

D - 7 ナノファイバーを利用した 洗浄再生型高効率オイルミスト捕集用フィルタの開発

Evaluation of washable high collection efficiency nanofiber filters for oil-mist elimination

西部好弘、広田祥二、小谷恵介(株アクシー)*1

With an increase of interest in workplace environment, there exists increasing demand for the removal of haze caused by fine droplets. The haze consists of submicron particles so that they can be hardly removed by low-efficiency filters. We may use high efficiency filters, but they have a high pressure drop and therefore frequent exchange of filters is necessary. The filters for removing haze in work environment have to satisfy high efficiency for submicron particles, low pressure loss and being washable at the same time. Taking into account these three requirements we have developed high efficiency, low pressure drop and washable nanofiber filters.

キーワード

オイルミスト (oil mist)、霧 (haze)、エアフィルタ (air filter)、ナノファイバ - (nanofiber)

1. はじめに

近年、機械加工により発生するオイルミストや高温下で発生する塵埃が環境問題として取り上げられることが多く、対策が求められている。当社においても、オイルミスト捕集用フィルタとして2012年よりCNPフィルタの拡販を行ってきた。CNPフィルタ導入のための作業環境現場測定において、現場管理者の第一要求は、「現場に漂うオイルミストのモヤを除去したい」ということが第一要求であった。

2. モヤの視認濃度の測定

当社にて、モヤの除去に必要な粒子径別捕集率を割り出すため、実験室レベルの試験として17m³の部屋内にラスキンノズルを用いてPAO多分散粒子を発生させ、モヤとして視認できるときのPAOの粒子径別質量濃度をエアロゾルスペクトロメーター(Palاس社製、Welas2000)により計測し、その後、同室内に取り付けられた換気扇を使用して、モヤを徐々に除去していき、モヤが視認できなくなった瞬間の室内の質量濃度を計測した。

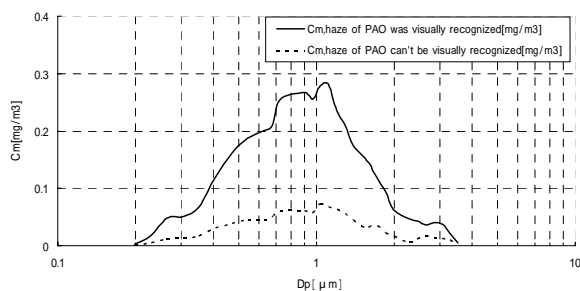


Fig.1 Concentration of PAO droplets when degrading visibility

Fig.1にPAOのモヤの発生と消失時の質量濃度分布の測定結果を示す。モヤの視認時と消失時の分布形状に大きな変化はないが、PAOは1μm程度にモード径を持つ粒子で、質量濃度を1.267mg/m³以下にすることで、視認できるモヤが消失することがわかった。

3. フィルタの選定

1.0 μm以上の粒子についてはCNPフィルタで捕集後、サブミクロン粒子を高効率オイルミスト捕集用フィルタで捕集するという2段階を過すことで、上記のモヤの消失時の質量濃度まで下げることが達成しようと考えた。

CNPフィルタの下流に設置する高効率オイルミスト捕集用フィルタには次の条件が必要である。

- (1) 風速2.5 m/s時の圧力損失が150 Pa以下。
- (2) Fig.1の試験結果より、0.3~1.0 μmの粒子径の初期捕集率が70%以上。
- (3) 洗浄後の圧力損失が初期の+15%以内に納まり、洗浄後の捕集率の劣化は-15%以内を維持し、1回の洗浄で2回の使用が出来ること。

以上3点を本開発の目標とし、まず、ろ材の選定を行った。

4. ミスト用ろ材の選定

まず、高捕集率と低圧力損失の観点から、ろ材は、さえぎりによる高捕集率かつナノ繊維のスリップフロー効果による低圧力損失が期待できるナノファイバーを採用し検証を進めることとした。

帝人製製のナノファイバーとA社製のナノファイバーを取り寄

*1 Yoshihiro Nishibe, Shouji Hirota, Keisuke Kotani (AQC Corp.)

せ、シート状態での性能の比較を行った。それぞれのメディアの集塵性能を、Table. 1 に示す。

Table. 1 Properties of test filter media

Maker	Basic weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Pressure drop at 5.33 cm/s (Pa)	Efficiency at 0.3 μm (%)
Teijin limited	150.8	0.59	48	70.1
A	120.3	0.59	71	74.4

Table. 1 より、0.3 μm における捕集効率については、本開発の目標値をクリアしていた。ただし 5.33 cm/s 時における圧力損失については、2 社において差があり、帝人株製の方が小さい結果となった。洗浄による負荷を考慮し、ナノファイバーの繊維の合成手法やバインド手法の観点からも本開発においては、帝人株製ナノファイバーを採用することとした。

5 ユニットフィルタの洗浄試験

帝人株製ナノファイバーろ材をフィルタユニット化し初期性能を測定した。初期性能測定後、JIS-11 種試験用粉体粒子とマシンングセンタの使用済み切削油をフィルタの圧力損失が初期圧力損失の 3 倍になるまで交互に吹きつけ、仮想の使用済み状態にした。その後、以下 (1) ~ (3) に示す洗浄方法にてユニット化したフィルタを洗浄し、乾燥後の性能が初期性能と比べどのように変化するかを以下の 3 種の洗浄方法で比較した。

- (1) 10 倍に希釈した強アルカリ洗浄液に 30 分浸漬後、高圧洗浄機により洗浄。
- (2) 10 倍に希釈した中性洗浄液に 30 分浸漬後、高圧洗浄機により洗浄。
- (3) 温水で 10 倍に希釈したスーパーオレンジ (UYEKI 社製) に 24 時間浸漬、その後流水でよくすすぐ。

Fig. 3 には、各種洗浄方法を繰り返したときの圧力損失の変化、Fig. 4 には、各種洗浄方法を繰り返したときの圧力損失の推移を示した。

Fig.3 より、3 つの洗浄方法による、圧力損失の推移を比較したところ、どの洗浄方法においても、開発目標であった、1 回の洗浄後の圧力損失が初期の +15%以内になまっていることが確認できた。

Fig.4 より、3 つの洗浄方法による、効率の劣化の推移について比較をしたところ、3 つの洗浄方法ともに洗浄後の効率劣化は初期の -15%以内になまっているということが判った。2 回目の洗浄後はいずれの洗浄方法においても初期の -15%以上の効率劣化が現れたが、比較したところ、(3) の「温水で 10 倍に希釈したスーパーオレンジに 24 時間浸漬、その後流水でよくすすぐ。」という洗浄方法を推奨していくこととした。

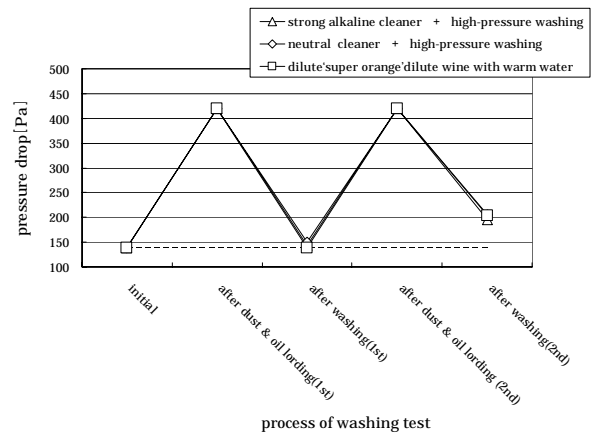
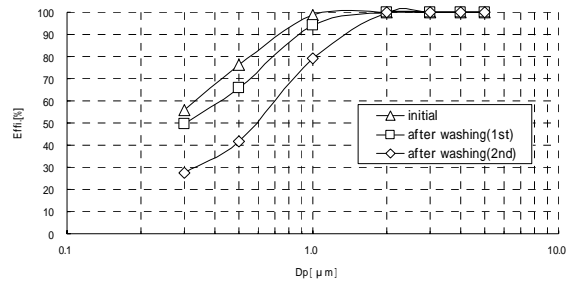
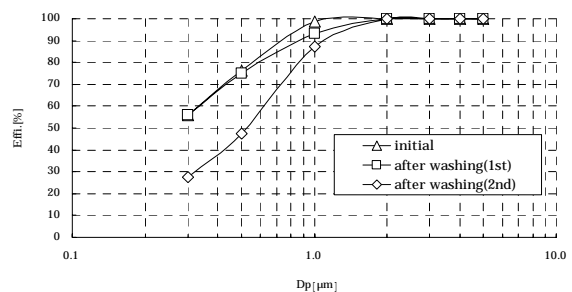


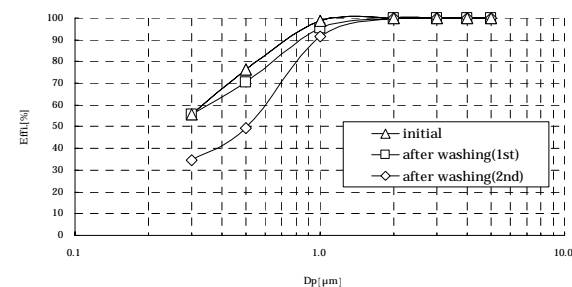
Fig.3 Transition of pressure drop by washing tests



Washing pattern (1)



Washing pattern (2)



Washing pattern (3)

Fig.4 Transition of efficiency by washing test

6. CNP フィルタとの2段階ろ過によるモヤの消失について

本フィルタは、当社の CNP フィルタの下流に設置、すなわち2段階ろ過におけるバックアップフィルタとして、開発を進めてきた。本フィルタと CNP フィルタを組み合わせ2段階ろ過した場合、モヤの濃度が消失濃度まで抑えられるかの検証を行った結果を Fig. 5 に示す。

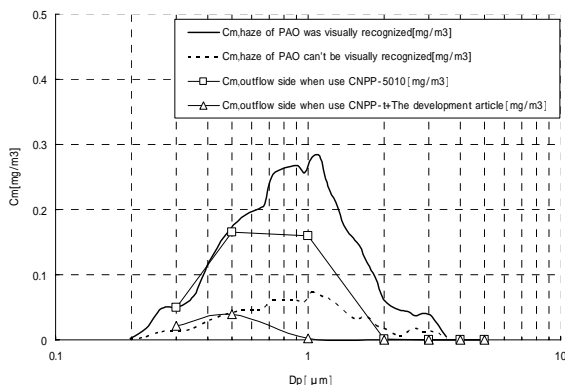


Fig.5 Simulation of the concentration by using the CNP and nano-fiber filter.

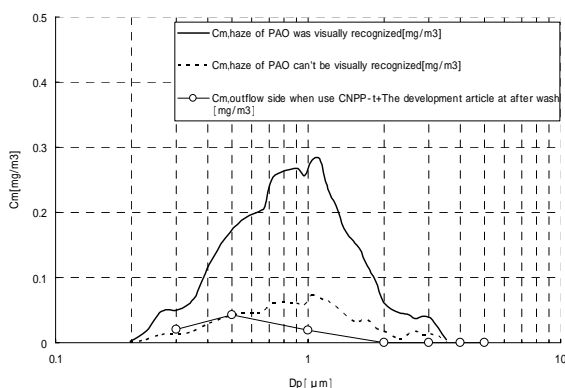


Fig.6 Simulation of the concentration by using washed CNP and nano-fiber filter (1 time).

Fig. 5 より、当社 CNP フィルタを単体で使用した場合、1.0 μm 以上の大きな粒子に対してはモヤの消失が有効的であるが、0.3~1.0 μm と云ったサブミクロン粒子の領域においては、効果が得られていない。これに対して、CNP フィルタの2段階ろ過を行った場合、全ての粒子径において、消失濃度以下まで下げることが確認できた。

Fig. 6 は、1回洗浄したフィルタを用い、同様にモヤの濃度の変化について確認を行った結果を示している。2回目の使用についても、効率はモヤの消失濃度を下回ることから、2回目の使用においても、モヤの消失には効果があることが確認できた。

7. ランニングコストの低減化について

本開発に至るまで、顧客よりより高効率なオイルミスト捕集用フィルタの要求があった場合には、HEPA フィルタや準 HEPA フィルタを提案することで対応してきた。但し、HEPA フィルタや準 HEPA フィルタは、その高捕集率の反面、圧力損失が大きく、系統内のファンなどへの影響が懸念されていたが、本開発により、圧力損失の低減化が実現された。

また、1回の洗浄を行い2回使用することでコストの低減も実現することができた。1回使い切りとなる HEPA フィルタや準 HEPA フィルタの年間ランニングコストに比べ、本開発品を1回の洗浄を実施し2回使用することで年間ランニングコストが33%の低減化を実現できる。

8. まとめ

- (1) 実験室レベルの結果ではあるが、空気中に漂うオイルミストのモヤは濃度を $1.267\text{mg}/\text{m}^3$ にすることで、視認できないレベルまで落とすことが出来た。
- (2) 帝人製のナノファイバーを利用することで、目標とする洗浄再生型高捕集率オイルミスト用フィルタが実現できた。
- (3) 温水で10倍に薄めた UYEKI 社製スーパーオレンジに24時間浸漬洗浄することで洗浄後の効率低下、圧損上昇は初期の15%以内に収まることが判り、この方法で1回洗浄2回洗浄が可能であることが判った。
- (4) これまで高効率を目指すために HEPA や準 HEPA を導入してきたが、HEPA や準 HEPA に比べて年間ランニングコストは1回洗浄2回使用で33%抑えることができた。
- (5) 今後の課題として、より効果的な洗浄方法の確立し、使用回数を伸ばすことにより、フィルタのランニングコストのより低減化することが必要である。