

# 新型パルスシステム

A New Pulse Jet Cleaning System

内田 雅範\*

Masanori Uchida

鈴木 崇\*

Takashi Suzuki

齋藤 功\*

Kou Saitou

天野 寛之\*

Hiroyuki Amano

In recent years, due to the innovation of laser technology, laser cutting machine has developed into high performance and high speed. Therefore the dust loads to a dust collector is increasing tendency.

Existing Pulse jet cleaning system, the pulse air concentrates to the bottom of Filter. Therefore the filter is not used fully and effectively, and cannot correspond to high dust loads. In this article we report a new pulse jet cleaning system, which can clean the whole surface of filter cartridge effectively and solves the distribution problem of pulse air.

KEY WORDS:dust collector , Pulse jet , filter cartridge , laser cutting machine

## 1. はじめに

従来、集じん装置は主に作業環境改善を目的として採用されていたが、近年では、加工品質を維持する為に不可欠な生産設備として、用途が拡大している。この為、集じん風量を安定的に維持することへの重要性が従来よりも高まってきている。

一方、近年では加工機の高性能化が進んでいるが、単位時間当たりの加工量が増加することは、集じん装置に飛来する粉じん負荷も増加することであり、その結果、フィルタが目詰まりしやすくなることを意味する。特にレーザー切断加工機などの高付着性かつ微細な粉じんの場合、目詰まりが問題になることがあり、粉じん払落し（以下、払落し）性能の向上が必要であった。

これらの用途には、主にパルスジェットタイプの払落し機構が採用されるが、構造上払落し効果がどうしてもフィルタ下部へ偏ってしまう点に着目した。フィルタに付着した粉じんを偏りなく払落すことができれば、フィルタ全域を有効利用でき、結果として圧力損失（以下、圧損）上昇を抑制できると考えた。この効果を実現する方法を開発したので、以下に報告する。

## 2. 新払落し機構への取組み

### 2.1 現行払落し機構の問題点

払落しが困難な粉じんの代表例として、レーザー加工機が金属板を切断する際に発生する金属ヒュームがある。ヒュームは非常に微細な為、一旦払落しによりフィルタ表面から剥離しても吸引気流に乗り、再びフィルタ表面に付着しやすい。この為、吸引対象がヒュームの場合は、フィルタ圧損が上昇しやすい傾向がある（Fig. 1）。

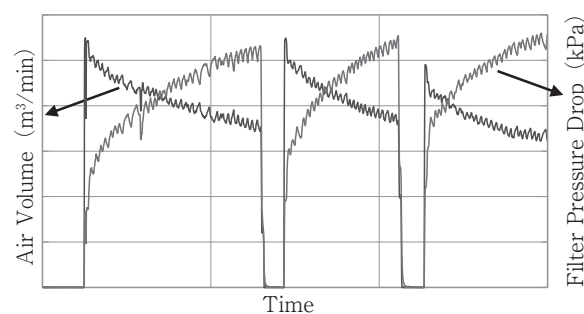


Fig. 1 Fluctuate of Filter Pressure Drop in a Fume Dust Collecting.

この対策として、従来は切断鋼板交換工程のレーザー加工機が一時的に停止するタイミングに集じん装置の吸引を停止し、払落しをする動作（オフラインパルス）によってフィルタをクリーン

\*エコテックカンパニー 技術グループ

グする手法を採用してきた。しかし、近年は加工機の性能向上により、切断鋼板の交換に要する時間は大きく短縮され、結果としてオフラインパルスが難しくなっている。この為、集じん装置吸引中に行われる払落し（オンラインパルス）による払落し性能を向上させる必要がある。

従来の払落し機構の問題点は、フィルタ下部で粉じんを十分に払落とすことができるが、上部は不十分になることである (Fig. 2)。この偏りにより、フィルタ上部の目詰まり進行は下部に対して著しく速く、この部分は次第に有効ろ過面積として寄与しなくなる。その結果、他の有効なフィルタ部分を通過する処理ガスの流速が上昇し、目詰まりの進行を早めたりフィルタ圧損が上昇していくなどの問題が発生していた。これらのことから、フィルタ上下の払落し効果の偏りを改善し、全域を払落しできる機構の開発に着手した。

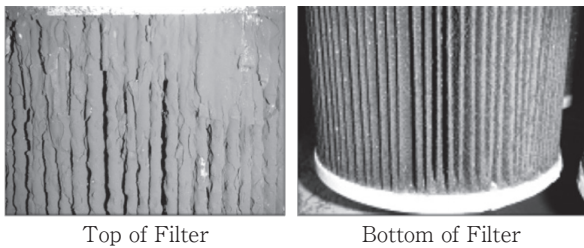


Fig. 2 The Status on a Top and Bottom of filter after Pulse Jet Cleaning.

## 2.2 払落し時のフィルタ内圧分布の改善

従来機構の払落し時に、フィルタ内圧分布を測定する為、フィルタの長さ方向5ヶ所に圧力センサを取り付け、パルス時の時間変化を測定した。各測定位置での圧力最大値は、Fig. 3に示すようにフィルタ下部ほど高くなることを確認できた。この結果から、Fig. 2のような払落し状態とフィルタ内部圧力分布の相関性が高いことがわかる。

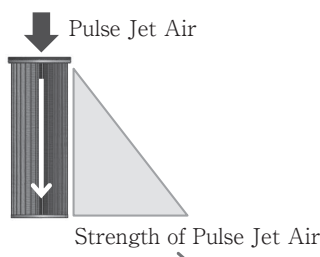


Fig. 3 Existing Pulse Jet Cleaning System

フィルタ内圧分布に偏りが出る原因は、払落しエアをフィルタ上方からフィルタ内部へ高速で噴射する構造にある。払落しエアの直進性は非常に強く、その多くはフィルタ底板まで達しフィルタ内部へ拡散するが、衝突部に近い下部にエアが集中し、この部分の圧力が高くなる。衝突部付近の圧力が高くなるのであれば、フィルタ上または中間部で払落しエアを何かに衝突させ、高圧部を発生させればよいことになる。この手法を検討するにあたり、下記2項目の条件を満足する必要があると考えた。

- ①高圧部は任意で変更可能
- ②衝突機構が吸引気流を妨げない

様々な手法を検討した結果、対向エアを用いるアイデアを考案した (Fig. 4)。その機構は、上部から噴射される払落しエアと向き合う様に、下部からもエアを噴射するものである。この方法であれば、上下からの噴射タイミングを変化させることによって、衝突位置を任意に変更することが可能となり、また吸引気流を邪魔することも無い。

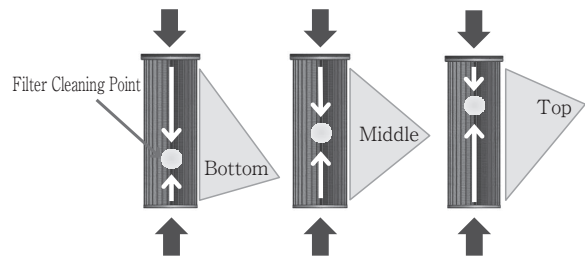


Fig. 4 Schematic Diagram of Filter Inner Pressure Control due to a pulse Air Collision Point.

次に、この機構の実現性を確認する為、Fig. 5に示す装置により、先程と同様にフィルタ内部圧

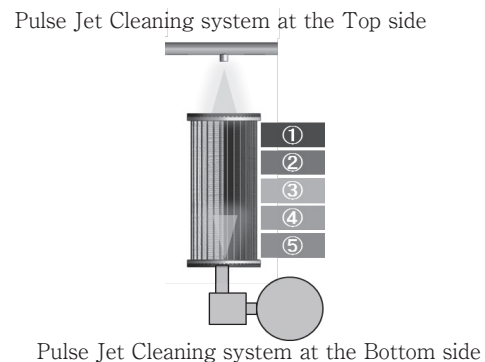


Fig. 5 Measuring Instrument of Filter Inner Pressure due to a Pulse Air Collision Point.

力測定試験を実施した。その結果、払落としエアの噴出タイミングの変化によって内圧分布を制御できることを確認できた (Fig. 6)。

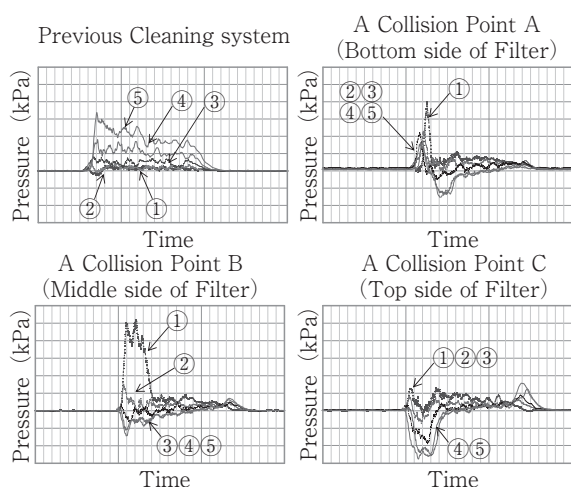


Fig. 6 Fluctuate Inner pressure distribution by top and bottom pulse jet air.

### 2. 3 下部からのカウンターエア噴出機構

前項で確認できたエアの衝突機構を実現する為に、フィルタ下部からもエアを噴出する機構が必要となる。単純にフィルタ上部と同様に下部にも開口を設け、ノズルを挿入する構造では、集じん装置や粉じん室から配管を接続しなければならず、集じん装置自体の構造を大幅に変更する必要が生ずるだけでなく、フィルタ脱着時の作業性が大幅に悪化する問題にもなる。特にフィルタの着脱時の作業性悪化は大きな問題であり、従来機と同等にする必要がある。

これを実現する機構としてフィルタ内部へJ型ノズルを内蔵する方法 (Fig. 7) を考案した。この方法により、下方からのカウンターエア配管の

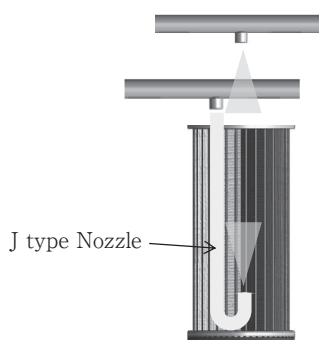


Fig. 7 Schematic Diagram of J Type Nozzle inside the Filter.

接続及びその噴出ユニットは、上方の空気清浄室に設置することができる。

更に、この構造では上部側払落としユニットと向い合わせに下部側払落としユニットを配置することによってデッドスペースを有効利用でき、装置サイズを拡大することなく、この機構を実現できる (Fig. 8)。J型ノズル接続部は、位置決め機構などの工夫によって、従来と同等の作業手順でフィルタの着脱を可能にした。

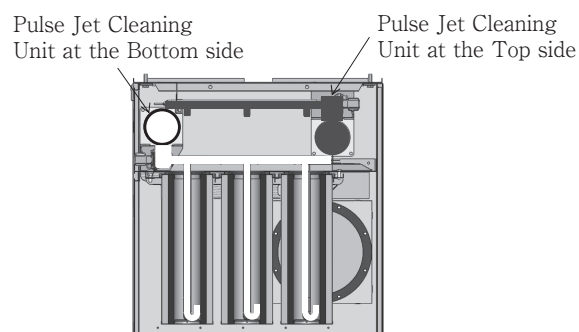


Fig. 8 Placement of Pulse Jet Cleaning Unit.

### 2. 4 新払落とし機構評価試験

#### 2. 4. 1 試験装置の概要

最適な上下エアの噴出タイミングを見極める為、以下の試験を実施した。試験装置の概要を Fig. 9、Table 1 に示す。圧力センサを上部より100mm間隔で5ヶ所取り付け、上下払落としエアの噴出タイミングを変化させた際のフィルタ内圧分布を測定した。評価項目は、フィルタ内圧の最大値と噴射時間内の圧力積分値の2項目とした。

どちらの値も数値が大きい方が、フィルタ表面へ付着している粉じんを払い落とす効果が高いという評価になる。

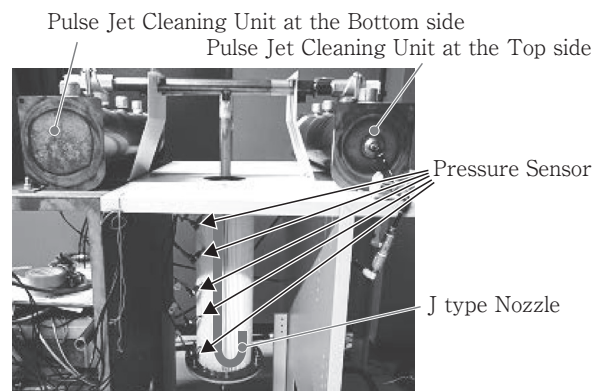


Fig. 9 Measuring Instrument of Filter Inner Pressure.

Table 1 Condition of Experiment.

Filter	Membrane Surface Filter, 80 Pleated
Compressed Air Pressure	0.5MPa
A Structure of bottom nozzle	J type Nozzle
Pressure sampling point (From top of Filter)	100mm, 200mm, 300mm 400mm, 500mm

2. 4. 2 試験結果

測定により得られた最大圧力値と積分値をFig. 10に示す。最大圧力値は、フィルタ下部では時間差による大きな差は見られないが、上部では± 50msecの時間差による払落しで高い値を示した。積分値はフィルタ中下部で時間差による大きな差は見られなかったが、上部では± 50msecの時間差と同時打ちで高い値を示した。この結果により、本試験条件下においては上部 50msec先打ち、同

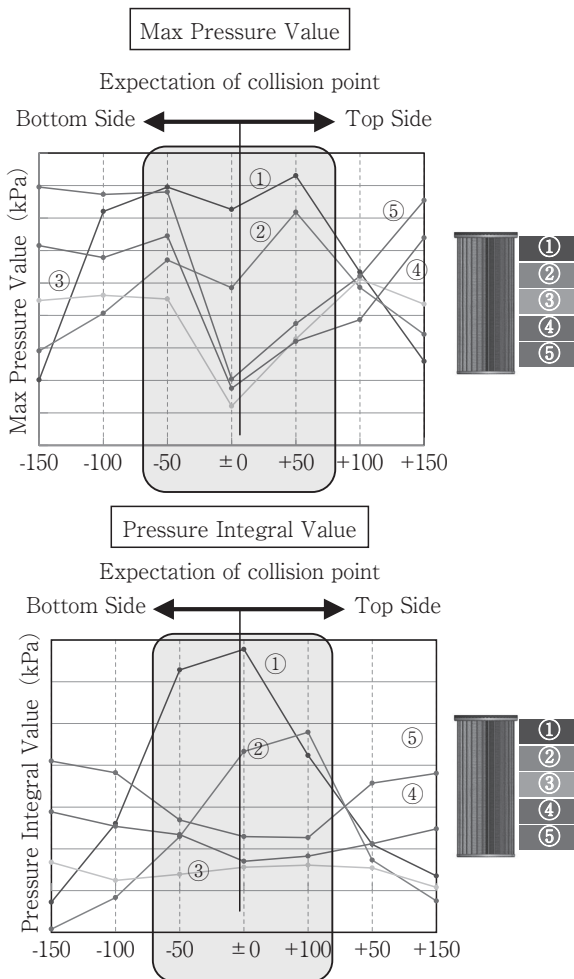


Fig. 10 A comparison between max pressure value and pressure integral value.

時打ち、下部 50msec先打ちの3パターンを組み合わせることで、フィルタ全域を効率良く払落しができることが判明した。

2. 4. 3 実機による性能確認

実機の運転における払落し効果向上を確認する為、社内工場のレーザー加工機用集じん装置で実機試験を行った。試験の目的はオンラインパルスの払落し効果向上の確認であり、オフラインパルスは動作させないこととした。Table 2に試験条件を示す。

Table 2 Condition of Experiment.

Laser cutting machine	FO3015NT (CO2 Laser)
Air volume	40m <sup>3</sup> /min
Filter	Membrane Surface Filter, 80 Pleated
Filtration Speed	0.98m/sec
Compressed Air Pressure	0.5MPa
The Pulse cleaning Time lag	± 50msec or Same time (only new system)
Filter Cleaning	Online Pulse Jet cleaning

なお、従来型と新機構の評価試験に用いたフィルタは、500時間以上使用し安定したろ過層が生成された同一のフィルタを用いた。

2. 4. 4 実機試験結果

実機による払落し効果の比較試験結果をFig. 11に、その際のフィルタ表面状態をFig. 12に示す。フィルタ圧損は従来より低い値を示し、フィルタ表面の状態も明らかな差異が確認され、実機においても従来機構と比べ払落し性能が向上していることが確認できた。

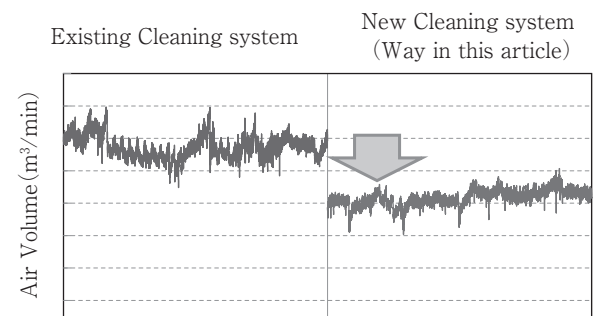


Fig. 11 The Results of experiment, A comparison of filter cleaning.

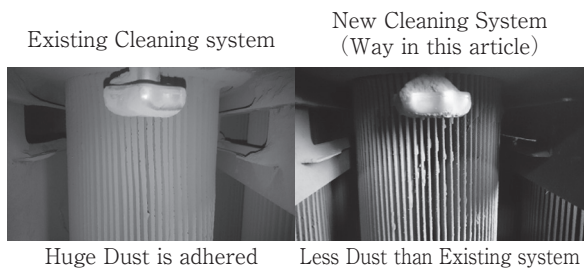


Fig. 12 A comparison of Dust adhesion at the Top of Filter.

2. 4. 5 高性能加工機における性能評価

近年主流となっている高出力ファイバーレーザー加工機の集じん機に対する性能評価試験を行った。試験は加工機からの粉じん発生量が多く、集じん装置の粉じん負荷が最も高くなる条件で行った。Table 3 に試験条件を示す。

Table 3 Condition of Experiment.

Laser cutting machine	Fiber laser (6kW output)
Cutting Speed	Middle and high Speed
Air Volume	40m <sup>3</sup> /min
Filter	Membrane Surface Filter, 80 Pleated
Filtration Speed	0.98m/sec
Compressed Air Pressure	0.5MPa
The Pulse cleaning Time lag	± 50msec or Same time lag (only new system)
Filter Cleaning	Online Pulse Jet cleaning

2. 4. 6 性能確認試験結果

Fig. 13 に風量とフィルタ圧損の経時変化を示す。粉じん負荷の高い高速切断でもフィルタ圧損は上昇することなく、必要風量を確保できることが確認された。

一方、低・中速切断時には高速切断時と比べ粉

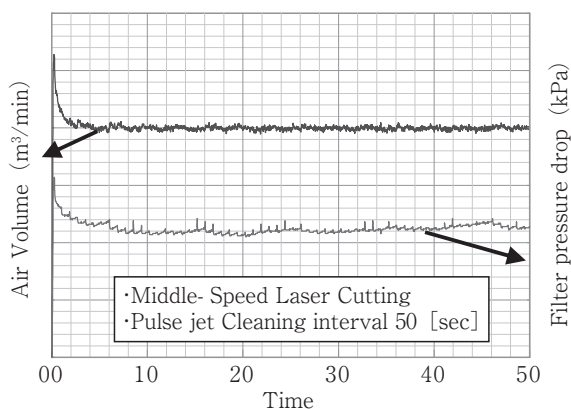


Fig. 13 Results of Experiment. (High-Speed Laser cutting)

じん発生量が減少する為、払落し間隔を長くすることでエア消費量（ランニングコスト）の低減が見込まれる。

Fig. 14 に中速切断時で払落し間隔を長くした例を示す。高速切断時の払落し間隔 30s に対し、50s でも必要風量は確保でき、粉じん負荷状況に合わせた適切な払落し制御方法により、エネルギー低減が可能となることが確認できた。

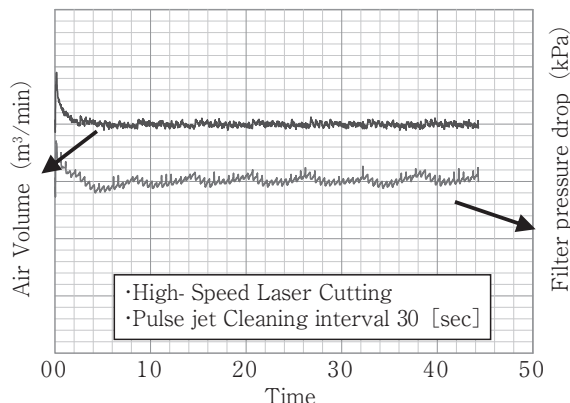


Fig. 14 Results of Experiment. (Middle-Speed Laser cutting)

3. 省エネ効果

Table 4 に新型機と従来機との省エネ効果の比較を示す。新払落し機構により、フィルタ圧損、

Table 4 Saving energy effect.

A Power Consumption of Fan

$$W_F = (Q \times P) \div (60 \times \eta_F), \eta_F: \text{Fan efficiency Rate (0.4)}$$

		New Cleaning system	Previous Cleaning system	Effects for Reduction
Q	Air Volume (m <sup>3</sup> /min)	40m <sup>3</sup> /min		
P	Necessary Static Pressure (kPa)	2.0	2.5	
W <sub>F</sub>	Power Consumption (kW)	3.33	4.17	20%cut

Power consumption of Compressed Air

$$W_A = M_P \div \eta_M \times \text{Load Factor}, M_P: \text{Motor OutPut 2.2kW}, \eta_M: \text{Motor out efficiency (0.7)}$$

V	Air consumption (L/PJ)	79	44.5	
T <sub>PJ</sub>	Pulse jet Cleaning Interval (sec)	50	20	
A <sub>C</sub>	Air Consumption (m <sup>3</sup> /min)	0.095	0.134	
	Load Factor	37.2%	52.5%	
W <sub>A</sub>	Power Consumption (kW)	1.17	1.65	29%cut

Total power consumption reduction effect/

W	Power Consumption (kW)	4.50	5.82	22%Cut
---	------------------------	------	------	--------

払落し用エア消費量ともに小さくできることから、従来機よりも高性能化を実現しながらも省エネルギー運転が可能となった。更に、インバータを搭載したモデルでは、定風量制御などによって安定した吸引風量を自動的に維持する機能も搭載している。

#### 4. まとめ

パルスジェットタイプの集じん装置について、フィルタ上の粉じんを偏りなく払落し、全域を有効的に利用できる新たな払落し機構を開発した。また、レーザー加工機実機での集じん試験においてもその有効性は確認され、従来機と比べ高い省エネ効果が得られることが判明した。

特に高付着性や微細な粉じんに対し、本払落し機構の採用による払落し効果が非常に高いと考えている。

今後もお客様のご要望に応えるべく、装置の改善・改良を進めるとともに、より良い作業環境づくり・製品づくりに寄与できるよう努めていきたい。