研究報告

風力分級機による木材ファイバーの分級特性

On Classification of Wood Fiber by an Air Separator

高橋 裕* 遠藤 一夫**

Hiroshi Takahashi Kazuo Endoh

鈴木 弘*

Hiroshi Suzuki

1. ま え が き

前報¹⁾において、筆者らは乾式遠心力分級機の代表例として、実用規模のミクロン・セパレータをえらび、木材ファイバーを対象として、その分級特性に関して一連の実験的検討結果を報告した。

すなわち、分級代表粒径を部分分級効率10%に対応する粒径と定義し、ふるい目開き基準径を用いて、ブロックとしての木材の密度が、ファイバーの密度に代りうるものとして、分級特性と操作条件相互の関係を求めた。そして、球形近似可能な微少粒子群に関するストークスの抵抗則に基礎をおく、分級径と上述で定義した分級代表粒径の測定値との対比を行なった。前報における代表径、密度とともに、木材ファイバーに関しては、単体そのものを代表しうる量となりうるかは問題として残されていたが、実用の代表値としては十分意味をもちうるものであろう。その後の検討において、筆者らは、木材ファイバー単体の物性値に着目し、空気抵抗に関する代表径など、その粒度表示について実験を重ねてきたが、本報告においては、風篩筒内におけるファイバーに働く重力と、空気抗力との平衡条件を、遠心力と空気抗力との問題に移すことを、遠心式分級機内のファイバーの分級特性としてとらえ、実用規模のミクロン・セパレータについて、その分級特性が、基礎的知見によって推定できることを明らかにした。すなわち、ファイバー単体に関する適当な物性値を用いることにより、分級点を規定する粒度は、分級用ロータ内における遠心力と、軸方向にむかう気流による抗力との動的平衡によって定まり、二次空気の影響は、分級点には直接に関与せず、本実験の

範囲内においては、分級のするどさにも、ほとんど影響を及ぼさぬことが実験的に示された。

2. 実験装置と実験方法

実験装置の構成および、その仕様を図1に示した。使用した分級機は、細川鉄工製ミクロン・セパレータMS-4H型である。

実験に用いたファイバーは、シナノキおよびミズナラで、前報同様、連続ダイジェスターで蒸気圧6kg/cm²、平均滞留時間5分間の水蒸気蒸煮をおこない、直ちにバウアー型ダブル・ディスク・リファイナーで解繊、気流乾燥器で乾燥した。

図1に示したように、一次空気導入口の途中に設けたピストン式の供給器に、所定量のファイバーを入れ、このピストンを引き上げることによって、ファイバーを供給した。その供給速度は、ほぼ300g/minであり、時間的にほとんど一様に供給されている。一次空気取入口の平均風速[m/sec]はピトー管によって測定し、風量の調整は、セパレータの空気出口にとりつけたダンパーによって。風量の実験範囲は、ほぼ30~60[m³/min]、すなわち、ファイバーの空気比濃度[kg/m³ air]は、ほぼ10⁻³のオーダーである。

ロータの羽根数は9枚、羽根間隙において、軸方向に向う流れを代表しうる流路の断面積は、円錐部の中央の位置において、図2のごとく仮定している。軸方向に向う気流の速度、すなわち、それと比例すると考えられるファイバー・気流間の相対速度と、ローターの回転に基づく円周速度との比によって、とるべき流路の正当な断面積は影響されると考えられるが、本実験では、この断面積を用い、以下の試算を行なっている。

3. 実験結果とその考察

実験結果の代表例として、一次空気のための風量と部分

昭和46年7月27日受理

* 北海道立林産試験場(〒070 旭川市緑町12)
TEL 0166-51-1171

** 北海道大学工学部(〒060 札幌市北12条西8)
TEL 011-711-2111

図1 実験装置の構成

図2 ローターにおける空気流路断面の仮定

図3 一次空気風量の影響

図4 二次空気の影響

分級効率の関係を図3に示した。全空気量に対する二次空気の風量比と、部分分級効率の関係を図4に示す。ここで、粒径 d_c [cm] は、スキャンニング法による投影断面面積基準のファイバーの円相当径である。

分級点において、粒子群中の1個の粒子が受ける遠心力と、向心力との平衡条件から、つぎの式がえられる。

$$m_p \frac{u_\theta^2}{r} = C \frac{\rho u_r^2}{2} A_p \quad \dots (1)$$

ただし、 m_p : 粒子の質量

u_θ : ロータ周速度 [cm/sec]

r : ロータ半径 [cm]

C : 抵抗係数

ρ : 空気密度 [g/cm³]

u_r : 空気軸方向速度 [cm/sec]

A_p : 相対速度に直角な面に対する粒子

図5 抵抗係数とレイノルズ数の関係

の投影面積 [cm²]

さきの報告²⁾ 同様の測定方法に基づいて、 m_p をファイバー単体の質量とし、 A_p をスキャニング法によって求められる投影断面積 f [cm²] とし、 r は図2に示したローターの円錐部の中央位置を代表位置とした。各操作条件による u_p および u_r を(1)式に代入することによって、抵抗係数 C を算出した。一方、図3、4にその代表例を示したように、各操作条件における部分分級効率とファイバーの円相当径の関係から、部分分級効率50%に対応する粒径 d_{50} を分級点における分級粒径とした。この d_{50} 基準のレイノルズ数 Re 。

$$Re = \frac{d_{50} u_r \rho}{\mu} \quad \dots\dots(2)$$

ただし μ は空気粘度 [g/cm·sec] を求め、抵抗係数 C とレイノルズ数 Re の関係を図5に示した。同図には、シナノキ、ミズナラ両樹種ファイバーの分級粒径におよぼす分級操作条件の影響、すなわち一次空気風量の影響、ローター回転速度の影響、二次空気および、ファイバーの供給濃度の効果を含めている。さらに、同図上で風速相関と記したのは、(1)式の $u_p^2/r=g$ (=重力の加速度) における、風速筒での平衡条件から求めた、さきの報告²⁾ のデータである。

この結果、ローターによって生ずる遠心力場におけるファイバーの平衡条件から、求められた抵抗係数 C と、レイノルズ数 Re との関係は、重力場における風ふるいの平衡条件からえられる C と Re の関係と、きわめてよく一致し、二次空気および供給濃度の影響も、同一の相関の内に含まれている。したがって、分級点において、ファイバー群は空気中にきわめてよく分散され、ファイバー相互の凝集を無視しうる単体の粒子として挙動することが推定される。また、分級点において、ファイバーがどのような位置をとって挙動するかは明らかでないが、風速筒内における挙動とも、ほとんど同じといえよう。したがって、さきの風速筒実験について得られたと同様に、 C と Re の相関は、ストークス域からアレン域への遷移域に、含まれるものと考えることができよう。

風ふるいの平衡条件から、得られる基礎知見によって、遠心力場分級の分級特性を推定しうることが判明した。前述、図2においては、空気流路の断面積ならびに、平衡の位置に関して問題が残されていた。しかしながら、図5において、風ふるい法によるデータは任意性を含まない。したがって、風ふるい法によるデータの相関とはほとんど一致する本実験結果は、分級の限界粒子径として、 d_{50} を仮定する限りにおいては、図2のごとく空気流路を仮定することは、実用上有用と考えられよう。

本実験においても、ファイバーの代表粒径として、投影断面積基準の円相当径を用いる限りでは、樹種の影響はほとんど無視しうる結果をえた²⁻⁴⁾。

4. む す び

乾式遠心力分級機の代表例として、実用規模のミクロン・セパレータを用いて、シナノキ、ミズナラ2樹種のファイバーの分級実験をおこない、分級特性を検討した。

本実験の範囲内では、部分分級効率50%に対応する分級粒径は、ファイバーの供給濃度、二次空気の影響をうけず、ローターの回転数、一次空気風量によって決められる。分級粒径に対応するファイバーの投影断面積基準の円相当径 d_{50} を基準としたレイノルズ数と、抵抗係数との相関は、風ふるい法によって得られた相関とはほぼ一致した傾向がえられ、さきの報告²⁾ のごとく、樹種の影響が顕著には表われないファイバー単体に関する、抵抗係数とレイノルズ数との関係(図5)を介して、遠心力分級機の方級代表径が推定できることになる。

引用文献

- 1) 鈴木, 池田, 高橋: 粉体工学研究会誌, 1, 120 (1964)
- 2) 鈴木, 高橋, 平野, 遠藤: 粉体工学研究会誌, 6, 239 (1969)
- 3) 鈴木, 高橋, 遠藤: 粉体工学研究会誌, 7, 279 (1970)
- 4) 高橋, 遠藤, 鈴木: 粉体工学研究会誌, 8, 258 (1971)

Summary

On Classification of Wood Fiber by an Air Separator

Hiroshi Takahashi*, Kazuo Endoh** and Hiroshi Suzuki*

Experiments were made to evaluate the cut size of wood fiber by a centrifugal air classifier. The classifier used was of industrial scale "Micron-separator" sized 1,100mm in diameter. Experimental wood fibers were of Oak and Basswood.

Results obtained were:

1) Drag force on the fiber was calculated from the data on experimental cut size. The cut size, the size corresponded to 50% recovery, is the size of fiber we assumed to be in dynamic equilibrium in centrifugal field of separating rotor.

Drag coefficient of cut size C was correlated with the Reynolds no. Re based on circular equivalent diameter and radial velocity of the

air. The relation, C vs. Re , was the same obtained by elutriating method measured in gravitational field. Cut size of fiber can be evaluated from the relation C vs. Re .

2) Fractional recovery was plotted on logarithmic probability paper as a function of fiber size and the data fall fairly well on straight line. In the experiments, effects of operating parameter of classifier, i. e., inlet velocity of air, rotational speed of separating rotor, consistency of fed fibers and secondary air velocity were found to be neglected on the values of the slopes of these relations.

(* Hokkaido Forest Products Research Institute)
(** Hokkaido University)