

# パルプ及び製紙に関する研究

## 第20報 紙の透気度に関する基礎的実験 (4)

製紙研究室 木村良次・寺谷文之

(昭和33年12月1日受理)

Fumiyuki TERATANI and Yoshitsugu KIMURA : Studies on Pulp and Paper-making. (XX) Fundamental Experiments on the Air Resistance of Paper (4).

### 緒 言

紙の透気度 (Air resistance), 特に多孔性の領域に関して基礎的な実験を行い, 既に本研究の第15<sup>1)</sup>, 16<sup>2)</sup>, 18報<sup>3)</sup> において次の如き結果を得ている。(1)パルプの叩解度の上昇に対し, 紙の透気度の対数は直線的に増加する。(2) Linter は未晒 KP, 晒 SP, DP の何れから造つた紙よりも 1/5以下の低い透気度を示す。(3)各種のパルプを10%以上の濃厚アルカリに浸漬する事によつて, 紙の透気度は著しく減少する。然し同時にヘミセルロースの溶出により, 紙の強度的性質を低下する。(4)未晒 KP に linter を50%以上混合したパルプより80メツシュのスクリーンにて微細繊維を除去する事は, 紙の透気度の低下に有効である。且つその値はマーセル化 KP に Linter を混合して造つた紙の透気度と略々等しい。(5)未晒 KP のマーセル化における溶出損失量は8~10%であり, 未晒 KP と linter 混合紙料中の80メツシュ通過繊維量は10~13%である。(6)マーセル化 KP の稀塩酸による加水分解は紙の密度を上昇せしめ, 従つて紙の透気度も増大せしめる。然し linter は加水分解を進めても, その bulky な性質を失はない。(7) 0.1N-HCl にて50~60分間, 或いは 0.4N-HCl にて10分間パルプを煮沸する如き, 軽度の加水分解により, 紙の厚さ偏差率は4%以下となり, 紙の地合が著しく改善される事を認めた。又その場合の比透気度は 1 sec./mm. を超えず, 高度多孔性の紙なる事を示した。

本報文は針葉樹と元来それよりも繊維長の短い広葉樹の両者を原料として, クラフト法蒸解によつてパルプを作成し, 15%以下の濃度のアルカリ溶液に浸漬する事によつて起るパルプの性質の変化, 得られた紙の性質について実験を行つたものである。

本実験に当り御指導賜りました館教授に深く感謝致します。

### 実 験 方 法

アカマツ, ブナ, シラカバ, ドロの4種の材よりチップを作り, 硫化率25%の硫化ソーダ・苛性ソーダ蒸解液を用い, 容量 10l のオートクレーブにてチップの蒸解を行つた。その詳細な条件は Table 1 に示される。

蒸解して得たパルプを水洗後, 実験室用ビーターで約2分間解繊した後, 風乾した。次いでパルプ濃度約4%にて室温の5%, 10%及び15%の NaOH 溶液に45分間浸漬した。充分にアルカリを洗滌した後, Schopper-Riegler 沝水度, 絶乾2g相当のパルプを含む懸濁液のパルプ沈降容積, 絶乾3g相当のパルプを含む懸濁液の標準抄紙機における沝水時間等を測定し

Table 1. パルプ原木及びクラフト蒸解の条件  
Pulp Wood and Cooking Condition Used for Kraft Pulping.

a. パルプ原木 Pulp wood	
広葉樹 Hardwood	
ブ ナ	Buna Fagus crenata Blume
シラカバ	Shirakaba Betula Tauschii Koidz.
ド ロ	Doro Populus Maximowiczii Henry
針葉樹 Softwood	
アカマツ	Akamatsu Pinus densiflora Sieb. et Zucc.
b. 蒸解条件 Cooking condition	
薬品使用量 (絶乾チップに対し)	Chemical charged (for bone-dry chip), % 23.5
硫化率 Sulphidity, %	25.0
液比 Liquor ratio, ml./g.	5
滲透温度上昇時間 Time to 110°C., min.	45
滲透温度保持時間 Time at 110°C., min.	60
最高温度上昇時間 Time to 160°C., min.	45
最高温度保持時間 Time at 160°C., min.	180

た。亦繊維長組成を見るために篩別試験を行つた。次いで JIS 規格に従い手抄試験紙を作成し、乾燥後、紙の物理的及び機械的性質を測定した。

紙の比透気度 (Air resistance factor) は既報<sup>3)</sup> にて記したる如く、Gurley's densometer にて測定した結果を、単位厚さ (mm) の紙の透気度に換算したものである。又紙の地合の測定も以前と同様にして、紙の厚さ偏差率 (Deviation ratio for thickness) より求めた。即ち 100個の測定値より紙の厚さの標準偏差を算出し、平均値に対する%として表した。

パルプの化学成分の分析には、リグニンは72%硫酸法、ホロセルロースは亜塩素酸曹達法により定量した。又ホロセルロースを17.5% NaOH 溶液に常温浸漬し、その残渣を  $\alpha$ -セルロースとして定量し、抽出された量をヘミセルロースとして表した。

## 実 験 結 果 と 考 察

### 1 4種の材のパルプ化について

広葉樹及び針葉樹ともに同一の条件にて蒸解したのであるが、得られたパルプの収量及びその化学成分量を Table 2 に示す。パルプ収率は4樹種とも大体50%前後であるが、その中ではドロ KP が僅か高く52%の収率を得た。

パルプ中のリグニン含量は広葉樹 KP では2~3%であり、チップ中のリグニンに対する脱リグニン度は92~96%の高率を示した。然しアカマツの脱リグニン度は広葉樹に比し遙かに低く77%であり、又市販 KP のリグニン含量と比較して約3倍に当る12.9%のリグニンを含有

Table 2. パルプ収率及び化学分析の結果  
Pulp Yields and Chemical Analyses of Kraft Pulps.

樹種 Wood species	パルプ収率 Pulp yield %	木材中のリグニン Lignin in wood, %	パルプ中のリグニン Lignin in pulp, %	脱リグニン度 Delignification rate %	ホロセルロース Holo-cellulose, %	$\alpha$ -セルロース $\alpha$ -cellulose %	ヘミセルロース Hemi-cellulose, %
Buna	51.2	20.6	3.3	91.8	95.4	82.8	12.6
Shirakaba	49.5	20.0	2.5	93.8	95.7	76.0	19.7
Doro	52.0	19.3	1.6	95.7	97.0	84.5	12.5
Akamatsu	49.9	27.6	12.9	76.7	85.0	71.9	13.1
Commercial KP	—	—	3.9	—	95.0	82.7	12.3

している。これは明らかに蒸解が不十分であつた事を示している。従つてアカマツ KP はホロセルロース含量が他のパルプより10%少い結果となつた。

広葉樹の中ではドロ KP が最小のリグニン含量 1.6%を示し、又  $\alpha$ -セルロース含量が最高の84.5%であつた。シラカバ KP はヘミセルロースを多く含有し約20%を占め、従つて  $\alpha$ -セルロース含量は低くて76%であつた。シラカバ以外のパルプのヘミセルロース含量は一致し

Table 3. アルカリ処理によるパルプ減量及びセルロース含量の変化  
Effects of Alkaline Extraction on the Pulp Yield and the Cellulose Content of Kraft Pulps.

実験番号 Experiment No.	アルカリ濃度 NaOH Concentration, %	パルプ損失量 Loss of pulp %	パルプ収率 (対チップ) Yield based on chip, %	ホロセルロース Holo-cellulose, %	$\alpha$ -セルロース $\alpha$ -Cellulose, %	ヘミセルロース Hemi-cellulose, %
Buna 1	Untreated	0	51.2	95.4	82.8	12.6
// 2	5	16.1	42.9	98.9	93.7	5.2
// 3	10	17.7	42.1	97.3	94.3	3.0
// 4	15	15.9	43.0	97.8	93.8	4.0
Shirakaba 1	Untreated	0	49.5	95.7	76.0	19.7
// 2	5	21.8	38.7	98.2	89.5	8.7
// 3	10	25.2	37.0	98.5	93.1	5.4
// 4	15	25.6	36.8	99.3	94.5	4.8
Doro 1	Untreated	0	52.0	97.0	84.5	12.5
// 2	5	11.0	46.3	97.3	92.3	5.0
// 3	10	15.2	44.1	98.3	95.2	3.0
// 4	15	14.7	44.3	97.8	94.6	3.2
Akamatsu 1	Untreated	0	49.9	85.0	71.9	13.1
// 2	5	6.5	46.6	87.8	77.2	10.6
// 3	10	10.2	44.9	87.5	79.3	8.2
// 4	15	9.0	45.4	87.0	77.4	9.6
Commercial 1	Untreated	0	—	95.0	82.7	12.3
// 2	5	4.7	—	96.2	85.6	10.6
// 3	10	9.5	—	96.3	89.5	6.8
// 4	15	8.8	—	96.1	87.3	8.8

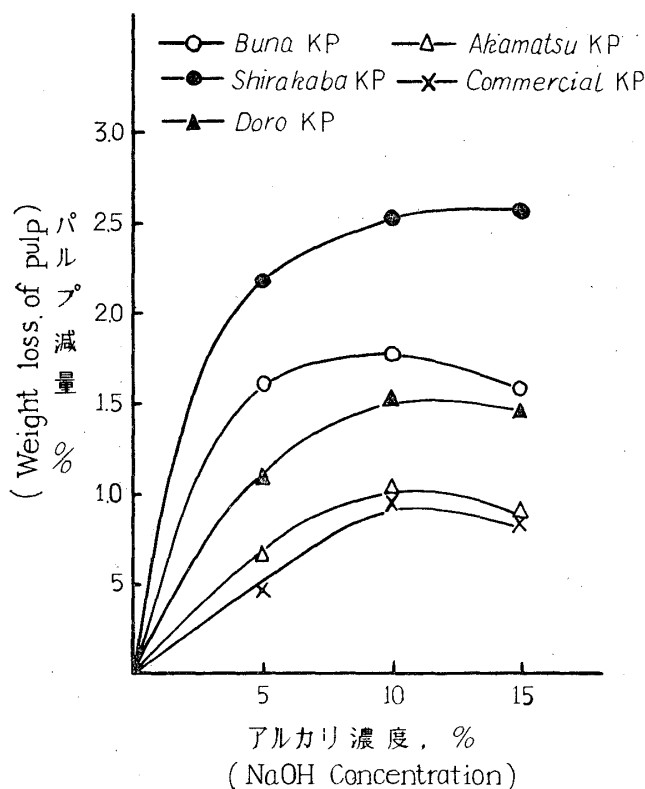


Fig. 1 アルカリ浸漬液の濃度とパルプ溶出量との関係  
Relation of caustic soda extraction to the dissolving loss of pulp.

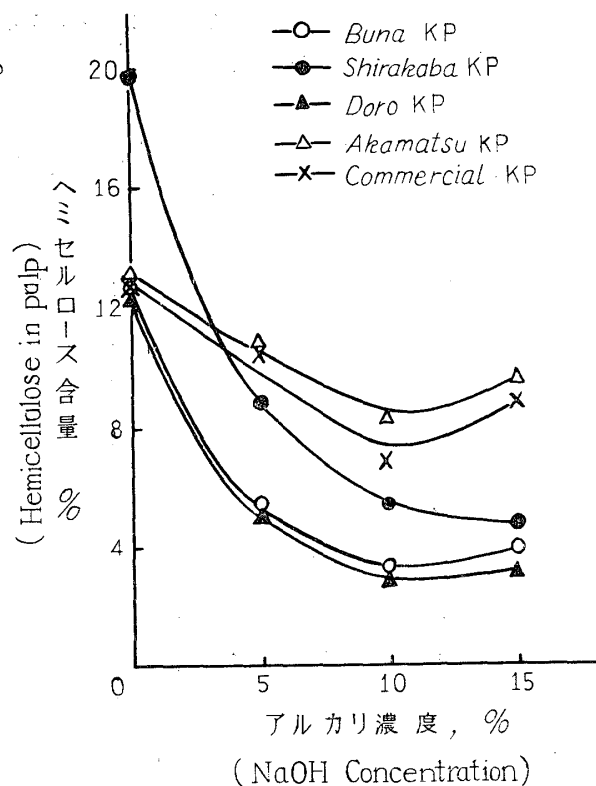


Fig. 2 アルカリ浸漬液の濃度とパルプのヘミセルロース含量との関係  
Relation of caustic soda extraction to the hemicellulose content of pulp.

て13%前後であつた。

## 2 アルカリ処理によるパルプの化学成分の変化について

未晒 KP のアルカリ処理によつて起る重量減少及び化学成分の変化は Table 3 に示される。パルプの溶出損失は Fig. 1 に見る如く、シラカバ>ブナ>ドロ>アカマツ>市販 KP の順に小さくなつて居る。特にシラカバは10% NaOH 溶液の浸漬によつて25%の重量減少を示した。これは主としてアルカリによるヘミセルロースの溶出に基因するものであり、その関係を Fig. 2 に示した。シラカバ KP はヘミセルロース含量が最も多いが、アルカリ処理により急激に減少し、従つて量的にもパルプ損失が最も大となる。ブナ KP 及びドロ KP は殆ど同量のヘミセルロースを含有し、10% NaOH 処理にてパルプ中に僅か3%のヘミセルロースを残すのみとなる。之に反してアカマツ KP 及び市販 KP は針葉樹パルプの特性であるアルカリ難溶性ヘミセルロースを多く含んでいる。両 KP はリグニン含量に著しい差異があるにも拘らず、10% NaOH 処理において未だ7~8%のヘミセルロースを含有している。

亦アルカリ処理を行つた後の全体としてのパルプ収量は Table 3 に示す如く、アカマツ>ドロ>ブナ>シラカバの順に小さくなつて居る。全収率37%前後のシラカバのアルカリ処理パルプは、他に優秀な性質をもたない限りその使用は不経済的なものとなるであろう。

### 3 アルカリ処理によるパルプの物理的性質の変化について

常温におけるアルカリ液浸漬がパルプの物理的性質、特に抄紙性に与える影響は Table 4 に示される。概略的に云つて、アルカリ処理パルプは未処理パルプに比較して沝水度を増し、沝水時間が速くなる傾向を有する。然し最も明瞭に樹種による差異及びアルカリ処理に対する反応性を表現しているのは、パルプの沈降容積である。Fig. 3 に示す如く、ブナ<ドロ<シラカバの順序でパルプの沈降容積は大となり、針葉樹 KP と判然たる挙動の差を示している。広葉樹パルプの沈降容積は浸漬するアルカリ液の濃度の低い場合は少し増加するが、10% NaOH 処理によつて急激に減少する。一方アカマツ及び市販 KP の沈降容積は緩やかに漸減している。

Table 4. アルカリ処理がパルプの抄紙性及び繊維篩別に及ぼす影響  
Effects of Alkaline Extraction on the Papermaking Properties and the Fiber Classification of Kraft Pulps.

実験番号 Experiment No.	沝水度 S-R Freeness ml.	沝水時間 Drainage time sec.	沈降容積 Sediment- al volume cm <sup>3</sup> .	篩別繊維量 Classified fiber fraction					
				Ret. 24 mesh %	42 mesh %	80 mesh %	150 mesh %	Pass.150 mesh %	
Buna	1	850	7.0	295	24	45	16	6	9
//	2	870	6.0	340	18	45	19	7	11
//	3	880	5.8	130	17	46	21	8	8
//	4	885	5.8	140	8	54	25	10	3
Shirakaba	1	835	7.6	855	53	35	6	2	4
//	2	840	7.0	920	24	64	7	2	3
//	3	850	6.2	410	16	60	15	4	5
//	4	860	6.0	340	20	59	12	4	5
Doro	1	855	7.1	435	15	71	10	3	1
//	2	860	6.9	500	13	63	17	4	3
//	3	850	5.9	270	9	67	18	5	2
//	4	860	5.8	210	6	62	22	5	5
Akamatsu	1	855	6.5	860	93	4	1	1	1
//	2	845	6.2	850	92	3	2	1	2
//	3	845	6.5	800	92	3	2	1	2
//	4	845	6.0	750	93	3	2	1	1
Commercial	1	850	7.0	850	87	4	3	2	4
//	2	850	6.5	825	96	2	1	1	0
//	3	850	5.8	750	96	2	1	1	0
//	4	850	6.0	760	97	1	1	1	0

かくの如きパルプの沈降容積の変化が、パルプの繊維長組成と密接な関係を有する事は当然推察される所であり、従つてこの関係を解明する為にパルプの篩別試験を行い、Table 4 に示す如き結果を得た。広葉樹パルプの中で最大の沈降容積をもつシラカバ KP は24及び42メッシュ残留部が多く、ブナ及びドロ KP に比し繊維長組成の粗大なる事が明らかである。又最小の沈降容積を示したブナ KP はドロ KP より42メッシュ残留部が20%程少く、繊維長組成が最も細密であつた。これは木材組織の構成に密接な関係を有する問題であり、ブナは特に髄線・柔細胞が多く30%以上を占め<sup>4)</sup>、又木繊維の直径もドロ、シラカバより小である<sup>5)</sup>。

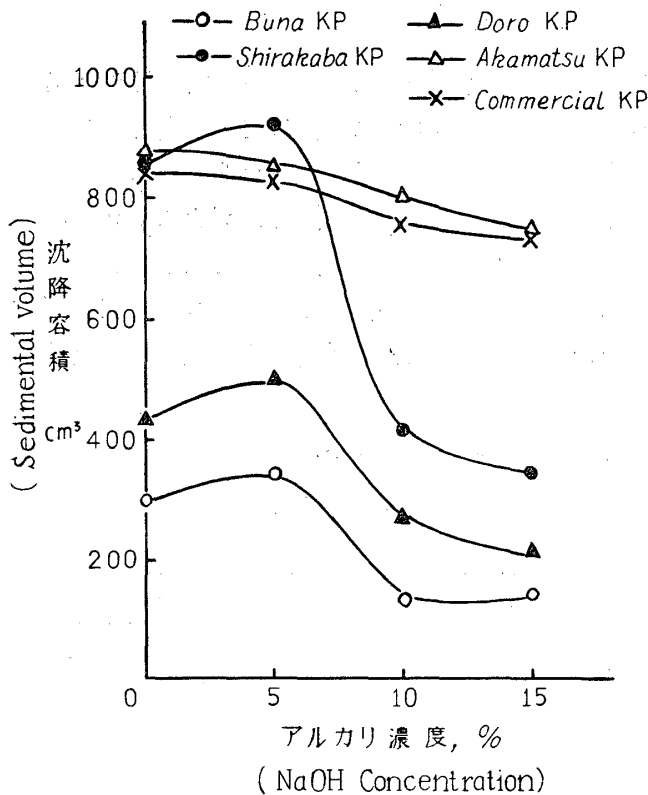


Fig. 3 アルカリ浸漬液の濃度とパルプの沈降容積との関係  
Relation of caustic soda extraction to the sedimental volume of pulp.

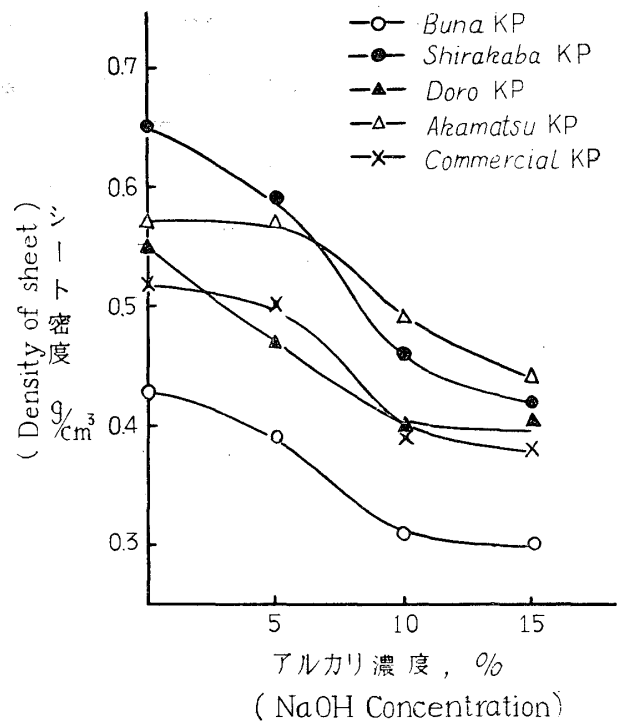


Fig. 4 アルカリ浸漬液の濃度と手抄試験紙の密度との関係  
Relation of caustic soda extraction to the density of handmade sheet.

アルカリ濃度との関係について考察すると、浸漬液の NaOH 濃度の上昇に従い、パルプ中の長繊維部は短繊維部へと移行している。これは衆知の如くアルカリによつてパルプ中のヘミセルロースが除去されて膨潤性が減少する事、及び繊維の長さの方向に20~25%短縮して断面積を増加し、幾分か繊維の通直性を失う事に原因するものである。又この作用がアルカリ濃度10~15%にて最大に達する事も良く知られている。これに対してアカマツ及び市販 KP は殆どすべての繊維が24メツシュに残留し、アルカリ濃度の影響が全く判明しない。針葉樹 KP は元来繊維長が大なる故、篩別試験機におけるスクリーン配列を一段と粗くする事が必要であろう。

#### 4 手抄試験紙の物理的性質について

アルカリ処理を行つたパルプより手抄した試験紙の物理的性質を Table 5 に示す。紙の密度は Fig 4 に示す如く3種の広葉樹中ブナが最も低く、次いでドロ、シラカバの順に高くなつてゐる。又浸漬するアルカリ液の濃度が増すに従つて紙の密度は10% NaOH までは急激に、以上の濃度では緩やかに減少している。この密度の高低が紙の機械的性質に大なる影響を与える事は既に屢々述べたが、この実験においても引張及び引裂強度におけるシラカバ>ドロ>ブナの順位は全く密度の高低と一致している。この密度差は本実験の如くパルプの含水度大

Table 5. アルカリ処理が KP の手抄試験紙の物理的性質に及ぼす影響  
Effects of Alkaline Extraction on the Physical Properties  
of Handmade Kraft Sheets.

実験番号 Experiment No.	坪量 Basis weight g/m <sup>2</sup>	厚さ Thickness mm	密度 Density g/cm <sup>3</sup>	裂断長 Breaking length km	比破裂度 Burst factor	比引裂度 Tear factor	比透気度 Air resis- tance fac- tor sec./mm	厚さ偏差率 Deviation ratio for thick. %
Buna	168	0.393	0.43	2.00	0.63	49	7.1	2.2
//	159	0.409	0.39	1.05	0.34	34	2.4	2.8
//	164	0.524	0.31	0.41	0.33	25	0.4	2.6
//	170	0.557	0.30	0.27	0.32	19	0.3	2.2
Shirakaba	170	0.256	0.65	4.17	1.13	133	115.0	3.7
//	164	0.279	0.59	2.83	0.75	108	44.0	4.1
//	166	0.357	0.46	1.58	0.88	42	2.4	2.5
//	166	0.399	0.42	1.15	0.58	36	1.3	2.3
Doro	163	0.297	0.55	2.21	1.28	64	76.0	3.7
//	168	0.359	0.47	1.76	0.57	71	28.7	4.5
//	168	0.420	0.40	0.54	0.27	33	2.4	2.9
//	166	0.399	0.41	0.38	0.22	25	1.6	2.3
Akamatsu	176	0.310	0.57	4.98	—	231	28.8	5.9
//	181	0.317	0.57	5.23	—	260	22.8	5.0
//	175	0.358	0.49	3.31	4.31	220	6.5	5.5
//	179	0.410	0.44	2.78	2.77	232	1.8	4.7
Commercial	165	0.319	0.52	3.51	3.78	289	23.9	4.8
//	186	0.370	0.50	2.64	3.08	295	13.7	4.7
//	189	0.477	0.40	1.31	1.34	187	1.3	5.1
//	205	0.535	0.38	1.06	0.97	175	0.9	4.9

にしてリグニン含量の略々等しい場合は、パルプ中のヘミセルロース含量、繊維長組成及び髓線、柔細胞、導管等の含量の如何によつて支配されるものと推定される。ヘミセルロース含量の略々等しいアカマツ KP と市販 KP を比較すると、リグニン含量の高いアカマツ KP の方が密度も高く、従つて裂断長、比破裂度においても市販より高い強度を示している。

比透気度についても同様に未処理KPではシラカバ>ドロ>ブナの順に小となるが、Fig. 5 に示す如く特にブナ KP は最初より非常に低い比透気度を示している。アカマツ及び市販 KP はシラカバ、ドロよりも比較的小さい比透気度の紙を与えるが、これはヘミセルロース含量よりはむしろ繊維長組成において短繊維部を殆ど含まない事に主原因があると考へられる。15% NaOH 処理によりシラカバ、ドロ、アカマツの 3 種 KP は比透気度 1.5 sec./mm. 前後の値を示すが、同一レベルに到達するに、ブナ KP は 7%、市販 KP は 10% の濃度のアルカリ液浸漬によつて十分に可能である。

紙の地合を数値的に表現する為に考案した厚さ偏差率<sup>3)</sup>は Fig. 6 に見る如く、アカマツ及び市販 KP は 5~6% の値を示し、アルカリ処理によつても殆ど低下しない。然し広葉樹の中シラカバ、ドロは 10% 以上の NaOH 溶液処理によつて紙の厚さ偏差率が 2.5~3% に急激に減少し、著しく紙の地合が改良された事が認められる。ブナ KP は未処理又はアルカリ処

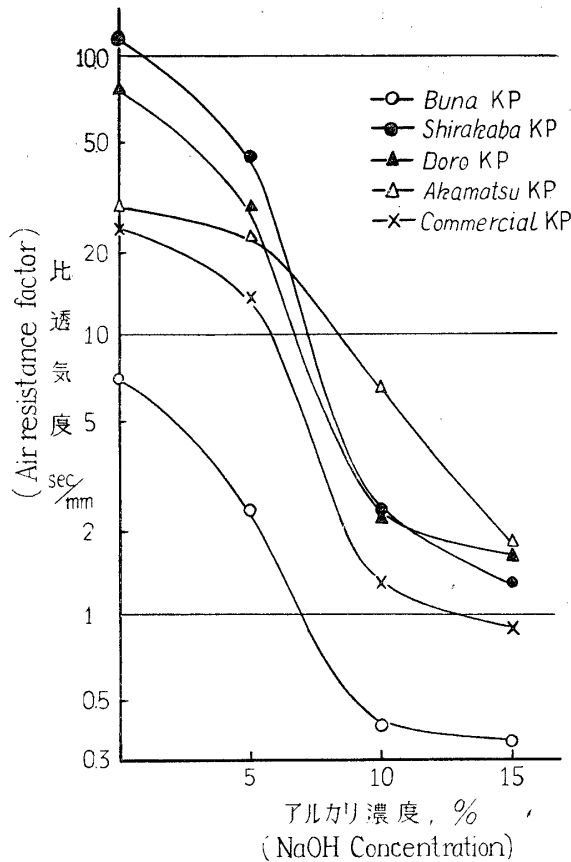


Fig. 5 アルカリ浸漬液の濃度と手抄試験紙の比透気度との関係  
Relation of the caustic soda extraction to the air resistance factor of handmade sheet.

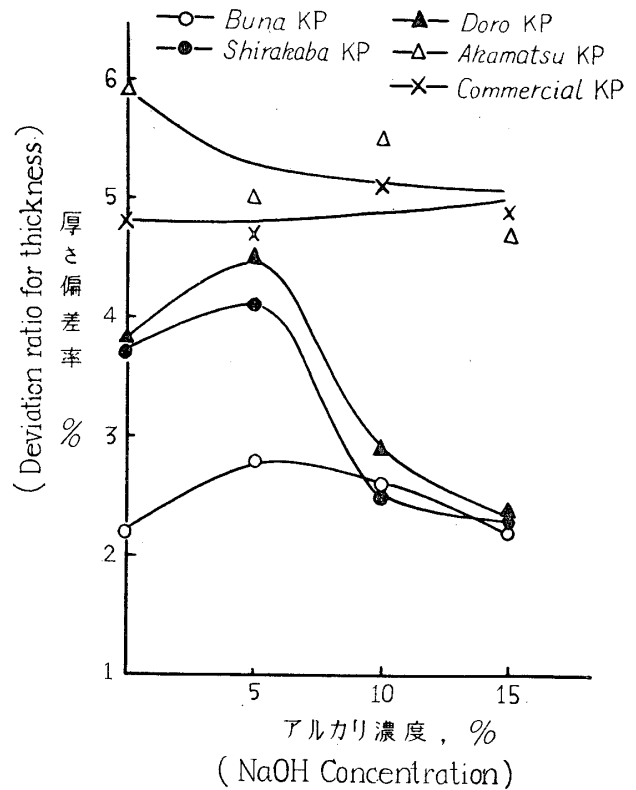


Fig. 6 アルカリ浸漬液の濃度と手抄試験紙の厚さ偏差率との関係  
Relation of the caustic soda extraction to the deviation ratio for thickness of handmade sheet.

理の如何を問わず最初より 2.5%前後の厚さ偏差率の紙を与え、地合の問題においては何ら難点の存在しない事が明瞭である。かかる結果よりすれば、沓水度大なるパルプより多孔性厚紙を造る場合、紙の地合は全くパルプの繊維形態の如何によると推論しても差支へない。これは既報<sup>3)</sup>の結果よりも首肯出来る事実である。

### 結 論

以上記述せる諸結果を総合し、各樹種について多孔性厚紙の製造を目的として検討した場合、次の如き結論に到達する。

パルプの収率面より考えて、クラフト蒸解及びその後のアルカリ処理により、絶乾チップに対し37%の収量しか得られないシラカバ KP は、パルプの性質面において比較的高い強度を有する以外に余り特色がない。アカマツ KP 及び市販 KP は他の広葉樹パルプより著しく強度は高いが、繊維長組成が粗大である為アルカリ処理を行つても紙の地合が良好とならない。従つて針葉樹 KP の場合は、既報<sup>3)</sup>の如く加水分解等により化学的に繊維を切断するか、又はパルプの分散懸濁剤を使用する必要が生じる。残るドロ及びブナ KP について比較すると、



ブナ KP はパルプ収率及び強度的性質においてドロ KP より僅か劣るが、厚さ偏差率による紙の地合は 2.5% 前後にて全体的に最も良好であり、特に比透気が著しく小さい。従つて 1.5 sec./mm. の比透気度の紙を得るのにブナ KP はアルカリ浸漬液の濃度がドロ KP の場合の半分の 7% にて充分である。アルカリ浸漬液の濃度が低くなれば、ブナ KP の強度的性質に好影響を与える事が期待される。従つて地合良好にして均質な多孔性厚紙の製造に対しては、ブナ KP のアルカリ処理が最も適当な方法の一つであると結論する事が出来る。

## 要 約

3種の広葉樹ブナ、シラカバ、ドロ及び針葉樹アカマツのチップを一定の条件にて実験室的にクラフト蒸解し、得た4種の未晒 KP 及び市販 KP を濃度の異なるアルカリ溶液に浸漬した後、パルプの化学的成分、物理的性質の変化について実験を行つた。

クラフト蒸解によつて得たパルプは収率約50%、リグニン含量2~3% (但しアカマツ KP は13%) であつた。10~15% NaOH 液に常温浸漬する事により、ヘミセルロース含量の最も多かつたシラカバ KP はパルプ重量の約25%を溶出損失し、他の広葉樹 KP は15~18%、針葉樹 KP は9~10%の減量を示した。アルカリ処理後のヘミセルロース含量は、広葉樹 KP では3~5%、針葉樹 KP では7~10%を占め、後者はアルカリ難溶性ヘミセルロースを相当多量に含有する事を認めた。

パルプの沈降容積と繊維篩別試験の結果より、繊維長組成の粗大なるパルプは沈降容積が大きく、又アルカリ濃度の上昇に従いパルプの沈降容積は減少し、パルプ中の長繊維部が短小部へと移動した。これは繊維の膨潤が大となり長さ方向の収縮が著しく、且つ通直性を失うためと考へられる。但し針葉樹 KP は長繊維であるため通常の篩別方法ではその変化を見る事が出来ない。

アルカリ処理をした広葉樹パルプの手抄試験紙の強度的性質は、シラカバ>ドロ>ブナの順に小さくなるが、これはシートの密度の順位と全く同一である。針葉樹 KP は紙の密度が比較的高くシラカバ又はドロと同程度であるが、強度的性質は非常に良好である。比透気度はパルプのアルカリ処理によつて急激に減少するが、特にブナ KP は全般的に小さく、1.5sec./mm. に到達するのに他の KP の場合の1/2濃度の7% NaOH 溶液浸漬によつて可能である。紙の厚さ偏差率は広葉樹パルプにおいてはアルカリ処理により減少するが、特にブナ KP は未処理でも低く地合良好なる事を示す。之に反して針葉樹パルプはアルカリ処理によつても減少しない。

以上の結果と考察より、未叩解のアルカリ処理パルプより造つた紙の透気度その他の諸性質は、原木樹種の組織構成の差異、パルプ中のヘミセルロース含有量、パルプの繊維長組成等の支配的影響を受ける事が確認された。亦比透気度小にして地合良く、均質な多孔性厚紙を製造する一方法として、ブナ KP の7% NaOH 溶液浸漬処理が適当である事が見出された。

## Résumé

In this report, the air resistance and the formation of sheet prepared from the several sorts of kraft pulps have been investigated. The handmade chips of three hardwoods (Buna, Shirakaba and Doró) and a softwood (Akamatsu) were

cooked with the mixture of sodium hydroxide and sulphide liquor in a laboratory digester. The same condition shown in Table 1 was employed for the cooking process on four wood species. Unbleached kraft pulps were obtained at the yield range of 50~52% as shown in Table 2. The result of chemical analysis of pulp indicated that the delignification rates of hardwoods were much higher than that of softwood, and Shirakaba pulp contained the most hemicellulose among those pulps.

The four laboratory kraft pulps and a commercial kraft pulp were extracted with caustic soda solution of different concentrations at the room temperature. The effects of alkaline extraction on the pulp yield and the cellulose content of pulp are shown in Table 3. The dissolving losses of pulps in Fig. 1 reached to the maximum value at 10% NaOH treatment, and those were ranged from 10% of commercial pulp to 25% of Shirakaba pulp. After the alkaline extraction, the hemicellulose contents of hardwood pulps decreased to 3~5% and those of softwood pulps were 7~10% as shown in Fig. 2. Because the loss of pulp depended distinctly on the dissolution of hemicellulose in alkaline solution, the above facts indicate that the softwood kraft pulp contains the alkali-resistant hemicellulose more than the hardwood kraft pulp does.

The relation between the sedimental volume of pulp and the fiber coarseness was obtained from Table 4. The sedimental volume of such unbeaten pulp as used in this experiment was the sharp indicator for the coarseness of fiber, and its decrease by the alkaline extraction of pulp informed the transition of fiber fraction from coarse to fine in pulp. This change would be caused by the decrease of swelling agency of fiber owing to the solution of hemicellulose and by the shrinkage in fiber length. The softwood kraft pulp, however, consisted of so long fiber that the transition of fiber fraction could not be observed by the ordinary classification test.

The physical properties of the handmade kraft sheet are shown in Table 5. The sheet density and strength of the hardwood pulps after alkaline extraction decreased according to the following order as Buna < Doro < Shirakaba. The softwood pulps had the similar density and the very high strength in comparison with the hardwood pulps. In Fig. 5, the air resistance factor decreased remarkably by the alkaline extraction and the least one was obtained from Buna kraft sheet. Such high concentration as 15% NaOH treatment was necessary to reach the low air resistance factor of 1.5 sec./mm., but it would be able to gain the highly porous sheet having the same factor by the extraction of Buna pulp with 7% NaOH.

In regard to the deviation ratio for thickness, the important difference existed between the hardwood pulp and the softwood pulp. The alkaline extraction

on the hardwood pulp caused the decrease of the deviation ratio for thickness, but, on the softwood pulp, it caused no change of that. This fact suggests that the improvement of sheet formation does not occur on the softwood pulp but results on the hardwood pulp from the alkaline extraction.

The observations in this investigation lead to the conclusion that the air resistance and the formation of sheet depend quite upon the histological differences of pulp wood, the hemicellulose content of pulp and the fiber coarseness in pulp. One of the suitable method for the manufacture of homogeneous and highly porous sheet was found in the process including the extractive treatment of Buna kraft pulp with 7% caustic soda solution.

#### 文 献

- 1) 木村良次, 寺谷文之; 木材研究 **16**, 70 (1956)
- 2) 木村良次, 寺谷文之; 木材研究 **17**, 9 (1957)
- 3) 寺谷文之, 木村良次; 木材研究 **19**, 1 (1958)
- 4) B. Huber, G. Prütz; Holz. **1**, 377 (1938)
- 5) 金平亮三; 大日本産重要木材の解剖学的識別 (1926)