

クリーンルーム用化学物質除去装置の開発

鹿毛 俊彦*¹・若山 恵英*¹・並木 哲*²

Keywords : clean room, chemical contaminations, chemical filter, pure air, continuous operation

クリーンルーム, 化学汚染, ケミカルフィルタ, 清浄空気, 連続運転

1. はじめに

最先端の高精細な電子デバイス製造プロセスでは、有機物、アンモニア等に代表される化学汚染対策を行うためにケミカルフィルタの設置は必要不可欠なものになってきている。しかしながら、ケミカルフィルタは吸着材によって化学物質を除去するため、吸着材の保持できる化学物質の量が限界に達する前に交換する必要がある。そのため、定期的な交換が必要であり、そのたびにケミカルフィルタ本体及び交換作業の費用が必要となる。さらに、ケミカルフィルタ交換時には基本的にフィルタへの送風を停止する必要もある。また、交換済みのケミカルフィルタの多くは廃棄物となっているのが現状である。本研究^{1), 2)}では、これらのケミカルフィルタの欠点を補うことを目的として、本装置を開発し、その化学物質除去性能の検討を行った。

2. システム概要

開発した「化学物質除去装置」には、図-1 に示すように、装置内部に再生可能な化学物質吸着塔が平行に2つ装着されている。この吸着塔はセラミックなどの複数の無機多孔物質を組み合わせたフィルタを有しており、このフィルタで化学物質を吸着除去し、清浄空気を供給する。化学物質を吸着したフィルタは熱風を当てることにより、化学物質の脱着除去が可能である。この吸着塔を相互運転し、休止中の吸着塔は自動的に再生処理が行われる。したがって、本装置を用いた空調システムではケミカルフィルタのように交換が必要なく、連続的に化学汚染物質を除去した清浄空気を供給することが可能である。本装置に搭載してい

るフィルタは有機化合物、イオン化合物のいずれの化学成分も除去が可能である。

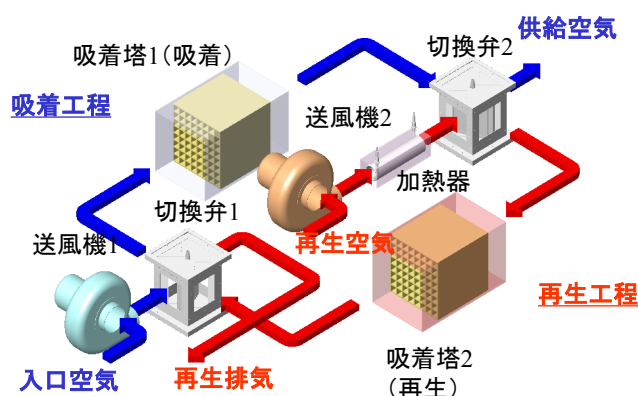


図-1 装置内部の吸着塔の構造

Fig.1 Structer of the absorption tower inside equipment

3. 実験条件および評価方法

本装置の評価は、図-2 に示す通り、実稼働中のクリーンルーム内で行った。プロセスエリア内に局所クリーンブースを設置し、プロセスエリア下階に設置した本装置によって化学物質を除去した空気をダクトでクリーンブース内に供給する空調システムによって各種化学物質の除去評価を行った。化学物質除去装置の入口とクリーンルーム内の空気はサンプリング箇所が層流の上下の違いのみであるため、基本的には同程度の化学物質濃度成分を示した。そこで、化学物質の除去性能の評価ポイントは「化学物質除去装置」の上流として、クリーンブース内、下流としてクリーンルーム内の2か所とした。装置の化学物質除去性能評価方法として、以下の実験項目に関して検討した。

- ① 稼働直後と自動再生を10回以上行った稼働約半年における化学物質除去性能評価
- ② 2つの吸着塔を相互に吸着/再生して運転する連続運転時の化学物質除去性能評価

*1 技術センター 建築技術開発部 建築生産技術開発室

*2 技術センター 建築技術研究所 建築構工法研究室

- ③ クリーンルーム内を高濃度の有機物が存在する環境に調整し、その高濃度環境下での化学物質除去性能評価
- ④ プロセスで使用するガラス基板を用いた、ガラス基板付着有機成分除去性能評価

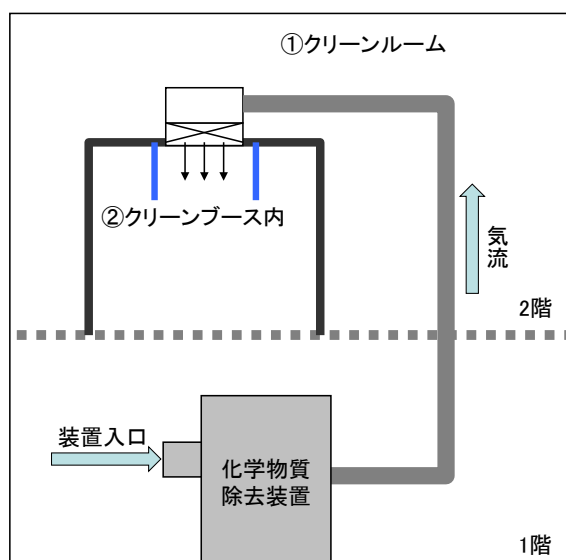


図-2 評価空調システム概略図

Fig.2 Schematic view of evaluation air-conditioning system

3.1 空気中有機物評価

空気中有機物濃度は、評価空気を Tenax-TA 捕集管で捕集し、加熱脱着-ガスクロマトグラフ質量分析装置 (TD-GC/MS) を用いて評価した。GC/MS で検出した有機物は、n-ヘキサデカンを標準物質として定量した。

3.2 空気中アンモニア成分評価

空気中のアンモニア濃度は、超純水の入ったインピンジャーで評価空気中のイオン成分を溶液吸収し、その吸収液をイオンクロマトグラフ分析装置を用いて評価した。

3.3 ガラス基板付着有機物量評価

洗浄により有機物を除去したガラス基板をクリーンブース及びクリーンルームに暴露し、ガラス基板に空気中有機物を付着させる。暴露したガラス基板に付着した有機物は基板加熱脱着-GC/MS を用いて評価した。GC/MS で検出した有機物は、n-ヘキサデカンを標準物質として定量した。

4. 実験結果及び考察

4.1 稼働時間による化学物質除去性能比較

稼働直後及び稼働半年後の化学物質除去装置の前後で検出された空気中の有機物濃度を図-3 に、アンモニ

ア濃度を図-4 に示す。化学物質除去装置により処理された清浄空気が供給されるクリーンブース内の有機物濃度は、稼働時、稼働半年後ともに約 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と低濃度であり、有機物の除去効率はいずれも 95%以上の除去性能が確認できた。また、自動再生処理が適切に行われ、長期間にわたって化学物質を高効率に除去することも確認できた。アンモニア濃度に関しても稼働直後より高効率な除去性能を示し、長期運転による除去性能の低下も見られず、その除去効率は 95%以上であった。

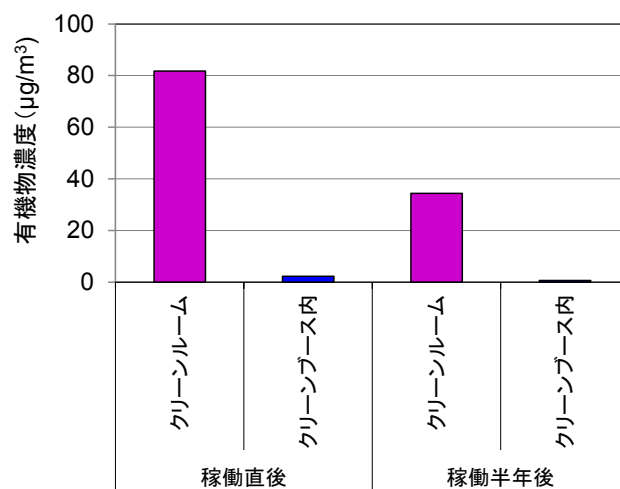


図-3 装置前後での空気中有機物濃度

Fig.3 Organic compounds concentration in the air

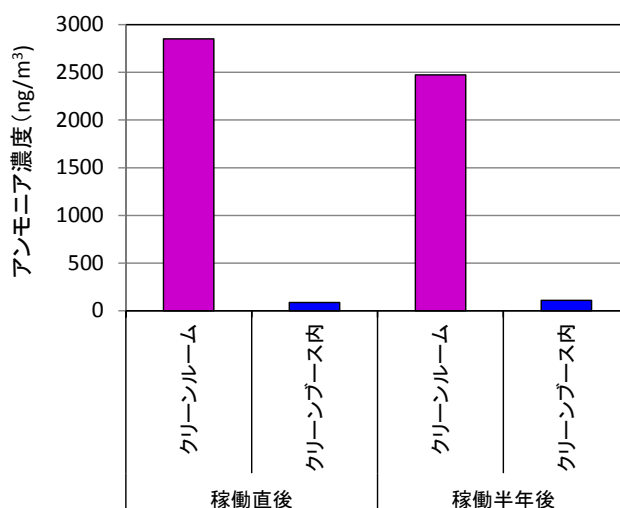


図-4 装置前後での空気中アンモニア濃度

Fig.4 Ammonia concentration in the air

4.2 連続運転時の化学物質除去性能比較

連続運転時（吸着塔 1 及び 2 を交互に切り替えて再生吸着を繰り返す運転）での化学物質除去装置の前後で検出された空気中の有機物濃度を図-5 に、アンモニア濃度を図-6 に示す。吸着塔 1 および吸着塔 2 での連続運転を行った際のクリーンルーム内の空気と「化学物質除去装置」で処理された空気が供給されているクリーンブース内の空気中の有機物濃度を比較した。クリーンブース内の有機物濃度は、吸着塔 1, 2 に関係なく低濃度であり、有機物の除去効率はいずれも 95%以上の有機物の除去性能が確認できた。また、再生処理が適切に行われ、連続的に化学成分を高効率に除去できることも確認できた。アンモニアの除去効率に関しても、有機物同様、吸着塔の切り替えの影響は見られず、吸着塔 1 および 2 で高効率のアンモニア除去性能が確認でき、除去効率は 95%以上であった。

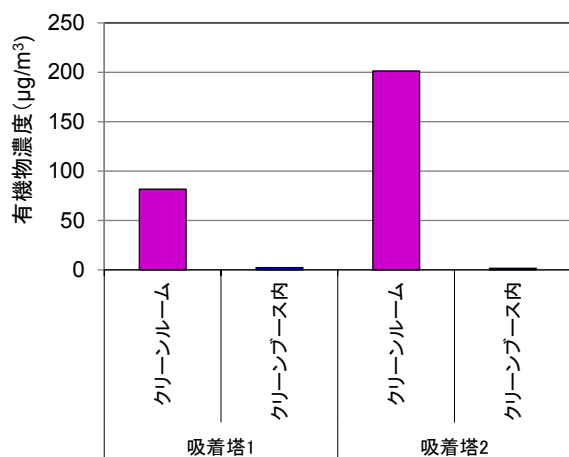


図-5 各吸着塔における空気中有機物濃度
Fig.5 Organic compounds concentration in the air in each absorption tower

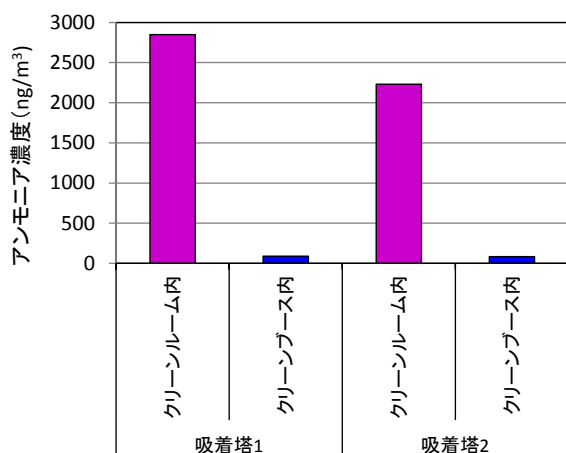


図-6 各吸着塔における空気中アンモニア濃度
Fig.6 Ammonia concentration in the air in each absorption tower

4.3 高濃度有機物質下での化学物質除去性能評価

高濃度の化学物質の除去性能を確認するために、クリーンルーム内に実験的に有機物質を発生させて、高濃度雰囲気を模擬的に作り、化学物質の除去性能評価を行った。図-7 にクリーンルーム内とクリーンブース内の空気中有機物濃度を示す。クリーンルーム内の有機物濃度は実験-1 では 8000 µg/m³ 以上、実験-2 では 4000 µg/m³ 以上であった。一方、化学物質除去装置から清浄空気が供給されているクリーンブース内では、クリーンルームの有機物の 95%以上が除去されていることが確認され、高濃度下においても、本化学物質除去装置の高効率な除去性能が確認できた。

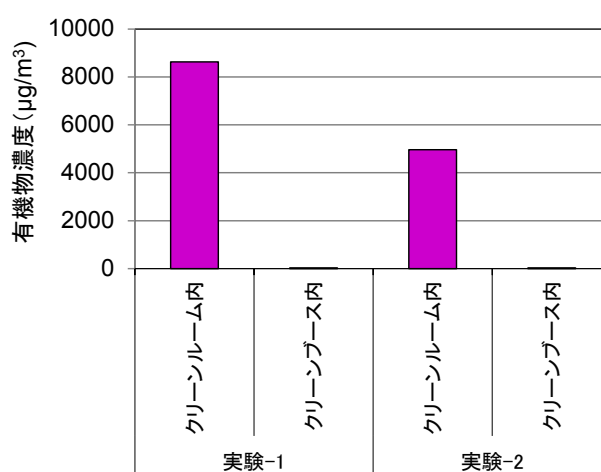


図-7 実験における空気中有機物濃度
Fig.7 Organic compounds concentration in the air in an experiment

4.4 ガラス基板付着有機物量評価結果

クリーンブース内および、クリーンルーム内に、有機物を除去した清浄なガラス基板を 24 時間および 168 時間暴露した。暴露したガラス基板表面に付着した有機物量を図-8 に示す。クリーンルーム内に暴露したガラス基板表面に付着する有機物は時間とともにその量が増加し、168 時間の暴露で 8000pg/cm² 以上の有機物の付着があった。一方、「化学物質除去装置」から清浄空気が供給されている、クリーンブース内に暴露したガラス基板上の有機物量は 168 時間後もほとんど有機物は吸着せずに極めて清浄な表面が保たれることが分かった。

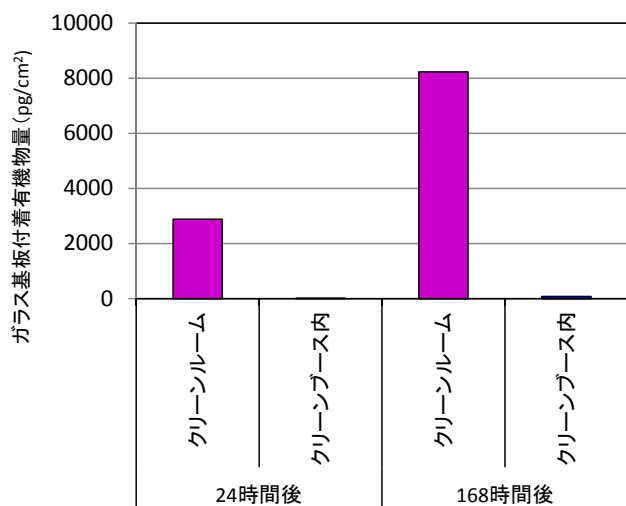


図-8 各測定場所におけるガラス基板付着有機物量

Fig.8 Amount of organic compounds absorbed on glass-wafer surface in each measurement place

5. まとめ

本研究では、最先端の電子デバイス製造プロセスの化学汚染対策としてケミカルフィルタの代わりとなる「化学物質除去装置」を開発し、その性能評価を行った。その結果、

- 稼働開始直後及び吸着/再生を繰り返した半年後の化学物質除去性能は、空気中有機物、空気中アンモニアともに 95%以上の化学物質除去性能が確認できた。

また、経年による除去効率の低下は見られなかった。

- 吸着塔 1, 2 を切り替える連続運転を行った結果、吸着塔 1, 2 の化学物質除去効率に差はなく、送風を止めることなく連続的に空気浄化を行えることが確認できた。
- 実験的にクリーンルーム内に有機物の高濃度雰囲気を作り、その除去効率を検討した結果、高濃度環境下でも低濃度時と変わらず、95%以上の化学物質除去性能が確認できた。
- 電子デバイス製造プロセスで使用するガラス基板に本装置で化学物質を除去した清浄空気を暴露した結果、ガラス基板を長時間放置しても有機物が付着しない浄化空気を供給することが可能であることが確認できた。

以上のことから、今回開発した、「化学物質除去装置」は、ケミカルフィルタの欠点を補った連続運転、フィルタの交換不要な装置であることが確認できた。今後は、「化学物質除去装置」による清浄空気を、局所クリーンブースや製造装置などへ適用することを考えている。

参考文献

- 若山恵英, 鹿毛俊彦, 並木哲: 化学物質除去装置の評価 (その1 化学物質除去性能の確認), 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集, pp.803-804, 2009.
- 若山恵英, 鹿毛俊彦, 並木哲: 化学物質除去装置の評価 (その2 連続運転時および高濃度下での除去性能), 日本建築学会大会 (北陸) 学術講演梗概集, pp.933, 2010