

# 令和3年度日本フルハップ調査研究報告書

## 木地師工房での木材粉塵の性状分析と換気システム配置の違いに よる粉塵暴露量の研究

中尾 裕貴

高知大学総合人間自然科学研究科医科学専攻(修士課程)

加賀市医療センター

共同研究者：岡田 和弘（加賀市医療センター）

呉藤 安宏（石川県立山中漆器産業技術センター

石川県挽物轆轤技術研修所）

松田 陽介（森林総合研究所）

藤本 清彦（森林総合研究所）

奥原 義保（高知大学医学部附属医学情報センター）

## 1. はじめに

### 1.1 木地師と木材粉塵

木地師は、轆轤を使い木を削りお椀などの器物を作る伝統工芸に従事する職人である 1) (Figure:1-a,1-b)。

轆轤を使った木工作業では、木材粉塵の発生が問題となる。

### 1.2 木材粉塵暴露とその対策

木材粉塵にさらされると、喘息やアレルギーなどの呼吸器系疾患だけでなく、副鼻腔がんを引き起こす可能性があることが研究で明らかになっており 2)、IARC では、グループ 1 のヒト発がん物質に分類されている 3)。

我々の過去に実施したアンケート研究(木材粉塵に暴露されている木地師の実態調査)では、対象としたほぼすべての木地師は、木材粉塵暴露として、換気装置や集塵装置を設置していた (Figure:1-c,1-d)。

しかし、工房毎に換気装置や集塵装置の位置は異なっており、どのような配置が作業員への木材粉塵暴露量減少のために最適であるかは分かっていない。

本研究は、①研磨布紙毎に発生する木材粉塵の空気動学的粒子径と粉塵量を測定し、②木地師の工房において換気システムの配置と木材粉塵暴露量の違いを明らかにすることを目的としている。

## 2. 方法

### 2.1 測定環境、使用木材と轆轤挽きの条件

空気の流れによる影響を避けるために、密閉空間であるプレハブ小屋(奥行き 3300×幅 2357×高さ 2675mm)に木地師工房を再現し、研磨布紙使用中に発生する木材粉塵を測定した(Figure:2-a,2-b)。

今回の木材粉塵測定では、十分に乾燥させた直径 13cm の櫨を用いた。

なお、轆轤の回転数は 800 回転/分とした。

測定前に集塵点の風速が 0.1m/s 以下であることを確認し測定をした。

## 2.2.1 木材粉塵の測定機器とその位置

粒子径の測定には、アンダーセントタイプ・エアサンプラー（柴田科学 AN-200）を使用した。アンダーセントタイプ・エアサンプラーは、28.3L/min の吸入流量で粉塵を含む空気試料を採取し、空気力学的な粒子径によって、0.43  $\mu\text{m}$  以下、0.43-0.65  $\mu\text{m}$ 、0.65-1.1  $\mu\text{m}$ 、1.1-2.1  $\mu\text{m}$ 、2.1-3.3  $\mu\text{m}$ 、3.3-4.7  $\mu\text{m}$ 、4.7-7.0  $\mu\text{m}$ 、7.0-11.0  $\mu\text{m}$ 、11.0  $\mu\text{m}$  以上の 9 段階に分類できる 4)。その後、各粒子径について粉塵試料の質量 (mg) を測定し、質量基準の粒子径を求めた。

吸入性粉塵と総粉塵の測定には、慣性衝突式エアサンプラー（柴田科学 NW-354）を使用した。慣性衝突式エアサンプラーとは、空気中の粒子を慣性衝突により分粒、捕集するエアサンプラーである 5)。

AN-200 も NW-354 も作業者の鼻の位置を想定し、お椀の中心から木地師に向かって 200mm、作業台から 350mm の高さに設置した。

また、轆轤作業を行っていない室内でもバックグラウンドデータを測定した。バックグラウンドデータのサンプルは、粉塵の測定と同じ条件で、粉塵捕集位置で風速が 0.1m/s での条件で 8 時間採取した。

## 2.2.2 集塵装置とその位置

集塵装置は木工用小形集じん機（日立工機：RW 20Y）を用いた。

また、吸入口の直径は 7cm とした。

お椀の中心から木材粉塵機器と反対側に 100mm 離れた位置で、作業台から 100mm の高さに設置(これを正面とした)。

また、お椀の中心から轆轤装置と反対側に 100mm 離れた位置で、作業台から 100mm の高さに設置(これを側面とした) (Figure:2-c,2-d)。

## 2.3 測定と統計解析手法

①集塵装置を使用せずに、研磨布紙(#120.#180.#240.#320.)毎に木材粉塵の空気動力学的粒子径、吸入性粉塵と総粉塵量を測定した。

②①の結果から最も木材粉塵量が多い場合について、集塵装置を正面に設置した場合と側面に設置した場合で、作業者の位置における木材粉塵の吸入性粉塵を測定し、集塵装置の位置により吸入性粉塵濃度の違いが生じるかを有意水準 0.05 で Wilcoxon の順位和検定により比較した。

なお、吸入性粉塵は肺胞に達する粉塵であり、4 $\mu\text{m}$  の粒子の捕集率が 50% の分粒装置により捕集される粉塵である。

### 3. 結果

#### 3.1 研磨布紙(#120.#180.#240.#320.)毎の木材粉塵の空気動学的粒子径、吸入性粉塵と総粉塵量 (Figure:3-a,3-b,3-c)

吸入性粉塵と総粉塵量は粗い研磨布紙を使用するほど木材粉塵量の発生が多く、#120の研磨布紙を使用した場合が最多であった。

空気動学的粒子径は、 $11.0\mu\text{m}$ 以上が最も多く、 $4.7-7.0\mu\text{m}$ 、 $7.0-11.0\mu\text{m}$ 、 $3.3-4.7\mu\text{m}$ 、 $2.1-3.3\mu\text{m}$ 、 $0.43\mu\text{m}$ 以下、 $1.1-2.1\mu\text{m}$ 、 $0.43-0.65\mu\text{m}$ と続き、 $0.65-1.1\mu\text{m}$ が最も少なかった。

#### 3.2 集塵装置の位置による吸入性粉塵の比較(Table:1-a,1-b)

集塵装置を側面に置いた場合と正面に置いた場合の吸入性粉塵の粉塵濃度の比較では、 $p$ 値 = 0.9355 であり、有意差はなかった。

集塵装置を側面に置いた場合と正面に置いた場合の吸入性粉塵より大きい粉塵濃度の比較では  $p$  値 = 0.8726 であり、有意差はなかった。

集塵装置を側面に置いた場合と置かなかった場合の吸入性粉塵の粉塵濃度の比較では、 $p$  値 = 0.004998 であり、有意差を認めた。

集塵装置を正面に置いた場合と置かなかった場合の吸入性粉塵の粉塵濃度の比では  $p$  値 = 0.004922 であり有意差を認めた。

集塵装置を側面に置いた場合と置かなかった場合の吸入性粉塵より大きい粉塵濃度の比較では、 $p$  値 = 0.00499 であり、有意差を認めた。

集塵装置を正面に置いた場合と置かなかった場合の吸入性粉塵より大きい粉塵濃度の比較では、 $p$  値 = 0.004998 であり、有意差を認めた。

### 4. 考察

流体力学的粒子径が  $10\mu\text{m}$  以上の粒子は大部分が鼻腔や咽喉部に付着し、経口的に飲み込まれたり、痰として体外に排出される。

$5\mu\text{m}$  前後の粒子の多くは、気道の粘膜に覆われた繊毛の上に付着し、繊毛運動により咽喉から体外に排出されたり、一部は食道を通して消化管に入る。

$1\sim 2\mu\text{m}$  の粒子は肺胞への沈着率が最も高いが、これより粒子径が小さくなると沈着率は減少するが、流体力学的粒子径が  $0.4\mu\text{m}$  以下になると再び沈着率が増加すると言われている 6)。

過去の報告と同様に研磨布紙が粗くなるほど総粉塵量は大きくなった 7)。しかし、粒子径ごとの粉塵濃度は研磨布が粗くなるほど濃度が大きくはならなかった。

一般的に、木目を隠す塗り仕上を施す器物を制作する場合は、研磨布紙を用いないことが多く、木目を生かす拭き漆仕上を施す器物を制作する場合は、研磨布紙を用いることが多い。

また、木地師は、熟練度の高い者ほど研磨布紙の使用頻度が低く、木材粉塵の暴露が小さい。

石川県挽物轆轤技術研修所によると拭き漆を施す器物を仕上げる場合は、#320 かそれ以上の細かい研磨布紙を使用するが多い。

今回使用した粗さの異なる 4 種類の研磨布紙では、いずれも発生した粉塵の 95%以上が粒子径  $2.1\mu\text{m}$  以上のものであり、そのほとんどは鼻・咽頭・喉頭へ沈着し、特に、#320 を用いた場合は、 $4.7\text{--}7.0\mu\text{m}$  の粒子径が最も発生しやすく、上気道に沈着しやすいと考えられる 6)。

木材労働者と対象者についてせん毛の清掃率を比較した研究では、木材労働者のせん毛の機能が障害されていることが報告されている 8)。

長期間の木材粉塵暴露によりクリアランス機能が低下し、木材粉塵への暴露が継続することで副鼻腔がんなどの疾患を引き起こしていることも考えられる。

また、集塵装置の位置が側面でも正面でも集塵装置を使えば、粉塵濃度に関して統計的有意差は見られず、使わない場合に比べて有意に粉塵濃度が少なくなり、鼻・咽頭・喉頭へ沈着を大幅に減少させることが可能となる。

## 5. 制限

木地師の工房毎に使用している換気システム装置の性能が異なるが、換気システム装置の性能の違いには言及することができなかった。

本研究では、木地師の研磨布紙の使用頻度を一定として測定を行った。しかし、実際の木地師は、熟練度の高い者ほど研磨布紙の使用頻度が低く、木材粉塵の暴露が小さい。

湿度が高いと加工時の木材粉塵の発生が抑えられることが報告されているが、湿度を一定にすることはできなかった 9)。

どの粗さの研磨布紙を用いることが多いかについて客観的に調査はできていない。

木地師が塗り仕上用の器物と拭き漆仕上用の器物をどの程度の割合で行っているか調査できていない。研磨布紙がより細かいもの(#320 以上)について調査できていない

## 6. 結論

使用する研磨布紙が粗いほど生じる木材粉塵量は多く、発生した木材粉塵のほとんどが、

鼻・咽頭・喉頭へ沈着する。

木地師の工房での作業により発生する木材粉塵の作業者への影響を減らすためには、換気システム装置の設置が有効であり、作業者正面に置くか側面に置くかによる違いは無いことが明らかになった。

## 謝辞

轆轤指導をしてくださった木地師の川北浩彦氏、川北良造氏に感謝いたします。

資金調達について 本研究は、公益財団法人 日本中小企業福祉事業財団（日本フルハッ  
プ）から資金援助を受けています。

登録簿および研究/試験の登録番号：該当なし。

動物実験：該当なし。

利害の衝突 原稿に関連する利益相反はないことを著者全員が宣言している。

## 文献：

- 1) 「日本の木と伝統木工芸」(メヒティル・メルツ/著), 海青社, 2016
- 2) J. Douwes, et al : Pine dust, atopy and lung function: a cross-sectional study in sawmill workers. *European Respiratory Journal*, 28: 791-798, 2006
- 3) IARC : A Review of Human Carcinogens, Part C: Arsenic, metals, fibres and dusts. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 100C, 2012a
- 4) 柴田科学株式会社. ローボリウムエアサンプラーAN-200 アンダーセンタイプ 取扱説明書.  
[https://www.sibata.co.jp/resources/manual/pdf/M080040-01\\_011\\_012.pdf](https://www.sibata.co.jp/resources/manual/pdf/M080040-01_011_012.pdf)
- 5) 藤本清彦 : 木材切削によって発生する粉塵. *木材工業*, 68:6, 2013
- 6) 公益社団法人 日本作業環境測定協会: 作業環境測定のための労働衛生の知識. 2019
- 7) Jun Ojima : Generation rate and particle size distribution of wood dust by handheld sanding operation. *J Occup Health*, 58(6): 640-643, 2016
- 8) 「木材の化学成分とアレルギー」(B.M.Hausen/著, 谷田貝光克 他/訳), 学会出版センター, 1987
- 9) 藤本清彦, 他 : 切削前に被削材に水分を与えることによる丸鋸切削時に発生する浮遊粉塵の低減. *木材学会誌*, Vol59, No3: 146-151, 2013



Figure 1-a.



Figure 1-b.



Figure 1-c.



Figure 1-d.



Figure 2-a.



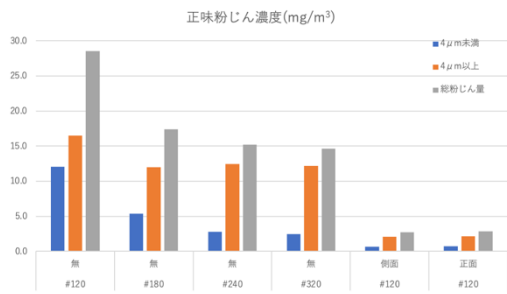
Figure 2-b.



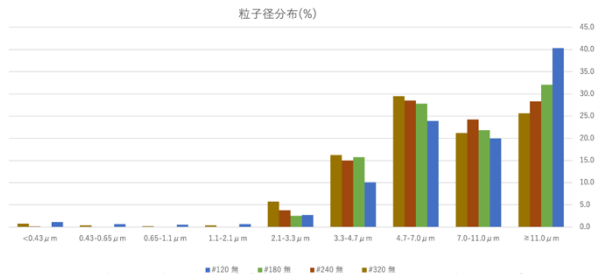
Figure 2-c(正面).



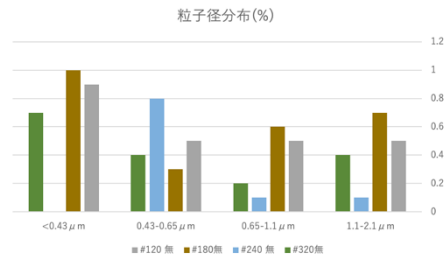
Figure 2-d(側面).



研磨布紙(#120.#180.#240.#320.)毎の粉じん濃度(mg/m³)  
Figure 3-a.



すべての粒子径: 研磨布紙(#120.#180.#240.#320.)毎の粒子径分布  
Figure 3-b.



2.1 μm以下: 研磨布紙(#120.#180.#240.#320.)毎の粒子径分布  
Figure 3-c.



粒子径	粉塵濃度(mg/m <sup>3</sup> )		
	集塵装置		
	なし	あり	
		正面	側面
4 μm以下	12.7	0.55	0.50
4 μmより大きい	17.1	2.15	1.30
バックグラウンド(8時間): 0.00mg/m <sup>3</sup>			
使用木材: 樺			
使用研磨紙: #120			
測定回数: 6回(10分/回)			

Table1-a

粒子径	粉塵濃度(mg/m <sup>3</sup> )		p値*	粒子径	粉塵濃度(mg/m <sup>3</sup> )		p値*
	換気装置				換気装置		
	なし	正面			なし	側面	
	中央値[25%値-75%値]	中央値[25%値-75%値]			中央値[25%値-75%値]	中央値[25%値-75%値]	
4 μm以下	12.7[9.55-15.3]	0.55[0.4-0.7]	0.005	4 μm以下	12.7[9.55-15.3]	0.50[0.25-0.825]	0.005
4 μmより大きい	17.1[16.1-17.1]	2.15[0.875-3.05]	0.005	4 μmより大きい	17.1[16.1-17.1]	2.15[0.70-3.10]	0.005

粒子径	粉塵濃度(mg/m <sup>3</sup> )		p値*
	換気装置		
	正面	側面	
	中央値[25%値-75%値]	中央値[25%値-75%値]	
4 μm以下	0.55[0.4-0.7]	0.50[0.25-0.825]	0.936
4 μmより大きい	2.15[0.875-3.05]	2.15[0.70-3.10]	0.873

使用木材: 樺  
使用研磨紙: #120  
測定回数: 6回(10分/回)  
\* Wilcoxonの順位和検定による両群の違い(有意水準: 0.05)

Table1-b