

# 板金加工における微小粉塵除去に関する研究

東京農工大学大学院共生科学技術研究院  
助教 堀 三計  
(平成 17 年度研究開発助成 AF-2005004)

**キーワード**：湿式集塵機，慣性衝突集塵フィルタ，捕集率，不織布フィルタ

## 1. まえがき

板金加工では，板材をレーザー加工で所定の形状に切断し，その後プレスブレーキを使って曲げ加工を行い，製品を作る．近年，板金製品の形状が複雑化してきたのに伴い，板金加工においてはレーザー加工を使った切断が必要不可欠なものとなってきた．しかし，レーザー加工では多量の金属粉塵やヒュームなどが発生し，作業環境が悪化する．このため，それらの粉塵を捕集することが求められている．レーザー加工で発生した高温の粉塵を捕集するためには，火災の危険がない水を利用した湿式集塵機が一般的に使用されている<sup>(1)(2)</sup>．湿式集塵機は，粉塵を含んだ気流が水中を通過することで粉塵が水に捕集され，集塵するものである．また，捕集率を高めるために，慣性衝突集塵フィルタを併用して，水中で捕集されなかった粉塵を慣性衝突集塵フィルタで捕集する湿式集塵機が開発・実用化されてきている．しかし，慣性衝突集塵フィルタを併用しても，湿式集塵機の捕集効率は十分とはいえず，その向上が望まれている．特に，現在のところ，ヒュームと呼ばれる微細な粉塵を十分に除去することができないため，屋内排気を行うことができない．このため，排気ダクトを屋外まで配管する必要があるが，集塵機の吸引効率低下の一因となっている．

そこで本研究では，慣性衝突集塵フィルタを併用した湿式

集塵機の捕集効率を向上することを目的に実験的研究を行った．

## 2. 使用した湿式集塵機

従来の湿式集塵機の概略を図1に，また，気流を矢印で同図中に示す．吸気口から吸引された粉塵を含んだ気流は水タンク内を通過し，側面開口部のスリット板を通過して慣性衝突集塵フィルタに流れていく．粉塵を含んだ気流がスリット板を通過するとき，粉塵を含んだ空気と水が混合され，気流中の粉塵が水に捕集されて水タンクの底に沈殿する．粉塵の一部が水で捕集された気流は慣性衝突集塵フィルタを通過してさらに粉塵が捕集され，装置上部の排気口より排出される．

しかし，従来の湿式集塵機では捕集効率がたかだか 95%程度であった．この原因としては，水タンク内の水が激しく吹き上がり，粉塵を含んだ飛沫が大量に慣性衝突集塵フィルタに付着し，乾燥後に粉塵が再飛散するためである．

そこで，図2に示すように水中に直径 4mm の穴を開けた穴あき板（開口率 51%．以後，消波板と呼ぶ）を開口部の上方に 3 枚，下方に 1 枚入れて水が跳ね上がる勢いを押さえた．

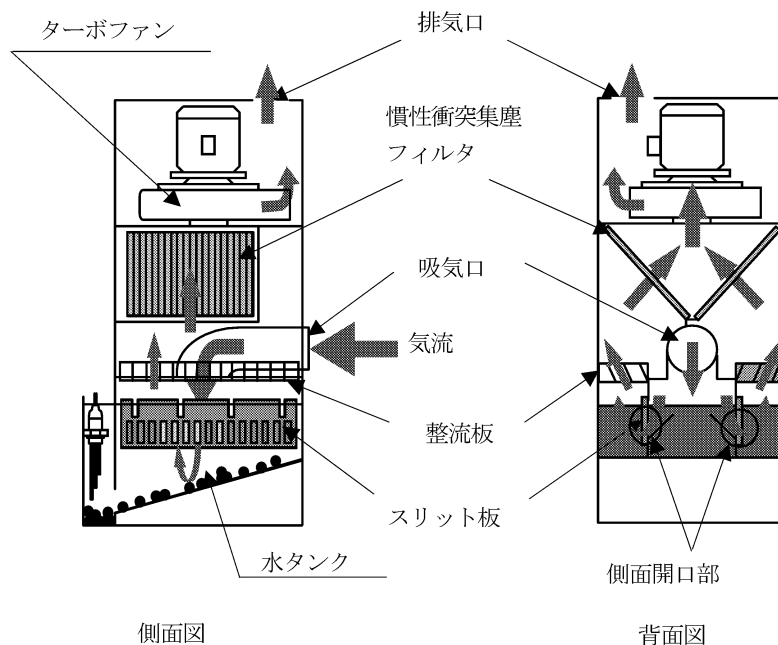


図1 湿式集塵機概略

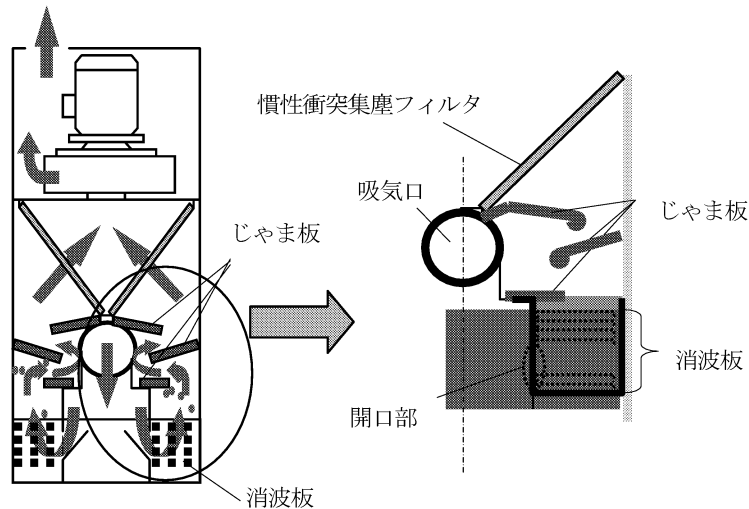


図2 改良後の集塵機概略

さらに、水面と慣性衝突集塵フィルタの間に互い違いに板(以後、じゃま板と呼ぶ)を入れて、飛沫が慣性衝突集塵フィルタに到達しないように改良した。その結果、捕集効率は約1.5%向上した。しかし、まだ3.5%の粉塵が排気されることが分かった。

### 3. 不織布フィルタによる捕集効率向上

比較的捕集されにくい微小粉塵を捕集するために、図3に示すように慣性衝突集塵フィルタに不織布フィルタ(直径20 $\mu$ mの粒子を80%捕集できるもの)を取り付け、不織布フィルタでさらに捕集する方法について検討した。なお、集塵機は、改良した集塵機の場合で、不織布フィルタは1枚から6枚まで重ねて取り付けた。粉塵としては、関東ローム層11種粉塵

と、実際に鋼をレーザ加工した時に排出された粉塵を使用した。粉塵発生量は、約10.8mL/minである。なお、容積は見かけの容積である。図4に示されるように、不織布フィルタの枚数が増すと集塵機出口で測定される最大粉塵濃度は減少することが分かった。4枚程度の不織布フィルタを取り付けると排出される粉塵の濃度は著しく減少することが分かった。入口流速は不織布フィルタの枚数が増すと低下するが、その低下量は約6%(フィルタなし18.5m/s $\rightarrow$ フィルタ6枚17.3m/s)程度であるため、集塵機の吸引力性能には大きく影響しないことが分かった。

なお、レーザ粉塵の場合に出口最大粉塵濃度が関東ローム層11種粉塵より小さくなった原因としては、レーザ粉塵は加工後捕集されたものを使用したため、関東ローム層11種粉塵よりも粒子径が大きいと思われること、実密度が大きいために比較的水中で捕集されやすいことなどの原因が考えられる。

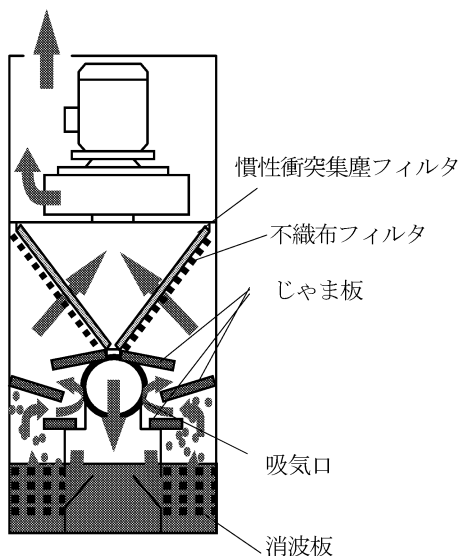


図3 不織布フィルタ取り付け概略

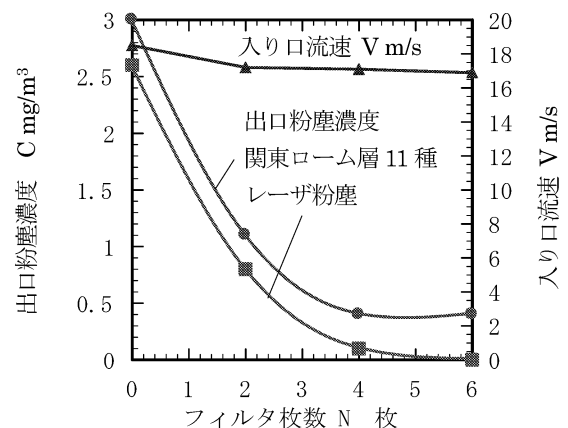


図4 不織布フィルタ枚数と出口粉塵濃度

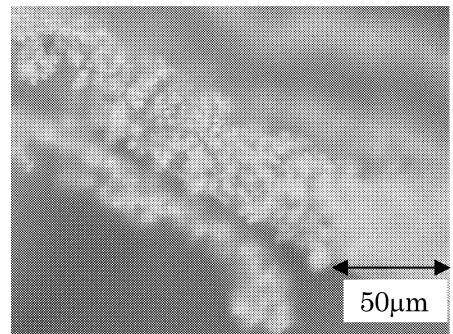
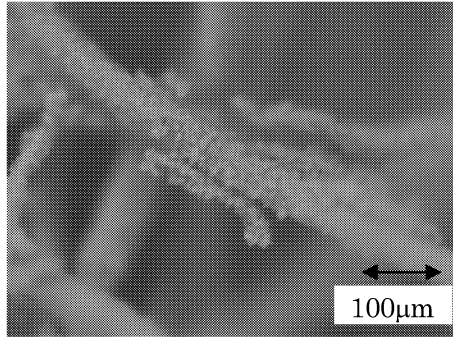
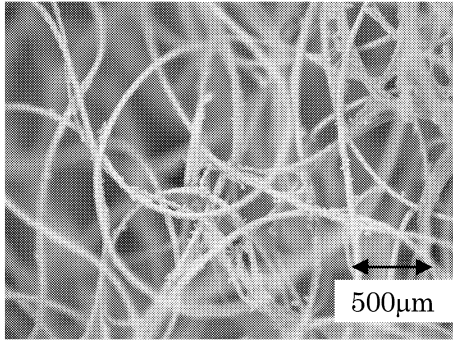


図5 関東ローム層11種粉塵が付着した不織布フィルタ

関東ローム層 11 種粉塵を捕集した後の不織布フィルタの拡大写真を図5に示す。本研究で使用した不織布フィルタは直径  $20\mu\text{m}$  の粒子を 80%捕集できるものである。中位径  $1.6\sim 2.3\mu\text{m}$  程度の関東ローム層 11 種粉塵を捕集できた原因としては、粉塵が不織布フィルタの繊維に分子間力などによって捕集されたためと推察できる。

しかし、図6に示すように湿式集塵機が吸引する粉塵量が増すと不織布フィルタが目詰まりして、吸引流速が減少する。同図は、横軸が粉塵投入量、縦軸が湿式集塵機入り口流速で、不織布フィルタを6枚取り付け付けた場合の結果である。約30Lの粉塵が投入されると、入り口流速は約  $2\text{m/s}$  まで低下することが分かった。通常のレーザ加工現場では一日に約120Lの粉塵が排出されると言われており、目詰まりに対する対策が必要不可欠であることが分かった。

そこで、目詰まりを解消するために、不織布フィルタに付

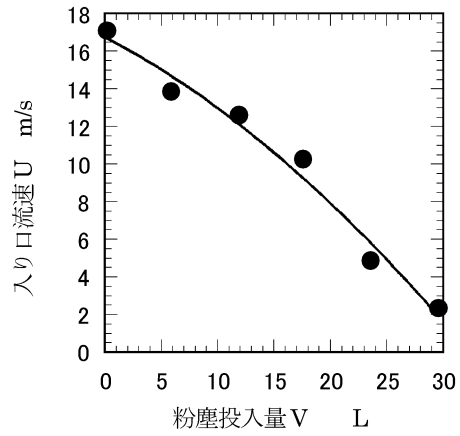


図6 粉塵投入量と入り口流速の関係  
(不織布フィルタ6枚取り付け付けた場合)

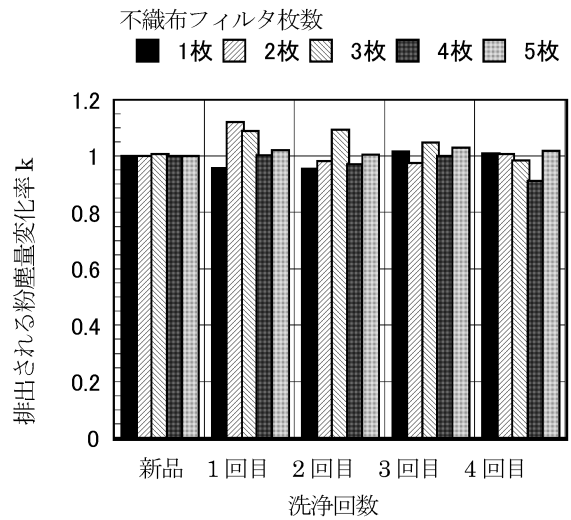


図7 不織布フィルタの洗浄回数の影響

着した粉塵を水で洗い流す方法について検討した。

図7に不織布フィルタの洗浄回数と集塵機の排気口から排出される粉塵量変化率の関係を示す。本研究では、使用している湿式集塵機の排気口に排気される粉塵を捕集するためにフィルタ(以下、測定用フィルタと呼ぶ)を取り付けている。粉塵を吸引したときに排気口から排気された粉塵により、この測定用フィルタが着色される。本研究では、その色の濃度変化を測定することによって排気される粉塵量の変化を測定した。排出される粉塵量変化率とは、新品の不織布フィルタを湿式集塵機に取り付けて実験した場合の測定用フィルタの色濃度と、目詰まりした後に洗浄して不織布フィルタを再使用して実験した場合の測定用フィルタの色濃度との比である。この値が1であれば、不織布フィルタを洗浄したことによる集塵効率の低下がないと見なすことができる。また、この比が大きくなると捕集効率が悪化したこととなる。

同図に示されるように、排出される粉塵量変化率はいずれの場合においてもほぼ1であり、本研究の範囲内では捕集効率には洗浄の影響はないことが分かった。

#### 4. 界面活性剤の影響

本研究では、湿式集塵機の捕集媒体として水を使用しているが、水に界面活性剤を投入した場合、水と粉塵との親和性が高まると考えられる。そこで、水に界面活性剤を混入し、捕集効率の変化を測定した。なお、使用した界面活性剤は、比重 1.03 (25°C)、粘度 430 (cp, 25°C)、融点 20°C 以下、引火点 150°C で、0.5% 水溶液の表面張力が 40mN/m のものである。

界面活性剤を使用した場合の結果を、**図 8 (a)** および **(b)** に示す。図中の○印は入口流速を、棒は各条件における排出される粉塵量変化率を示している。ここで **図 8 (a)** はレーザ粉塵、**(b)** は関東ローム層 11 種粉塵の場合である。**図 8 (a)** では、界面活性剤濃度 0.05% の時の排出される粉塵量変化率は約 1.04 であり、使用しなかった時に比べて増加している。これは界面活性剤濃度が高い為、界面活性剤の影響で水が泡立ち、吹き上がった泡が飛沫となって多列衝突板に到達したことなどが原因である。一方で界面活性剤濃度 0.01% のときは、界面活性剤を使用しなかった場合に比べて排出される粉塵量変

化率が約 0.93% となり、捕集効率は向上した。この濃度では、湿式集塵機が稼働中には殆ど泡は発生せず、吹き上がりも少なかった。なお、流速は界面活性剤投入後に多少減少した。関東ローム層 11 種粉塵の場合も、界面活性剤の濃度が 0.01% の時が最も捕集効率が高くなり、排出される粉塵量変化率は約 0.89 となった。

以上より、界面活性剤を使用することにより捕集効率を約 7%~10% 向上できることが分かった。

#### 5. まとめ

本研究を行ったところ、以下の結果が得られた。

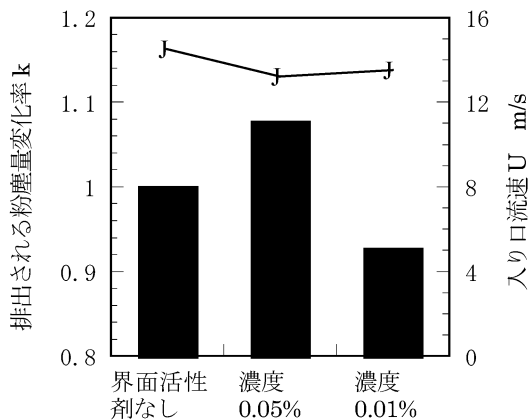
- ① 不織布フィルタ (直径 20  $\mu\text{m}$  の粒子を 80% 捕集できるもの) を慣性衝突集塵フィルタの前に取り付けることにより、捕集効率を向上できる。
- ② 目詰まりした不織布フィルタは水で洗浄することにより、目詰まりを解消することができる。また、本研究の範囲内では、水で洗浄しても捕集効率は低下しない。
- ③ 界面活性剤を捕集媒体である水に混入すると、捕集効率が向上する。

#### 謝 辞

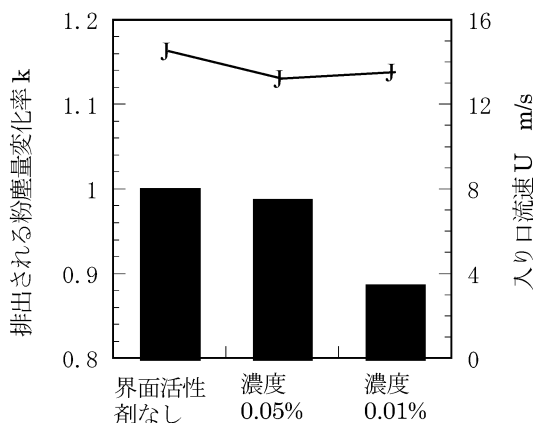
本研究は財団法人天田金属加工機械技術振興財団から助成を受けてなされた研究であることを付記し、心から深甚なる謝意を表します。また、湿式集塵機などをご提供下さいました株式会社ニコテックに深謝いたします。

#### 参考文献

- (1) 除塵装置ハンドブック, 大気汚染研究全国協議会第五委員会, 1967, 株式会社コロナ社
- (2) 集塵装置 (新版), 井伊谷鋼一, 1966, 日刊工業新聞社



(a) レーザ粉塵の場合



(b) 関東ローム層 11 種粉塵の場合

図 8 界面活性剤の影響