

細孔径分布の簡易測定技術に関する研究

河瀬剛、大平武俊

1. はじめに

紙のフィルタ特性を評価する一手法としてバブルポイント法による細孔径分布測定がある。しかし、細孔径分布測定は装置が高額で、測定作業が煩雑といった課題がある。そこで本研究では、これらの課題を解決すべく、3つのサブテーマを設けて研究を行った。

研究1では、市販の空気圧機器とコンピュータを用いて、紙製品向けに測定範囲を限定した、安価な測定装置を試作し、測定装置に必要な技術要素を追求する。

研究2では、ビニロン繊維からなる紙を対象に、非接触センサ等を活用し、表面粗さと細孔径分布との関連性から細孔径を推測する情報処理手法を検討した。

研究3では、細孔径分布の異なりと紙繊維の分散や配向との関連を確認するために、デジタル光学顕微鏡・コンピュータ画像処理を用いて表面観察を行った。

2. 実験

研究1では、電気信号により空気圧を制御する電空レギュレータを用いて、バブルポイント法による細孔径測定装置の簡易装置とこれを制御・計測するコンピュータプログラムを試作した。この装置を用いて、手漉きシート（坪量 100g/m²）の最大孔径を測定するために、設定孔径 8.5~0.5 μm（設定圧力 5.4~87.1kPa）まで孔径を 0.1 μm ずつ変化させ、圧力と流量を測定した。

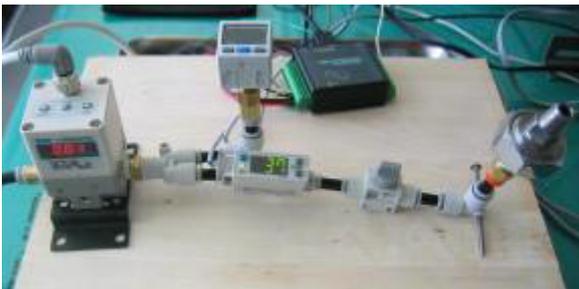


図1 試作した測定装置

研究2では、ビニロン繊維を主体繊維とする化学繊維からなる紙（以後、化学繊維紙と略す）を対象に、表面粗さから細孔径を推測する情報処理手法について研究を行った。細孔径分布が既知の化学繊維紙の表面粗さデータを数多く登録したデータベースを用意し、測定対象の化学繊維紙の表面粗さと類似したものを探しだし、細孔径を表示するシステムを試作した。ここで表面粗さを2値化した後、細分化するサブデータという考えを導入し、このサブデータの出現頻度を基に類似度を設定した。ビニロン繊維の径を変え、細孔径分布の異なる化学繊維紙を用いて、平均流量細孔径を推測する実験を行った。

研究3では、ビニロン繊維の太さや抄紙方法を変え、細孔径分布の異なる化学繊維紙の試験片を用意し、これらの試験片を、デジタル光学顕微鏡で撮影し、画像処理・計測ソフトウェアを用いて表面観察を行った。

3. 結果及び考察

研究1の圧力と流量の測定の結果、設定圧力 7.6kPa（測定圧力 8.9kPa、孔径換算 5.1 μm）から流量の増加が観測された。しかし、この圧力は、電空レギュレータの設定圧力範囲の 5kPa からは稼働せず、約 7.5kPa から加圧が始まり得られた数値であった。圧力変化に対する流量の測定は可能であることを確認できたが、電空レギュレータの下限値付近で測定した圧力は信頼性が低い。

研究2の平均流量細孔径の推測実験の結果を表1に示す。最類似試験片は、測定する試験片と平均流量細孔径の差が最も少ない、データベースに登録された試験片とする。サブデータの中には、細孔径との関連性が低いものも含まれていることがわかり、関連性の高いサブデータを利用する類似度により精度の向上が図れた。

表1 最類似試験片と推測した登録試験片の誤差

最類似試験片	形状	近似直線の傾き a の絶対値		
		0.0 以上	0.25 以上	0.5 以上
1.6	線状	13.6	13.5	12.9
	面状	15.2	15.1	14.5

研究3の表面観察の結果、顕微鏡の透過光により相対的に明るい箇所を、計数機能を用いて、数およびそれらの面積や直径を計測し、細孔径と関連があることを確認した。また、紙繊維が折り重なっている紙は、繊維の深さが異なるために、焦点が一部の繊維にしかあわないが、深さの異なる繊維に焦点があった複数の画像から焦点合成を行うことで、全体的に焦点があった画像を得ることができた。また、繊維の配向性や繊維間の距離などを観察・計測する上で有効であることを確認した。

4. まとめ

細孔径分布測定による品質管理を行う際、装置が高額、測定作業が煩雑といった課題を解決すべく、3つのサブテーマを設けて研究を行った。電空レギュレータを用いた簡易測定装置を試作し、また、表面粗さから細孔径分布を推測する手法を検討し、一定の成果を得たが、まだ、改良の余地がある。また、紙の表面画像を顕微鏡で撮影し、コンピュータ画像処理ソフトウェアを用いて、細孔径分布との関連を観察した。