

# 光ファイバセンサによるバグフィルタの寿命予知<sup>†</sup>

島川 聡\*, 日向 滋\*, 鮑 力民\*,

渡辺 義見\*\*, 木嶋 敬昌\*\*\*, 清水 秀彦\*\*\*\*

## Evaluation of Life time of Bag-filter by Optical Fiber Sensor

Satoshi SHIMAKAWA\*, Shigeru HINATA\*, Limin BAO\*,  
Yoshimi WATANABE\*\*, Takamasa KISHIMA\*\*\* and Hidehiko SHIMIZU\*\*\*\*

An Experimental study to evaluate the life time of bag-filter by means of an optical fiber sensor is performed. The measurement is based on the principle of detecting the start of the optical attenuation due to the wear of optical fiber. The life time of optical fiber, the time it takes to wear the protective polyimide film of optical fiber by collision of particulate injected from the nozzle is measured. It is found that the rate of the amount of wear for fibrous plastic material is constant in any thickness of a fiber at a given conveying velocity. Both life times of optical fiber and bag-filter are obtained under the various conveying velocities of impinging particles. It is shown that the life time of bag-filter can be predicted by the experimental formula involving the measured value of the life time of optical fiber.

**Key Words:** bag-filter, optical fiber, wear, dust collector, incinerator

### 1. 緒言

近年ゴミ焼却施設などの排ガス問題を抱える多くの施設では、粉塵を含む有害ガス、ダイオキシンおよび重金属などを高効率で除去できる優れた方法としてバグフィルタが広く用いられている。Fig.1 にパルスジェット式バグフィルタ集塵機の概略図を示す。パルスジェット式バグフィルタは機械振動式や逆洗式のものとは比べ濾過速度が大きく、連続運転が可能であるといった利点があり、ゴミ焼却施設、石炭ボイラ排ガス処理など多方面から需要がある。ところが、この集塵機に使用されるフィルタには粉塵による摩耗のため寿命があり、交換時期を誤ると大気中に汚染物質を排出してしまうという重大な事故が発生する。このような事故を防ぐことは社会的要請である。しかし、現状では破損を未然に予知できないだけでなく、経験的な周期でフィルタ交換をしていることもありコスト面でも不経済である。これまでにバグフィルタについてはバグフィルタ集塵機内の流れ<sup>1)</sup>、摩耗のメカニズム<sup>2),3)</sup>、バグフィルタダスト払落し機構<sup>4),5)</sup>、強磁性体を用いたバグ

フィルタ摩耗量測定方法<sup>6)</sup>など幾つかの報告はなされている。しかしながら、バグフィルタの摩耗は実際の機内構造に基づく偏流、ダストの性状、ガスの性質や温度など多くの要因に依存しておりその運転条件、履歴が明確に判らない限りフィルタ摩耗量、すなわち、バグフィルタ寿命予知は困難である。

そこで本研究ではバグフィルタ安全性能向上の一つの試みとして、機内のバグフィルタと同じ環境下にさらされるように一緒に取付けた光ファイバセンサの摩耗寿命を知って、バグフィルタの寿命を予知する計測法を提案する。

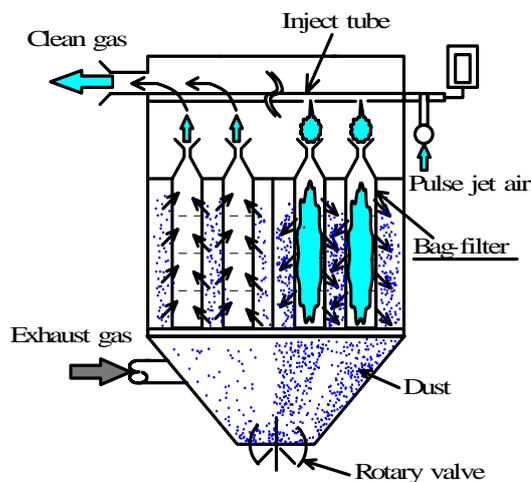


Fig. 1 Dust collector of bag filter

† 第48回自動制御連合講演会で一部発表 (2005・11)

\*信州大学繊維学部

\*\*名古屋工業大学機械工学科

\*\*\*日本スピンドル製造(株)

\*\*\*\*東京特殊電線(株)

\*Faculty of Textile Science & Technology, Shinshu University.

\*\*Department of Mechanical Engineering, Nagoya Institute of Technology.

\*\*\*NIHON SPINDLE MFG. CO., LTD.

\*\*\*\*TOTOKU Electric CO., LTD.

(Received May 22, 2006)

単繊維摩耗実験装置を使って光ファイバの摩耗による光の伝送量の減衰特性を種々の流動条件下で調べ、ついでバグフィルタ試料片の基布繊維が摩耗により露出するまでの時間についても同じ流動条件にて調べる。これらの検討から光ファイバが摩耗により破損するまでの寿命時間とバグフィルタが摩耗により破損に至るまでの寿命時間の関係を明らかにし、本計測法がバグフィルタ寿命予知に有用であることを示す。

## 2. 実験装置および実験方法

Fig.2 に単繊維摩耗実験装置の概略図を示す。寿命予知センサ材として候補にあげられている光ファイバを支持板に張力を付加しない状態で設置した。支持板は 30×100mm の鉄板で作られており、噴流が繊維に衝突後板で直角半径方向に曲げられる場合と、支持板にφ16の孔をあけ、そのまま衝突後通過できる場合の二種類で行なった。

投光側に Photom 製 MODEL370H LED 安定光源(波長:650nm)、受光側に ADVANTEST 製 Q8231H 光パワーセンサを装着した。ゴミ焼却炉において発生するダストの粒子径は 1μm~120μm であることを考慮して、粒径 1μm~106μm の昭和電工製、粒度 F220 ホワイトモランダム(白色アルミナ)を使用した。マイクロフィーダから一定供給量で粒子をコンプレッサより送られた空気流に入れ混相流とし、ノズル内径 5.35mm のエアガンより噴出した。

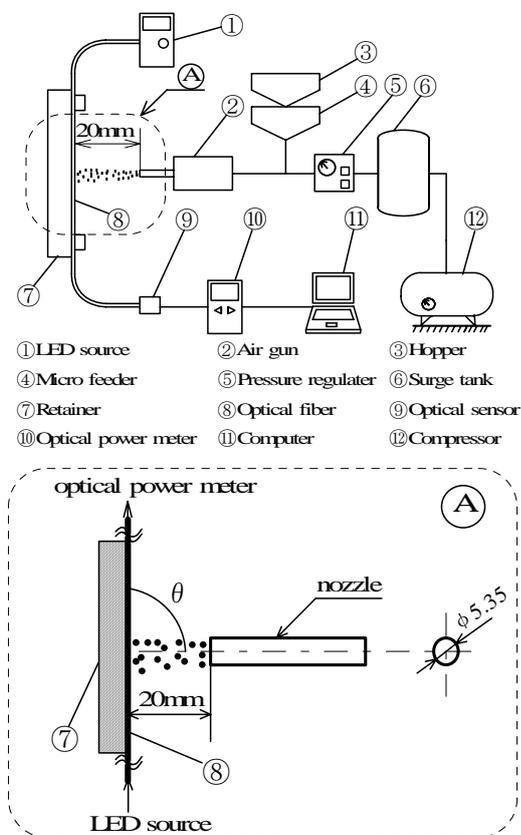


Fig. 2 Experimental apparatus

ノズル出口から光ファイバまでの距離を 20mm、衝突角  $\theta$  を 90° に設定し、摩耗実験を行なった。あらかじめノズルから 20mm の位置で噴流の速度分布を調べ、光ファイバ繊維内では一様な速度で衝突していることを確認した。代表速度としてはこの噴流中央部での空気速度(粒子噴出速度)  $V$  m/s を使用することとした。 $V$  は厳密には粒子衝突速度とは異なるが、十分粒子が小さい場合には一致する。受光した光の伝送量は ADVANTEST 製 Q8230 光パワーメータを介してサンプリング周期 1s でパーソナルコンピュータに取込まれる。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 単繊維光ファイバ

有力なセンサ材として考えられている光ファイバはコア径 50μm、クラッド径 125μm の材質が石英ガラスで、その外側にポリイミドを平均被覆厚さ 12.5μm で被覆したものである。この被覆材のポリイミドはセンサとしてフィルタに装着した場合を想定しても耐熱性の面で優れており、バグフィルタのフィルタ繊維素材としても多用されている。このほかに市販の光ファイバとしてアクリル樹脂製光ファイバがある。バグフィルタのフェルト繊維素が主に樹脂素材であることを考えてコア径 486μm、クラッド径 500μm、コア材としてポリメチルメタクリレート樹脂、クラッド材としてフッ素樹脂の光ファイバを被覆材の摩耗機構考察のために採用した。

### 3.2 光ファイバ寿命時間

(1) ポリイミド被覆した石英ガラス光ファイバ寿命時間  
ポリイミド被覆した石英ガラス光ファイバの摩耗がどのような摩耗機構によって進行し、その結果寿命に至るかを、単繊維摩耗実験装置を使用して調査した。

Fig.3 に光ファイバが摩耗するにつれて変化する光の伝送量と摩耗時間の関係、およびそのときの光ファイバの断面写真を示す。写真で薄い白色円環部分がポリイミド被覆部である。粒子噴出速度  $V$  は 21.6m/s、平均粒子供給量は 2.02g/min

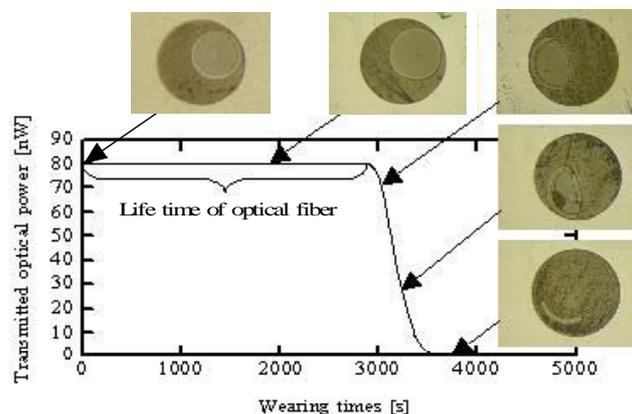


Fig. 3 Relationship between transmitted optical power and wearing times

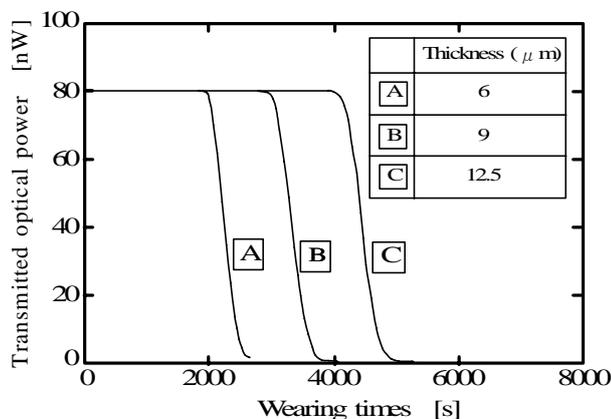
の場合である。ポリイミド被覆の摩耗に要する時間は約3000sとその後の石英ガラスファイバの摩耗に要する時間800sに比べて被覆厚さ12.5 $\mu$ mと薄いにも拘らず長いことがわかる。これはポリイミドが耐摩耗性材料であるためと考えている。また、ポリイミドと石英ガラスの主要摩耗機構が異なり、摩耗量が変わることも原因である。石英ガラスファイバの摩耗の断面形状は後に示す樹脂ファイバのそれと比べて粒子衝突流の淀み点近くが脆性き裂により削られ平坦になっている。ポリイミド被覆が摩耗により削り取られるまでは光の伝送量に変化は見られないが、摩耗が進行し傷がクラッド表面に達すると急速にその伝送量は減少していき、やがて石英ガラスコア部が破損して光の伝送量はなくなるという変化特性を示す。ここで、光伝送量が急激に減少し始めるまでの時間を光ファイバ寿命時間 $T_f$ とする。光ファイバ寿命時間は被覆材が摩耗により破損するまでの時間であり、被覆材の厚さを変化させることでその時間を制御できると考えられる。

(2) 被覆厚さの異なる単繊維光ファイバ摩耗実験

**Fig.4** にポリイミドの被覆厚さが異なる光ファイバを摩耗したときの摩耗時間と光の伝送量の関係を示す。被覆厚さが6 $\mu$ m, 9 $\mu$ m, 12.5 $\mu$ mの光ファイバを使用した。粒子噴出速度 $V$ は21.6m/s, 平均粒子供給量は2.07g/minの場合である。被覆が厚くなるほど光ファイバから光が漏れ出すまでの時間、すなわち、光ファイバ寿命時間が延びていることがわかる。被覆厚さを変化させることで光ファイバ寿命時間の制御が可能となる。光ファイバ寿命時間を制御しバグフィルタの破損時期と一致させることで、光の減衰量からバグフィルタ交換時期を検知できる。

(3) 異なる粒子噴出速度での単繊維光ファイバ摩耗実験

**Fig.5** にポリイミド被覆の光ファイバを異なる粒子噴出速度で摩耗実験したときの、摩耗時間と光の伝送量の関係を示す。光ファイバはポリイミド被覆厚さ12.5 $\mu$ mのものを使用した。粒子噴出速度 $V$ は30.4m/s, 23.7m/s, 18.1m/s および14.8m/sの場合である。平均粒子供給量は2.02g/minである。



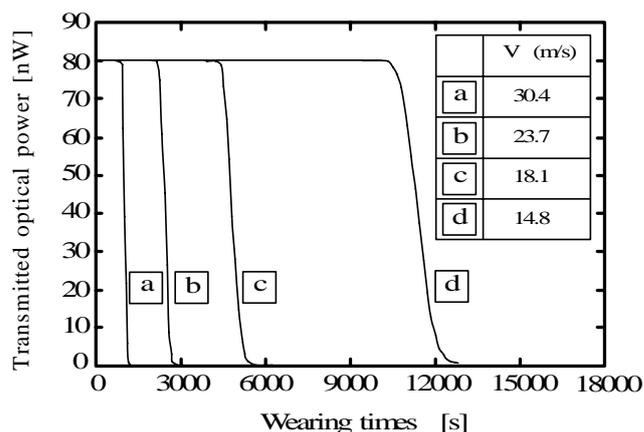
**Fig. 4** Relationship between transmitted optical power and wearing times for the various values of coating thickness of the optical fiber

粒子噴出速度が遅くなると被覆材が摩耗されにくくなり、光ファイバ寿命時間は急激に長くなる。

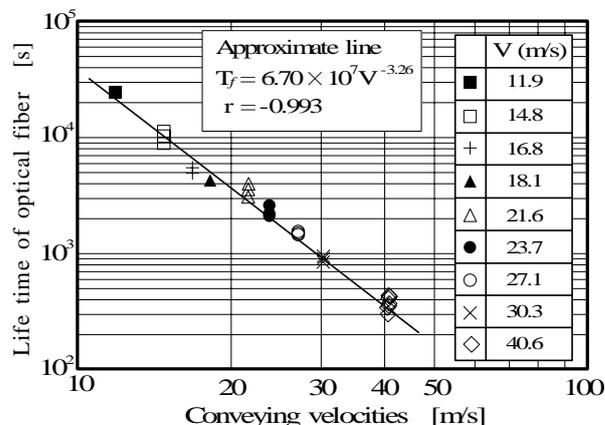
**Fig.6** にポリイミド被覆厚さ12.5 $\mu$ mの光ファイバについて、異なる粒子噴出速度で摩耗実験したときの粒子噴出速度と光ファイバ寿命時間の関係を示す。粒子噴出速度 $V$ が40.6m/sの場合で、光ファイバ寿命時間 $T_f$ の計測における不確かさについて調べた<sup>7)</sup>。その結果、

$$T_f = 380 \text{ s} \pm 30 \text{ s} \quad (1)$$

となった。ここで、380sは平均値で、記号士に続く数は拡張不確かさ $U$ の数値であり、 $U$ は平均値の標準不確かさ $u(x_i)=15$ sと $\nu=9$ の自由度に対する $t$ 分布に基づく包含係数 $k=2.26$ から決定されたもので95%の信頼の水準をもつと推定される区間を定める。この不確かさの主たる原因は被覆材の偏芯による厚さに偏りがあるためである。厚さは直接寿命時間に関わるので実際のセンサとして使用するに当たっては製造方法に工夫が必要である。最小二乗回帰分析により求めた実験式を示すと



**Fig. 5** Relationship between transmitted optical power and wearing times for the various conveying velocities of impinging particles



**Fig. 6** Relationship between the life time of optical fiber and conveying velocities

$$T_f = 6.70 \times 10^7 V^{-3.26} \quad (2)$$

となる. 近似の良さを示す尺度の相関係数  $r$  は-0.993 である. 実験式に対する測定値  $T_f$  の残差の相対標準偏差は 15.4% となった.

被覆材の摩耗量を寿命時間で除した単位時間当たりの摩耗量は粒子噴出速度の 3.26 乗に比例する. 粉体がプラスチック材料に衝突するときの摩耗量は, 粒子衝突速度の 2~4.2 乗に比例するという報告があり<sup>8), 9)</sup>, 本実験の水平円柱状のポリイミド被覆材の場合もそのべき数範囲に入る結果である.

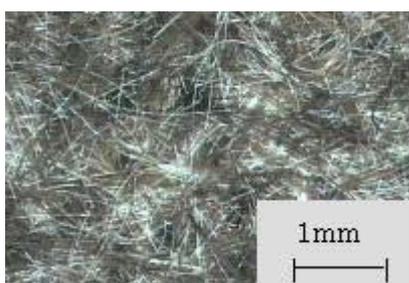
### 3.3 バグフィルタの粒子捕集と摩耗機構について

#### (1) バグフィルタ濾布

濾過集塵装置は濾材に含塵ガスを通すことでダストを分離捕集する装置である. 濾過材として要求される特性としては, 濾過効率に優れていること, 耐熱性, 耐薬品性, 払い落とし性に優れていること, 機械的強度が挙げられる<sup>10)</sup>. 機械的強度の中には引張り強度, 破裂強度, 耐摩耗性, 耐折れ性がある. 濾布には織布と不織布があり, 本研究で扱うのは廃棄物焼却施設で広く使用されている不織濾布である. 本摩耗試験では, 濾布に泉(株)製テファイヤを使用した. **Table 1** に濾布の特性値を示す. PTFE (テフロン) 繊維 75%, ガラス繊維 25% を混合した短い繊維を PTFE 繊維の基布上に植えて製造したフェルトである. **Fig.7** にフィルタ表面写真を示す. 捕集効率向上のため表面に繊維素の毛羽立ちが見られる.

**Table 1** Properties of bag filter

Weight (g/m <sup>2</sup> )	650
Thickness (mm)	1.4
Fiber dia. (μm)	7.9



**Fig. 7** Photograph of bag filter

#### (2) バグフィルタ繊維素による粒子の捕集と摩耗機構

**Fig.8** に不織布バグフィルタの断面模式図を示す. 不織布フィルタではまず慣性, 拡散, さえぎりなどにより捕集される. つぎに濾布上にダストが堆積してくると濾布内部に粒子が侵入していき, そこでふるい効果により捕集される. 濾布に捕集されたダストは堆積して, バグフィルタの圧力損失が増加する. このため, 堆積したダストを適当な間隔で払い落としする. 払い落とし後, 一次付着層が残された状態から再び捕

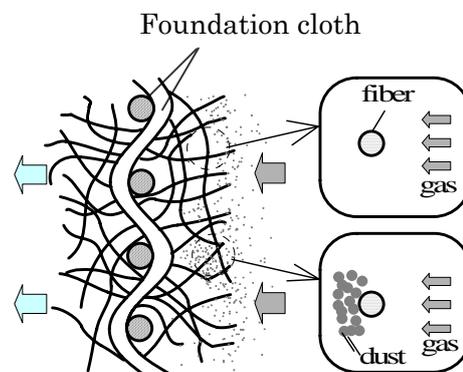
集がはじまる. これらの捕集機構については多くの研究があり, 高橋によって詳しく纏められている<sup>11), 12), 13)</sup>.

捕集機構と違って不織布のダストによる摩耗に関する研究は少なくまだ不明な点が多い<sup>14)</sup>. バグフィルタ摩耗の機構には大きく分かれて二つ考えられている. 一つは, 払い落とし作業時に発生するバグフィルタとそれを支持している籠状の金属フレーム (リテイナ) との接触摩耗である. これについては従来の繊維および繊維構造物摩耗の研究があり, 摩耗試験機による評価もなされている<sup>15)</sup>. もう一つは粒子がバグフィルタ繊維素に慣性衝突することで生じる切削あるいは脆性破壊によるエロージョン摩耗である. このうちの後者のエロージョン摩耗がバグフィルタ摩耗では主体的であるという実験での測定報告がある<sup>2)</sup>.

本研究で着目しているバグフィルタ摩耗はエロージョン摩耗の場合である. 粒子がバグフィルタ表面に貼り付けられた光ファイバ素線およびバグフィルタ繊維素に慣性衝突して同時に摩耗損傷していくことを考えている.

#### (3) アクリル樹脂製光ファイバによる摩耗観察実験

模式図に示すように, 表面の付着粒子層によるダストのふるい効果捕集が行なわれている場合, 目詰まりを起し気流が後方に抜けにくい状態で, 表層に露出している繊維素にダストが慣性衝突している部分と, 目詰まりが無く気流が繊維素の周りを通り, ダストは繊維素に衝突している部分とが考えられる. そこで繊維の後方に気流が通過できる場合と, そうでない場合を模擬し, 単繊維の後方に支持板がない場合と, ある場合での単繊維摩耗実験を行なった.



**Fig. 8** Schematic diagram of a cross section of bag filter

ポリイミド被覆材の摩耗形状は被覆厚さが薄く観察することが難しいので, ポリイミドではないが同じ樹脂製でコア部まで作られている **3.1** で述べた太いアクリル樹脂製光ファイバを単繊維摩耗量の観察のために使った.

アクリル樹脂製光ファイバ繊維に粒子が衝突することで繊維が削り取られ摩耗していく過程の断面形状について光学顕微鏡を使って調べた. 粒子噴出速度  $V$  は 40.6m/s, 平均粒子供給量は 1.70 g/min である.

**Fig.9** に単繊維の後方に気流が通過できない場合と, 自由に

通過できる場合について、繊維の最大摩耗箇所の断面写真を示す。それぞれ摩耗時間は 1200s, 2400s, 3600s および 4800s である。写真左側より水平に粒子が繊維に衝突している。粒子の流れ方向と、繊維表面の接線とのなす角を  $\theta$  とおくと  $\theta = 90^\circ$  の淀み点のところ、すなわち、繊維断面写真では山型の頂点部であり、この部分が衝突面の中でもっとも削れにくく、繊維を残していることがわかる。どちらの場合においても同様の結果であった。

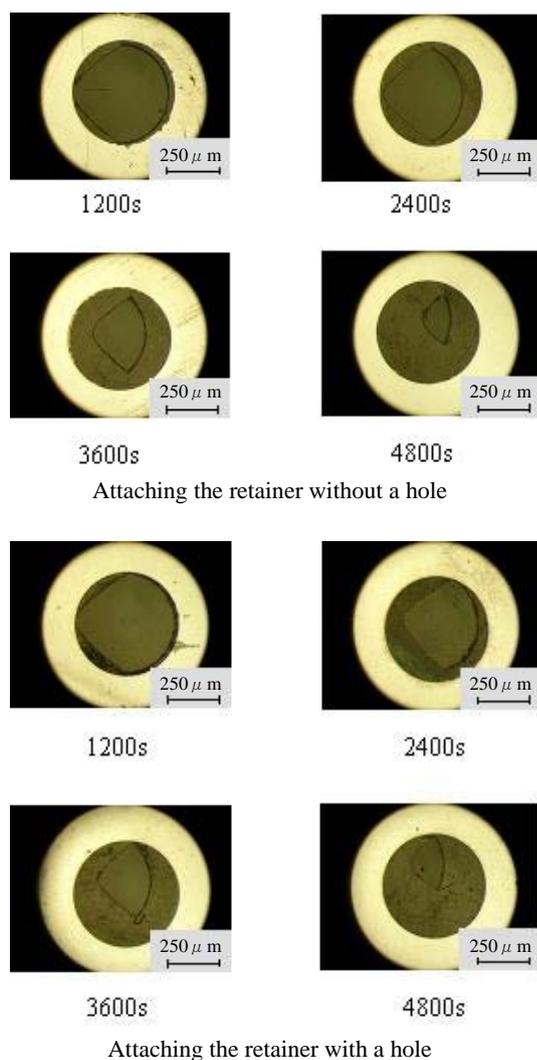


Fig. 9 Photographs of cross section of optical plastic fiber at various wearing times

山型の形状となるのは軟らかい繊維であるので、硬い摩耗子の粒子が繊維表面を滑るように削り取っていくエロージョン摩耗の特徴である。流れの方向と繊維の摩耗面のなす角を  $\alpha$  とおくと、どの摩耗断面でも約  $\alpha = 40^\circ$  であった。これより断面形状については気流の通過条件による大きな差異は見られなかった。これは繊維断面の前半部に当たる噴流が強く摩耗に寄与していて、後半部での流れは摩耗に強い影響を与えないことを示している。

Fig.10 に摩耗時間  $t$  と繊維断面積  $S$  の変化を示す。両者とも断面積の減少量に違いは見られず、繊維の後ろを気流が通過できない場合とそうでない場合では摩耗量の差はなく直線的に減少することがわかった。実験式は

$$S = -3.65 \times 10^{-5} t + 0.194 \quad (3)$$

となり、相関係数  $r$  は -0.997 となった。

耐摩耗性である薄いポリイミド被覆材の場合についても同じ樹脂製であるので、摩耗量が摩耗時間に比例する関係は同傾向を示す。

バグフィルタの繊維素の径は平均  $7.9 \mu\text{m}$  と細い。小さな粒子径のダストが繊維素に衝突する場合は上述のエロージョン摩耗機構によるとみてよい。しかし、繊維素より数倍も大きいダストの衝突では、繊維素を支えている張力の影響が考えられる。また、払い落とし行程後の堆積したダスト層表面からの繊維素の露出度、繊維素の軸方向も考慮する必要がある。

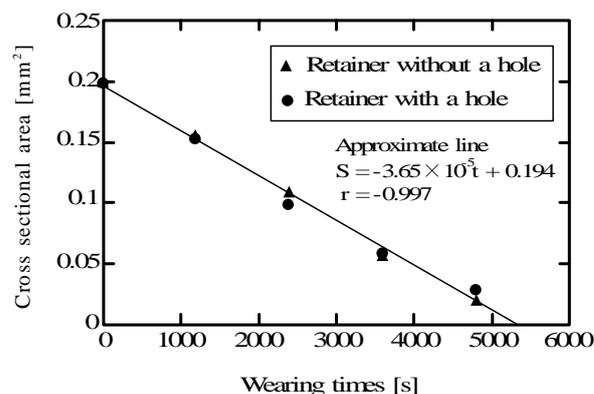


Fig. 10 Relationship between cross sectional area and wearing times in the case of plastic fiber

### 3.4 バグフィルタ摩耗実験と摩耗寿命予知

#### (1) バグフィルタ摩耗実験

流動条件はすべて単繊維摩耗の場合と同じで、摩耗実験機にバグフィルタ片を設置し摩耗実験を行なった。Fig.11 に摩耗実験後のバグフィルタ写真を示す。摩耗時間は 3600 s, 4800 s, 5400 s および 10800 s の場合で、粒子噴出速度  $V$  は  $30.4\text{m/s}$  平均粒子供給量は  $2.02\text{g/min}$  である。

バグフィルタの摩耗量の定量的な評価方法に関する報告<sup>6)</sup>はあるが、本研究に適用できる良い方法はない。そこで、ここでは噴流による最大摩耗深さに着目した。ボアスコープによる目視観察によって基布の色(白色)とフェルト繊維素(黒茶色)の色の違いを利用した判定方法である。ここで、バグフィルタの寿命時間  $T_b$  をフィルタ内部の基布がわずかでも露出するまでの時間とする。すなわち、フェルトが粉体によってクレータ状に削り取られ、破損がフィルタ厚さの約 1/2 に達するまでの時間である。フィルタ表面にある繊維の毛羽立ちが次第に消滅していき、摩耗時間が 3600 s, 4800 s では

両者とも細かい毛羽立ちはもはや確認できなかった。摩耗時間が 5400s のとき基布の露出を確認した。この条件下でのバグフィルタ寿命時間は 5400s であると判断した。摩耗時間が 10800 s では基布は完全に露出しており基布繊維も摩耗による破損が見られた。

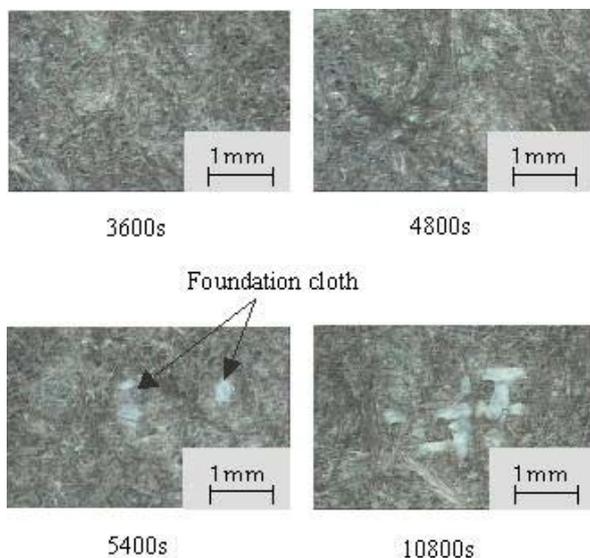


Fig. 11 Surfaces of bag filter at several wearing times

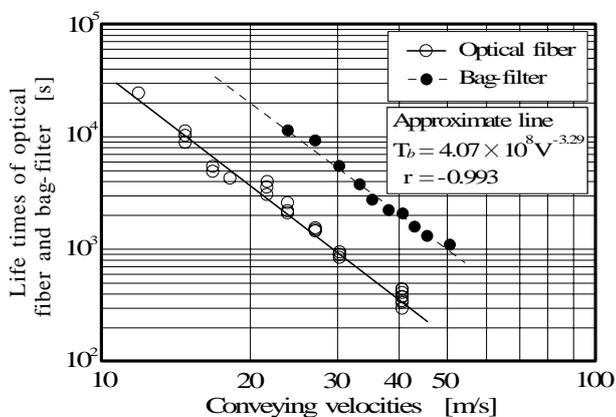


Fig. 12 Comparison of life times of optical fiber and bag filter for the various conveying velocities

粒子噴出速度  $V$  を変えて同様の摩耗実験を行なってバグフィルタ寿命時間を求めた。それぞれの粒子噴出速度に対して得られたバグフィルタ寿命時間を Fig.12 に示す。図には Fig.6 に示した光ファイバ寿命時間も加えてある。バグフィルタの寿命時間は粒子噴出速度の-3.29 乗に比例している。PTFE 繊維 75%, ガラスファイバ 25% からなっているバグフィルタ繊維素材であるにも拘らず、このべき数はポリイミド被覆の光ファイバ寿命時間の場合のべき数に近い値を示した。実験式を示すと

$$T_b = 4.07 \times 10^8 V^{-3.29} \quad (4)$$

となる。近似の良さを示す尺度の相関係数  $r$  は-0.993 である。実験式に対する測定値  $T_b$  の残差の相対標準偏差は 10.3% となった。

バグフィルタの寿命時間  $T_b$  とポリイミド被覆の光ファイバ寿命時間  $T_f$  との間には

$$T_b = 6.07 V^{-0.03} T_f \quad (5)$$

なる関係式が得られた。

すなわち、粒子噴出速度 30.3m/s の場合、バグフィルタの方が 5.48 倍長い寿命時間となっている。

バグフィルタの基布が見えるまでのフェルト厚さは計測の結果、500  $\mu\text{m}$  である。また、このバグフィルタの空隙率、繊維素径がそれぞれ 0.80, 7.9  $\mu\text{m}$ , 粒子噴出速度が 30.3m/s であるとして、簡単な計算から約 32.1 本のフェルトの繊維素が厚み方向に並んでいることになる。一方、光ファイバ被覆材が厚さ 12.5  $\mu\text{m}$  まで摩耗するときに対応する摩耗面積  $A_0$  は幾何学的に求めて  $1.4 \times 10^{-3} \text{mm}^2$  である。したがって、面積  $5.48 \times 1.4 \times 10^{-3} \text{mm}^2$  の被覆材が摩耗する時間はバグフィルタの摩耗の寿命時間となる。この値をフェルトの繊維素径断面面積  $49 \times 10^{-6} \text{mm}^2$  で割った値 157 は繊維素が常に衝突摩耗しているとしたときの繊維素の摩耗本数である。ところが、実際は空隙率を考慮した露出確率で繊維素に衝突摩耗しているので、31.4 本になる。これは厚み方向に並んでいる繊維素数に近い値である。このことはフェルト繊維集合体の摩耗機構は比較的大きい径の光ファイバ繊維の被覆に対する摩耗機構と違ってないことを示している。しかし、この計算では

- 1) 繊維素は全部削られる前に破断すること
- 2) 繊維素の衝突角度は実際には  $90^\circ$  ではないこと
- 3) バグフィルタの正確な空隙率は不明であること

などを考慮していない。バグフィルタの摩耗についてはさらに詳細な検討が必要である。

#### (2) バグフィルタ摩耗寿命予知

バグフィルタの最も重要な摩耗因子である運転速度情報、すなわち、粒子噴出速度について調べた結果、(5)式の関係式を得ることができた。これによりポリイミド被覆の光ファイバ寿命時間  $T_f$  の計測と  $V$  の-0.03 乗の補正をすることによってバグフィルタの寿命時間を予知することが可能になった。たとえば、粒子噴出速度 30.3m/s の場合、安全性を考慮し、 $T_b$  の 80% に達したときにフィルタ寿命を予知するセンサを考える。ポリイミド被覆材の摩耗量は寿命時間に比例するとして、センサの被覆材摩耗面積が  $(5.48 \times 0.8)A_0$  となるような被覆厚さを幾何学的に求めると 31.6  $\mu\text{m}$  となる。基本的には光ファイバの被覆材をバグフィルタの材質と同一にすることが理想であるが、市販の光ファイバを使用するという制約条件がある現状では仕方がない。実際の集塵機内の環境を考慮すると摩耗因子には、この他ダストの性状、温度などがあり  $T_b$

と  $T_f$  の関係を順次調べる必要がある。

また、このシステムの利点として、光ファイバの破損の位置を知る技術を使うことにより、バグフィルタの局所的な破損位置を知ることも可能となることが挙げられる。

#### 4. 結言

光の減衰量からバグフィルタの寿命を予測する計測システムの開発を目的として実験を行なった。単繊維摩耗実験装置を使って光ファイバの摩耗による光の伝送量の減衰特性と寿命時間およびバグフィルタ試料片の基布繊維が摩耗により露出するまでの時間を種々の流動条件下で調べ、バグフィルタ寿命予測センサとしての有用性を検討した結果、以下の結論を得た。

1. 光ファイバ被覆厚さを変化させることで光ファイバ寿命時間を制御でき、バグフィルタ寿命予測センサとして有用であることを確認した。
2. ポリイミド被覆材の摩耗による光ファイバ寿命時間は粒子噴出速度の-3.26 乗に比例し、バグフィルタは-3.29 乗に比例することを明らかにした。
3. 被覆厚さ  $12.5 \mu\text{m}$  のポリイミド被覆光ファイバの寿命時間とバグフィルタの寿命時間には  $T_b = 6.07V^{-0.03} T_f$  の関係がある。
4. 樹脂単繊維摩耗実験において、後方に気流が通過できない場合と、そうでない場合では繊維の断面形状、摩耗量に違いは見られない。単位時間当たり摩耗量は一定である。

終わりに本研究の一部は平成 16 年度科学研究費補助金、基盤研究(B) (2)、14350105 の援助によったことを記しここに感謝の意を表す。実験に対して多大な援助を頂いた勝浦聡、福森梓、細井祐助、張敏嘉、向井俊哉の諸君に深く感謝いたします。

#### 【参考文献】

- 1) 山下, 池森: バグフィルタ内の流れとダスト分離の様相, 日本機械学会論文集(B 編), **52**-475, 1040/1049 (1986)
- 2) 辻井, 木嶋, 中沢, 鮑: 粉体工学会研究発表会講演論文集, 55/56 (2003)
- 3) 島川, 日向, 姫野, 鮑, 渡辺, 市村: 日本混相流学会年会講演会 2004 講演論文集, 315/316 (2004)
- 4) 金岡, 古内, 村井: パルスジェット式バグフィルタのダスト払い落とし機構, 粉体工学会誌, **31**-6, 424/429 (1994)
- 5) 能祖茂幸: バグフィルタのトラブルとその防止対策, 粉体と工業, **29**-1, 55/70 (1997)
- 6) Yu Hirai, Yoshimi Watanabe and Shigeru Hinata: *Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **29**-5, 2073 / 2076 (2004)
- 7) 飯塚幸三: 計測における不確かさの表現のガイド, 63/67, 財団法人日本規格協会 (1996)
- 8) 高橋健次: 粉流体の耐摩耗設計, 13/18, 粉体と工業社 (1987)

- 9) 北条, 津田: 高分子材料のエロージョン性, 潤滑, **30**-4, 233/238 (1985)
- 10) 辻井澄生: バグフィルタの焼却炉排ガス処理への応用, 繊維機械学会誌, **52**-9, 381/386 (1999)
- 11) Hitoshi Emi, Kikuo Okuyama and Naoya Yoshioka: *J. Chemical Engineering of Japan*, **6**-4, 349/354 (1973)
- 12) 高橋幹二: 応用エアロゾル学, 200/204, 養賢堂 (1984)
- 13) 日本粉体工業協会: バグフィルタハンドブック, 55/58, 産業技術センター (1977)
- 14) Yasuyuki Sato, Limin Bao and Kiyoshi Kenmochi: *Proc. China-Japan Conf. on Mechatronics (Ueda)*, 55/56 (2005)
- 15) 川村, 池田: 布の摩耗に関する研究, 繊維機械学会論文集, **21**-3, 8/15 (1968)

#### 【著者紹介】

##### 島川 聡 (学生会員)



2005 年信州大学大学院工学系研究科機能機械学専攻修士課程修了。現在同大学院総合工学系研究科システム開発工学専攻博士課程在学中。バグフィルタ集塵機のフィルタ摩耗に関する研究に従事。公害防止管理者大気第一種、日本機械学会の会員。

##### 日向 滋 (正会員)



1967 年東北大学大学院工学研究科原子核工学専攻修士課程修了。同年山形大学工学部助手、信州大学繊維学部助手、講師、助教授を経て、現在、信州大学繊維学部教授。専門は熱流体工学、混相流、主に気液二相流の流動と伝熱に関する研究に従事。日本混相流学会、日本機械学会、日本伝熱学会などの会員。(工学博士)

##### 鮑 力民



1982 年中国天津紡織工学院卒業。1994 年信州大学大学院工学研究科博士課程修了。同年信州大学繊維学部助手。講師を経て、現在信州大学繊維学部助教授。繊維とその構造材料の衝撃特性、エロージョンの研究に従事。日本機械学会、繊維学会などの会員。(工学博士)

##### 渡辺 義見



1985 年名古屋工業大学金属工学科卒業、90 年東京工業大学大学院総合理工学研究科材料科学専攻博士課程修了、同年鹿児島大学工学部助手、北海道大学工学部助手、信州大学繊維学部助教授を経て、現在、名古屋工業大学大学院工学研究科おもひ領域教授。専門は材料組織学。材料工学の研究手法を応用し、繊維工学の研究にも従事。日本機械学会、日本金属学会などの会員。(工学博士)

木嶋 敬昌



1998年金沢大学大学院自然科学研究科地球環境科学専攻修了。博士(工)。同年同研究科助手を経て、2001年日本スピンドル製造(株)入社。マイクロ波飛灰無害化装置、高温集塵装置などの開発に従事。主にプロセス設計を担当。

清水 秀彦



1993年東京理科大学工学部工業化学科卒業、同年東京特殊電線(株)入社。光ファイバーおよび応用製品の開発、製造技術に従事。

---