

経済産業省産業技術環境局長賞

「超高清浄化とコンパクト化を実現した工業用集塵機 (Iシリーズ)」

(株)流機エンジニアリング

1. 装置の詳細説明

本装置は、製鉄・鉄鋼業等の製造工程において発生する粉塵やヒュームなどの微粒子を気体から分離し、気体を清浄化する集塵装置である。

本装置は、テフロンメンブレンをラミネートした表面ろ過型のプリーツ成形フィルタを採用し、高圧空気の瞬時放出によるインパルス衝撃波でフィルタの目詰まりを払い落とす機能を有する。従来のバグフィルタと比較して、出口清浄度の向上 ($100 \text{ mg/m}^3 \rightarrow 0.01 \text{ mg/m}^3$)、並びに大面積のフィルタ ($80 \text{ m}^2/1 \text{ 本}$) による装置のコンパクト化 (設置面積 1/5) を達成している。また、強度の高いフィルタは長寿命 (バグフィルタの4倍) であり、目詰まり払落し機能によってフィルタ交換コストを大きく削減できる。

(1) 集塵原理

集塵装置はフィルタ濾過を持続的に行う装置であり、濾過技術が中心にある。

濾過プロセスは、深層濾過と表面濾過に分けられる。

深層濾過

深層濾過はフィルタ層内部で粒子をトラップし、ガスを清浄化するプロセスで、一般空調用の外気取入フィルタや HEPA フィルタが相当する。

例えば、HEPA フィルタは濾材にマイクロガラスウールのフェルト状のフィルタを成形しており、通気速度は 3.2 m/min 程度で集塵装置より3倍以上速いものの、マイクロガラスウールの層内で微粒子をトラップし、高い清浄度を作ることができる。

空調用 HEPA フィルタの層内部にトラップした粒子は物理的に除去不能であるため一定の粒子量が累積すると目詰差圧が増大するとともに通風量も低下するため、一定周期での交換消耗が必要である。

表面濾過

集塵装置では、長期間運用を可能にするためには深層濾過とならないように制御する方法が必要で、一義的には粒子をフィルタ表面でトラップし、フィルタ内部に侵入させないことがフィルタの長寿命化になる。

① 微密膜によるトラップ

メンブレンフィルタなど、ナノメートルサイズの精度を持つ膜を基材となる粗いフィルタに貼り付けておく方法。

Iシリーズでは、0.15 μm テフロンメンブレン膜ラミネートにより表面濾過を実現している。

② プレコーティングによるトラップ

フィルタに粘土鉱物などの粒子を吸着させ、この一次付着層で微粒子をトラップする方法。

ただし、この方法はナノメートルサイズの微粒子が多く含まれる粉塵の集塵では、長期的に目詰まりが進行する場合がある。

またコーティング用の吸着粉体を大量に消費する問題やパルス再生時に出口粉塵濃度が高くなる問題がある。

目詰り再生

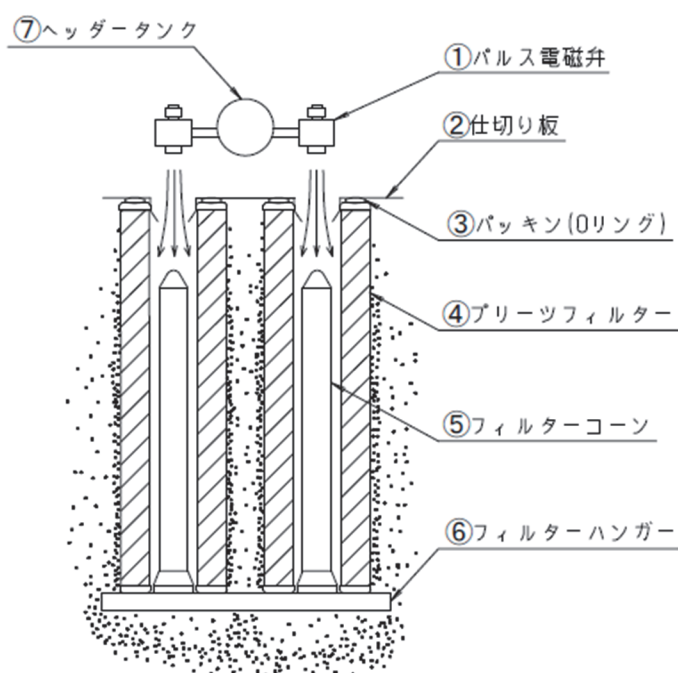
集塵装置では濃い粉塵濃度を清浄化する性能が求められ、10g/m³ の高濃度も珍しくない。一方、フィルタ表面でトラップされ粒子は凝集し、ケーキ層が形成される。ケーキ層も一種のフィルタとして機能し通気抵抗が発生する。

安定した通気風量を確保するためには、ケーキ層を払落しフラッシュ再生する必要がある。Iシリーズではインパルス衝撃波を利用した独自の方法を確立している。

目詰り払落し原理

高圧空気を瞬間的に開放するときに亜音速で発生する、インパルス衝撃波をフィルタ内部に作用させ、フィルタ内面に強力な粗密音波を叩き付ける振動により、粉塵を払い落とす。

亜音速インパルスを発生するパルスバルブ・高圧空気ヘッダタンク・衝撃波を効果的にする内部コーン・パルスコントロール装置により構成している。



- ①パルス電磁弁：ヘッダータンク内の圧縮空気を瞬時に放出し、
その時発生するインパルス(衝撃)でフィルターに付着した粉塵を払い落とす
- ②仕切り板：集塵機のフィルター室とパルス室を仕切る板
- ③パッキン(Oリング)：仕切り板とプリーツフィルター上部プレートの接する隙間を密着させ粉塵の流入を防ぐ
- ④プリーツフィルター：硬質の濾布をプリーツ状に折り、円筒状に成形した大面積でコンパクトなフィルター
- ⑤フィルターコーン：パルス電磁弁から発生した衝撃波の効果を高めるための円筒状の構造物
- ⑥フィルターハンガー：プリーツフィルターを等間隔に配置すると共に垂直に保持する構造を備える
- ⑦ヘッダータンク：エアパルスで使用する圧縮空気(0.5MPa)を蓄える

(2) フィルタ比較表

	従来装置 (H社)	申請装置 (当社)
フィルタ	織布 (軟質)	不織布 スパンボード (硬質)
フィルタ形状	円筒袋	円筒プリーツ成形
フィルタ精度	1 μ m×90%	0.15 μ m×99.95%
フィルタ寸法	H6m× ϕ 165	H2m× ϕ 455
面積	3.1 m ²	80 m ²
出口清浄度	100 mg/m ³	0.01 mg/m ³
目詰再生	エア逆流洗浄	インパルス衝撃波
エア消費量	15 ℓ /本 4.8 ℓ /m ²	120 ℓ /本 1.5 ℓ /m ²
フィルタ寿命	1年	4年 (30,000H)
フィルタ部容積	0.375m ³ 0.12m ³ /m ²	0.5 m ² 0.006m ³ /m ³
付属品	リテーナー、ノズル	内部コーン



バグフィルタ比較 (同面積)

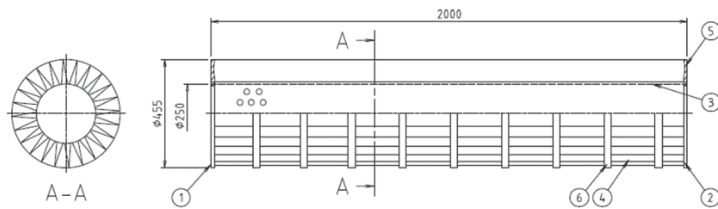
(3) 大面積プリーツフィルタ

大面積プリーツフィルタの集塵原理は従来方式のバグフィルタと同じであるが、集塵装置はフィルタ面積が支配的になることに着目し、大面積プリーツ成形フィルタとすることで 1 本当りのフィルタ面積をバグフィルタの 15～25 倍に増大し、合せて従来方式の課題を解決することが可能となった。



項目	名前	数量	説明
1	プレートA	1	SECC SUS304 t1.2
2	プレートB	1	SECC SUS304 t1.2
3	インナーチューブ	1	SECC t 0.8 φ6xφ8
4	ろ材	1	G2260黒、TF
5	接着剤	2	エポキシ
6	補強バンド	9	25巾 2重 PET

ろ布の種類	ろ布の寸法と山数	ろ布面積
G2260 BKO TF	96×1997×175山	67㎡
G2260 BKO TF	96×1997×209山	80㎡
G2260 BKO	96×1997×235山	90㎡

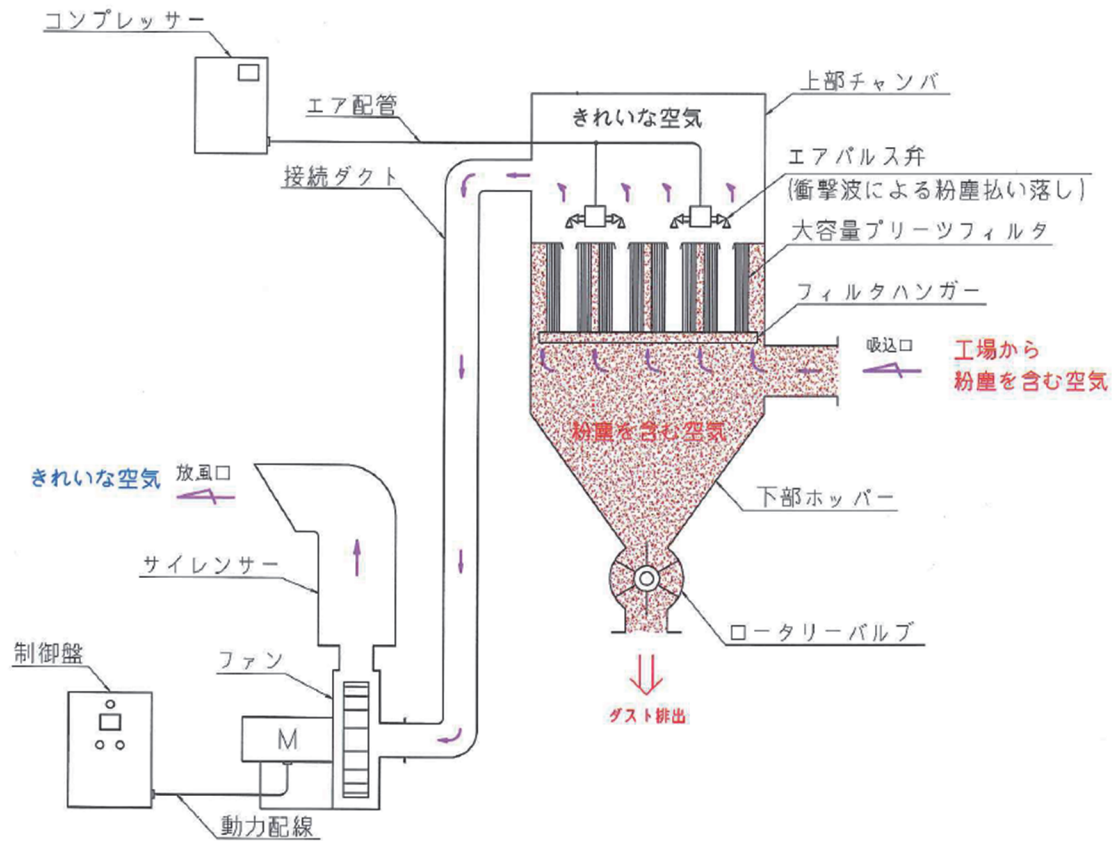


(4) Iシリーズの技術優位性

- ① テフロンメンブレン膜による表面濾過により、低差圧で運用できる、また出口清浄度が高い。
- ② 強度のある大面積プリーツ形成フィルタにより長寿命、またコンパクト軽量なフィルタ室。
- ③ インパルス衝撃波を使用した強力な目詰再生方法でコンプレッサエアの消費量が少ない。
- ④ フィルタを上下で拘束、Oリングシールによる装着方法でフィルタの脱着が容易。

(5) 構造・処理フロー

図に示すように、粉塵粒子は集塵機内のフィルタ表面でトラップされ清浄気体として通気する。フィルタ表面では一定時間通気すると大量の粉塵がトラップされ積層される。そのままでは目詰り通気困難になるため、一定間隔で積層粉塵を払い落とし、目詰りを解消することで連続的に濾過運用できる。



工業用集塵機 I シリーズ 500m³/min

2. 開発経緯

(1) 開発趣旨

長年、バグフィルタは集塵装置の基本型として定着してきたが、出口清浄度やフィルタの損耗によるランニングコストの増大、また重心位置が高く耐震性が脆弱である。これらの現状を鑑み、革新的な集塵技術を開発する。

(2) 開発目標

- ・アスベスト・放射能ダスト等の有害微粒子を捕捉するため HEPA 規格に準拠する。
- ・フィルタ損耗によるコストを縮減するため、30,000H 以上の耐久性を実現する。
- ・コンパクト化・低重心により、耐震性を 2 倍以上とする。

(3) 開発経緯

2006 年	フィルタ高精度化の研究	PTFE メンブレン膜ラミネート加工方法
2008 年	フィルタ大面積化の研究	φ400×2,000 mm、50 m ² 、長寿命耐久試験
2009 年	第 1 号機納入	
2010 年	フィルタ高温化の研究	PPS スパンボンド (180 °C)
2014 年	モジュール化設計、製造生産性を 30%UP (20%のコストダウン)	
2015 年	フィルタ大面積化の研究	φ455×2,000 mm、80 m ² 長寿命耐久試験
2017 年	HEPA フィルタ評価試験	

3. 独創性

- ① 世界最大面積のプリーツ成形フィルタ
- ② 表面濾過における目詰抑制
- ③ 亜音速インパルス衝撃波による強力な目詰再生
- ④ 堅固な成形構造と装着方法による長寿命化
- ⑤ HEPA 相当のフィルタ精度
- ⑥ コンパクト・軽量・耐震性に優れる

4. 特許

本装置の関連特許は次の通りである。

- 特許番号：第 5317885 号 / 名称：ガス処理装置
- 特許番号：第 5474465 号 / 名称：分級装置
- 特許番号：第 5732204 号 / 名称：脱臭装置及び脱臭方法
- 特許番号：第 5674609 号 / 名称：集塵装置及び集塵装置の洗浄方法
- 特許番号：第 5999766 号 / 名称：電気炉の集塵装置
- 特許番号：第 6094926 号 / 名称：集塵装置
- 特許番号：第 5988396 号 / 名称：排ガス冷却方法
- 特許番号：第 6331194 号 / 名称：建物の集塵換気設備および集塵換気方法
- 特許番号：第 6145951 号 / 名称：鉄道軌道に降灰の火山灰収集の方法及びその装置
- 特許番号：第 6229012 号 / 名称：集塵システム

5. 性能

従来装置（バグフィルタ）との比較 3,000m²クラス

	従来装置 H 社 (バグフィルタ)	申請装置 (プリーツフィルタ)	
フィルタ性状 形状	織布、軟質 円筒	スパンボンド不織布 硬質円筒プリーツ成形	
1本の面積	φ165×6m 3.1m ²	φ455×2m 80m ²	×25.8
フィルタ本数	960本	40本	1/20
合計面積	2,976m ²	3,200m ²	×1.1
フィルタ精度	1μm×90%	0.15μm×99.95%	
出口濃度	100mg/m ³	0.01mg/m ³	1/10000
フィルタ寿命	5,000～10,000H	30,000H (4年)	×4
フィルタ室容積	880m ³	88.6m ³	1/10
装置重量	74t	12t	1/6
重芯位置	6.8m	3m	1/2
耐震性	6.8×74t	3m×12t	×4
フットプリント	65m ²	11m ²	1/6

6. 経済性

比較例：電炉ヒューム集塵 3,000m³/min クラス

仕様	従来装置 H 社 (バグフィルタ)	申請装置 (プリーツフィルタ)
排ガス量	3,000m ³ /min 60℃	3,000m ³ /min 60℃
フィルタ寸法	φ165×6m (960本)	φ455×2m (40本)
フィルタ総面積	2,976m ²	3,200m ²
通気速度	1m/min	0.938m/min
ファン動力	200kW	200kW (実186kW)
パルスエア	45kW (6.5m ³ /min)	15kW (2m ³ /min)
イニシャルコスト (フィルタ室)	100%	60% (総合80%)
基礎工事	100%	20%
設置工事	100%	20%
ランニングコスト (年間)	100%	70%
電気代	100% (245kW)	87% (201kW)
フィルタコスト (1回当り)	100%	130% (4年毎交換)
メンテナンス (フィルタ交換)	100%	20% (4年毎交換)

7. 将来性

工業用集塵機 I シリーズは、従来装置（バグフィルタ）では実現できなかった、超高精度とメンテナンスフリーで高付加価値の用途に採用されてきた。

I シリーズの実績評価も高まり、5,000 m³クラスの大型の受注を得ており、スケールメリットが大きいことから、将来的に 10,000 m³クラスの受注を目指したい。

特にダイオキシン、アスベスト、放射能粉塵や発ガン粉塵では強みを発揮している。

HEPA 性能の集塵機は世界でも I シリーズが唯一であり、ナノ粉体の回収などプロセス用途や PM2.5、PM0.1 などの環境対策として大きな可能性がある。

海外、特に中国、東南アジア、インドでは環境行政がきびしく指導していくと考えられ大きな需要があり、純国産技術として世界で戦える十分な技術優位性があると自負している。

海外展開の課題はコストであり、機能部品を日本から輸出し現地生産する方式を試行する予定である。