メカニカルパルプの特性評価 (第2報) 繊維長分布および繊維形態とパルプ特性

(株)日本紙パルプ研究所 大沢 純二, 小松 幸正, 米田 豊

An Attempt to Characterize Mechanical Pulp. II. Effect of Fiber Length Distribution and Fiber Shape on Pulp Properties

Junji Ohsawa, Yukinasa Komatsu and Yutaka Yoneda
Japan Pulp and Paper Research Institute, Inc.

To characterize mechanical pulp properties, fiber length distribution is expressed by 2 parameters, mean fiber length d and distribution pattern n obtained from Rosin-Rammler's equation, and $CSF_{80/150}$ is chosen to represent fiber shape. The effect of these parameters on pulp quality was clarified in this report.

Each of 4 mechanical pulps with different $CSF_{80/150}$ was fractionated into 5 parts by fiber length, and, by blending these fractions, 9-19 test pulp samples were prepared by selecting various combination of several d and n values in Rosin-Rammler's equation. The iso-value curves for each properties in the plane of d and n axes were obtained from blended pulps with same $CSF_{80/150}$ but different fiber length distribution. And the 3-dimensional figures were obtained from 4 d - n planes with different $CSF_{80/150}$.

Each blended pulp properties showed dependence in different manner on d , n and $CSF_{80/150}$, but they could be roughly classified into 3 groups as follows; 1) freeness, drainage time, density, scattering coefficient and porosity, 2) wet web breaking length, burst factor and breaking length, 3) tear factor.

On the first group, freeness, drainage time and porosity varied with the specific surface area of blended pulp. Density showed nearly same pattern in the d - n planes, but it was almost independent from $CSF_{80/150}$. Scattering coefficient showed the intermediate pattern of these two, that is, it showed the former and the latter patterns in the high and the low $CSF_{80/150}$ regions respectively.

On the second group, these properties depended highly on $CSF_{80/150}$ and fine content. But in the fine-rich region in the d - n plane, burst factor and breaking length had two high strength regions.

On the third group, tear factor depended mainly on the long fiber content in the d - n planes and showed poor dependence on $CSF_{80/150}$ compared with the second group.

It is necessary to have at least 3 parameters, d and n of fiber length distribution and $CSF_{80/150}$ representing fiber shape, to characterize mechanical pulp more accurately.

Fig. 1 Fiber length distributions of No. 18 and 19 pulps.

Fig. 2 Rosin-Rammler plots for No. 18 and 19 pulps.

1. はじめに

前報¹⁾において、メカニカルパルプの繊維長パラメータ; L_{42} (42 メッシュオンの長繊維含有率) と形態パラメータ; $CSF_{80/150}$ (80~150 メッシュフラクションのフリーネス) とが、高い相関関係をもつことを述べた。しかし、この結果に一般性があるとは考え難い。そこで、繊維長パラメータおよび形態パラメータがパルプ特性に及ぼす影響を明らかにするために、 $CSF_{80/150}$ の異なる 4 種類のメカニカルパルプを用いて、それぞれのパルプから $CSF_{80/150}$ が一定であり、かつ繊維長分布が異なるフラクション配合パルプを 9~19 種調製し、種々のパルプ特性について検討した。

2. 実 験

2.1 Rosin-Rammler 式について

パルプのふるい分け試験結果から得られる長繊維あるいはファイン含有率は、繊維長分布の一面を表現しているにすぎない。繊維長分布を、より正確に表示する手段として、Rosin-Rammler 式がある。経験的に、メカニカルパルプのふるい分け分布がこの式によくあてはまることが知られており^{2,3)}、次式で表わされる。

$$R = 100 \exp(-bx^n)$$

ここで、 R はふるい目開きが x (mm) のときのふるい上累積重量 (%) であり、 b および n は定数である。たとえば、図 1 の棒グラフで示された繊維長分布は、図 2 に示すように、Rosin-Rammler 線図では直線で表わされる。この図において、 $R=50\%$ のときの x の値を d と定義すると、 d はひとつの平均繊維長を表わすパラメータであり、 d が大きいほど平均繊維長が大

Fig. 3 Relation between pulp composition and parameters of Rosin-Rammler's equation.

L , M and F indicate long fiber (R 42), medium length fiber (F42/150) and fine fraction (P 150) respectively, and numbers following the symbols show the percentages of each fraction.

きいことを意味する。また、直線のこう配は繊維長分布の形を表わすパラメータ; n であり、 n が小さいほど平均繊維長から離れた長繊維やファインの比率が高いことを意味する。このように、Rosin-Rammler 式から得られる 2 つのパラメータ; d および n により、繊維長分布そのものを表現することができる。その関係を、便宜上長繊維 (L ; 42 メッシュオンフラクション)、中繊維 (M ; 42~150 メッシュフラクション)

Table 1 Range of d and n of original and blended pulps

Pulp No.	d (mm)	n (—)
Original pulp	0.14 – 0.38	0.55 – 0.84
18, 19	0.15 – 0.35	0.55 – 0.75
20, 21	0.10 – 0.40	0.50 – 0.80

Table 2 Properties of original pulps (No. 18 to 21)

Pulp No.	CSF (mL)	CSF _{80/150} (mL)	L_{42} (%)	d (mm)	n (—)
21	100	285	46.4	0.30	0.62
19	169	296	51.5	0.38	0.61
20	130	376	44.7	0.29	0.74
18	168	425	42.5	0.27	0.75

およびファイン (F; 150 メッシュパスフラクション) の3つのフラクション含有率で表わすと、図3のようになる。

No.18 F 24/42

No.19 F 24/42

No.18 F 80/150

No.19 F 80/150

Fig. 5 Photomicrographs of fractionated pulps, F 24/42 and F 80/150 of No. 18 and 19 pulps. **Fig. 4** Schematic representation of 9 pulp compositions used for blending 5 fractions of No. 18 and 19 pulps at corresponding d and n . Percentages of each fractions are shown by 3 sections of heavy shaded area (L; R 24+F 24/42), open area (M; F 42/80+F 80/150) and light shaded area (F; P 150).

2.2 フラクション配合パルプの調製

前報で用いた24のメカニカルパルプ(以下、オリジナルパルプとよぶ)のうち、CSF_{80/150}が異なり、

かつ広範囲にわたるよう に 調製された 4 種の パルプ (No. 18~21) を フラクシ ョ ン 配合 試験 に 供した。

それぞれのオリジナルパルプを、ふるい分けにより 5 つのフラクシ ョ ン に 分割 し、得られたフラクシ ョ ン パルプを Rosin-Rammler 式に設定した種々の組合せの d , n 値に 対応させ、種々の比率で再配合した。このようにして得られたフラクシ ョ ン 配合 パルプは、 $CSF_{80/150}$ が一定であり、繊維長分布のみが異なる。 $CSF_{80/150}$ がそれぞれ異なる 4 種の オリジナルパルプより、9~19 のフラクシ ョ ン 配合 パルプを 4 組調製した。配合のために設定した d および n 値の範囲は、表 1 に示すように、我々のリファイナーで得られるパルプの d , n の範囲にほぼ一致させた。一例として、パルプ No. 18 および 19 の実際の配合比を 3 つのフラクシ ョ ン 量で表わすと、設定 d , n 値との関係は図 4 のようになる。用いた 4 種のオリジナルパルプの特性を表 2 に示す。また、一部のフラクシ ョ ン パルプの写真を図 5 に示す。

3. 結果および考察

3.1 オリジナルパルプの特性

オリジナルパルプの $CSF_{80/150}$ と長繊維含有率 (L_{42}) との関係は前報 (図 21) に示したが、繊維長分布、すなわち d および n との関係を図 6 に示す。 d および n 軸で囲まれる平面 (以下、 d - n 平面とよぶ) に、それぞれのオリジナルパルプの座標に $CSF_{80/150}$ の値を記入することにより、図のような等 $CSF_{80/150}$ 曲線が得られた。パラツキは大きい、おおむね d が大きいほど、また n が小さいほど $CSF_{80/150}$ が低くなる傾向をもつことが明らかである。

$CSF_{80/150}$ が低いことは、前報で述べたように、種々の強度が高くなることを意味している。 d - n 平面におけるオリジナルパルプの等強度曲線は、それぞれデータのバラツキが大きく傾向があいまいではあるが、図 7~9 に示すように、湿紙裂断長、比破裂強さおよび裂断長は、図 6 の等 $CSF_{80/150}$ 曲線にほぼ対応して強度が高くなる。しかし、図 10 に示すように、比引裂強さは、むしろ d の上昇に伴って強度が高くなる傾向をみせる。一方、強度以外の汙水性や一般紙質については、 d - n 平面において一定した特性変化の傾向をみせず、等特性曲線が得られなかった。

オリジナルパルプでは、 d - n 平面における $CSF_{80/150}$ がバラツキをもって変化しているため、強度特性の変化の傾向もあいまいであり、これらの結果からは、 d , n および $CSF_{80/150}$ のシート特性に対する役割が明確とならない。

Fig. 6 $CSF_{80/150}$ values of original pulps plotted in the d - n plane.

Fig. 7 Iso-strength curves for wet web breaking length of original pulps in the d - n plane.

Fig. 8 Iso-strength curves for burst factor of original pulps in the d - n plane.

Fig. 9 Iso-strength curves for breaking length of original pulps in the d - n plane.

Fig. 10 Iso-strength curves for tear factor of original pulps in the d - n plane.

3.2 フラクション配合パルプの特性

種々のパルプ特性について、 $CSF_{80/150}$ が一定であり、かつ d および n の異なるフラクション配合パルプから、 d - n 平面における等特性曲線を得た。さらに、4つの $CSF_{80/150}$ の異なる d - n 平面から、 d 、 n および $CSF_{80/150}$ の3軸の立体図(等特性曲面)を得た。これらの図から、3つのパラメータのパルプ特性に及ぼす効果を検討した。

3.2.1 フリーネスおよび沝水時間

フラクション配合パルプの d - n 平面における等フリーネス曲線、および d 、 n 軸に $CSF_{80/150}$ 軸を加えて4組の配合パルプから描いた等フリーネス曲面を図11に示す。また同様に、沝水時間と d 、 n および $CSF_{80/150}$ との関係を図12に示す。フリーネスは、 d - n 平面において d の増加とともに上昇するが、 d の大きい領域ではさらに n の大きい領域で、すなわち図3に示したファイン含有率の低下とともに上昇する。また、同一の d 、 n 値をもつパルプのフリーネスは、 $CSF_{80/150}$ の低下とともに低下する。沝水時間の変化のパターンはフリーネスと類似しており、フリーネスの上昇に対応して沝水時間は短くなる。

ファインを除くフラクションパルプのフリーネスは、その比表面積と密接な関係にあることは前報で示した。したがって、ファインロスによるフォールスフリーネス(false freeness)の効果を考慮しなければならないが、フリーネスおよび沝水時間の特性変化のパターンは、配合パルプの比表面積のパターンと考えることもできる。

3.2.2 強度特性

配合パルプの湿紙裂断長、比破裂強さ、裂断長及び

比引裂強さと d 、 n および $CSF_{80/150}$ との関係を、それぞれ図13~16に示す。

湿紙裂断長、比破裂強さおよび裂断長の強度変化のパターンは、基本的にはよく似ている。 d - n 平面において、 d および n の両者が大きい領域から、ともに小さい領域に向かって、すなわち図3に示したファイン含有率の増加に対応して強度は高くなる。しかし、比破裂強さと裂断長の乾紙強度については、ファイン含有率が30~35%以上の領域で、高強度を示す領域が2つ現われる傾向をみせる。また、これは $CSF_{80/150}$ の低い配合パルプほど顕著である。ひとつの高強度領域は d が小さく、また n が大きい、すなわち、長繊維含有率が最も低く、またフリーネスも最も低い領域である。もうひとつは、 d が中程度で、 n が小さい領域であり、ふるい分け組成としては長繊維が45%、中繊維が20%およびファインが35%程度に相当する。すなわち、同一 $CSF_{80/150}$ をもつパルプでは、前者のフリーネスの低いパルプ、あるいは後者の特定の繊維長分布をもつパルプが高強度をもつ。また、同一 d 、 n 値をもつパルプの湿紙裂断長、比破裂強さおよび裂断長は、 $CSF_{80/150}$ の低下とともに上昇し、その依存程度は大きい。

比引裂強さは、 d - n 平面において、 d が大きく、かつ n が幾分小さくなるとともに上昇する。すなわち、長繊維含有率の増加に対応して、比引裂強さは高くなる。また、同一 d 、 n 値をもつパルプの比引裂強さは、 $CSF_{80/150}$ の低下とともに上昇するが、その依存程度は、前述の3強度に比べ小さい。

3.2.3 密度、比散乱係数および透気度

配合パルプの密度、比散乱係数および透気度と、 d 、

Fig. 11 Left : Iso-value curves for freeness of blended pulps, No. 21, 20 and 18, in the d - n plane.

Right : Three dimensional plot of the iso-value curves.

Fig. 12 Left : Iso-value curves for drainage time of blended pulps, No. 21 and 20, in the d - n plane.

Right : Three dimensional plot of the iso-value curves.

n および $CSF_{80/150}$ との関係は、それぞれ図 17~19 に示す。

密度は、手すきシートの平滑度が著しく低いため厚さの測定に問題があると考えられること、また密度の測定値範囲が比較的小さいことから、明瞭なパターンは描くことができなかったが、 d - n 平面においてはおおむねフリーネスのパターンに類似しており、フリーネスの上昇に対応して密度は低下する。しかし、 $CSF_{80/150}$ の高低にはほとんど依存せず、剛直なメカニカルパルプでは、主として繊維長分布のみでシート密度が決定されることを示している。

比散乱係数は、 $CSF_{80/150}$ が低いパルプ (No. 21)

では、フリーネスのパターンと類似しており、フリーネスの低下に対応して上昇する傾向をみせるが、 $CSF_{80/150}$ の高いパルプ (No. 18) では、繊維長分布の変化による比散乱係数の変化が小さく、その傾向は不明瞭である。また、 $CSF_{80/150}$ が 425 ml から 376 ml に低下する際は、比散乱係数が大きく上昇するが、さらに 285 ml に低下しても比散乱係数はほとんど変化しないという特徴をもつ。

透気度は、フリーネスと同じ変化のパターンを示す。フリーネスの低下に対応して透気度は上昇する。

3.2.4 パルプ特性変化のパターン

以上述べてきた、3つのパラメータ、すなわち d 、

Fig. 13 Left : Iso-strength curves for wet web breaking length of blended pulps, No. 19 and 18, in the d - n plane.
Right : Three dimensional plot of the iso-strength curves.

n および $CSF_{80/150}$ による種々のパルプ特性の変化のパターンは、おおむね次の3つのグループに分類できる。

- 1) フリーネス, 沝水時間, 密度, 比散乱係数および透気度
- 2) 湿紙裂断長, 比破裂強さおよび裂断長
- 3) 比引裂強さ

1) のグループのうち, フリーネス, 沝水時間および透気度は, パルプの比表面積に依存して変化するものと考えられる。密度は d - n 平面においてはほぼ同じパターンを示すが, $CSF_{80/150}$ の高低にはほとんど依存せず, 主として繊維長分布のみで決定される。比散乱係数は, これらの中間的パターンを示し, $CSF_{80/150}$ が高い領域では前者の, また低い領域では後者のパ

ターンを示す。

2) のグループは, ファイン含有率と $CSF_{80/150}$ に大きく依存するパターンを示す。ただし, 比破裂強さと裂断長については, ファイン含有率がある程度以上の領域では, 高強度を示す2つの領域, すなわち, 特定の繊維長分布をもつ領域と, フリーネスが最低となる領域の2つが現われる。

3) のグループは, 主として長繊維含有率に依存し, $CSF_{80/150}$ への依存程度は, 2) のグループに比べ, かなり小さい。

したがって, 図7~10に示したオリジナルパルプの d - n 平面における等強度曲線は, 湿紙裂断長, 比破裂強さおよび裂断長で $CSF_{80/150}$ に依存するパターンを, また, 比引裂強さは長繊維含有率に依存するパターン

Fig. 14 Left : Iso-strength curves for burst factor of blended pulps, No. 21, 20 and 18, in the d - n plane.
 Right : Three dimensional plot of the iso-strength curves.

Fig. 15 Left: Iso-strength curves for breaking length of blended pulps, No. 21, 20 and 18, in the d - n plane.

Right: Three dimensional plot of the iso-strength curves.

Fig. 16 Left : Iso-strength curves for tear factor of blended pulps, No. 21, 20 and 18, in the d - n plane.

Right : Three dimensional plot of the iso-strength curves.

Fig. 17 Left : Iso-value curves for density of blended pulps, No. 21, 20 and 18, in the d - n plane.

Right : Three dimensional plot of the iso-value curves.

Fig. 18 Left : Iso-value curves for specific light scattering coefficient of blended pulps, No. 21, 20 and 18, in the d - n plane.
Right : Three dimensional plot of the iso-value curves.

Fig. 19 Left : Iso-value curves for porosity of blended pulps, No. 21, 20 and 18, in the d - n plane.
Right : Three dimensional plot of the iso-value curves.

を示しているのは、以上の配合パルプの結果と良く一致する。

4. ま と め

4組のフラクシオン配合パルプを用いて、メカニカルパルプ特性に及ぼす繊維長分布および形態パラメータの影響について検討した。

沱水性、強度および光学特性等は、それぞれ繊維長分布、すなわち Rosin-Rammler 式における d および n の2つのパラメータにより様々なパターンを示し、かつ形態パラメータである $CSF_{80/150}$ に依存する程度も異なることが明らかである。したがって、メカニカルパルプ特性を適確に評価するためには、少なくともこれらの3つのパラメータが必要であり、パルプの使

用目的に応じて、これらの適切な組合せを選定すべきであることを示唆している。

文 献

- 1) 大沢純二, 小松幸正, 米田 豊: 紙パ技協誌, **33** (10), 654 (1979)
- 2) U. Ullman: Svensk Papperstidn., **68**, 230 (1965)
- 3) B. Mannström: Papperi ja Puu, **49** (4a), 137 (1967)

(受理 54. 4. 16)

〔本報(第1.2報)の要約は、53. 10. 2, 3 東京で行われた日加高歩留パルプジョイントセミナーの際、発表されたものである〕