

小型ベルトサンダーによる木材・木質材料研削時に発生する粉じん粒子径に見られる特徴^{*)}

Size Distribution of Sanding Dust generated from Wood and Wood-based Materials

池 際 博 行 早 崎 大 輔
Hiroyuki IKEGIWA Daisuke HAYASAKI
(和歌山大学教育学部)

播 摩 重 俊 徳 本 真 一
Shigetoshi HARIMA Shinichi TOKUMOTO
(和歌山県工業技術センター)

2010年11月2日受理

Abstract

Dusts generated from sanding of wood (Japanese Sugi) and wood-based materials (plywood and Medium Density Fiberboard) by a portable belt sander were collected, and size-characteristics of them were investigated by sieving operation method and by photo image processing method of microscopic figures of collected dusts.

The results were as follows :

1. Most of sanding dusts were dispersed around of the worker's mouse or nose position.
2. The size of dust particles has a high propensity to the number of dusts, and the particle increases by becoming small of the particle size.
3. Average size of dusts from sanding of Plywood and MDF (Medium Density Fiberboard) were almost small compared with that of Sugi.

1. 緒言

木材の加工工程において製品の成形にベルトサンダーが使われる機会は多い。とりわけ、小学校における図工の時間や、中学校教科「技術・家庭」における材料加工実習の時間などでは、木材表面の研削が手軽に行え、また、危険な刃物を使わずに容易に成形がおこなえるため、学校教育現場においては、しばしば主要な工具として木工用の電動式小型ベルトサンダーが利用される。しかし、機械が置かれている実習室には集塵設備が整っていないとか、短時間の使用であるからとか等の理由で、多人数の生徒で密集した作業環境の中でも、十分な換気や集塵を行わずに使用されている場合が見うけられる。

粒子径の小さな粉塵は、鼻やのどといった人体の呼吸器系を通して最終的には肺にまで達することがある。木材・木質系粉塵の場合、呼吸器系から侵入した微粒子は鼻孔や副鼻腔に沈着してガンを併発¹⁾したり、気管支喘息を起こしたり²⁾する可能性も指摘されている。産業衛生学会では粒子径 $7.07\mu\text{m}$ 以下の粉塵を吸入性の粉塵として定めている³⁾が、サンダーによる研削については、趙・安藤・服部・喜多山が被研削材として

ブナを選び、エアサンプラーを使った捕集方法で集められた浮遊性粉じんに対して、粒子 $7.07\mu\text{m}$ 以下の浮遊性粉塵が多く発生すること⁴⁾を報告している。また、サンダーによる研削粉じんについて粒子形状や大きさについての一連の研究⁵⁾⁶⁾を行い、そのなかで、研磨材粒度と研削圧力が研削後に捕集された粉じんの幾何学径や径状係数に影響を及ぼさないことを明らかにしている。しかし、趙らの行った研究で対象とした被研削材はブナであり、家具等の製造現場では比較的一般的に用いられるものの、学校現場で頻繁に使用される樹種ではない。

そこで本研究では、発生する粉じんの大きさに及ぼす被削材種の影響についての検討がなされていないことから、被研削材に学校現場でよく使用される素材として、木質材料(MDFおよび合板)とスギを選び、小型ベルトサンダーをつかって研削時に発生する粉じんを採取し、その粒度分布を検証するとともに、作業衛生面からの検討のために、作業者付近に飛散する粒子の捕集高さの違いによる粒度分布を求め、研削材種の違いによる捕集粉じん粒子の大きさならびに作業位置との関連について検討を行った。

2. 実験

窓や扉などはすべて閉ざし、対象機械周辺には空気の流れがほとんどない場所に、電動式小型ベルトサンダー(日立工機製PGH-100、Fig. 1)を加工テーブル位置が地上から1mの高さになるよう設置した。通常、サンダーはFig. 1にみられるように、加工面が水平になるようにして用いられることが多い。しかし、とりわけ教育現場では、ベルトサンダーは部材木口面の研削加工に多用されるため、本実験ではFig. 2に示すように部材木口面の押しつけが容易となる配置、つまり、プラテン(加工面)を垂直上向きになるよう設置して実験を行った。研削ベルトの粒度についても木材の木口面の研削を想定し、AA100番とした。なお、サンダーのモーターは回転数3600rpmで駆動されており、研削ベルトの周速度は28.3m/sであった。



Fig. 1 実験に用いたベルトサンダー(日立工機PGH-100)

被研削材には、17×80×240mmに加工したMDF(Medium Density Fiberboard)、合板、スギを用いた。それぞれの材の側面部分17×80mm(スギの場合には木端および木口面が研削面になるよう整形した)を、いずれの材料を研削する場合も研削圧力がほぼ同じになるよう手でベルト面に押し付けて一定時間(5秒間)研削し、粉塵を発生させた。被研削材はいずれも気乾状態で、2-3カ月研削試験を行った部屋に放置されていたもので、含水率は10-12%の範囲にあった。

粉じん粒子の採取は、Fig. 2における①の位置において集塵口に紙フィルターを取り付けた集塵機による吸引、および②の側でのサンダーテーブル面(地面から1.0mの高さ)から上方向に高さ0.2mごとに設定した(ベルト面からは400mm離れている)ところに配置した幅26mm、長さ76mmのライドグラスを使った、落下堆積する粉じんの捕集によりおこなった。

3. 結果と考察

3.1 研削時に発生する粉じんの粒子径

前章に示した方法による研削によって生成する各被削材の粉じんの粒度分布を知るために、集塵機の集塵口に直接、防塵マスクで使用されている紙フィルター

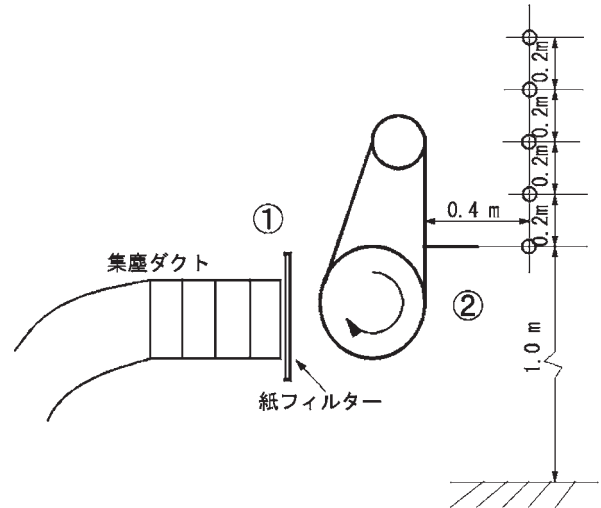


Fig. 2 サンダー設置状況と粉じんの捕集位置

を取り付け、これをFig. 2①に示す位置に配置し、被研削材をそれぞれ5秒間研削ベルトに押し付けて発生した粉じんの捕集をおこなった。集塵口から50mm離れた位置での吸引流速は平均5m/sであった。

集められた粉じんは、電磁振とう式ふるい器(Fig. 3)により分別し、各ふるい上にたまった粒子の重量を精密天秤により測定した。用いたふるいは6種類で、その目開きは0.5、0.25、0.149、0.074、0.063、0.032mmであった。0.032mm以下の粉じんは一括して集めた。

捕集された粉じんの被研削材別の捕集量はFig. 4



Fig. 3 電磁振とう式ふるい器

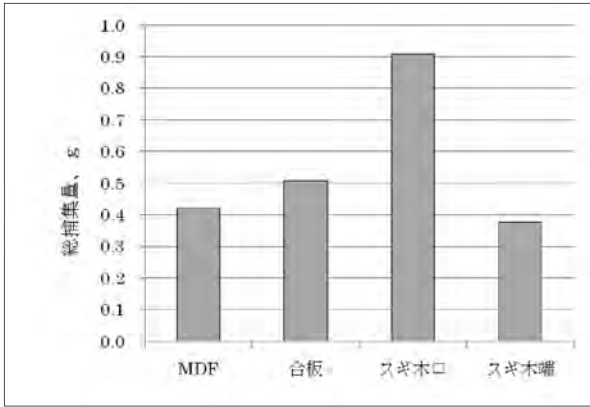


Fig. 4 Fig. 2の①位置で捕集された研削粉の被研削材別捕集量

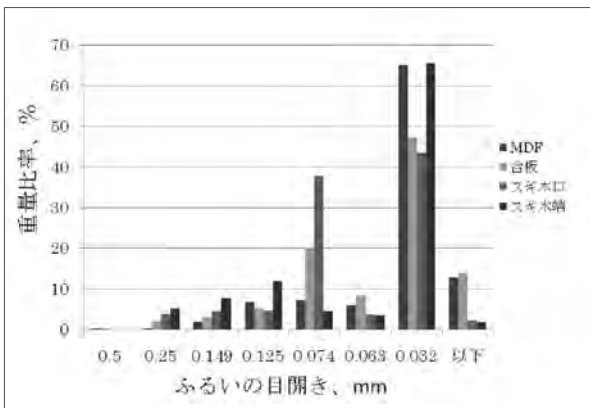


Fig. 5 ふるい別研削粉じんの重量比率分布

に示すとおりである。Fig. 4はそれぞれの被研削材について、各ふるい上にたまった粉じん粒子の量を精密天秤により計測した重量を表わしている。さらにFig. 5は、それを全捕集重量に対する比率で表わしたもので、図中の縦軸は%である。

本実験で使用した材種別にみると、スギ(木口面研削)の場合に最も多くの重量の粉じんが捕集された。また、粒度ごとの比較ではどの被研削材についても、ふるいの目開きが0.032mmのふるい上にたまった粉じんが重量比率で最も多く得られることも明らかとなった。さらに、合板およびスギ木口面を研削した場合には、目開き0.074mmのふるい上にたまる粉じんの割合が比較的多くあることも明らかとなった。

木質材料を研削した場合と無垢の木材を研削した場合との間で、放出拡散する粒子を個数として比較するため、被研削材として合板とスギ(木口面研削)を選び、目開き別重量を、それぞれふるい目開きを直径とする球形粒子体とみなした粒子に換算してその生成粒子数を示したのがFig. 6である。スギ木口面研削では直径0.032mmの球形粒子に換算しておよそ4000万個、合板研削ではそれより小さな粒子径(0.0016mm)を持つ球形粒子に換算して5500万個もの粒子が発生することになり、何ら集塵がなされない環境下において合板を研削した

場合には、かなり多量の浮遊粒子が放出され、作業空間中に拡散することになるものと推定される。

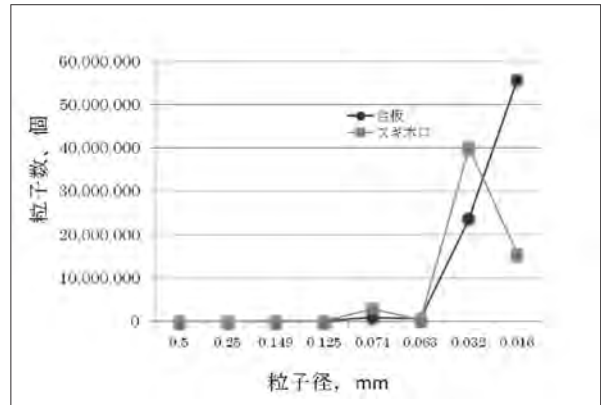


Fig. 6 粒子数換算した粒径別合板およびスギ(木口面)研削粉じんの発生量

3. 2 作業者位置付近で捕集した浮遊粉塵の粒度

木材・木質材料研削時に発生した粉塵は、Fig. 2②に示す各高さに設置したスライドグラスを用いて、各位置に落下堆積する粒子を捕集した。捕集した粒子は、スライド上の任意の場所における顕微鏡画像を写真撮影し、それぞれの粒子の二値化画像から平均粒子面積を計算し、これをもとに投影円相当径をもとめて、粒径ごとにその数を積算することにより、被研削材ごとの粒子径分布を求めた。

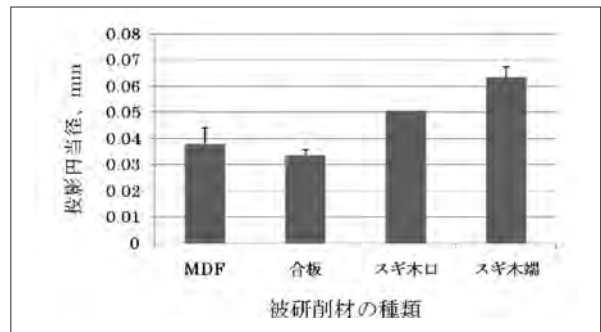


Fig. 7 Fig. 2の②の高さ1m～2mの0.2m毎に設置したスライドグラス上に捕集された全ての粉じんの平均粒子径

各高さに集められた粒子の粒子径をすべて平均した結果を、Fig. 7に示した。捕集された粒子はMDFや合板を研削した場合の方が、スギ(木端面や木口面)を研削した場合に比べてその平均径が小さくなる傾向にあることが認められた。とりわけ、合板を研削した場合に最もその粒子径が小さくなることがわかった。この結果は、丸のこ盤による切削加工によって発生する切りくずについて行われた実験結果⁷⁾と同様であり、研削という加工作業形態においても、被削材が木質材料の場合には、無垢の木材を研削する場合に比べると粒子径がより小さくなる傾向をもつことが明らかとなった。

つぎに、高さ別に捕集された粒子の個数を比較したものがFig. 8である。これによると、作業部位から0.4-0.6mの高さに比較的多くの粒子が堆積していることが分かる。中学生の身長がTable. 1 (文部科学省学校保健統計調査⁸⁾、平成17年度)であることを考えると、この高さは作業時の口や鼻の位置にほぼ相当すると考えられる。

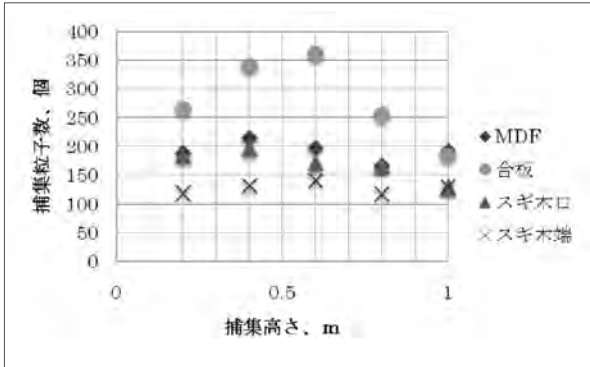


Fig. 8 捕集高さ別捕集粉じん粒子数

Table. 1 中学生の平均身長

【年齢】	【時期】	【男子の平均身長】	【女子の平均身長】
12歳	中学1年	152.5cm	152.0cm
13歳	中学2年	159.9cm	155.2cm
14歳	中学3年	165.4cm	156.8cm

Fig. 9 に示された4つの結果は、それぞれの被研削材について、作業位置から0.8mの高さで捕集された粉じん粒子の粒子径ごとの粒子数を求めその分布状態を比較して示したものである。縦軸は捕集個数を、横軸は投影円相当径の頻度範囲の中央値を示している。これらから明らかなように、被研削材種によらず、粒子径の小さな粒子の捕集数が多いこと、さらに、合板やMDFを研削した場合に、スギの無垢材を研削した場合に比べて粒子径の小さな粉じんが多量に捕集されることがわかる。

4. 結論

小型ベルトサンダーを使った研削時に発生する粉じんの捕集、分析により以下のことが明らかとなった。

1. 木口面研削に適した小型ベルトサンダー設置条件のもとで発生する粉じんは、作業側側のちょうど口や鼻の位置に多くの粉じんが拡散する。
2. 木材・木質材料の研削で生じる粉じんは、粒子径の小さなものほど個数は多くなる。
3. 合板やMDFといった木質材料研削で生じる粉じんの平均粒子径は、スギなどの無垢の木材に比べて小さくなる傾向がある。とりわけ、合板の場

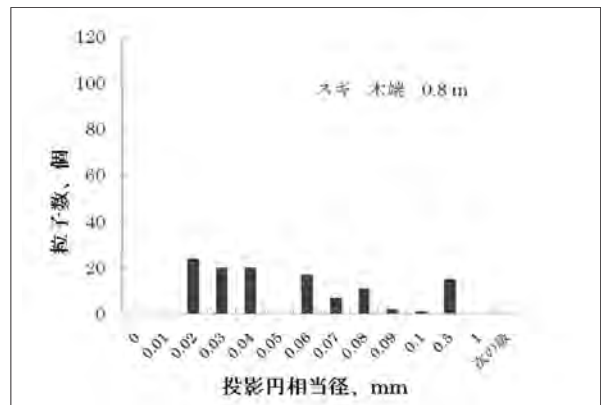
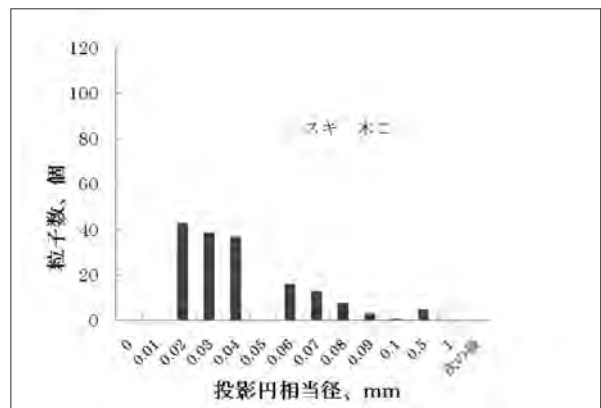
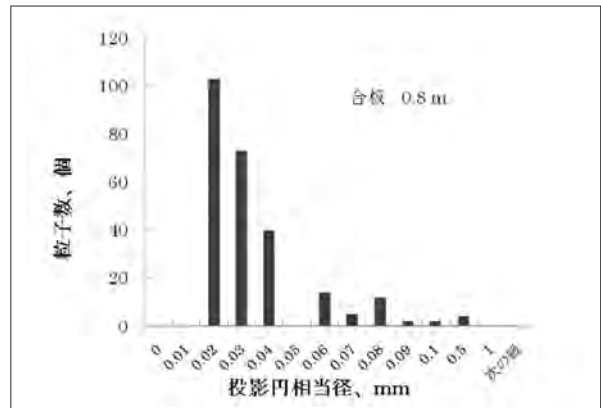
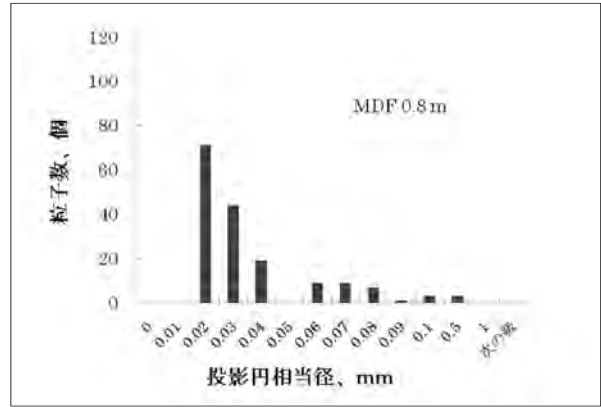


Fig. 9 Fig. 2の②における高さ0.8mの捕集位置で捕集された粉じんの粒子径ごとの粒子数比較

合に最も平均粒子径は小さくなった。

今後はさらに、研削直後から発生粉じんがどのように拡散し、作業員付近に到達するのかを可視化することができれば、研削時の作業の安全衛生面で多くの示唆を与えることができるものと思われる。

文献

- 1) Nylander, L. A., Dement, J.M. : Am.J.Ind.Medicine. 24, 619-647(1993)
- 2) 谷田貝光克、竹下隆裕、小林隆弘：“木材の化学成分とアレルギー”、学会出版センター、1987、pp.141-150
- 3) 日本産業衛生学会：産業衛生学雑誌 51(5)、98-123(2009)
- 4) 趙川、安藤恵介、服部順昭、喜多山繁：木材学会誌、46(5)、p.413-420(2000)
- 5) 趙川、安藤恵介、服部順昭、喜多山繁：木材学会誌、47(3)、p.218-226(2001)
- 6) 趙川、安藤恵介、服部順昭、喜多山繁：木材学会誌、47(3)、p.227-234(2001)
- 7) 池際博行、松枝英男：和歌山大学教育学部紀要自然科学、第36集、63-67(1987)
- 8) 文部科学省：平成17年度学校保健統計調査、http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/003/17/06030312/002.htm