

# プラスチック焼結体エレメントを用いた トンネル工専用集塵機の開発

村上 宏

トンネル工専用集塵機に必要な性能である高集塵効率、ロングライフを実現するためにプラスチック焼結体エレメントを用いた集塵機を開発した。本エレメントの特徴である表面捕集効果により $0.1\text{ mg/m}^3$ 以下の集塵機排気濃度を確認できた。また、エレメント圧損の安定化も実現した。さらに車両からの排気ガス成分の除去性能についても検証を行ったので、それらの性能確認結果について報告する。

キーワード：トンネル、集塵機、プラスチック焼結体、表面捕集効果、テフロンコーティング、排気ガス浄化

## 1. はじめに

平成12年12月に「ずい道等建設工事における粉塵対策に関するガイドライン」が通達され、 $3\text{ mg/m}^3$ 以下という明確な目標が提示された。各トンネル現場においてはこの目標を達成すべく、粉塵自体の発生量を低減する工法および材料の改良改善および発生した粉塵をいかに効率的に集塵するかが検討されている。

工法および材料の改良については、日々進化しており効果が上がっているのであるが、完全な粉塵カットは困難な状況である。もちろん、粉塵自体を発生させないことがベストであることに異論はないが、現実的には粉塵の発生を完全に抑制することは出来ない（トンネル内部には様々な機械・車両も稼働しており、これらも大きな粉塵源となっている）。

したがって、発生源の減少と、それでも発生してしまった粉塵を捕集する集塵機の相乗効果によりクリーンな作業環境を実現することになる。

従来より、汙過式集塵機（バグフィルタ方式）および電気集塵機がトンネル現場では使用されているが、前述のガイドラインを達成するためにもより高性能でメンテナンスフリーな集塵機が求められている。今回紹介するプラスチック焼結体エレメント（商品名：シンターラメラフィルター）を用いた集塵機は、鉱業分野における環境集塵、化学・食品業界での製品捕集において2,000台を

超える納入実績があり、その高い集塵効率は実証されている。このエレメントの優位性を生かし、日鉄鉱業株式会社ではトンネル用集塵機として必要な機能の開発を行うことに成功した。

本報文では、そのプラスチック焼結体エレメントを用いたトンネル用集塵機（商品名：ジオシスター）の特徴と機能について紹介する。

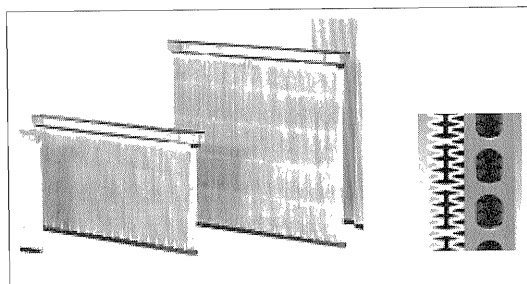
## 2. プラスチック焼結体エレメント

今回開発したトンネル工専用集塵機（ジオシスター）は汙過式集塵機の種類に入る。

一般に汙過式集塵機はバグフィルタを使用しているが、今回開発したトンネル用集塵機は、プラスチック焼結体の表面にテフロンコーティングを施したエレメント（シンターラメラフィルター）を使用している（写真—1参照）。

この新型エレメントの特徴は以下のとおりである。

### ① 表面捕集効果



写真—1 プラスチック焼結体エレメント

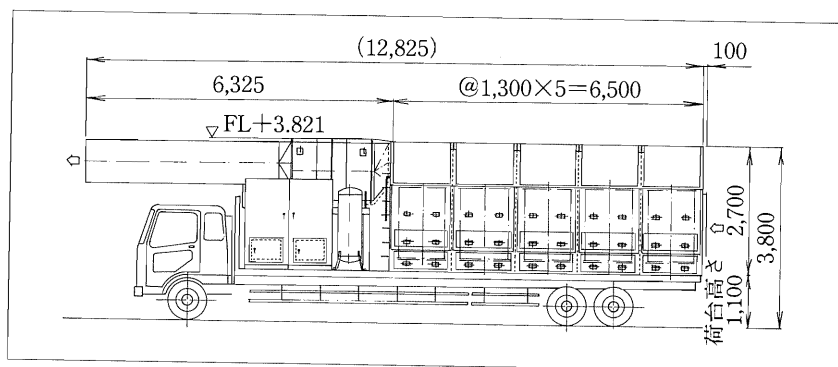


図-3 トンネル工事用集塵機全体図

- ② 良好な払い落とし性能
- ③ テフロンコーティングにより水分、潮解性のある粉体にも対応
- ④ 安定した汙過性能

特に大きな特徴といえるのが、図-1の表面捕集効果である。通常のバグフィルタ（図-2参照）の場合は、負荷運転が始まるとまず1次汙過層をフィルタ内部に形成し汙過を開始し、払い落としを行ったとしてもバグフィルタは常にフィルタの目詰まりという問題を抱えていた。これに対し、プラスチック焼結体エレメントによる表面捕集は文字通り、エレメント表面（特殊コーティング層の外側）で捕集を行っている。

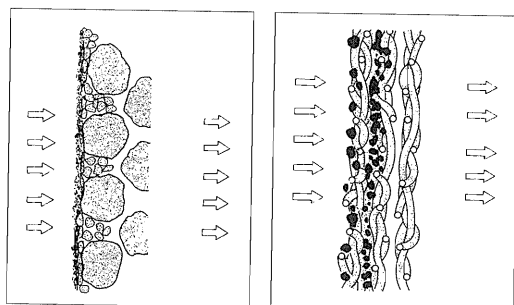


図-1 表面捕集効果

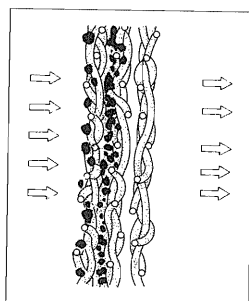


図-2 既存のバグフィルタ

したがって、逆洗をすることにより表面で疑似凝集した粉塵を効率よく払い落とすことが可能で、いわばエレメントをリセットすることが出来る。このリセット効果によりこのエレメントの圧損は運転時間の経過にかかわらず一定となり、目詰まりを起こすことなく安定した稼働が可能となり、バグフィルタタイプには無い効果が得られる。

また、表面コーティングは強い撥水性があるた

めに、トンネル工事における水分を含んだ岩粉、吹付けセメントなどの粉塵に対する払い落とし性能も高い。

### 3. 基本仕様

#### (1) ハウジング

今回開発したトンネル工事用集塵機のハウジングは、32枚のエレメント（1枚のエレメントの汙過面積は9m<sup>2</sup>）を1ユニットとして、必要風量に応じてユニット数を増加させるシステムとなっている。エレメントの配置は後方の集塵口から吸込んだ粉塵が効率よく奥まで吸えるように、流れ方向に対して平行に配置をしている（図-3参照）。

また、これまでの大容量の汙過式集塵機はハウジング上部に大型ファンを搭載する形態をとっており、全高5mを越える高さになっていた。この高さではセトル施工後の通行性能に問題があったが、今回のハウジング設計においては大型ファンを前方に配置し、集塵機の全高を3.8m（トラックの荷台高さ1.1mの場合）に押さえることに成功し、セトル施工後の通行性も確保した。

#### (2) 自動制御

トンネル工事用集塵機の場合、大容量の風量が要求されることから、ファンの電力消費がコストに大きなインパクトを与える。今回の運転制御においては、ダストセンサから情報をインバータに送ることにより粉塵濃度に対応したファンの運転を行う。

ダストセンサは粉塵付着の影響が少ない電磁式を採用し、また、粉塵濃度の変化をより早く捉え

るために、ダストセンサは本体から分離し最適な位置に設置可能なセパレートタイプとなっている。また、ダストセンサからの情報は制御盤に表示可能である。

ファンに対応した大容量のインバータを使用しているために、その高調波対策としてリアクトルも装備している。

### (3) 逆洗

粉塵の払い落としは、コンプレストエアによるパルスジェット方式による逆洗を行う。機械的にエレメントを変形させて払い落とすのではなく、焼結体の内側からエアを表面に向かって通過させる方式を取っている。このプラスチック焼結体エレメントの場合、焼結体の粒度より表面コーティング粒度が細かいために、表面にエアが進むにつれて通過速度が大きくなり、良好な払い落としを行うことが出来る。

逆洗のモードは以下の2つのモードから選択することが出来る

- ① タイマによる一定間隔モード
  - ② エレメント圧損依存モード
- ②のモードはエレメントの差圧を常に監視し、設定した差圧になったときに逆洗を行うものである。したがって差圧制御を行えばコンプレッサを常時稼働することもなく、より省エネルギー運転が行えることになる。

## 4. フィールドテスト

### (1) テスト機仕様(ジオシンター：GS-1500)

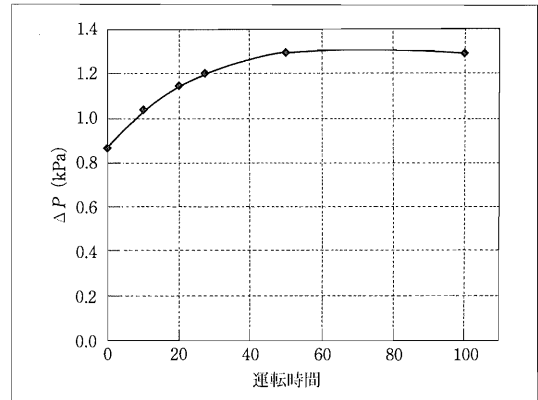
テスト機の使用を以下の表—1 に示す。

処理風量	1,500 m <sup>3</sup> /min at 3.43 kPa
戸過面積	1,296 m <sup>2</sup>
戸過速度	max. 1.39 m/min (at 20°C)
エレメント寸法	1,050×1,560×63×144 枚
払い落とし方式	パルスエア方式
圧縮空気量	1,100 L/min
缶体耐圧	-4.9 kPa
ファン	1,500 m <sup>3</sup> /min at 3.43 kPa 55 kW×2
コンプレッサ	1,100 L/min, 0.83 MPa
ダストモニタ	DT 270 斜流ファン付き
騒音値	82 dB以下

### (2) エレメント圧損

テスト開始後からのエレメント圧損の変化を図—4 に示す。

初期圧損  $\Delta P=0.6$  kPa から運転を開始しほぼ50 時間経過後  $\Delta P=1.3$  kPa 平衡に達している。このエレメント圧損はテスト運転開始後1 年間経過後も変化はない。



図—4 エレメント圧損の変化

### (3) 排気含塵濃度

代表的な作業時におけるテスト機の排気含塵濃度は表—2 のとおりである。

表—2 集塵機排気含塵濃度

作業状況	集塵機入口 含塵濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	集塵機出口 含塵濃度 (mg/m <sup>3</sup> )
ずり出し1	0.85	0.03
ずりだし2	0.60	0.03
アーチ組込み	0.91	0.02
吹付け1	1.66	0.03
吹付け2	2.09	0.03
発破直後	5.89	0.05

いずれの作業の際にも、プラスチック焼結体エレメントを用いた集塵機通過後の含塵濃度は0.5 mg/m<sup>3</sup> 以下となっており、今回採用したエレメントの性能を確認することが出来た。

### (4) 運転データ

テスト機を断面約70 m<sup>2</sup> のトンネルにて連続の試運転を行った。このトンネルの換気風量は1,200 m<sup>3</sup>/min である。テスト機の設置位置は切羽から約100 m 付近で、粉塵測定位置は集塵機入・排気口から2 m 離れた位置で左右の坑壁か

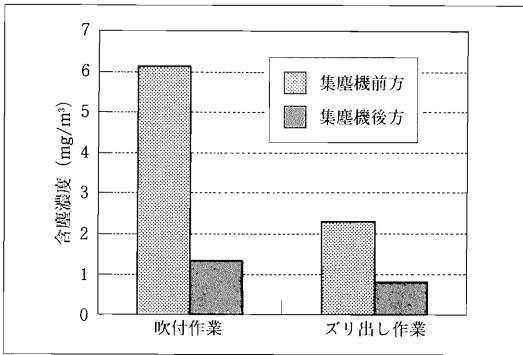


図-5 集塵効果



写真-2 テスト機運転状況

ら1mの位置とその中央の3点の平均値である。吹付け作業、ズリ出し作業時のいずれにおいても集塵機の効果が確認できた(図-5参照)。

現在は集塵効果をさらに上げるため、テスト機から集塵ダクトを切羽から40m付近まで設置して運転を行っている(写真-2参照)。

## 5. 集塵粉塵の分析

テスト運転におけるトンネル工専用集塵機の効果を確認するために、捕集した粉塵についての分析を行った。

### (1) 粒 度

4箇所のサンプリングについて分析を行ったが粒度範囲としては0.9~62 $\mu$ m、平均粒径では5 $\mu$ m前後となっており、健康上問題を発生させやすい浮遊粉塵の代表的な粒径部分を捕集できている(表-3参照)。

表-3 捕集粉塵の粒度分布

サンプル	粒度範囲 ( $\mu$ m)	$d_{10}$ ( $\mu$ m)	$d_{50}$ ( $\mu$ m)	$d_{90}$ ( $\mu$ m)
A	0.89~62.3	1.88	4.95	16.7
B	0.89~62.3	1.91	5.45	20.1
C	0.89~44.0	1.93	4.81	16.05
D	1.06~52.3	2.05	5.25	17.43

### (2) 成 分

各サンプルの成分を分析した結果は表-4のとおりである。

表-4 捕集粉塵の成分(質量%)

	T-C (%)	SO <sub>x</sub> (%)	NO <sub>x</sub> (%)	油分 (%)	石粉 (%)	合計 (%)
A	5.3	1.87	0.76	0.06	92.01	100
B	5.5	1.91	0.79	0.07	91.73	100
C	4.9	1.78	0.64	0.05	92.63	100
D	4.5	1.47	0.53	0.08	93.42	100

注1) T-Cはトータルカーボンを意味する。

注2) SO<sub>x</sub>はSO<sub>2</sub>換算。NO<sub>x</sub>はNO<sub>2</sub>換算

上記のように、トータルカーボン(T-C)で5%、SO<sub>x</sub>で2%、NO<sub>x</sub>で0.7%、油分で0.07%が捕集した粉塵の中に存在しており、トンネル内の車両から発生する排気ガスの捕集効果もあることが確認された。

## 6. 車両排気ガスの浄化効果

前述の5章にて確認された、排気ガス成分の除去に関して、その効果の定量的な確認を行った。

確認方法は、ディーゼルエンジントラックの排気ガスを直接、シンターラメラーフイルタ集塵機で吸引し、処理前後での含塵濃度、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>の変化について確認をした。含塵濃度についてはデジタル粉塵計、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>については検知管にて行った。

表-5 車両排気ガスの浄化効果

	含塵濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (PPM)	SO <sub>2</sub> (PPM)
ディーゼル排気	3.06	9	22
集塵機通過後	0.02	2.5	15

含塵濃度については99%の除去、NO<sub>2</sub>については70%、SO<sub>2</sub>については30%の除去が可能で

あることが確認された。このことは、シンターラメラフィルター集塵機がトンネル現場での排気ガス成分の除去効果が十分に期待できるという確認だけでなくとどまらず、竣工したトンネル内の換気用集塵機としても使用可能であることを証明している。

## 7. おわりに

以上のように、プラスチック焼結体エレメント（シンターラメラフィルター）を用いた新しいトンネル工事用集塵機の開発を行い、フィールドテストにおいて車両からの排気ガスを含めたトンネル内の空気浄化性能、エレメント圧損が安定した運転を行えることが確認できた。さらにはそのエレメント捕集性能の良さから完成したトンネルの換気用集塵機として使用できることも確認できた。今後の課題としては、本トンネル工事用集塵機の性能を十分に発揮するために、換気システムと合

わせた総合的なシステムを構築することが必要と考える。

また、「粉塵は発生源で直接捕集する」という原点にかえり、今回開発したトンネル工事用集塵機の特徴を生かした、切羽近くに展開している車両に搭載可能な局所集塵機の開発を行ってきたい。

最後に、本トンネル工事用集塵機のフィールドテストにご協力頂いた現場の皆様へ深く感謝するとともに、今後の発展に向けて関係各位のご指導、ご鞭撻を賜りたい。

### 【筆者紹介】

村上 宏（むらかみ ひろし）  
日鉄鉱業株式会社  
機械・環境営業部  
機械営業課  
課長



# 絵で見る安全マニュアル

## 〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、とても解いやすく表現している、新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

要因と正しい作業例

- ・物動式クレーン
- ・電動工具
- ・油圧ショベル
- ・基礎工事用機械
- ・高所作業車
- ・貨物自動車

A5版 70頁 定価650円(消費税込) 送料270円

## 社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289