

パルプ及び製紙に関する研究 (第16報)

紙の Air Resistance に就ての基礎的実験 (2)

製紙研究室 木村良次・寺谷文之

(昭和31年11月30日受理)

Yoshitsugu KIMURA and Fumiyuki TERATANI : Studies on Pulp and Papermaking (XVI) Fundamental Experiments on the Air Resistance of Paper (2)

緒 言

前報¹⁾に於て、各種パルプの叩解試験に対する紙葉の Air Resistance の変化、及びパルプの NaOH 浸漬処理が紙葉の Air Resistance に及ぼす影響に就て考察した。その結果の概要を述べると、(1)パルプの叩解度の上昇に対し、Air Resistance の対数は直線的に増加する。(2) Linter パルプは未晒 KP, 晒 SP, RP の何れよりも遙かに低い Air Resistance を示す。(3) パルプを 10%以上の濃厚アルカリ溶液に浸漬処理する事によつて、紙葉の Air Resistance は著しく減少する。

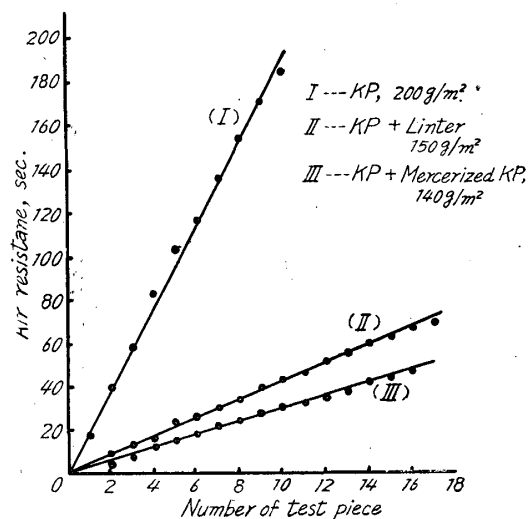
これらの事実より多孔性の加工用原紙を抄造せんとする場合、理論的には Linter パルプを NaOH 処理して低叩解度で抄紙するのが最良の方法と考えられる。然しながら、かかる方法は実際の製紙工場では非常に困難な問題を含んでおり、且つ原料費が高価になる点よりも最適の方法とは云い難い。その理由の一つとして、精製漂白した Linter パルプは殆ど純粹のセルロースのみから成り、繊維が細かく膨潤性、可塑性に乏しい。従つて得られた原紙の強度が非常に小さい事が挙げられる。余りにシートの強度が低い場合は、抄紙中に紙裂れを起し易く、亦原紙の加工時に障害が起るからである。

以上の如き難点を解決するには当然、強度が高くて而も安価なる原料パルプの使用、又は Linter との混合使用と云う事が考えられる。本報はかかる観点より、原料パルプの種類と配合割合を変化せしめて、原紙の Air Resistance と強度に対する影響を検討する事を主眼目として実験を行つた。本実験に当り御指導賜りました館所長に深く感謝致します。

実験方法

実験材料は前報と同じく市販の未晒 KP, 晒 SP, RP, Linter パルプの4種を使用した。パルプの叩解は実験用小型ビーターを用い、パルプ濃度 2%にて同一条件にて叩解した。叩解紙料は Schopper-Riegler Fre-

Fig. 1 Relation of number of test pieces to the Gurley's air resistance



ness 測定後、標準法²⁾に従つて抄紙、風乾した。次いで標準条件下に於て紙葉の機械的性質を測定した。Gurley's Densometer による Air resistance は空気 300 c.c. の透過時間を以て表し、その測定に当つては測定秒数が20秒以上となる如くに試験枚数を調節した。尙試験枚数と Air resistance との間には Fig. 1 の如く正確な比例関係が存在するから、測定秒

Table 1. 種々の濃度の NaOH 溶液に浸漬した4種のパルプの機械的性質とヘミセルロース含量
Mechanical properties and hemicellulose contents of four kinds of pulps immersed in NaOH solutions of various concentrations.

実験 番号	アルカリ 濃度 NaOH concent- ration, %	沝水度 S-R free- ness, c.c.	坪量 Basis weight, g/m ²	厚 Thick- ness, 1/100 mm	サ Solid frac- tion	緊度 Air re- sistance sec./300 c.c.	比破裂度 Burst factor ^a	裂断長 Break- ing length ^b km	比引裂度 Tear factor ^c	ヘミセルロ- ース含量 Hemi- cellulose content, ^d %
KP0	0	570	65.9	9.2	0.717	126	7.72	6.92	179	11.6
// 1	2.5	585	63.7	10.0	0.637	115	7.98	7.32	184	9.4
// 2	5.0	590	61.2	9.6	0.638	110	7.92	7.10	190	7.4
// 3	7.5	565	64.2	11.4	0.563	31	6.03	5.43	236	6.2
// 4	10.0	560	60.2	11.5	0.523	19	5.07	4.78	222	6.7
// 5	12.5	580	59.8	12.0	0.501	9.1	4.11	4.19	208	6.5
// 6	15.0	555	59.7	11.8	0.506	14	4.27	4.31	175	6.6
// 7	17.5	580	61.3	11.9	0.515	13	4.03	4.33	171	7.0
SP0	0	570	62.9	8.4	0.750	385	5.10	5.82	108	9.2
// 1	2.5	580	63.1	8.7	0.725	320	4.84	5.76	109	6.3
// 2	5.0	595	63.2	8.8	0.718	263	4.19	5.32	109	5.0
// 3	7.5	580	61.2	9.6	0.637	36	2.34	3.21	100	3.1
// 4	10.0	595	60.7	11.2	0.542	5.5	1.23	1.94	69	2.6
// 5	12.5	580	60.3	11.3	0.533	6.4	1.25	2.03	70	1.8
// 6	15.0	580	61.3	11.6	0.528	6.9	1.23	1.96	70	3.0
// 7	17.5	595	60.8	11.3	0.538	6.7	1.20	1.97	70	3.5
RP0	0	685	65.1	11.1	0.587	29	1.88	2.25	78	7.8
// 1	2.5	670	67.8	9.5	0.714	40	1.80	2.52	68	7.0
// 2	5.0	680	68.0	9.5	0.717	32	1.81	2.38	66	5.3
// 3	7.5	690	65.2	10.2	0.639	11	1.43	1.84	63	3.7
// 4	10.0	705	58.6	12.1	0.484	1.3	0.62	0.87	37	2.2
// 5	12.5	690	59.8	12.3	0.487	1.3	0.28	0.84	30	2.0
// 6	15.0	680	60.5	12.4	0.488	1.5	0.46	0.82	30	2.0
// 7	17.5	680	62.3	12.6	0.495	1.4	0.45	0.77	27	2.0
Linters 0	0	640	63.7	13.6	0.469	2.4	0.82	1.20	45	4.4
// 1	2.5	645	64.2	12.7	0.506	4.7	0.87	1.40	54	1.9
// 2	5.0	635	64.9	12.6	0.512	4.3	0.88	1.31	60	1.4
// 3	7.5	640	64.5	12.2	0.532	4.2	0.88	1.37	52	1.1
// 4	10.0	700	62.5	13.3	0.471	0.9	0.51	0.91	37	1.7
// 5	12.5	715	60.0	14.8	0.405	0.4	0.35	0.57	28	1.7
// 6	15.0	706	63.6	16.0	0.397	0.5	0.46	0.60	30	1.7
// 7	17.5	715	63.2	16.2	0.391	0.5	0.52	0.65	31	2.1

a 比破裂度 Burst factor = $\frac{\text{破裂強度 Bursting strength, kg/cm}^2}{\text{坪量 Basis weight, g/m}^2} \times 100$

b 裂断長 Breaking length = $\frac{\text{引張強度 Tensile strength, kg}}{\text{坪量 Basis weight, g/m}^2} \times \frac{1000}{15}$

c 比引裂度 Tear factor = $\frac{\text{引裂強度 Tearing strength, g}}{\text{坪量 Basis weight, g/m}^2} \times 100$

d ヘミセルロース含量 = ペントーザン含量 + β-セルロース含量

Hemicellulose contents were expressed as the total of pentosan and β-cellulose in pulps.

数を試験枚数で除した値を以て、その紙葉の **Air resistance** として表記した。

NaOH 浸漬処理パルプは前報の実験の際に作成した試料を使用した。又パルプの篩別は簡単な手抄容器に所定の80メツシュ金網を張つたものを用い、一定の水流、攪拌の下に行つた。

実験結果と考察

種々の濃度の NaOH 溶液に浸漬処理した後、十分に水洗したパルプを S-R freeness 600 c.c. (KP, SP) 又は 700 c.c. (RP, Linter) まで叩解して試験紙葉を抄造し、その機械的性質を測定した所、Table 1. の如き結果が得られた。NaOH 濃度と比破裂度、裂断長、比引裂度との関係をFig. 2. によつて検討すると、何れの強度に於てもパルプの種類に関係なく、5% NaOH までは余り変化がなく、5%附近より急激に減少し、10~12.5% NaOH に

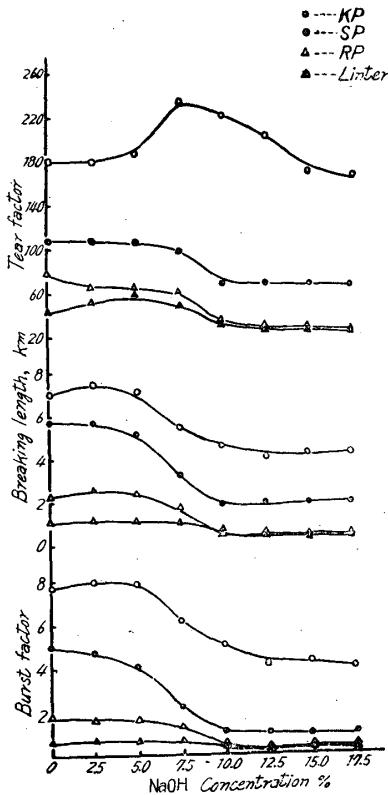


Fig. 2 Effect of NaOH concentration of treating liquor on the sheet strength

於て最低に達し、以後は全く変化しない。但し未晒 KP の比引裂度のみは少し異つた傾向をとり、7.5% NaOH に於て最大値を示し以後は漸減している。即ちこの点に最大強度を与えるヘミセルロースの適量が存在する訳で、従来の稀アルカリに易溶性のヘミセルロースを除去した方が紙力特に引裂強度に対して有益であると云う見解(例えば March³⁾, 今村⁴⁾)に合致する。尚 KP の比引裂度が最大値に達した後、ヘミセルロース含量及び緊度に変化がないにも拘らず減少する理由は、リグニンが存在するため繊維の膨潤が部分的に抑制せられ、フィブリルの配列が乱される事により単繊維の強度が低下して行く事に基くものと推察される。

其の他の機械的性質に就ては、前報に記した如く、NaOH 濃度に対する **Air resistance** と緊度の曲線は全く同一の傾向を示し、同一パルプに於ては緊度と **Air resistance** の対数とは直線的比例関係にある事が確認された。この緊度曲線と前述の各種強度曲線とを比較すると、10% NaOH 以上に於て何れのパルプもその性質に変化を示さないと云う点では一致するが、弱アルカリ部分では少し違つた経過をたどる。かかる現象はパルプを NaOH 処理する事によつて先ず紙の緊度に変化をもたらし、これが直接的に **Air resistance** に、亦間接的に強度に影響を与えたものと解釈する事が出来る。そして更に緊度の変化の要因となるものは、パルプのヘミセルロース含有量の消長と、繊維の膨潤による形態的变化、及びセルロースの結晶構造の変動等が考えられる。即ち同一パルプに於ては Doughty⁵⁾, Clark⁶⁾, 上野⁷⁾ の報告せる如く、緊度と強度或いは **Air resistance** との間には密接な相関関係が存在する事は認められるが、異種のパルプを比較検討する場合は、緊度が他の性質の絶対的な指標となり得ない事は明瞭であり、Casey⁸⁾ もその様に述べている。

以上の如くパルプのアルカリ処理は紙葉の **Air Resistance** のみならず、又その強度をも

著しく低下せしめる。従つて緒言に於て述べたる如く、多孔性にして且つ或る程度の強度をもつ原紙を抄造せんとする場合、紙料として低叩解斐の Linter パルプのみにては困難が伴うため、安価な KP をマーセル化して適当な比率で Linter に混入する事を計画した。この様に原料パルプの配合率を変化せしめ、原紙の機械的性質に及ぼす変化に就て実験した所、Table 2 (a) の如き結果を得た。同表によれば Linter に対するマーセル化 KP の混合割合が増すにつれて、緊度、Air Resistance、強度の何れも上昇している。然し Air Resistance の上昇率に比して強度の増加率の方が少し大きく、所期の目的に対しては有効であつたと認められる。特にマーセル化 KP 100% の原紙は最も良好な性質を示しているが、原料パルプを凡てマーセル化する為には相当の設備と NaOH が必要で、原紙のコストが高価なものとなる。

かかる難点を解決する手段の一つとして、KP を全然マーセル化せずに Linter に配合して実験し、Table 2 (b) の如き結果を得た。即ち KP の混合率が大となれば、緊度 Air Resistance、強度が増加するのは当然であるが、第2表の値と比較すれば、強度は一般的に高くもはや充分の強さの原紙となつて居る。然し一方、Air Resistance も著しく上昇し、結局多孔性の犠牲に於て強度を高めた結果に終つた。この障害を解決するため、パルプ中の微細繊維部分を除去する事によつて Air resistance を減少せしめる手段を用いて、更に実験を重ねた。以前に Donghty⁹⁾ は Spruce SP を長繊維部と短繊維部とに分けて、その Air resistance を測定した所前者の方が低い事を認めている。そこで前述の KP 配合紙料を充分離解した後、水中に於て 80 mesh 金網にて篩別処理を行い、金網上に留つた部分を集めて原紙を

Table 2. パルプの混合及び微細繊維の除去がシートの機械的性質に及ぼす影響

Effect of the blend of pulps and the removal of fine fraction on the mechanical properties of sheets.

混合パルプ		水度坪量	厚	サ緊度	Air resis-	比破裂度	裂断長	
Mixed pulp	Linter, %	S-R freeness, c.c.	Basis weight, g/m ²	Thickness 1/100mm	Solid fraction	tance, sec./300 c.c.	Burst factor	Breaking length, km
(a) Linter—mercerized kraft combination								
100	0	850	152	45.0	0.338	0.95	0.60	0.42
70	30	850	146	39.6	0.369	1.34	0.77	0.65
50	50	850	143	37.9	0.378	1.36	1.11	1.00
30	70	850	143	38.0	0.377	1.47	1.19	1.08
0	100	860	142	37.2	0.381	1.23	1.72	1.60
(b) Linter—kraft combination								
70	30	850	162	44.7	0.362	2.39	1.18	1.03
60	40	850	151	39.3	0.384	3.30	1.47	1.33
50	50	845	156	34.0	0.485	7.27	2.00	1.88
40	60	840	152	34.3	0.443	7.62	2.26	2.10
30	70	840	147	34.0	0.462	9.59	2.75	2.70
0	100	845	155	31.8	0.497	12.60	4.04	2.76
(c) Linter—kraft, retained on 80 mesh wire								
70	30	900	167	48.9	0.341	1.31	0.88	0.84
60	40	900	147	42.5	0.347	1.34	1.03	1.00
50	50	885	147	38.4	0.382	1.95	1.43	1.43
40	60	870	146	37.4	0.390	2.70	1.76	1.70
30	70	860	148	36.5	0.406	3.93	2.16	2.11

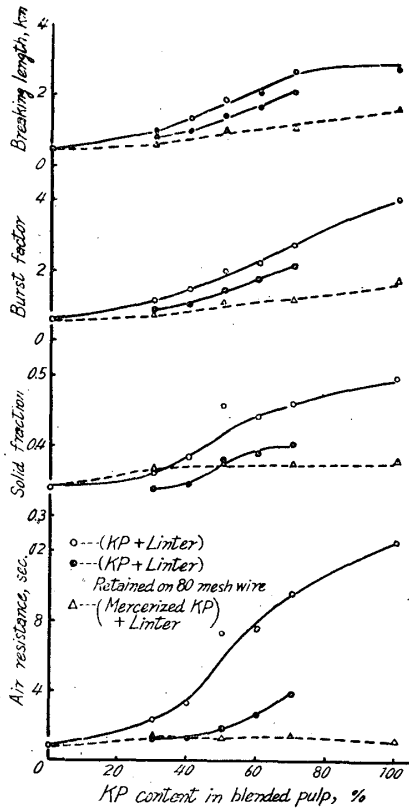


Fig. 3 Relation of blending rate of KP to the mechanical properties of sheets .

抄造し、その性質を試験した。その結果 Table 2 (c) の如く、強度は少し低下したが、Air resistance を相当減少せしめる事が出来た。

亦この Table 2(a), (b), (c) の諸結果を纏めて、3種のパルプ混合率に対する緊度、Air resistance、強度の変化を図示すると Fig. 3 の如くなる。今仮りに Air Resistance 2 秒以下を多孔性原紙の規準とすれば、同図に於てこれに合格する原紙は Linter-マーセル化 KP 配合系のもの全部と、Linter に KP 配合50%までの紙料を篩別して抄造した原紙3種とである。これらの原紙の強度を比較すると何れも後者の方が高い。又緊度に就ては反対に後者の方が小さい。緊度は比容積の逆数なる故、緊度が小なる事は同一厚さで同一面積の原紙を抄造した場合、原料パルプが少量で済む事を意味している。唯問題になるのはマーセル化におけるヘミセルロースの溶出量と、篩別処理による小繊維部分の損失量との関係であるが、Table 3 の結果より明らかなる如く、前者の溶出量が8~10%なるに反し、後者の損失量は11~13%である。従つて両者の間には約3~5%の差が存在するが、混合率30~40%附近では、篩別処理した原紙の緊度がマーセル化 KP 配合紙料よりも5~7%低い事実と相殺し合つて、同一量の原料より生産

される同一厚みの原紙の総面積は等しくなる訳である。

Table 3. KP のアルカリ処理による溶解損失と混合パルプの篩別損失との比較

Comparison of the dissolving loss of kraft pulp by the alkali-treatment with the screening loss of the mixed pulp.

アルカリ濃度 NaOH concentration ^a %	溶出物 Dissolved matter,%	混合パルプ Mixed pulp Linter, % Kraft, %		80メッシュ通過部分 Fraction passed through 80 mesh, %
2.5	2.2	70	30	10.6
5.0	4.8	60	40	11.5
7.5	7.3	50	50	13.1
10.0	9.6	40	60	11.8
12.5	8.9	30	70	8.9
15.0	8.8			
17.5	8.2			

a Immersion time was 30 minutes at 25°C.

以上の結果を総合すれば、Linter に KP を 30~40%混入して十分に離解したる後、80メッシュの金網にて篩別処理をした紙料を用いるならば、多孔性にして且つ比較的強度の大なる

原紙を形成せしめる事が可能である。亦生産コストの面よりも、NaOH 処理を行う必要がなく、同一配合率に於ては KP 混合篩別紙料は、マーセル化 KP 混合紙料よりも安価であり、亦マーセル化 KP 100%紙料に比較しても多分有利であろうと思われる。

要 約

末晒 KP, 晒 SP, RP, Linter の4種のパルプを濃度の異なるアルカリ溶液に浸漬し、10°Cにて40分間処理した後、充分水洗、風乾した。これらの試料より作成した試験紙葉の強度を測定した結果、NaOH 濃度5%附近より急激に減少し始め、10% NaOHにて最低に達し、それ以上の高濃度でも強度は全く変化しない事が認められた。又前報に記した NaOH 処理と紙の緊度及び Air resistance に対する関係とも関連して、パルプのアルカリ処理はヘミセルロースの溶出、繊維の膨潤及びセルロースの結晶構造の変動の三要因によつて紙葉の緊度を変化せしめ、この変化が直接 Air resistance の値に現れ、間接的に強度に影響を及ぼしたものと推察される。

Linter と KP 又はマーセル化 KP を種々の割合で混合して紙の機械的性質に与える影響を検討した結果、Linter-KP 混合系は何れの性質に於ても高い値を示した。同じ紙料を 80 mesh の金網で篩別したものの中、KP 配合率50%までのものは、Linter-マーセル化 KP 混合系よりも緊度及び Air resistance に於て同等又はそれ以下であり、且つ強度に於ては少し高い値をもつ事が認められた。又篩別処理に於けるパルプの損失は、濃アルカリによる KP の溶出量に比較して3~5%多いが、一方篩別処理した原紙はその緊度がマーセル化 KP 混合原紙よりも5~7%低い利点を持っている。以上の結果より Linter に30~40%の KP を混合せる紙料より微細繊維を除去する事は、多孔性の原紙を製造する場合、技術的に亦原価的にも有意義であろうと考えられる。

Résumé

Four kinds of pulps, i. e. unbleached kraft pulp, bleached sulphite pulp, rayon pulp and refined linter pulp, were immersed in NaOH solutions of various concentrations at 10°C. for 40 minutes, and washed thoroughly. The test sheets were prepared from these alkali-treated pulps which were beaten in a small laboratory beater according to the ordinary method. Table 1 shows the mechanical properties of these sheets and the hemicellulose contents in pulps. Since the time for the flow of a standard volume of air in the Gurley's Deusometer was proportional to the number of test pieces as shown in Figure 1, the value of single sheet was calculated from the following equation :

$$\frac{\text{Measurement time for the passage of 300 c.c. air}}{\text{Number of test pieces}} = \text{Air resistance of single sheet}$$

The sheet strength of all pulp decreased remarkably by the treatment in 5~10% NaOH solution but did not change at higher concentration (Figure 2). From this fact and the result in our previous report, it was recognized that the

alkali-treatment of pulp changed the solid fraction of sheet owing to the three factors, i. e. the dissolution of hemicellulose, the swelling of fiber and the alternation of crystalline structure in cellulose. This change in solid fraction which affected directly on the air resistance became also the main cause of the influence on the sheet strength.

We investigated furthermore the mechanical properties of the mixed pulps prepared from linter and untreated or mercerized kraft pulp (Table 2). The results shown in Figure 3 indicated that the linter—kraft combinations had relatively high value in all mechanical properties, but, when the fine fractions passable 80-mesh wire were removed from these mixed pulps in which the kraft contents were below 50%, those pulps were equal or slightly lower in air resistance and solid fraction, and were slightly higher in strength than those of the linter—mercerized kraft combinations. The screening loss of the mixed pulp was 3~5% more than the dissolving loss of kraft pulp immersed in the concentrated NaOH solution (Table 3). However, the sheet from the retained pulp on the screen had the advantage of 5~7% less solid fraction than that of the linter—mercerized kraft combination.

The results above reported led to a conclusion that the removal of fine fraction from the pulp in which 30~40% kraft mixed with linter is probably one of the effective procedures on both quality and cost for the manufacture of porous sheet.

文 献

- 1) 木村良次・寺谷文之：木材研究 **16**, 70 (June 1956).
- 2) JIS P 8102, P 8111~8113, P 8116~8118 (1953).
- 3) R. E. March : Paper Trade J., **127**, No. 17, (1948).
- 4) 今村力造：繊維学会誌, **8**, No. 9, No. 11 (1952).
- 5) R. H. Doughty : Paper Trade J., **93**, No. 15 (1931).
- 6) J. d'A. Clark : Pulp & Paper Mag. Can., **44**, No. 1 (1943).
- 7) 上野桂助：紙の強度 p. 20 (1955).
- 8) J. P. Casey : Pulp & Paper p. 813 (1952).
- 9) R. H. Doughty : Paper Trade J., **95**, No. 10 (1932).