火災対策用湿式チャンバ

A wet type chamber for fire prevention.

齋藤 功*	高柳 圭佑*	鈴木 崇**
Kou Saitou	Keisuke Takayanagi	Takashi Suzuki

In recent years, users' safety requirements for dust collectors have gradually increased, especially for fire and explosion prevention. Lately we have developed wet type chambers for dust collectors which are using for laser, plasma machines and welding robots.

Compared with the dry type chamber previously, the wet type chamber can remove sparks from entering the dust collectors more effectively. In this paper we studied on dust removal rate with various kinds of particles by theoretical calculation and experiment. The wet type chamber was designed based on the results of this study.

KEY WORDS: Wet-Type/Chamber, Fire Prevention, Particle Trajectory, Separation Rate

1. はじめに

溶接やレーザー加工時の集じん機火災対策と して、従来は乾式集じん機前段に乾式の火の粉除 去装置を設置する方法が主に採用されていた。し かしひとたび火災を発生させてしまうと操業中断 や停止による自社の損害だけに留まらず、関連会 社への影響、築き上げてきた信用の失墜、環境へ の影響など予期せぬリスクを負うとともに、場合 によっては刑事責任を追及されることにもなりう る。こうした社会的背景により、企業の火災防止 への社会的責任は大きくなっており、より確実な 火災対策が求められるようになってきた。実際に 複数の自動車関連メーカーは湿式集じん機への転 換を決断している。このような背景から、より確 実な湿式による火災対策ニーズが増加すると考 え、新商品を開発した為、以下に報告する。

2. 従来の火災対策方法と新商品の構想

従来の集じん機の火災対策といえば、乾式集じ ん機の前段に乾式の火の粉除去装置を設置する方 法か、湿式集じん機を用いる方法が採用されてき た。しかしどちらの方法も次に挙げる問題点を抱 えていた。 ≪乾式の火の粉除去装置の問題点≫

- ・捕集したダストが燃焼する恐れがある。
- ・サイクロン式の装置は圧力損失が高い。
- ・重力沈降式チャンバは分離効率が低い。
- ≪湿式集じん機の問題点≫
- ・粉じんと水の接触回数が多い為、圧力損失が高い。
- ・乾式集じん機と比較すると設置スペースが大き く、集じん率が低い。

これらの問題点を解決する為に、乾式集じん機 の前段に設置する湿式の火の粉除去装置(湿式 チャンバ)を考案した。湿式の火の粉除去装置を 設置することで、確実に消火しながらも、後段の 乾式集じん機で高い集じん率を確保することが可 能となる。また粉じんと水をミキシングしないこ とで、捕集する粉じんを必要最小限とし、メンテ ナンス性向上と圧力損失の抑制を図ることとした。

3. 火の粉除去性能の必要要件

火の粉除去としての前処理装置について、どの 程度の大きさの粒子までを除去する必要があるか 検討を行った。粒子の熱量と伝熱速度より周囲ガ ス温度40℃下で1500℃の鉄粒子が100℃以下に 冷却されるまでの時間を各粒子径別に算出した結 果をFig.1に示す。

^{*}エコテックカンパニー 技術グループ 開発チーム **エコテックカンパニー



Fig. 1 Elapsed time and cooling speed of iron particles in different diameter.

Fig. 1 より 100 μ mの鉄粒子であれば、0.1s以 内に 100℃以下になる計算結果が得られている。 通常、金属加工によって発生した火の粉は吸引ダ クト内を通じて集じん装置に吸引される。仮に吸 引ダクト内流速が 10m/sの場合でダクト長が 5m であれば、吸引ダクトを通過するのに 0.5sを要 することとなる。その為、鉄粒子 100 μ mの場合、 100℃以上の温度を有したまま集じん装置に到達 することはないと考えられ、前処理設備では比較 的小さな粒子まで捕集する必要はないと考えた。

これまでの検討により、前処理設備では火災の 原因となり得る大きな粒子を捕集する構造とする こと、また後段の乾式集じん機に悪影響を及ぼさ ないようにする為、後段に水ミストを飛散させな いことを火の粉除去装置の必要要件とした。

4. 基本構造と予備試験結果

粉じんと水をミキシングせずに、効率的にこれ らを接触させる方法として、捕集水の水面に、重 力と慣性力を利用し粒子を衝突させ捕集する構造 を考案した。



Fig. 2 The structure of experimental equipment.

Fig. 2 に示した構造であれば、高い圧力損失を 発生させることなく粉じんと水を接触させられ る。また水をミキシングさせる構造ではない為、 水のミスト化を抑制し後段の乾式集じん機への水 ミスト飛散の抑止効果も期待できると考えた。ま た装置内部の上昇気流部の流速を遅くすること で、上昇時に小さい粒子の燃焼を完了させる構造 とした。

この基本構造にて予備試験機を製作し、捕集水 による粉じんの分離効率について、予備試験を 行った。予備試験機の仕様と試験条件を下記に述 べる。

基準風量 : 30m³/min 吸込内筒径: φ 250mm 外形寸法 :□ 300mm×H1000mm 内筒下面と水面距離: 500mm 粉じんサンプル:鉄系投射材 SBMシリーズ (平均粒子径 100 μ m程度)

装置後段に乾式集じん機を設置し、装置で捕集 しきれなかった粉じんサンプルは後段の集じん機 で捕集する。装置の分離効率は投入した量と集じ ん機で集じんした量の質量比で表すこととした。



Fig. 3 Air flow rate and removal efficiency affected by water reservoir.

Fig. 3より、捕集水がある場合はほぼ全ての粉 じんサンプルが捕集可能であることと、捕集水が ない場合には、風量の増加に伴い装置で捕集でき ない粉じんの量も増加することが判明し、捕集水 の効果を確認することができた。

次に水ミストの飛散状況と圧力損失を確認す る為、予備試験を行った。



Fig. 4 The distance to the water surface and effect to the water-mist passing.

装置中心の吸込内筒の下端から水面までの距離によって、水ミストの飛散状況が異なる為、この距離を変化させ測定を行った。風量と吸込内筒下部の水平流速及び水ミストの飛散状況の関係を Fig. 4に示す。水ミストの飛散は水が接触すると 黄色から青色に変色する感水試験紙を用い、装置 の出口に感水試験紙を3分間挿入し確認した。

Fig. 4より、予備試験機の形状においては、吸 込内筒下部の水平流速が6m/s以下であれば、装 置後段に水ミストが飛散しないことを確認した。 またこの時の圧力損失を測定すると200Pa以下 であり、通常500Pa以上の圧力損失が発生する サイクロン式の前処理装置や湿式集じん機と比較 すると低い圧力損失である為、実用上の問題はな いと判断した。

5. 部分分離効率の基礎試験結果

予備試験により、基準風量に対する装置の各寸 法を決めることができた。次に粒子の捕集効率を 把握する為、同一の予備試験機を用いて、複数の 粉じんサンプルの分離効率測定を行うこととし た。また測定結果は粒子径別に確認できるよう、 粒度分布を用いて表すこととした。測定結果の一 例として、炭酸カルシウム(近江鉱業製LP-80) での試験結果をFig.5に示す。



Fig. 5 Partial separation rate of the calcium carbonate.

Table 1 に部分分離効率の測定試験を行った粉 じんの性状と100 μ m粒子の分離効率を示す。

Table 1	Properties of sample dust and removal efficiency
	$(100\mu\mathrm{m}\mathrm{particle}).$

Particle materials	Average particle diameter [μm]	Appartent density	Collection rate (100 µ m)
Steel shot medium	96.11	7.55	≑100%
Plasma hume dust	3.23	3.39	≑100%
Laser hume	2.82	3.38	≒100%
Sillica powder (SP-80)	9.08	2.78	≒100%
Silica sand No.7	193.19	2.66	≒100%
Sillica powder (SP-4200)	22.32	2.58	≒100%
Calcium carbonate (LP-80)	15.55	2.58	≒100%
Aluminium dust	54.15	2.52	96%
Diatomaceous earth (Radiolite)	62.79	2.24	98%
Diatomaceous earth (FA-2000)	30.47	2.12	64%
Wooden powder $(178 \mu \mathrm{m} \mathrm{pass throw})$	127.36	1.43	78%

Fig. 5より粒子径が大きい程、またTable 1より見掛け比重が大きい程、分離効率が高い傾向であることを確認した。

6. 粒子分離効率の推定理論式

粒子の運動方程式を用いて、粒子軌跡の試算を 行った。一様な横風がある空間に下向きに吹出さ れた粒子が描く軌跡を、粒子の運動方程式から展 開した式を用いてFig.6に示す。



前記の式を用いて、吹出し速度が変化した場合 をFig. 7 に、見掛け比重が変化した場合をFig. 8 に、粒子径が変化した場合をFig. 9 に試算した粒 子軌跡を示す。





上記の試算により、粒子の軌跡には見掛け比重 や粒子径が大きく影響していることを推察するこ とができた。これはFig. 5 やTable 1の試験結果 と同様の傾向であった。

次に、この粒子軌跡を試算する式を用いて、湿式 チャンバの理論分離効率を算出することを試みた。

湿式チャンバの内部構造はFig. 10 に示す構造 としており、水面に到達した粒子は捕集水により



Fig. 10 Model of the internal structure and particle trajectory.

捕集されるものとして、分離効率を試算すること とした。

x-Ax	$\frac{lu_x}{dt} = \frac{1}{2}$	$-\frac{3}{4}\frac{\rho_f}{\rho_s k_2 A_r^{2.4}}$	$\frac{1}{^{0}D_{s}}C_{s}$	$D_D u(u_x -$	$(k_1 u_{ax})$	
y-Ax	is 1	2 2	2	2		
<u> </u>	$\frac{du_y}{dt} = -$	$g(\frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_s}) - \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_s}$	$-\frac{3}{4 \rho_s k}$	$\frac{\rho_f}{k_2 A_r^{2.0} I}$	$-\frac{C_D u(u_{ay}-u_{ay})}{C_s}$	$u_y)$
$\begin{bmatrix} & u_{x} \\ & u_{y} \\ & u_{ay} \\ & \rho_{r} \\ & \rho_{s} \\ &$	Particl Particl Flow x Flow y Flow d Particl Drag c Particl Velocit Particl Relativ particl	e x-axis velocity[n -axis velocity[m/- axis velocity[m/- axis velocity[m/- ensity[kg/m ³] e density[kg/m ³] e diameter[m] oefficient[-] e aspect ratio[-] y coefficient[-] re speed of e and flow[m/s]	m/s] m/s] s] s]	$\sqrt{(u_x - u_{ax})}$	$(u_{y} - u_{ay})^{2}$	

上記の式は、ストークスの抵抗則($C_D = 24/$ Rep)が成立する速度域で、粒子を単一の球形と し、粒子同士の衝突はないものとしている。しか し、実際の粉じんは球形ではない為、粒子のアス ペクト比に関する係数「 A_r 」を設けている。ま た粒子の運動方程式から試算した分離効率と、実 際の粉じんサンプルによる分離効率測定結果に乖 離があった為、速度に関する実験係数「 k_1 」と粒 子径に関する実験係数「 k_2 」を設け、実測した試 験結果からその暫定値を定めた。

理論式を用いて推定した粒子軌跡をFig. 11 に 示す。またその粒子軌跡から算出した分離効率と 実測した分離効率の結果をTable 2 に示す。



Fig. 11 The particle trajectory from the calculation results.

Table 2 Compare with calculation and experimental results.

Particle	Diatomaceous earth (FA-2000) ρ 2.12[-], Diameter 51.5[μ m]	Diatomaceous earth (Radiolight) ρ 2.24[-], Diameter 77.3[μ m]
Separation rate (Theorotical formula)	76.2%	93.2%
Separation rate (Experiment)	78.0%	94.0%

上記の結果より、理論式を用いて推定した分離 効率と実測した分離効率が近似しており、湿式 チャンバの分離効率を求める理論式として、実用 上は問題ないと判断した。しかし、実験係数は今 回の試験結果から求めた暫定値である為、暫定値 で対応できない粉じんの場合には、実験係数を再 検討する必要がある。

7. 装置設計

予備試験で得られた、基準風量に対しての装置 の各寸法と、前項で定めた分離効率を求める理論 式を用いて、火の粉除去装置である湿式チャンバ の設計を行った。装置の構造図をFig. 12 に、装 置の仕様をTable 3 に示す。



Fig. 12 The structure of the wet type chamber.

Model	DMC- LC10	DMC- LC20	DMC- LC30	DMC- LC40	DMC- LC55
Standard air flow rate [m ³ /min]	10	20	30 40		55
Wide×Depth W×D [mm]	400	500	580 68		680
Hight H [mm]	1300		1500		
Duct diameter[mm] * It can be changed	φ148	φ 198	φ248	φ 298	

Table 3 Specification list of the wet type chamber.

8. まとめ

より確実な火災対策ニーズに対応する為、新商 品として湿式チャンバを開発した。

火の粉除去用の前処理装置について、後段に水 ミストを飛散させず、低い圧力損失で、火災の原 因となり得る粒子を除去する装置を開発すること ができた。

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。