのバイオテクノロジー分野などに幅広く利用されている。

クリーンルームは高清浄度化に伴ってエネルギー消費が増大するため，省エネルギーへの取組みが強化されている。また，歩留り向上，作業効率向上に向けたさまざまな工夫が現場に導入されている。半導体・LCD 工程の高集積化・高精密化に伴い，分子状汚染対策が歩留り向上に重要である。

富士電機は，ファンフィルタユニット（FFU），クリーンブース，サーマルブース，エアシャワー，ケミカルフィルタなどの幅広いクリーンルーム用機器を取りそろえている

本稿では，最近のクリーンルーム用機器の新製品の中から，分子状汚染対策機器，手袋装着装置，高風速エアシャワーについて紹介する。

2　分子状汚染対策機器

半導体，LCD 製造工程などの加工密度の微細化により，粒子状物質（パーティクル）による物理的な汚染にとどまらず，有機物，イオン類，金属元素などの分子状汚染物質（AMC：Airborne Molecular Contaminations）が問題視されるようになってきた。本章では AMC 対策について紹介する。

2.1　AMC 対策

基本的にはパーティクルの汚染対策と同じであり，①侵入防止，②発生防止，③除去，④拡散防止などが原則となる。具体的な施策の実施には，総合的な技術が必要である。**図 1** に富士電機が提供している AMC 対策のフローを示す。ここで特に重要な技術は，低濃度の AMC 濃度測定である。富士電機は社内で分析機器を有し，現地サンプリングから分析，顧客へのコンサルティングを含む報告まで，一貫体制を整えて提供している。

2.2　エアウォッシャによる侵入防止

エアウォッシャは，外気中に含まれる水溶性の AMC である，アンモニア（NH_3），硫黄酸化物（SO_x），窒素酸化物（NO_x）などを，純水中に溶け込ませて除去するシステムである。一般的には外調機に設置するが，プロセスで発生した物質を除去するため，循環系の空調ダクトに設置する例もある。

従来は純水を霧状に噴霧するシステムが主流であった。富士電機は除去性能が高く，省エネルギーを両立させた，繊維質セラミックをろ材に用いた「ハニカムウォッシャ」を展開している。吸水性の高い繊維質セラミックでできた斜行ハニカムの上部から純水を滴下し，ハニカム表面に水の膜を形成させ，導入空気と接触させることにより空気中に含まれる汚染物質を除去させる。**図 2** に，ハニカムウォッシャの構造と外調機への設置概要を示す。

2.3　クリーンルーム構成材料の評価（発生防止）

クリーンルームの構成材料（塗料，床材，シール材，ケーブルなど）からは，シリコンウェーハやガラス基板へ吸着しやすいシロキサンや DOP（フタル酸ジオクチル）などのアウトガスが発生する。これらは低濃度でも，表面に選択的に吸着することから，アウトガスの少ない構成材料を評価し選定することが重要である。近年はクリーンルーム用に低アウトガスをうたった構成材料が数多く開発されるようになった。

富士電機は 1997 年に自社のクリーンルームを建設した時期から，これらの構成材料の評価を行っている。常に新しい材料を測定し，評価結果を「材料アウトガスデータベース」として構築して活用している。また，特に当社施工の FFU 方式クリーンルームシステムは，シール材を使用しないノンシール施工を基本としており，アウトガス発生の抑制に一役買っている。

日下　豊

クリーンルーム用機器・システムのエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社産業・交通システム本部クリーンシステム統括部技術第一部グループマネージャー。

岩田　英之

クリーンルーム用機器の開発およびクリーンルームシステムのエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社産業・交通システム本部クリーンシステム統括部技術第二部。

岡垣　良隆

クリーンルーム機器の設計・開発に従事。現在，鳥取電機製造株式会社技術部。課長。

2.4　ケミカルフィルタによる除去

(1)　ケミカルフィルタの構造と除去原理

ケミカルフィルタは，外気からの侵入やクリーンルーム中で発生したAMCの除去に使用する。粒状，プリーツ状，ハニカム状などの構造があり，また除去原理は物理吸着，化学吸着，イオン交換反応などを利用する。それぞれに特長があり，除去したい成分や設置する場所によって使い分ける。富士電機はハニカム形状の「FRNケミカルフィルタ」を商品化開発し展開している。構造と除去原理を**図3**に示す。AMCがハニカム状の穴を通過する際に働く物理吸着作用と，ハニカム表面の吸着剤またはイオン交換基による化学吸着作用を併用して除去する。

(2)　ケミカルフィルタの設置場所

ケミカルフィルタの設置場所としては，外調機，（リターン）ダクト，天井，クリーンブース，装置などがある。近年は工程，装置ごとに汚染のメカニズムが解明されつつある。そこで外調機や天井に設置した方式から，装置や装置周辺にケミカルフィルタを搭載したクリーンブースを設置し，局所的に対策するニーズが増えている。**図4**に富士電機が施工したケミカルフィルタの設置例を示す。

(3)　ケミカルフィルタ搭載用FFU

ケミカルフィルタはAMCが含まれた空気を通気して除去するため，FFUと組み合わせて使用されることが多い。富士電機はFFUメーカーの強みを生かして，顧客のニーズにあったケミカルフィルタ搭載用FFUを開発している。**図5**に示すように，ケミカルフィルタを，上部，内部，下部に設置する3タイプがある。ケミカルフィルタは交換頻度が高いので，交換が容易なFFU上部に設置される場合が多い。

図6は最近開発したケミカルフィルタ8枚搭載型FFUである。FFU 1台に対して8枚のケミカルフィルタを設置できる。FFU 1台あたりの除去効率が高く，長寿命で

図1　分子状汚染対策

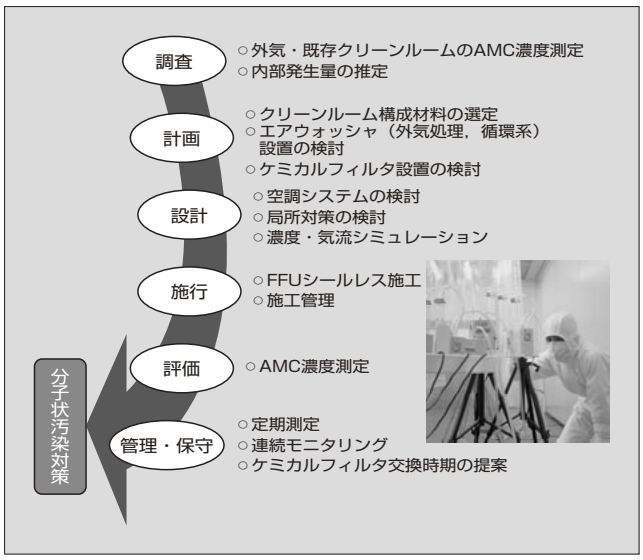


図2　ハニカムウォッシャの構造と設置概要

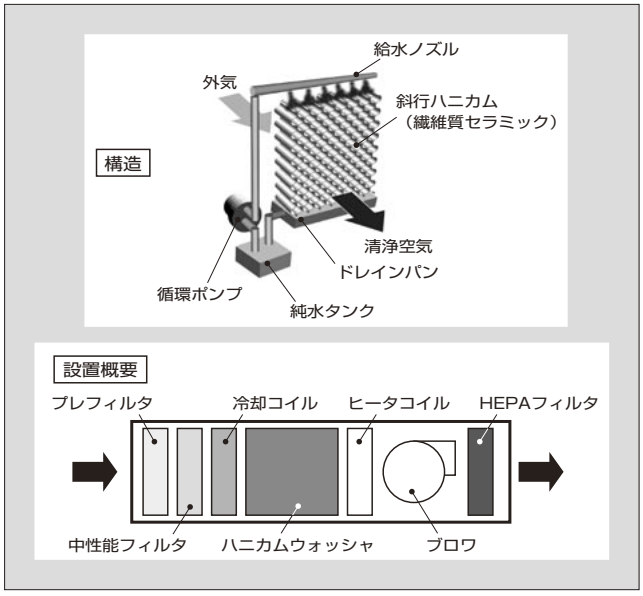


図3　ケミカルフィルタの構造と除去原理

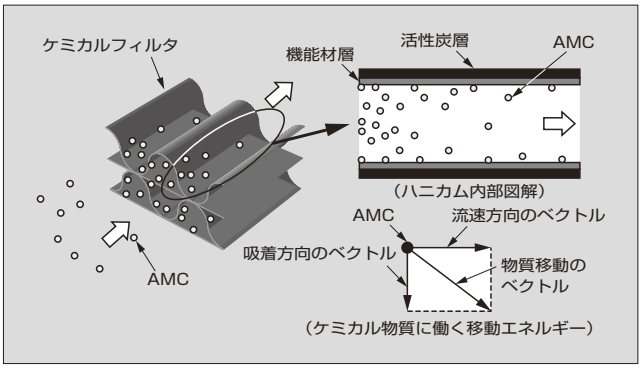


図4　ケミカルフィルタの設置場所の例

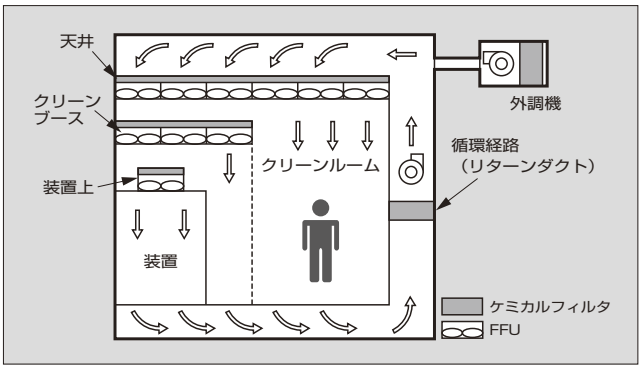
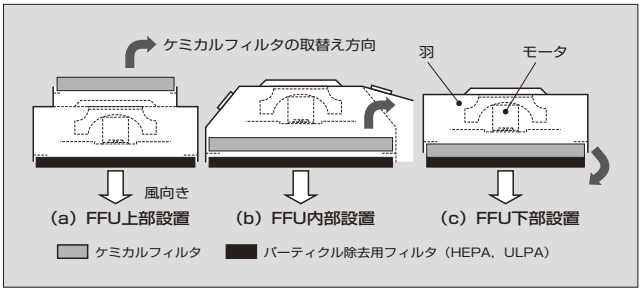


図5　ケミカルフィルタ搭載用FFU



ありコストパフォーマンスに優れている。天井やリターンダクトばかりでなく，クリーンブースや装置にも設置が可能であり，ミニエンバイロメントへの応用が期待される。

今後も顧客の要求に応じて，FFU とケミカルフィルタを組み合わせた，トータルシステムとして提供をしていく所存である。

2.5　今後の取組み

近年，AMC の常時監視が求められている。簡便で高感度な常時監視システムの開発が急務であり，AMC ガスセンサなどの開発に取り組んでいく。

3　手袋装着装置「F-Glove」

無菌対応，品質向上，歩留り向上のための汚染防止，衛生管理，感染防止に向けたクリーンルーム入室前の手洗いと手袋装着が重要となっている。

手袋の中でもラテックス，ニトリルなどのゴム製手袋は装着に手間取り交代時間に渋滞を生じることもある。特に無菌手袋の場合には，煩雑な無菌操作手順に従って装着しなければならず，改善策を望む声は強かった。

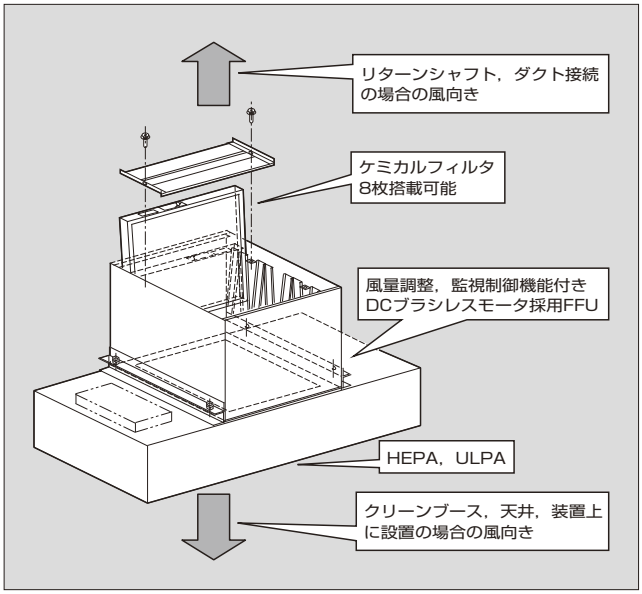
本章では，富士電機が製品化した，ゴム製手袋の装着を効率化するとともに，無菌手袋の装着も容易に行える手袋装着装置について述べる。

3.1　概　要

原理は，セットした手袋内部にエアを吹き込んで膨らませることで，装着しやすくするものである。

チャック部に手袋をセットし，ペダルを踏むと押え金具などが動作して手袋を固定する。手袋に手を入れることで光電センサが働きエアブローが開始され，手袋が膨らんで装着が容易に行える。装着後にペダルを操作すればエアブローが停止し，押え金具が引き込まれるので，取り外して手袋装着完了となる。製品仕様を**表 1** に示す。

図 6　ケミカルフィルタ 8 枚搭載用 FFU



3.2　特　長

(1)　作業効率の向上

エアブロー機能により手袋装着がスムーズかつスピーディに行え，従来の平均 13 秒から 6 秒へ（当社実測）装着時間を大幅に短縮可能となり作業効率がアップする。

(2)　クリーンなエアでじんあいの拡散を防止

エアブローを行う送風機には，高効率 DC ブラシレスモータを採用し，高風速を確保しつつコンパクト化，省エネルギー，低騒音を実現している。HEPA（High Efficiency Particulate Air）フィルタを内蔵させることで，吹出しエアの清浄度を ISO クラス 5 とすることも可能であり，クリーンなブローエアとしじんあいの拡散を防止している。

(3)　設置が容易

高風量送風機の採用により，圧縮エア用配管は不要であり，電源は単相 100 V とし，クリーンルーム前室や更衣室に手軽に設置することができる。

(4)　操作の容易さ

手袋装着装置の外観を**図 7** に示す。

表 1　手袋装着装置の製品仕様

型　　式	POG300
種　　別	送風機内蔵，半自動式
対象手袋	ラテックス，ニトリルなど
電　　源	単相　100 V　50/60 Hz
消費電力	約570 W*1
外形寸法	W550×D460×H995（mm）
質　　量	約50 kg
騒　　音	約72 dB（A）*2
標準付属品	転倒防止金具，接地アダプタ

＊1：消費電力はエアブロー時の値
＊2：無響室にて測定（前方200 mm，高さ1,500 mm）

図 7　手袋装着装置の外観

装置上面には操作方法を表示するとともに，動作に応じたLED表示灯（手袋セット，装着，終了）が点灯して，取扱いをサポートしている。また，サイズ切換スイッチにより，手袋セット時のチャック部開度を手袋サイズに合わせて変更することができる。

(5)　安全対策

手袋をしっかりと固定する機構とすると同時に，指などの挟込みによる事故を防止する安全対策を万全にすることが製品化にあたっての重要ポイントであった。

安全対策は，光電センサを使用した異物侵入検知と，機構部の工夫による挟まれ防止対策の両面から行った。

光電センサは，機構部の上部および下部に設置して，機構部の動作時には安全センサとして働き，指などを感知すれば非常停止する。

機構部の工夫としては，チャックと押え金具の間隔が常に5mm以下となるように動作させ，指などの挟込みを防止する。また，押え金具の前進とチャック部の戻り方向の動作はスプリングで行っているので，指や手が入れば停止する。

電源部には漏電遮断器を採用するとともに，電源プラグは接地付きとした。また，コンセント差込み部のほこりがたまりやすい部分に絶縁コーティングを施した耐トラッキング電源プラグを採用し，ほこりがたまることで発熱・発火する火災事故を防止している。さらに，地震などでの転倒を防止するための転倒防止固定金具を標準付属品としている。

3.3　今後の取組み

手袋装着装置は，本格的に製品化された前例はなく，新製品としてPR活動を展開中である。市場のニーズに応じた改良や，簡易型，全自動型といった新シリーズの開発など，クリーンルーム機器としてさらに進化させていく。

4　エアシャワー

本章では，DCブラシレスモータを採用し開発した新型エアシャワーの特長を述べる。

4.1　エアシャワーに求められる性能

エアシャワーはクリーンルームの入り口や，清浄度が異なる部屋間に設置する。清浄度の低い部屋から高い部屋に入室する際に，人の衣服に付着したじんあいを，高速のジェットエアで吹き飛ばして除去し，じんあいの持込みを防止する。

また，人が通過した後に除去されたじんあいが発生しているので，内部循環ファンにより，速やかにこのじんあいを捕集する構造になっている。この要求を満たすためには，人が不快と感じない程度まで，高風速のジェットエアを吹き出すために，風速を高める必要がある。

4.2　新製品の開発コンセプト

新製品の開発コンセプトとして，上記のエアシャワーに要求される高風速化を達成し，かつ近年顧客の要求の高い，省エネルギー，省スペース，低騒音，低アウトガスなどを満たすこととした。また，エアシャワーはクリーンルームの玄関に相当する機器なので，扉や操作パネルは美観を考慮したデザインとした。

上記の要求を満たすために，ファンとモータの組合せを従来タイプから変更し対応した。従来はシロッコファンとACモータの組合せであったが，FFUで採用している組合せであるターボファンとDCブラシレスモータを採用し開発を進めた。

表2　エアシャワーの従来機種と新機種の比較

項目＼分類			高速ジェット型 従来機種	高速ジェット型 新機種	省エネルギー薄型
型式			WLSS302M	WLSHS402M	WLSW402M
構造	ファン		シロッコファン	ターボファン	ターボファン
	モータ		ACモータ	DCブラシレスモータ	ACモータ
	フィルタ		75mmセパレート	45mmミニプリーツ	45mmミニプリーツ
	構造		一体型シール	ユニット型ノンシール	ユニット型ノンシール
	吹出し口の数（個）		12	16	16
	外形（m）		1.5	1.3	1.2
	質量（kg）		400	300	290
性能	風速（m/s）	50Hz	25	25～35可変	20
		60Hz	30		24
	ジェット時電力（W）	50Hz	800	320	400
		60Hz	1,200		500
	循環時電力（W）	50Hz	200	140	100
		60Hz	320		125
	騒音（dB）距離1m		85	60	―

図8　新型エアシャワーの外観

4.3　高風速化

従来のACモータでは，ファンの回転数が電源周波数とモータの極数に依存していたため，高風速の要求に対しては大型のファンを選定せざるを得なかった。しかしDCブラシレスモータを採用することにより，ファン回転数の可変制御ができ，風速を設計値どおりに設定できるようになった。低風速（25 m/s）から高風速（35 m/s）まで，電源周波数に依存することなくジェットエアの風速制御が可能となった。従来機種と新機種の比較を**表2**に示す。

4.4　省エネルギー

省エネルギーをメインコンセプトとした省エネルギー薄型エアシャワーを1999年にラインアップしている。新機種はこの省エネルギー薄型と遜色（そんしょく）ないレベルまで省エネルギーを達成している。また，DCブラシレスモータは可変速が容易なため，「省エネルギーモード」を新たな機能とし，顧客が運用面で省エネルギーに対応できるようにした。高風速と省エネルギーという相反する命題をクリアした。

4.5　その他の特長

その他の特長として，省スペース，低騒音も従来機種より優位性を持たせた。また，半導体や液晶クリーンルームではシール材などからのアウトガスの低減要求があり，これはシールをしない構造に変更し達成した。

美観は特に扉がデザインで重要になる。しかしコストとの兼合いがあるので，オプションとして顧客が選択できるようにした。新型エアシャワーの外観を**図8**に示す。

5　あとがき

クリーン機器の基本構成要素は，黎明（れいめい）期から現代に至るまで「送風機」「フィルタ」「構造部材」であり続けている。この構成は，清浄空間を要求されなくなるか，画期的なイノベーションがない限り続くものと思われるが，運用管理，歩留り向上，省エネルギーなどの観点からの最適制御，高効率化といった付加価値の向上の取組みが重要と考えている。市場ニーズにマッチしたクリーン機器の開発を進め，産業の発展に寄与していく。

参考文献

(1)　高橋秀人．空調設備計画とケミカル汚染対策．シンポジウム：半導体・新素材工場におけるケミカル汚染の現状と対策．2003, p.20–26.

(2)　佐渡直彦ほか．クリーンルーム内の化学汚染物質の分析評価技術．富士時報．vol.70, no.8, 1997, p.423–426.

(3)　岩田英之．クリーンルーム構成材の選定による有機汚染物質の抑制．第17回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集．1999, p.197–199.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。