濾水度の連続測定について (2)*

大場富美雄・山路忠雄・門屋 卓**

A Tester for Continuous Determination of the Freeness (2)

Fumio Ōba, Tadao Yamaji and Takashi Kadoya

(The Kokusaku Pulp Industry Co., Ltd.)

In the Previous paper, it was shown that there was close correlation between the Canadian Standard Freeness and drainage, and that it was possible to know the Freeness by measuring the latter.

Here according to this principle, the authors made a new Freeness-tester which has an apparatus driving a cylinder with wire cloth and an automatic recorder measuring the time required for water to reach to a given level.

Under different kinds of conditions, the new tester was used.

The tester was tested instock of L-BKP (cons. 0.5%) and N, L-mixed BKP (cons. 2.7%) in the range of freeness 200cc~450cc and it was recognized that there was linear relationship between reading of the tester and freeness in the log-log scale, besides there were only small fluctuations in each measuring point.

In general, the bottom wire cloth type was used in the low consistency of stock and the side wire cloth type was used in the high consistency.

The tester, which was the side wire cloth type, was really used in measuring the freeness of L-BKP stock (csf=350cc, 420cc, consistency 4.8%) in a paper-mill and there were only about ± 10 cc differences between the freeness obtained by the tester and really measured values.

Finally the influences of temperature, consistency, clay-contents and flow rate of stock to the reading of the tester were discussed.

1. 緒 言

製紙工業において操業中の原質の濾水度を自動的かつ連続的に測定することは製品の管理上極めて大切なことである。我々はこの点に関し、前報文献¹⁾においてパルプ原質の濾水度の連続測定を意図し、その測定原理として網面を有する円筒を原質液中に浸漬し、網面よりの水の流入速度を測定することによって濾水度を求めることを試みたが、その結果網面より一定量の水が流入するに要する時間と濾水度 (csf) との間には密接な関係があることが明らかになった。そこで我々は測定円筒駆動装置および水の流入時間の自動記録装置を有する濾水度計を作り、種々の条件下でテストを行なったので、いままでに明らかになった結果を報告する。

2. 濾水度計の構造と運転機構

初めに製作された濾水度計の構造と運転機構の概要を示す。

i) 濾水度計の構造

濾水度計の概略の構造は (1-図) に示される。

ii) 濾水度計の運転機構

測定は底面に網面を持つ金属円筒の上下により行なわれる。すなわちこの金属円筒が下降して原料液中に浸漬されると、網面より水が流入し始め、水面が底面より一定の高さにある電極棒に接解すると電子回路が作動して、その流入時間が自動記録されるようになっている。

測定サイクルは2分である。(円筒下降—円筒浸漬 (測定開始)—円筒上昇 (測定終了)—円筒下降)

円筒の駆動はモーターによるカムの作動で一定時間毎に (1分間隔毎に) エア・シリンダー方式で上下されるようになっている。また水の流入時間の記録は測定円筒の浸漬とともに時間に比例する可変抵抗が作動し、液面が電極に達するとともに停止し、その変化分だけモーターによる駆動でペンを移動させて記録する

* 原稿受付 39. 9. 12

** 国際パルプ工業 中央研究所

Fig. 1 The schematic design of the freeness-tester

- A: Measuring cylinder (length: 350mm, diameter: 70mm)
 B: Detecting electrode (length: variable)
 C: Vat (depth: 400mm, diameter: 250mm)
 D: Vessel (depth: 860mm, diameter: 420mm)
 E: Inlet pipe of stock (diameter: 51mm, 2"φ)
 F: Outlet pipe of stock (diameter: 152mm, 6"φ)
 G: Apparatus driving the cylinder A
 S: Wire cloth (80 mesh, area: $3.84 \times 10^3 \text{mm}^2$)

Fig. 2 A chart of the freeness-tester reading of the tester~flight of time

Stock: L-BKP (cons. 0.5%)

- A: (freeness C.S.F.=225cc)
 B: (freeness C.S.F.=265cc)
 C: (freeness C.S.F.=315cc)
 D: (freeness C.S.F.=350cc)
 E: (freeness C.S.F.=405cc)
 F: (freeness C.S.F.=460cc)

ようになっている。

3. 低濃度原料における測定例

Canadian Standard 法による濾水度の測定は 0.3% 濃度で行なわれるので、本濾水度計も初め濃度の薄い所でテストを行なった。

(3—1) 実験室におけるテスト (濾水度計指示値の変動及び指示値と実測濾水度との関係)

初めにこの濾水度計により連続測定した時の測定結果を (2—図) に示す。この時の濾水度計の指示値としては 2 分毎の測定点の中心線を結んだものを以て表わされる。

(2—図) は L-BKP 原料 (濃度 0.5%, 濾水度 C.S.F. = 220cc~465cc) について測定したものである。

測定経過は実験室的に行なわれたものであり、(1—図) における測定槽 C に相当する容器に濾水度 C.S.F. = 225, 265, 315, 350, 405, 460cc の上記原料を交互に入れ、攪拌しつつ一定時間 (4~5 時間) 記録をとったものである。

(2—図) の測定結果より濾水度計の指示値の変動および指示値と濾水度との関係を求めると (1—表)

(3—図) の結果が得られた。

測定結果の検討

濾水度計指示値の変動

これは一定濾水度の原料を一定時間測定した時の指示値のパラツキを示し、測定器の精度を表わすものといえる。(2—図)(1—表)の結果によればチャート

Table 1 Fluctuations of the reading of the tester (L-BKP consistency 0.5%)

No.	Freeness (cc)	Reading of the tester(sec)	Fluctuation of each point of the chart $\left(\frac{R}{\bar{X}} \times 100\right)$	Fluctuation of average line of the chart $\left(\frac{\bar{R}}{\bar{X}} \times 100\right)$
1	460	13.4	7.4	3.0
2	405	17.4	5.7	2.3
3	350	21.3	6.1	1.4
4	315	24.4	6.5	2.4
5	265	34.0	6.0	2.9
6	225	36.8	6.0	0.8

Reading of the tester ($\bar{X}$): Rhe average value of the reading of the average line each half an hour. (Fig. 2)

R : Maximum difference of measured points from the $\bar{X}$

$\bar{R}$: Maximum difference of the average line from the $\bar{X}$

Fig. 3 Relation between the reading of the tester and the freeness (C.S.F.)
Stock: L-BKP (consistency 0.5%)

の個々の測定指示点のフレは大きい時でも、中心線から±1秒前後程度であり、平均指示値の6~7%以内にとどまっている。更に実際の濾水度の管理では(2—図)の中心線を追って行くわけであるから、実際の平均指示値の変動は更に小さく、2~3%以内になっている。……(1—表)における $\frac{\bar{R}}{\bar{X}} \times 100$ で表わされる。

濾水度計指示値と実測濾水度との関係

この関係は本濾水度計の基本をなすものであるが、(3—図)のごとく両対数グラフで直線関係が得られ平均指示値より濾水度を求めることができることを示している。

(3—2) 工場現場におけるテスト例

上述の結果に基づき、我々は実際の工場の作業の流れの中に濾水度計を設置しテストを行なった。

原 料: L-BKP (濃度0.8%, 濾水度 C.S.F.=300cc 前後, クレー含量20%)

設置場所: ヘッドボックスよりフローボックスに移る間にバイパスをつけて設置

測定結果: 測定結果を(4—図)に示す。なおこの現場テストでは短期間の中に濾水度を大きく変化させることはできなかったで、濾水度計指示値の変動を中心に検討を行なった。

測定結果の検討

(4—図)の結果によれば安定した状態の下では平

Fig. 4 A chart of the freeness-tester at flow-box in a paper-mill.

均指示値35秒前後に対して個々の指示値のフレは2秒程度であり平均値の6%前後である。中心線の動向により濾水度を管理することを考えると5~6%程度のフレは差支えないといえよう。

なおこのテストにおいて初め個々の指示値のフレがかなり大きかったが、流速を速くすることにより(4—図)の如くフレを小さくすることができた。すなわち現場テストでは流速が測定精度を良くするための一つの要素であることが示された。

4. 高濃度原料用の濾水度計(濃度 2.5%以上)

(4-1) 高濃度用への改善

一般に濾水度管理のために測定を行なうにはリファイナー前後のところの方が直接的であり、好都合である。しかしこの付近の濃度は前記の濃度よりかなり高い。そこで我々は濃度が比較的高い場合、すなわち濃度 3.0%前後のところでは濾水度計による測定が可能であるか否かについての現場テストを行なった。現場テストの都合上ライナー用の故紙原料を用い、(原料濃度 3.0%前後、濾水度 C.S.F.=350cc~410cc)、設置場所としてジョルダンの出口を選んだが、個々の濾水度計指示値のフレはかなり大きかった。この原因としては測定原料中に N-材の繊維の長いものを初め色々な種類の原料が含まれており、これが濃度の高いことと相まって原料が集まってフロックができ易くなり、測定円筒がフロックの所と水分の多い所に浸漬した時と

Fig. 5 The measuring cylinder of the side wire cloth type of the tester
(for stock of high consistency)

Fig. 6 Comparison of charts of the bottom wire cloth type tester and the side wire cloth type tester for jute line stock of 3.0% consistency.
The left chart: the bottom wire cloth type
The right chart: the side wire cloth type

では指示値にフレが生ずるためであると考えた。

そこでこの影響を少なくするためには網面積を大きくして測定部分の原料の平均化をはかればよいと考え装置を大きくしないで網面積を大きくする一つの方法として網面を円筒側面につけることにした。(5-図参照)円筒側面に 75mm×20mm の網面を 6 個つけることにより全網面積を底網型の約 2.3 倍にすることができた。この側網型により前記のライナーの故紙原料を測定した結果、個々の指示値のフレは極めて小さくなり良好な結果が得られた。(6-図参照)

(4-2) 側網型濾水度計(高濃度用)の実験室におけるテスト側網型の測定円筒をつけて実験室的テストを行なった。

すなわち底網型の時と同様に(1-図)において測定槽 C 中に一定濾水度の原料を入れ、一定時間測定して濾水度計の平均指示値を求め、以下順次濾水度の異なる原料を入れ代えて濾水度計指示値と実測濾水度との関係を求めた。

測定原料: N 材と L-材を 1:1 に混合した BKP(濃度 2.7%, 濾水度範囲 C.S.F.=180cc~425cc)

測定結果: 濾水度計平均指示値と実測濾水度との間には、(2-表)(7-図)の結果が得られた。

測定結果の検討: (7-図)の結果によれば 3.0%程度の濃度のところでも側網型を用いれば測定指示値のフレも少なく、平均指示値と実測濾水度の間には両対数グラフで直線関係が成立し、濃度が低い時と同様に前者を知ることにより濾水度を求めることができることが知られた。

Table 2 Relation between the freeness and the reading of the tester
(N, L mixed BKP, consistency 2.7%)

No.	Freeness (cc)	Reading of the tester (sec)
1	425	12.5
2	360	17.0
3	250	29.0
4	180	42.5

(4-3) 側網型濾水度計(高濃度用)の工場現場におけるテスト例

側網型を用いた現場テストでは次の結果が得られた。

原料: L-材 BKP(濃度 4.8%前後、濾水度範囲 C.S.F.=350cc~420cc)

設置場所: 小松ファイナーよりマシンに移

Table 3 Typical results of the freeness-tester used in a paper-mill.

tester: the side wire cloth type, stock: L-BKP (cons. 4.8%)

No.	(a) Measured freeness (cc)	(b) Reading of the tester (sec)	(c) Freeness obtained by the tester	(d) Difference (c)-(a) (cc)	(e) Consistency of stock (%)	(f) Temperature of stock (°C)
1	412	28.2	414	+ 2	4.85	30.0
2	412	28.5	411	- 1	4.85	30.0
3	411	28.0	415	+ 4	4.85	30.0
4	419	28.0	415	- 4	4.85	30.0
5	412	27.0	421	+ 9	4.85	27.0
6	408	28.4	413	+ 5	4.85	28.0
7	416	28.4	413	- 3	4.75	28.0
8	414	28.5	411	- 3	4.75	28.0
9	412	29.2	407	- 5	4.80	30.5
10	412	29.2	407	- 5	4.90	30.5
11	416	29.2	407	- 9	4.90	30.5
12	411	30.6	397	-14	4.90	30.0
13	403	30.6	397	- 6	4.90	30.0
14	402	31.0	394	- 8	4.95	30.0
15	406	29.2	407	+ 1	5.00	30.0
16	408	30.6	397	-11	4.95	30.0
17	399	30.2	399	0	4.95	30.0
18	404	29.5	404	0	5.00	30.0
19	400	29.4	405	+ 4	4.95	30.0
20	413	28.4	418	0	4.85	30.0
21	404	29.1	407	+ 3	4.80	30.0
22	408	28.3	412	+ 4	4.75	30.0
23	408	27.8	416	+ 8	4.75	29.7
24	409	27.9	415	+ 6	4.75	29.3
25	411	27.8	416	+ 5	4.98	29.8
26	406	28.3	412	+ 6	4.98	30.0
27	410	28.1	414	+ 4	4.98	30.0
28	400	28.6	411	+11	4.98	29.8
29	376	32.8	382	+ 6	4.95	27.3
30	379	32.4	384	+ 5	4.85	27.3
31	386	33.0	380	- 6	4.85	27.3
32	384	33.0	380	- 4	4.80	27.3
33	380	34.2	376	- 8	4.80	27.3
34	386	33.6	376	-10	4.75	27.3
35	386	33.2	379	- 7	4.75	27.0
36	402	30.6	397	- 5	4.80	25.0
37	402	31.0	394	- 8	4.80	25.0
38	356	36.2	358	+ 2	4.70	27.0
39	355	35.6	362	+ 7	4.70	27.0
40	366	35.3	365	- 1	4.70	27.0
41	364	35.5	363	- 1	4.70	27.0
42	365	35.0	367	+ 2	4.70	27.0

る間にバイパスをつけて測定

測定結果: このテストは1カ月間におよぶ長期間にわたって行なわれた。テストの初期の頃は網目以外の部分より原料液が浸入したりして同一濾水度でも濾水度計指示値が大きい方にずれて行く側向があったがシールを完全にすることにより、(8-図)(3-表)の結果が得られた。

* 注1) (8-図)のグラフでは濾水度計指示値と実測濾水度の関係は普通目盛で表わした。一般に現場では同一製品製造中の濾水度の変動範囲はそれほど大きくないので近似的には普通目盛グラフで表示してもよい。これを数量的に示せば次のごとくなる。両対数グラフで直線関係にある時は次式が成立する。

$$\log y = a \log x + b \quad (a: b \text{ 常数})$$

$$\text{すなわち } y = e^{a \log x + b} = Bx^a$$

ここで $x = p + X$ とおき X の変動範囲が小さいとすれば次式が成立する。

$$y = Bx^a = B(p+X)^a = Bp^a \left(1 + \frac{X}{p}\right)^a$$

$$= Bp^a \left\{ 1 + a \frac{X}{p} + \frac{a(a-1)}{2} \left(\frac{X}{p}\right)^2 + \dots \right\} \approx Bp^a \left(1 + a \frac{X}{p}\right)$$

故この時 y と X とは近似的に直線関係が成立する。

測定結果の検討: (8-図)において各測定点より求めた濾水度計指示値(y)と実測濾水度(x)との関係を示す最も確からしい直線は $y = -0.146x + 88.5$ と得られているが、この直線によって濾水度計より求めた濾水度と実測濾水度との差は、多くても $\pm 10\text{cc}$ 前後であり、これは濾水度計として良好な結果を示しているといえよう。なおこの際濃度変動は基準濃度(4.8%)に対して $\pm 5\%$ (4.55%~5.05%) 程度生じていた。

5. 濾水度計使用の際に考慮すべき因子 (温度、濃度、クレイ含量及び流速)

濾水度の指示値——測定原料液中において一定量の水が網面より流入するに要する時間——が温度、濃度、

Fig. 7 Relation between the reading of the tester and the freeness (C.S.F.)
Stock: L-BKP (consistency 2.7%)
Tester: The side wire cloth type

Fig. 8 Typical results of the freeness-tester used in a paper-mill. Relation between the reading of the tester and the freeness (C.S.F.)
(The line is the most probable line which shows the relation between the reading of the tester and the freeness)
Stock: L-BKP (consistency 4.8%)
Tester: The side wire cloth type

クレール含量および原料の流れの測定時流速により、いかに変化するかを知ることは本濾水度計を用いる場合に大切なことである。いま一例として、L-BKP 原料（濃度 3.0% 前後）について側網型濾水度計指示値と原料の温度、濃度、クレール含量および流速との関係が得られているので以下にこれを示す。

i) 濾水度計指示値に及ぼす温度の影響

L-BKP 原料（濃度 3.0%，濾水度 C.S.F.=200cc）について温度による濾水度計指示値の変化は（9—図）の結果が得られている。

この結果によれば 30°C を中心として $\pm 2^\circ\text{C}$ 変化すると指示値は約 15 秒を中心として ± 1 秒程度の変化を示している。なお一般に現場における原料の温度

Fig. 9 Influence of temperature of stock to the reading of the tester.
Stock: L-BKP (consistency 3.0% freeness C.S.F.=200cc)

Fig. 10 Influence of consistency of stock to the reading of the tester.
Stock: L-BKP (freeness C.S.F.=210cc temperature 12°C)

変化は季節的変動でなければ比較的少ないと思われる。

ii) 濾水度計指示値に及ぼす濃度の影響

現場ではある程度の濃度変動は避けられず、両者の関係は大切な因子の一つである。一例として濃度範囲 2.5%~4.5% の L-BKP 原料 (濾水度 C.S.F.=210cc) については (10—図) の結果が得られた。

この結果によれば濃度 3.0% の場合には、基準濃度の $\pm 5\%$ の変動 (濃度範囲 2.85%~3.15%) であれば濾水度計指示値の変動は平均指示値 20 秒に対して ± 1 秒の間に入ることがわかる。

なお前述したごとく側網型の現場テストでは基準濃度 (4.8%) の $\pm 5\%$ 程度の濃度変動があったが、濾水度計より求めた濾水度と実測濾水度との差は ± 10 cc 前後であることが示されている。

iii) 濾水度計指示値に及ぼすクレー含量の影響

Fig. 11 Influence of clay-content of stock to the reading of the tester.

A: Stock L-BKP (consistency 4.5%, C.S.F.=170cc)
 B: Stock L-BKP (consistency 3.0%, C.S.F.=170cc)
 C: Stock L-BKP (consistency 2.7%, C.S.F.=170cc)

Fig. 12 Influence of volumetric flow rate of stock to the reading of the tester.

Stock: L-BKP (consistency 3.0%,
 freeness C.S.F.=200cc)

測定原料として L-材 BKP 原料 (濾水度 C.S.F.=170 cc) を用いた時の指示値とクレー含量との関係は (11—図) の結果が得られている。原料濃度 2.6%, 3.1% および 4.4% の 3 種について両者の関係が示されているが、原料濃度 2.7% の時はクレー含量の増加とともに指示値はやや増大の傾向が認められるが 3.0%, 4.5% の場合はほとんど変化が認められない。これらの結果より、クレー含量の影響は他の因子にくらべると極めて小さいといえるであろう。

iv) 濾水度計指示値に及ぼす流速の影響

これは実験室的に測定槽中でテストする時には問題にならないが現場の作業の流れの中で使用する場合には一つの大切な要素となるものである。

L-材 BKP 原料 (濃度 3.0%, 濾水度 C.S.F.=200cc) について流速と濾水度計指示値の関係は (12—図) のとき結果が得られている。

この結果によれば流速 20 l/分~100 l/分の範囲では流速が変動しても指示値はほとんど影響を受けないことが示されている。従って本濾水度計を使用する時にはこの範囲内の流速に調整することが好ましいことになる。

6. 総 括

我々は前報文献³⁾において網面を有する円筒を原料液中に浸漬にし、網面より一定量の水が流入するに要する時間を測定することにより、原料液の濾水度を知ることができることを示した。今回はこの原理を用いて円筒駆動装置および水の流入時間の自動記録装置を有する濾水度計を作り、各種条件下で連続測定テストを行なったが、次の結果が明らかになった。

i) 原料濃度が低い時は底網型濾水度計が用いられる

L-材 BKP 原料 (濃度 0.5%) の一定時間テストでは、濾水度範囲 C.S.F.=225cc~450cc において、底網型濾水度計指示値と実測濾水度との間に、両対数グラフで直線関係が得られ、かつ同一濾水度における指示値のフレは平均指示値の 3% 以内であった。

ii) 原料濃度が高い場合

原料液中にフロックができ易くなり不均一化の傾向があるので、平均化のために測定面積の大きい側網型濾水度計が用いられる。濃度 2.7% の N 材、L 材混合 BKP 原料についてテストした結果、側網型濾水度計の指示値のフレは少なく、指示値と実測濾水度との間には濃度の低い時と同様に両対数グラフで直線関係が得られた。(濾水度範囲 C.S.F.=180cc

～425cc)

iii) 側網型濾水度計を用いて濃度4.8%のL材 BKP 原料

(濾水度範囲 C.S.F.=180cc～425cc)について現場テストが行なわれたが、本濾水度計より求めた濾水度と実測濾水度との差は±10cc程度であった。なおこの時の濃度変動は基準濃度(4.8%)の±5%程度であった。

iv) 濾水度計指示値に影響を与える因子 として測定原料の温度、濃度、クレー含量、流速などがあるが、これらの関係が検討された。その結果 L-材 BKP 原料を用いて次のことが明らかになった。

温度の影響: 測定原料として濃度 3.0%, 濾水度 C.S.F.=200cc の L-材 BKP が用いられたが、30°C を中心として±2°C 変化すると指示値の変動は平均指示値 15 秒に対して±1 秒程度であった。

濃度の影響: 濾水度 C.S.F.=210cc の L-材 BKP が用いられたが、基準濃度(3.0%～4.0%)の5%程度の変動であれば、指示値の変動は平均指示値20秒～30 秒に対して1 秒～1.5 秒程度であった。

クレー含量の影響: 濾水度 C.S.F.=170cc の L-材 BKP 原料が用いられた。原料濃度 2.7% の時はクレー含量の増加とともに濾水度指示値もやや増大の傾向がみられたが、原料濃度が更に高くなると、指示値の変化はほとんど認められなかった。

流速の影響: 濃度 3.0%, 濾水度 C.S.F.=200cc の L-材 BKP 原料が用いられたが、流速 20l/分～100l/分の間では、流速が変化しても指示値の変動はほとんど認められなかった。

以上、主に BKP 原料について試験が行なわれたが、GP, CGP についてはすでに前報で報告されており、

その他の原料についても必要に応じて若干の改良を行なえば濾水度の連続測定は色々な原料について可能になって行くと思われる。

文 献

- 1) F. P. Lodzinski: Tappi 38 (1955) (July) p. 151A
- 2) D. J. Williams: Tappi 43 (1960) (July) p. 613～620
- 3) N. H. Mayo: Tappi 46 (1963) (Dec.) p. 186A～188A
- 4) Paper Trade Journal 144 (1960) No. 9 p. 43 (New Equipment and Supplies)
- 5) G. L. Harman: Paper Trade Journal 145(1961) No. 34 p. 24
- 6) C. B. Richardson and H. S. Gilbert: Paper Trade Journal 147 (1963) No. 10 p. 38～43
- 7) " P.P.M.C. 63 (1962) (Aug.) p. T405～417
- 8) R. Quette and R. E. Smith: P. P. M. C. 63 (1962) O. 47
- 9) Von Walter Brecht: Das Papier Jahrg. 17 (1963) Okt. p. 591
- 10) Von Franz Hassmann: Wochenblatt für Papierfabrikation (1964) Jan. p. 1
- 11) J. N. Stephenson: Pulp and Paper Manufacture 1 p. 941
- 12) J. N. Stephenson: Pulp and Paper Manufacture 2 p. 242
- 13) 金子一雄, 高梨宣行, 門屋 卓: 紙パ技協誌 16 (1962) No. 137 p. 605

資 料 紹 介

紙および板紙用顔料配合塗料の塗工方法

内 容

第1章 塗工方法

- 1 コンソリデーター方式
- 2 コンパインド・ロックス湿部塗工方式
- 3 キンパリー・クラーク・ミード方式
- 4 セイント・レジズ・コーター
- 5 シャンプフレックス・コーター
- 6 グラビヤア・コーター
- 7 チャンピオン式 MC 法
- 8 エアー・ドクター・コーター
- その他 5 項目

第2章 乾 燥

- 1 エアー・ドライヤー
- 2 コンベアドライヤー
- 3 アーチ・ドライヤー
- 4 ハイ・ペロシティー・ドライヤー
- その他 3 項目

第3章 塗料調製

- 1 塗料用顔料の分散: 概念と理論
 - 2 水中におけるコーティング顔料の分散に関する混合力の効果
 - その他 7 項目
- 体 裁 B 5 版オフセット印刷 (図表 60)
- 上製本 約 180 ページ
- 価 格 1 冊 600 円 (送料を含む)

購読希望者は東京都新宿区角管 3 丁目 244 番地
本州製紙株式会社技術部文献室へ直接問合せられたい。