

# 新しい生活様式に対応した繊維製品の評価技術

泊 有佐\*1 山本 圭一朗\*2 田村 貞明\*1 大島 雄三\*1 藤田 祐史\*1

## Evaluation Technology for Textile Products Corresponding to New Lifestyle

Arisa Tomari, Keiichiro Yamamoto, Sadaaki Tamura, Yuzo Ohata and Yuji Fujita

国内で販売されるマスクの品質向上のため、新たに JIS T 9001「医療用マスク及び一般用マスクの性能要件及び試験方法」が制定されたが、当センターでは試験項目の圧力損失と捕集効率に対応できない。そこで、本研究では、圧力損失について簡易な測定装置と通気度試験による簡易換算、花粉粒子捕集効率について簡易な測定装置による評価を行い、それぞれ JIS 認証検査機関の結果と一致した値が得られた。

### 1 はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、2020年6月に厚生労働省が「新しい生活様式」の実践例を公表し、感染防止としてマスクの着用を推奨した。国内ではマスク需要が急増し、県内繊維関連企業もマスクの製品開発に取り組んだ。一方、国内におけるマスクの試験項目と品質基準は2021年6月に日本産業規格 JIS T 9001<sup>1)</sup>で制定された。しかし、全ての試験項目を実施できる機関が国内で1か所しかなく、結果が得られるまでに時間を要するという課題がある。品質基準に合格しない場合は何度も素材開発や申請及び費用が必要となり、中小企業にとって大きな痛手となる。そこで、JIS 認証取得期間の短縮とコスト削減のため迅速かつ簡易な試験方法を検討した(図1)。

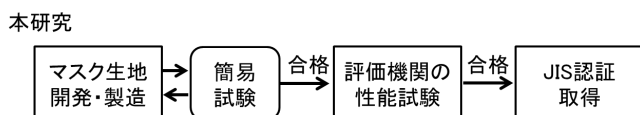
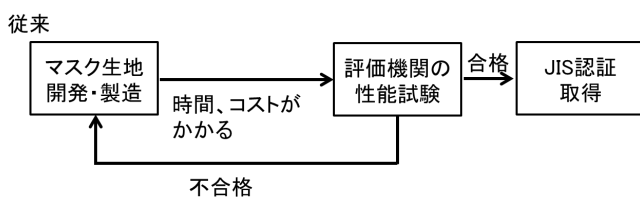


図1 簡易試験のスキーム

表1にJIS T 9001の試験項目と品質基準を示す。マスクの安全衛生に関する試験項目である遊離ホルムアルデヒド、特定アゾ色素、蛍光は当センターで対応可能であるが、圧力損失と捕集効率については対応でき



ない。これらの装置は高額で入手困難であるため簡易な測定装置を試作した。

本研究では、圧力損失について簡易な測定装置、および生地の一般的な試験法であるJIS L 1096「織物及び編物の生地試験方法」の通気度からJIS T 9001に対応する圧力損失への簡易換算も検討した。捕集効率は、微小粒子、花粉粒子、バクテリア、ウイルスの少なくともどれか1つに適合しなければならない。ここでは一番粒子の大きい花粉粒子(30~40 $\mu$ m)を対象として簡易な測定装置による評価を行った。

表1 JIS T 9001 試験項目と品質基準

試験項目	品質基準	
圧力損失(Pa/cm <sup>2</sup> )	<60	
捕集効率(%) 少なくともどれかひとつに適合すること	微小粒子	≥95
	花粉粒子	≥95
	バクテリア	≥95
	ウイルス	≥95
遊離ホルムアルデヒド( $\mu$ g/g)	≤75	
特定アゾ色素( $\mu$ g/g)	≤30	
蛍光	著しい蛍光を認めず	

表2 使用したマスク

素材	構造	材質	外観
不織布	フリース	ポリ乳酸(PLA) ポリプロピレン(PP) ポリエチレン(PE)	
布	立体	綿	

### 2 方法

#### 2-1 使用したマスク

表2に示すように素材や構造などが異なる2種類を用い、不織布マスクは静電フィルターを含む4層、布

\*1 化学繊維研究所

\*2 機械電子研究所

マスクは2層構造である。

## 2-2 素材評価

厚さ、目付、通気度試験は JIS L 1096「織物及び編物の生地試験方法」により行った。通気度試験は、8.26 通気性 A 法 フラジール形法に従い、通気性試験機 AP-360SM（株）大栄科学精器製作所）を用いた。

## 2-3 圧力損失

### 2-3-1 簡易な測定装置の試作

試作した装置を図2（左）に示す。差圧計 GC30（長野計器（株））、吸引ポンプ FTP-34A（KNF 社）、流量計 IDS-050（アイ・エイ・シー（株））を用い、試験片ホルダは、内径 25mm の塩ビ製パイプとフランジを加工して用いた。

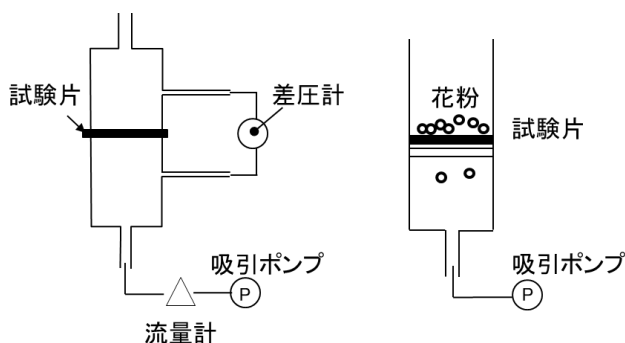


図2 試作装置(左:圧力損失, 右:花粉粒子捕集効率)

### 2-3-2 通気度試験による圧力損失の簡易評価

2-2 の方法で得られた通気度から JIS T 9001 でのマスクの圧力損失を簡易的に換算するため、補正方法の検討を行った。フラジール形法は、試験片の圧力損失が 125Pa となるように流量調整を行い、試験片の断面積と空気量より通気度 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ ) を求めている。一方、JIS T 9001 では、流量 8.0L/min においてマスクの差圧を測定し、その差圧を試験面積  $4.9\text{cm}^2$  で割って、マスクの圧力損失 ( $\text{Pa}/\text{cm}^2$ ) を求めている。両者で試験時の流速が異なり、マスクの抵抗係数は流速に依存すると考えられる。このため、単純な流速による補正ではなく、流体解析を活用して、補正方法を検討することとした。

マスクの現物を解析対象とすることは、モデル化や計算に時間を要することから、マスクを薄い角孔の多孔板と見立て、解析を行った。解析は、熱は考慮せず、層流解析とし、解析に使用したソフトウェアは、

STREAM V2022.1（ソフトウェアクレイドル社）である。解析モデルを図3に示す。角孔1つのサイズは、0.01mm、0.1mm、1mm の3ケースとし、角孔1つの1/4を解析領域とし、Xmin 面と、Ymin 面に対象境界を与えた。角孔3ケースに対して、流入口と流出口のサイズを定める解析領域を変えることで、開口率を変えた計算を行った。流入口は全圧境界、流出口には流出速度を与え、マスクの壁面は滑りなしとした。角孔サイズ 0.1mm、1mm では、角孔の厚さを 0.4mm とした。角孔サイズ 0.01mm においては、角孔の厚さ 0.4mm では、圧力損失が過大となるため、角孔の厚さは 0.01mm とした。

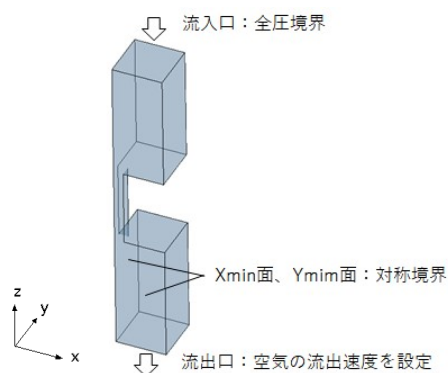


図3 流体解析モデル

解析手順として、まず、JIS T 9001 の流量 8.0L/min、試験面積  $4.9\text{cm}^2$  により算出される平均流出流速  $0.272\text{m/s}$  にて圧力損失を計算した。次に角孔での圧力損失が 125Pa となる流速を、流速変えた計算を複数回行うことで求め、得られた流速を通気度へ換算した。

## 2-4 花粉粒子捕集効率

試作した装置を図2（右）に示す。花粉粒子捕集率は、一般財団法人ボーケン品質評価機構の花粉粒子通過試験（ボーケン規格 BQE A 030）に準じ、得られた花粉粒子通過率から花粉粒子捕集効率を算出した。

$$\text{花粉粒子捕集効率 (\%)} = 100 - \text{花粉粒子通過率}$$

## 3 結果及び考察

### 3-1 素材評価

表3に結果を示す。一般的に繊維製品では、厚さと目付が小さいと通気性が高い。しかし、不織布マスクは布マスクより厚さと目付が小さいが、布マスクより通気度が低くなった。これは、不織布マスクが静電フ

フィルターを含む4層構造であるためだと考えられる。

表3 素材評価

	単位	不織布マスク	布マスク
厚さ	mm	0.52	1.13
目付	g/m <sup>2</sup>	112.2	358.7
通気度	cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ・s	18.8	27.2

### 3-2 圧力損失

#### 3-2-1 簡易測定装置

試作した簡易測定装置と JIS 認証検査機関の結果を表 4 に示す。簡易測定装置から得られた圧力損失は、どちらも JIS 認証検査機関の測定値とほぼ一致し、JIS T 9001 で定められた品質基準の 60Pa/cm<sup>2</sup> より小さい値であった。

表 4 圧力損失結果

	不織布マスク	布マスク
	圧力損失 (Pa/cm <sup>2</sup> )	
簡易測定装置	33.6	28.4
JIS 認証検査機関	32.4	29.8

#### 3-2-2 通気度試験による圧力損失の簡易換算

角孔のサイズ 0.01mm, 0.1mm, 1mm における流体解析結果を図 4 に示す。横軸は通気度 (cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>・s)、縦軸は JIS T 9001 での圧力損失 (Pa/cm<sup>2</sup>) である。通気度 27.2cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>・s における流速が、JIS T 9001 の流速と一致している箇所となる。

マスクの通気度と試作装置 (図 2 (左)) による圧力損失の測定結果を図 4 に併せて示す。不織布マスクでは、角孔のサイズ 0.01mm の補正曲線と概ね一致したことから、角孔のサイズ 0.01mm の補正曲線を用いることで、通気度から JIS T 9001 での圧力損失を簡易的に推定することができると考えられる。一方、布マスクでは、圧力損失の測定結果が角孔のサイズ 0.01mm の補正曲線よりも高い値となった。布マスクは不織布マスクよりも繊維径が太いためによる影響と考えられ、布マスクでは、サンプル数が少ないものの、角孔のサイズ 1mm の補正曲線を用いて、簡易的に推定できる可能性が示唆された。

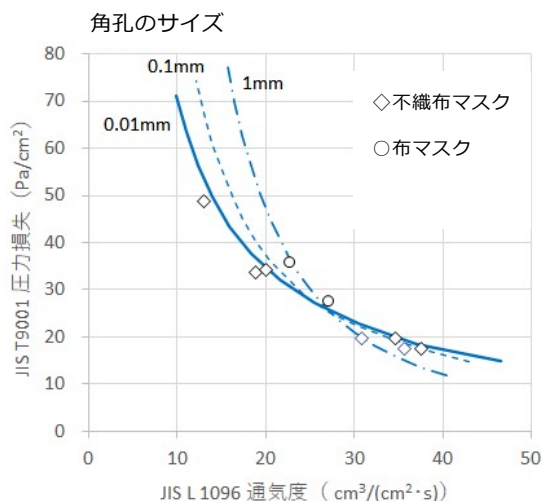


図 4 通気度から圧力損失への補正曲線

### 3-3 花粉粒子捕集効率

簡易測定装置 (図 2 (右)) を用いて布マスクを測定した結果、花粉粒子捕集効率は 98% で、JIS 認証検査機関の結果は、98.1% であった。このことから、簡易測定装置から得られた花粉粒子捕集効率が JIS 認証検査機関の測定値とほぼ一致した。

## 4 まとめ

本研究では、マスクの性能評価である JIS T 9001 の圧力損失について、簡易な測定装置と通気度試験による簡易評価を行った。その結果、JIS 認証検査機関の結果とほぼ一致し、通気度試験による簡易評価からも同程度の数値 (図 4) が得られることがわかった。また、花粉粒子捕集効率においても、簡易測定装置と JIS 認証検査機関の結果と一致した。

## 5 参考文献

- 1) 日本規格協会：JIS T 9001「医療用マスク及び一般用マスクの性能要件及び試験方法」(2021)