

【開発ストーリー】

ケミカルワッシャー®T-GET®シリーズの開発と改良

岡村 典明 ・ 井上 正憲

Development and Improvement of the Chemical Washer T-GET® Series for Clean Room

Noriaki Okamura ・ Masanori Inoue

半導体やハードディスク製造用等のクリーンルームにおいては、1990年代中頃になると従来の粒子汚染制御に加えて分子汚染制御が要求されるようになった。分子汚染を引き起こす要因のひとつとして、クリーンルームに取り入れる外気由来の酸性・塩基性の微量ガス状物質が指摘されていた。そこで、当社は取り入れ外気中の可溶性ガス成分を除去するためのケミカルワッシャー®T-GET®を1997年に開発し、市場投入を行った。外調機に組込むT-GET®には、高いガス除去性能を維持しつつ、低い圧力損失と小型化を実現することが常に求められていた。その後も、継続した改良やモデルチェンジによって、T-GET®の高性能化を図ることで、顧客のニーズに応えてきた。そして、現在も顧客への導入を継続している。

1. はじめに

半導体やハードディスクなどの電子部品製造用クリーンルームは、1960年代中頃から米国の先進技術や機器を導入しながら、国内に普及してきた。1980年代までは、歩留まり低下の要因のひとつとして粒子汚染が着目されており、当社においてもファンフィルタユニットやクリーンルーム内の気流制御・静電気除去等による粒子汚染防止のための技術開発を行ってきた。1990年代になると、クリーンルーム空気中の微量ガス状物質による分子汚染が製品欠陥を引き起こすことが指摘され、ガス状物質の発生・侵入防止と除去のための技術開発が必要となってきた。そこで、当社においてもこの様なニーズに対応するため、外気導入系での除去技術（ケミカルワッシャー®）、室内空気循環系での除去技術（ケミカルフィルタ）および脱ガスの少ないクリーンルーム構成材の評価・選定技術の開発に着手した。そして、1997年に取り入れ外気中に含まれる可溶性の酸性・塩基性ガス成分の除去を目的としたケミカルワッシャー®T-GET®の開発を完了し、市場投入を行った。その後も開発を継続し、得られた知見をもとに改良やモデルチェンジを行ってシリーズ商品として市場投入することで、顧客への導入を継続している。本報では、ロングセラー商品となったT-GET®シリーズの開発経緯や改良・モデルチェンジの変遷、商品展開などについて紹介する。

2. 技術開発の経緯と体制

当時、外気導入系での除去技術としてはエアワッシャが候補としてあがった。しかし、従来型のエアワッシャは、液滴を噴霧するスプレーノズルと下流側で液滴を補足する樹脂や金属製のエリミネータから構成されていたが、装置が大型で、多量の水をスプレーしなければならないという課題を有していた。そこで、微量ガス状物質が除去可能で、かつ外調機に組み込み可能なコンパクトな新型エアワッシャの開発を目指した。開発コンセプトとしては、低コスト（イニシャル・ランニング共に）、小型化（従来型エアワッシャに対して）、産業廃棄物の低減（ケミカルフィルタに比べて）を掲げ開発に着手した。本開発に際しては当初より親水性を有する素材をエリミネータ構成材に採用し、物質移動を行う濡れ面積を出来るだけ大きくす

ことでガス除去効率の向上を狙う方針としていたり。また、微量な可溶性のガス状物質の除去特性については、既往の研究や知見も無かったため、従来から関係が深かった東北大学化学工学専攻の三浦研究室（当時）と連携して、基本的な特性把握やガス吸収原理について並行して研究²⁻⁵⁾を進めることとした。

そして、1997年に初代モデルの「T-GET®」を発売して以降、1999年に改良型エリミネータを搭載した「T-GET®II」、2001年にはpH制御機能を追加した「T-GET®III」、そして2006年にはスプレーの取止めと新型エリミネータを搭載し、大きくモデルチェンジした「T-GET®C」を市場投入し、高いガス除去性能かつ、コンパクトで低ランニングコストの商品へと進化を遂げていった。図1にT-GET®シリーズのカタログ、表1にT-GET®シリーズの仕様一覧、図2にT-GET®Cを組み込んだ外調機の概要を示す。初代モデルの発売以来、国内外での「T-GET®シリーズ」の納入実績は、外調機台数として521台、総処理風量として11,612万m³/h（更新需要分も含む）となっている。



図1 T-GET®シリーズ カタログ

表1 T-GET®シリーズ 仕様一覧

シリーズ	T-GET	T-GET II	T-GET III	T-GET C
市場化	1997年	1999年	2001年	2006年
エリミネータ特性	親水性	親水性	親水性	親水性
エリミネータ形状	屈折型コルゲート	屈折型コルゲート (改良版)	☐	波状コルゲート
上流からの噴霧水量	L/G=0.02	L/G=0.045	☐	無
上部からの供給水量	L/G=0.005	無	☐	L/G=0.09
処理風速	2.0 m/s	2.5 m/s	☐	2.5 m/s
圧力損失	120 Pa (at 2.0 m/s)	247 Pa (at 2.5 m/s)	☐	96 Pa (at 2.5 m/s)
循環供給水水质	1次純水相当（比抵抗:1.3 MΩ・cm以上）			
循環供給水のpH制御	成行き	成行き	pH制御ユニットにより 中性域に制御	成行き
pH制御ユニット 処理水量	無	無	L/G=0.005	無
排水量	L/G=0.01	L/G=0.01	L/G=0.0013~0.002	L/G=0.01
可溶性ガス成分 除去性能	SO ₂ ガス:83% (秋・冬期平均) NH ₃ ガス:90% (秋・冬期平均)	SO ₂ ガス:83% (年間平均) NH ₃ ガス:90% (年間平均)	☐	SO ₂ ガス:83% (年間平均) NH ₃ ガス:90% (年間平均)
飽和効率	88%	90%	☐	93%
セクション長さ	1,500 mm	1,140 mm	☐	600 mm
イニシャルコスト	100	83	109	51

※L/G:Liquid/Gasの重量比。処理風量:30,000 m³/h、L/G=0.02の場合、上流からの噴霧水量=0.02×30,000 m³/h×1.2 kg/m³=720 L/h

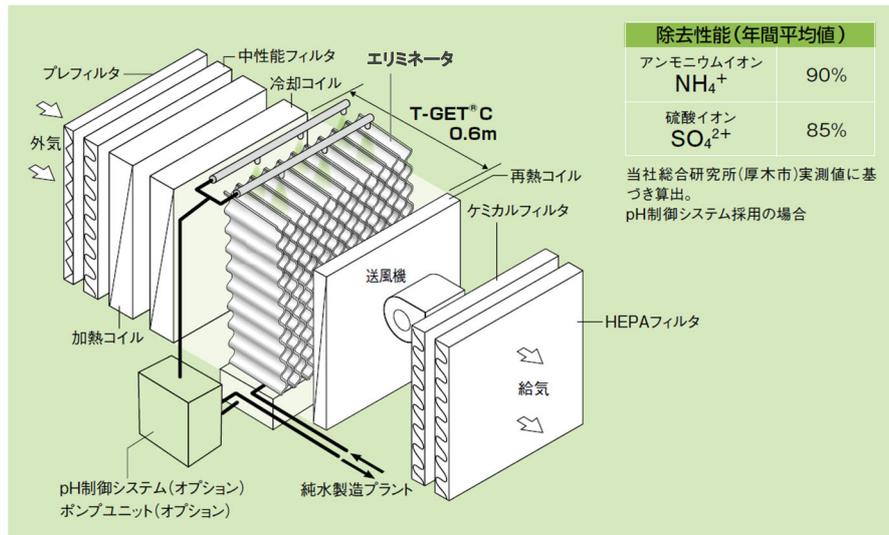


図2 T-GET®Cを組込んだ外調機の概要

3. T-GET®(初期モデル)の商品化

1997年に市場化したケミカルワッシャー®T-GET®は、エリミネータにポリエステル繊維からなる親水性素材を採用していることが大きな特徴である。

一般に、エアワッシャにおける可溶性ガス成分の除去性能は、供給水（液滴表面）と空気の接触面積（気液接触面積）に依存する。そのため、T-GET®では、図3に示すように、除去性能にほとんど寄与していなかった疎水性のエリミネータ素材を親水性に変更し、エリミネータ全面を湿潤状態にしたことで、気液接触面積が格段に大きくなり、供給水量を従来型の1/50~1/100に低減しても、高い除去性能を達成することができた。同時に、噴霧距離の短縮が可能となり、従来の長さの1/2~1/3程度のコンパクト化を達成し、外調機に組み込みやすくなった。また、クリーンルームのケミカルコンタミネーションに配慮し、供給水には1次純水を用いている。

T-GET®の開発課題の1つに、親水性エリミネータの製造方法や生産体制の確立があった。当時のケミカルワッシャー®は市場に導入事例がなく、製造メーカーも事業として成り立つのか予測困難なため、製造依頼先の探索には非常に苦労した。そのような中で、「開発者の熱意に打たれて、沈むかもしれない船に乗った」と親水性エリミネータの製造を請け負う段ボールメーカーが見つかった。開発者自身が、この技術は世の中に受け入れられる、絶対売れる、という強い信念と情熱を持って開発することが大切であり、熱意が人を動かす事例の一つとなった。

4. T-GET®シリーズの改良とモデルチェンジ

1997年にT-GET®を市場化して以降、同業他社や素材メーカーからも同様の機能をもつエアワッシャが商品化されてきた。そのため、T-GET®もT-GET®II、T-GET®IIIと改良改善を重ね、T-GET®Cでは大きくモデルチェンジを行い、競争優位性を維持することに努めてきた。

1999年に市場化したT-GET®IIでは、屈折型エリミネータを改良することにより、処理風速の高速化を図り、併せて循環供給水システムの仕様を見直すことで、コンパクト化とコスト低減を達成した。

2001年に市場化したT-GET®IIIは、T-GET®IIにpH制御ユニットを組み合わせたモデルである。T-GET®では外気中の酸性ガス成分と塩基性ガス成分の比率が偏ると供給水のpHが中性域から外れるため、図4に示すように、可溶性ガス成分の除去性能が低下して不安定になるという課題が開発当初から確認されていた。例えば、循環供給水のpHが酸性に偏ると、酸性ガス成分のイオン乖離率が低下し、酸性の可溶性ガス成分の除去性能が低下する。そこで、循環供給水のpHを常に中性域に調整するpH制御ユニットを

開発し、T-GET[®]の除去性能を常に高効率な状態に安定させることを実現した。一般的な pH 調整方法は、不足している極性の薬品を添加する薬品添加法が主流であったが、循環供給水に添加した薬品が飛散してクリーンルーム内のケミカルコンタミネーションを引き起こす懸念があった。そのため、T-GET[®]III では発想の転換を行い、過剰な極性の溶解成分を除去することで pH 制御を行うクリーン対応の pH 制御方法を新たに考案して実用化した。

2006年に市場化したT-GET[®]Cでは大幅なモデルチェンジを行なうことで、圧力損失の低減、コンパクト化、コスト低減を達成し競争力を高めた。最も大きな変更点としては、エリミネータの大幅な形状変更である。これまでの屈折型エリミネータから波状エリミネータにすることで、圧力損失をT-GET[®]IIIから60%低減することに成功した。併せて、エリミネータの積層枚数を増やす（単位容積当たりの気液接触面積を増やす）ことで、可溶性ガス成分の除去性能が高められたため、上流噴霧を中止してエリミネータ上部からの供給水のみで仕様変更した。図5に波状エリミネータ、図6にはT-GET[®]Cの外観を示す。さらに、この波状エリミネータは従来の屈折型エリミネータとサイズ互換性を持たせ、従来機への載せ替えも可能とした。

T-GET[®]Cにおいても、波状エリミネータの製造方法や生産体制の確立が課題であった。最終的には、製作機械等の開発経験のある小さな町工場に波状エリミネータの成形機の製作を依頼することができた。試行錯誤を重ね、3回にわたる成形機の試作を経て完成に至った。さらに、周囲環境の少しの違いが成形品の品質に影響することがわかり、さらに試行錯誤を重ねて最適な製造環境を整えることで、安定した品質で量産できるようになった。

ここでも、新しいものを生み出すときには、発注者と請負者という関係を超えて、純粋に「ものづくり」に対する熱意や情熱を結集することで商品化に至るという事例が得られた。

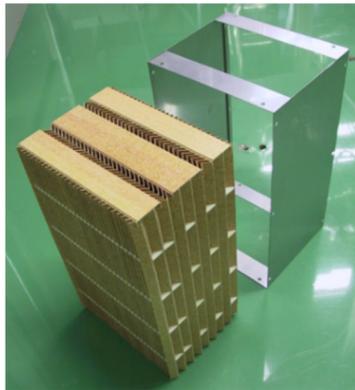


図3 屈折型エリミネータ

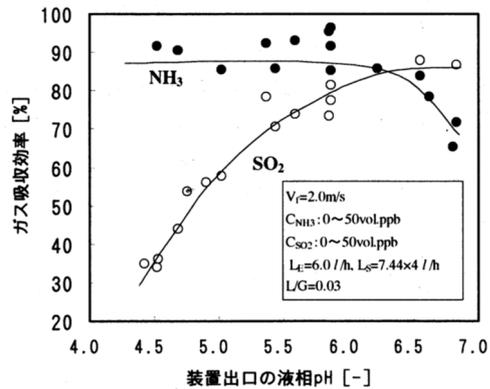


図4 液相 pH 値とガス吸収効率(純水給水)

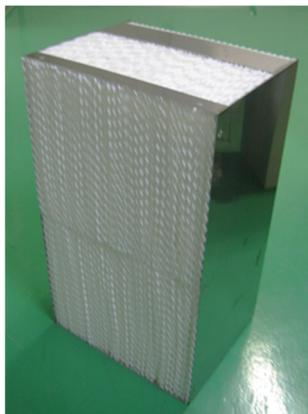


図5 波状エリミネータ



図6 T-GET[®]C 外観(上流側)

5. T-GET®シリーズの市場展開

1997年に市場化されたT-GET®は、機器単体の外販は行われていない。つまり、当社がクリーンルーム物件を受注して、外調機にケミカルワッシャー®設置の条件がある場合に納入される。

開発段階からT-GET®の情報発信に努めてきたこともあり、市場化した1997年に海外2件を含む計5物件に納入し、その後、2022年度末までの売上累計は、図7に示すように、国内1,539百万円、海外2,297百万円、合計3,836百万円を達成している。この間、海外での半導体製造が活況であったこともあり、海外の売上げが大きい。その一因として、某国においては、クリーンルームを中心とした設備施工・装置機器販売を行う会社からT-GET®を取り扱いたいとの要望があり、例外的にエリミネータ部だけを供給して拡販に繋げていたことが挙げられる。

また、2000年頃から、クリーンルームの外調機への可溶性ガス成分の除去装置の設置がデファクトスタンダードになったことや、社内の認知が広まってT-GET®のクリーンルーム物件への採用がスタンダードとなったことが、売上げアップの追い風となった。また、T-GET®導入を目的として、クリーンルーム施工を受注した物件もあった。T-GET®のように競争力のある要素技術は、当社のクリーンルーム施工の受注にも少なからず寄与してきている。

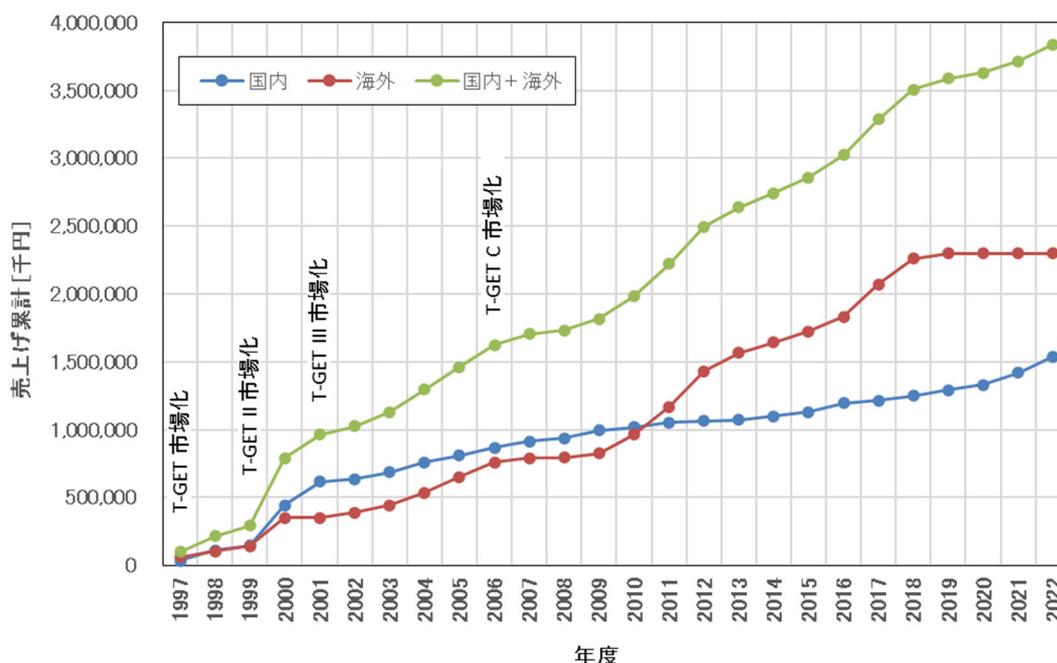


図7 T-GET®シリーズ 売上累計

6. おわりに

T-GET®シリーズは、顧客ニーズに対してタイムリーかつ継続した開発を行うことで、市場に受け入れられ続ける商品となった。優れた技術開発とは、想定する市場や顧客に対して、技術優位性（性能・品質・安全）とコスト優位性（イニシャル・ランニング）を備えた顧客価値を創造していくことである。そして、当社の様にメーカー的な機能を持たない企業にとっては、連携して「ものづくり」を行う良きパートナーの存在が極めて重要となる。そこには、「技術開発」や「ものづくり」に携わる人々の熱意や日々の努力が必要であることは言うまでもなく、今後も顧客に選ばれる商品開発が続くことを期待したい。これまでのT-GET®シリーズの普及展開は、社内関係部門の多くの方々のご協力やご支援の賜物であり、この場を借りて深く感謝を申し上げます。

文 献

- 1) 稲葉仁、岡村典明、高橋惇：エアワッシャーにおける親水性エリミネータの有効性，空気清浄，Vol. 37 No. 4, 308-314(1999).
- 2) 井上正憲，五味弘，青木秀之，三浦隆利：清浄水を用いた気液接触ガス吸収装置の特性解析，空気調和・衛生工学会論文集，Vol. 24 No. 75, 81-88(1999).
- 3) 井上正憲，吉田隆紀，青木秀之，猪股宏，三浦隆利：NH₃-SO₂-CO₂希薄水溶液の気液平衡特性，化学工学論文集，Vol. 25 No. 5, 677-682(1999).
- 4) 井上正憲，青木秀之，丹野庄二，三浦隆利：風洞内傘状噴霧流の特性解析，日本機械学会熱工学講演会論文集，319-321(1998)
- 5) 井上正憲，吉田隆紀，青木秀之，丹野庄二，三浦隆利：複数ノズルを配置した風洞内傘状噴霧流の特性解析，微粒化，Vol. 9 No. 26, 1-9(2000).

ABSTRACT

In the mid-1990s, molecular contamination control was required in addition to conventional particle contamination control in clean rooms for semiconductor and hard disk manufacturing. Trace amounts of acidic and basic gaseous substances derived from outside air taken into clean rooms have been pointed out as one of the factors that cause molecular contamination. Therefore, in 1997, we developed the chemical washer T-GET[®] to remove soluble gas components from the makeup air, and launched it on the market. T-GET[®] was required to achieve low pressure drop and downsizing while maintaining high gas removal performance. Since then, we have continued to meet customer needs by improving the performance of T-GET[®] through model changes. And we are currently continuing to introduce it to our customers.
