

布系ダクトによるクリーンルームシステム 「T-Flexible Cleanroom Membrane」

■ 作品の概要/環境・設備デザインの解説 Project Summary & Design Concept

布系素材による高性能フィルタユニット（ソックダクト形状）を開発、工業系クリーンルームへの適用を可能としました

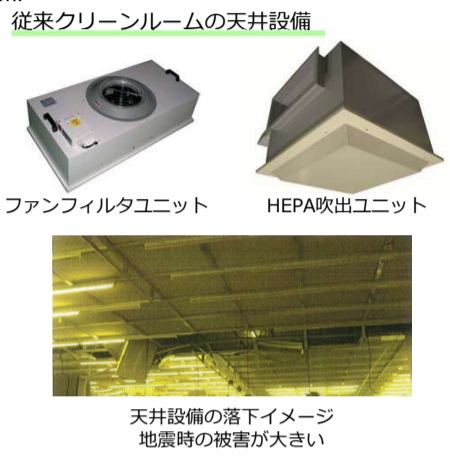
樹脂系多孔質膜(PTFE)を用いた高性能フィルタユニット(ソックダクト形状のメンブレダクト)を開発し、軽量化により天井建築部材の省力化と地震時の落下による被害軽減を実現しました。フィルタ圧損が少ないことからファン動力が削減され、安全かつ省エネルギーなクリーンルームを実現します。

We produced a membrane duct using PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene).
By reducing the weight, we have realized labor saving for ceiling structural members and reduced damage from falling during earthquakes. Fan power is reduced due to low filter pressure loss, we create safe and energy-saving cleanroom.

開発背景
半導体関連クリーンルームでは天井に設備機器があることで、大地震時に設備機器が落下し人的被害だけでなく、高価な生産機器への被害が大きい。クリーンルームの特性上、復旧・再生産までの時間もかかり、サプライチェーンへの影響が広範にわたってしまう。そこで、天井設備のシステム重量を軽減したクリーンルーム空調システムを開発した。

デザイン概要
従来のソックダクトの外形はそのままに、使用素材を新たに選定・加工を行いクリーンルームに適用可能な、HEPAフィルタ(99.97%@0.3μm)相当の捕集効率を実現した。フィルタとしての耐久性を向上させるため、プレフィルタを内側に内蔵する二重化構造とした。従来のソックダクト形状のダクトはその開発工程で、布(メンブレン)の縫合せ+接着剤加工とされていたが、糸くずの発生や接着剤の割れ等、リークや清浄度に関わる課題があった。これを密着加工として解決を図った。

使用用途：クラス100,000~クラス10,000程度のクリーンルーム環境を対象
空調システムについて



クリーンルーム空調方式の例

今回開発のメンブレダクトによる空調方式

フィルタ素材の特徴

従来品

表面
内部

従来一般的なフィルタ素材(ガラス繊維不織布、HEPAフィルタでも使用) ... 表面に毛羽立

採用品

表面
内部

樹脂製多孔質膜 (PTFE: 8°リトラクタ加工) ... 表面が平滑

今回開発のメンブレダクト構造概要

PTFE+プレフィルタ
アイソメ図 送風
既製品ソックダクト(プレフィルタ)
PTFE多孔質膜
断面図
既製品ソックダクト(プレフィルタ)

加工方法

縫い合わせや接着による加工でなく、密着加工によりクリーンルームでの使用に対応。

■ 機能性 Functionality

機能試験を行い、圧力損失、捕集効率、耐久性の性能を確認

圧力損失
初期圧損が従来一般HEPAフィルタの50%以下となっていることを確認。

捕集効率
HEPAグレード(99.97%@対象粒径0.3μm)相当であることを確認。

耐久性
初期圧損約90Paから最終圧損180Paとした時、塵埃導入試験の測定結果より、最終圧損に至るまで必要な時間は推定3.5年であることを確認。
→ 十分耐久性があるといえる。

初期圧力損失の測定結果

捕集効率の測定結果

捕集効率(%)	PTFE3層		PTFE3層+プレフィルタ		PTFE5層	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
1回目	91.44	91.24	99.89	99.96	99.77	99.92
2回目	91.24	91.24	100	100	100	100
3回目	91.24	91.24	100	100	100	100
平均	91.31	91.24	99.96	99.92	99.92	99.92

※対象粒径0.3μm ※リークの簡易測定は治具を開発中
※青塗り箇所: HEPA基準の99.97%を下回る測定値

耐久性試験の測定結果

フィルタが最終圧損になるまでの期間を実験により想定した
→ 使用期間は3年以上は確保できる

■ 社会性・経済性 Sociality & Economics

フィルタ性能、コストにおいて従来システム同等以上かつ、システム重量を大幅減全ダクト方式を基準に天井に対するシステム重量は30%減、イニシャルコスト約35%減、ランニングコストも約70%減となり、安全性向上と共に社会性・経済性も兼ね備える。システム重量が軽量のため、改修工事においても構造体補強をすることなく、既存躯体を流用したクリーンルーム構築が可能となる。既存躯体を流用したクリーンルームの早期立ち上げも可能となる。

方式	従来システム		今回開発システム
	①空調機循環 全ダクト方式	②天井FFU循環方式	③メンブレダクト(布系ダクト)方式
清浄度クラス	1,000~100,000	10~10,000	10,000~100,000
フィルタ交換・頻度	天井下、5年~	天井内、5年~	天井下、~3年
天井吊重量	100% ○	123% △	分岐鋼板ダクト含めて70% (スパイラルダクトに比べソックダクト単体では9%) ◎
イニシャルコスト	100% △	103% △	65% ◎
ランニングコスト	100% △	27% ○	29% ◎

※ 比較検討モデル: 60~100m²、CH4500、クラス10,000のクリーンルームを想定
※ 交換時は洗浄ではなく、交換を想定 ※ 設置した状態でのリークテストを容易にする治具を開発中

■ 評価表(自己評価) Environment & ME Design Evaluation Criteria (Self-evaluation)

評価項目	特に重視したデザインの視点	評価項目に対する設計者のデザイン意図 (従前のデザインと比較し、優れている部分、卓越している部分に関して具体的に記述してください。)		自己評価		
		優れている	卓越している	優れている	卓越している	小計
A. 感性軸 (造形) Form	01審美感	清潔感というフィルタユニットが果たすべき機能に対し、白色の外観はイメージが伝わりやすい。		○		1
	02調和性	白磁器の内装となるクリーンルームにマッチした外観である。		○		1
	03独創性	基本的には本来標準となるクリーンルームにおけるフィルタ機構を室内露出でも採用可能とした。		○		2
	04象徴性	室内に露出したフィルタ機構が見えることで、見とれにわかりやすい。		○		1
	05完成度	機能を満たすための形態が外観上にも表れている。		○		2
B. 機能軸 (技術) Technology	06機能性	クリーンルームの清浄度を担保しつつ天井設備の軽量化を実現している。		○		2
	07効率性	メンテナンス時は天井下での交換作業が可能なため、作業効率が高い。		○		2
	08利便性	設置方法が選択可能なため、導入対象に応じて検討可能。		○		1
	09安全性	天井設備が軽量なため、大地震時の天井落下に対する安全性を高めている。		○		2
	10先進性	従来無かった、工業用クリーンルームへの布製ダクト採用を可能としている。		○		1
C. 社会軸 (環境) Environment	11環境負荷	省エネルギー性能は天井FFU方式とほぼ同等程度高い。		○		2
	12資源消費	建築的な支持材等の天井内工事量が減少するよう資源消費削減。		○		2
	13地域環境性	本ユニット自体は低騒音で風量排出を行うものであり、騒音・振動の発生は少ない。		○		1
	14CO ₂ 削減性	天井重量が小さいため、既存工場での改修工事にも適用可能である。		○		2
	15先進性	従来無かった、工業用クリーンルームへの布製ダクト採用を可能とし、荷重の問題から諦めていた既存工場もクリーンルーム構築が適用できるポテンシャルを持っている。		○		2
D. 経済軸 (LCC) Life Cycle Cost	16イニシャルコスト	天井FFU方式に比べて約60%程度低減、安価。		○		2
	17ランニングコスト	一般に省エネルギー性能が高いとされる天井FFU方式とほぼ同等程度。		○		2
	18維持管理	天井下での管理で済むため維持管理が容易。		○		2
	19耐久性	通常、年1回程度を推奨するHEPAフィルタ同等程度以上の耐久性がある。		○		2
	20LCC	耐久性は従来品と遜色ないため交換頻度も増やさず、維持管理が容易なため維持管理費用の低減が可能。		○		2

