「レビュー」特集

パルプ・紙 - 紙

白 田 誠 人

1. はじめに

紙の研究分野は広く、原料パルプの機械的リファインングに始まり、フィラその他添加物とパルプ繊維の相互作用、紙料サスペンションの分散及び凝集性、抄紙機に於けるリテンションと排水性、プレスによる脱水、サイズ効果などウェットエンドに関係する問題がまずある。更に繊維配向性、乾燥張力、Z方向の諸特性、シートの力学的、光学的物性それに加えて、加工の分野ではコーティング塗料、コーティング方式、乾燥法、ラミネーション含浸など原料、製造法、製造装置など裾野の広がり大きくこれらについて全般的に触れることは紙数を越えることになる。従って本稿ではリテンション、サイジング地合に関係するシート形成過程、強度関連特性、塗工及び塗工紙に焦点を当てることにした。

2. 原 質

繊維原料の品質が将来低下するにしたがってそれを補う薬品添加が増加するであろうとの Jarkeman の予測¹⁾もあるように、種々の添加物とパルプスラリーとの相互作用、製品への影響についての研究は多い。Leung ら²⁾はポリエチレンオキシド (PEO) 添加がサスペンション中のファイン凝集に効果があることを示した。また薬品添加による新聞原質の填料とファインリテンションの機構について Rahman は添加の有効性を述べている³⁾。Gavelin⁴⁾はファインとフィラに予めカチオン性 PAM を加えてコフロキュレーションを起こし、それを紙料に加えると、リテンションやシートの脱水性が向上する利点を挙げている。古紙の利用率が増加するにつれ、原料古紙の洗浄水量もできるだけ経済的にするためには、古紙付着物の影響も無視できず Hagedon⁵⁾は高い電荷量の高分子電解質との共存下でリテンションエイドを併用する際のア

ニオン性の妨害物質の影響を検討している。またアニオン性の不純物⁶⁾やチオリグニンの存在⁷⁾がリテンションに及ぼす影響も研究された。アニオンの存在は一定のリテンションを保つのにその量に見合っただけのカチオンを余分に必要とする。Jokinen ら⁸⁾は高分子量カチオン化 PAM 単独またはデンプンとの併用でリテンションは高くなるが、地合は極端に悪くなり、その改善法として低分子量の高カチオン化 PAM を用いカチオンモノマとしては、PAM 分子鎖を剛直にするような性質の物が有効であり、更にデフロキュレーション剤であるアニオン性 PAM を適切に使用することによってリテンションと地合のバランスを保つことが出来ることを実験的に示している。しかしドレネージの低下は避けられない。最近よく用いられるデュアルポリマシステムについて、Wagberg ら⁹⁾がその基本概念を述べている。

塗工紙の消費が世界的に増加し、コーティング顔料に炭酸カルシウムを使用し、抄紙機排水系が弱酸性から弱アルカリ性に移行するに従ってサイズ剤はロジン-アラム系から特に塗工紙では中性サイズ-カチオンポリマ系へ移っている。これらのサイズ剤がセルロースやヘミセルロースと化学結合してサイズ効果を生じているのか、あるいは単に均一分散吸着してサイズ効果を発揮するのか議論が行われている。

Rohringer ら¹⁰⁾はサイズ効果を持つアルキルジケテンを添加した紙料で作った紙はサイズ効果を示し、サイズを含まない層と抄き合わせて作った紙は2週間後にはサイズ効果を持つようになった。しかし強化ロジンサイズではそのような現象が得られなかったこと、上記の紙について、セルロースとケテン環が開いてβ-ケトエステルを作った証拠が赤外的に認められないことからケテンダイマとセルロースの間には主原子価結合は起きていないと考えた。更に彼は H⁺ の存在によってケテンダイマはケトンその他の形に変わりケテンダイマの形ではほと

Annual Review of Paper Making '89

筆者紹介 USUDA MAKOTO University of Tokyo, Faculty of Agriculture

東京大学農学部教授、農学博士

筆者は、パルプ・製紙科学を専門とされ、本学会の理事と紙・パルプ研究会の委員長を勤めておられる。著書に「製紙科学」(中外産業調査会)があり、趣味は囲碁と旅行。

んど存在しなくなっていることを HPLC の結果から述べている¹¹⁾。Roberts ら¹²⁾ はケテンダイマのサイズ機構を調べるために ^{14}C でラベルしたテトラデシル及びヘキサデシルケテンダイマを合成し、それらを添加した紙料で作った紙から不活性溶媒で抽出すると反応していないダイマは抽出され、紙中にサイズ剤は 5% しか残らなかったが、サイズ効果は明瞭にあった。また熱処理によって、ダイマは拡散しマイグレートすることを示した。抽出したサイズは未反応であることも赤外スペクトルから確認され中性サイズは紙の中で炭水化物とは反応していないと考えた。更に彼は熱処理がサイズ効果に不可欠であり融点の 85°C 近辺より高い温度が必要で、高温でケテンダイマの単分子層で強い吸着が生じそれがセルロースのアクセシブル OH と反応して β -ケトエステルを形成するのであろうと考えた¹³⁾。それに対し Odberg ら¹⁴⁾ は β -ケトエステル形成を赤外吸収スペクトルから確認すると共に、未反応のケテンダイマにもとずく吸収は認められず、エステル結合を切る試薬を加えないとアルキルケテンダイマは抽出できなかったこと、反応熱を精密な熱量計で測定してエステル結合がサイズとセルロースの間で生じているとした。同じ研究グループに属す Lindstrom は詳細に AKD の反応条件や反応機構について発表している¹⁵⁻¹⁸⁾。McCarthy ら¹⁹⁾ はパルプに加えたアルケニル無水コハク酸 (ASA) の消費量を赤外スペクトル法で追跡し、ASA 及びセルロースになかったエステル結合にもとずく吸収が形成され、1 週間後のコンディショニングによって ASA は反応による消費、蒸発などによって完全に無くなることを示し、ASA がセルロースと反応すると述べている。このように中性サイズと炭水化物との反応には二つの説があるが、未発表のわれわれの実験でも溶剤抽出法の結果からサイズと OH 基の間に化学結合が存在するとは思われない。中性サイズとアラムの併用は現在広く採用されているが、アラムの負の効果をもたらすメカニズムも報告されている²⁰⁾。ロジンサイズ処理の場合に起きる異常を説明するために、強い結合、弱い結合の概念を導入し、中性サイズにも適応を Guess は試みている²¹⁾。その他濡れ強度樹脂による強度発現の機構²²⁾、1988年に初めて開催された紙化学シンポジウムのウェットエンド化学の報告がまとめて発表されている²³⁾。

3. 調成工程

原質調成に関しては論文は少ないが高濃度叩解の報告がある。特定の品質の紙を得る場合の他はエネルギー的に見て不利になるので高濃度叩解 (HCR) は採用されなくなったが、Karnis²⁴⁾ は 25-30% の濃度で Vertifiner を用

いた叩解を行い比エネルギー消費は HCR が低濃度叩解より少なく、そのパルプから得られる紙は高い引裂き強さと乾湿破断伸びを示し、新聞用紙に添加する KP を HCR すると強度改善が得られると報告している。しかしこの報告は L パルプの使用の可能性を求めることを目的としたものである。叩解の原理として Fibrage 理論が一般に受け入れられているが、Nissan²⁵⁾ は、以前に用いられた実験室用透明ディスクリファイナを用いて前進するバーの先端に繊維塊が引っかかり摩砕する機構を更に詳細に調べ、溝の中を流動するパルプサスペンションが chaotic 流動となり、きわめて複雑であることを示した。リファイニングが他の因子に及ぼす影響として、濡れ強度樹脂のリテンション²⁶⁾、紙の中の TiO_2 の光学的特性²⁷⁾ に及ぼす影響が述べられた。

叩解度の評価は CSF によることが多いが、もっと有効な尺度によって評価する試みが行われた。Veal²⁸⁾ は機械パルプについて、S ファクタ、L ファクタの検討を行うと共に、光学的方法、超音波法による測定について発表した。LucDion ら²⁹⁾ は希薄サスペンションに超音波を照射し、数秒で多数の繊維の平均繊維長を得る方法を考察しオンライン測定に組み込む試みを行った。繊維長及びその分布を測定するのに用いられるカヤニ社の 2 種類の測定機についてその特性の比較が行われた³⁰⁾。Pires³¹⁾ は Britt の動的濾水度計に似た新しい濾過抵抗測定装置を考察しそれを用いて化学パルプと機械パルプの比較を行い、フリーネスとの関係についても触れている。リファイニングすると繊維の切断が起こる。その平均繊維長減少を連続的にモニタリングしてリファイナの操業を監視、コントロールする実験の方法が提案されている³²⁾。

4. パルプサスペンションの特性

パルプサスペンションの凝集、分散状態は紙の地合と密接な関係を持っている。ヘッドボックス、スライス、ワイヤでの繊維の分散状態は、実験的に再現しにくく、研究が遅れていたが、近年次第に活発になった。ヘッドボックス内の紙料の流動条件が、紙の性質にどのように影響するかを Dahl ら³³⁾ は発表している。Kiessling³⁴⁾ は多くの形式の抄紙機についてフローボックス内の乱流とシートの性質を関連させた。サスペンション中の繊維のフロック形成に関して理論的モデルの構成³⁵⁾、それにもとずいた実験によるフロック形成の現象解析³⁶⁾ フロック分散のメカニズムの視覚的解析³⁷⁾ の発表がある。Weishuhn³⁸⁾ はパイロットマシンを用いた乱流と紙の物性の関係を調べ、実機に適用して両者の結果の相関を認めている。ワイヤの垂直共鳴振動による最適

地合の形成³⁹⁾、高速フォーマでの抄速とリテンション、地合、ドレネージの関係^{40,41)}、最新型のマシンでのリテンションとドレネージコントロールの基本的考え方⁴²⁾についての発表がある。

抄紙機のスライスコントロールは地合や坪量分布の均一化に重要であり、スライスジェットの速度分布の差が紙の非対称欠陥をもたらすと Egelhof は指摘している⁴³⁾。Westermeyer⁴⁴⁾はスライスから出た直後のジェット流の横方向への乱流が坪量分布の不均一性と関連していることを示している。

こうした抄紙機上でのパルプサスペンションの繊維分散、フィラやファインのリテンションなどを計測し、製品になるまでの工程や製品との関連性はブラックボックスであった。ワイヤ上での繊維分散性、脱水性、地合、坪量分布、製品の強度までオンラインで測定する研究が現れている。Muller⁴⁵⁾は2成分系混合フィラのオンライン測定をX線と多重波長赤外分光法を用いて測定した。トランスミッタを用いたオンラインリテンション測定⁴⁶⁾リテンションの新しいオンライン監視装置⁴⁷⁾、リテンション及びドレネージ助剤の効果をオンライン測定する光ファイバブロック計⁴⁸⁾、従来のB/M計がCD方向を走差して測定するのに対し、定置式センサをウェットエンドに置いてリアルタイムでウェブの絶乾重量などを測定する方法⁴⁹⁾などがある。超音波を利用した Un-aform ドレネージ計はワイヤの下の中水流中にプローブを挿入しワイヤ上のスラリの厚さを2-75mmの範囲で±0.1mmの精度で測定しウェットエンドの水分プロファイルが得られる⁵⁰⁾。Habegerらは超音波の伝ぱん速度が媒体の弾性率に比例することを利用して⁵¹⁾、オンライン測定とできた紙の強度との関連を明らかにしたり⁵²⁾、オンライン測定と強度特性のコントロールを試みている⁵³⁾。ウェットエンドのプロファイル測定⁵⁰⁾のほか超音波は非連続体では伝わらない性質を利用して、パルプサスペンションに含有される気泡の量を測定した結果がある⁵⁴⁾。同じ原理に基づき紙への流体浸透、紙の濡れの測定にも超音波は使える^{55,56)}。こうした測定用センサの解説が発表されている。^{57,58)}

ウェットウェブの脱水は乾燥エネルギーに影響するので脱水性を高くする試みがある。動的測定によるプレスニップ内の圧力分布を測定し、脱水性を高める試み⁵⁹⁾、熱プレスによる省エネルギーを目指した研究⁶⁰⁾、プレスを長くしてシート構造形成に影響させようとするプレスコンソリデーションの考え⁶¹⁾が発表されている。一方プレス中のウェブ内の流動の影響を研究し、ファイン及びフィラのZ方向分布はプレスによってもほとんど変化しないことを Szikla らは見いだしている⁶²⁾。

5. シート物性

紙の強度理論は Nissan の水素結合理論によって代表されるが、最近 Nissan は再びこの問題を取り上げ、水素結合理論と繊維の構造に基づく構造理論とを結合させる第3の濾過理論 (Percolation theory) を提出し、これによって両理論の統一を試みている⁶³⁻⁶⁵⁾。理想的なネットワークに対し、温度並びに水分の影響を考慮して理論式を導き繊維配向性の影響も考慮して、理論の統一を計った。それに対し Salmen⁶⁶⁾はパルプの結晶化度を考慮にいった場合、高結晶性のセルロースほど同じ相対湿度に於ける吸着量が少なくその影響を考慮に入れることを示唆しており、さらに Nissan はそれにコメントをつけている⁶⁷⁾。この濾過理論に対し Ritala⁶⁸⁾は Nissan が等方性物質に適用する理論を紙に適用する場合の仮定に対し異論を唱え、弾性率べき指数 x が小さすぎることを指摘している。

何れにせよ紙は均一な構造ではなくその不均一性の発現、不均一度は紙の諸性質に影響する。光学的方法⁶⁹⁾、エレクトロニクスデータ処理によるワイヤマークの認識⁷⁰⁾、印刷品質に及ぼすワイヤマークの影響⁷¹⁾、乾燥時に起こる横方向の収縮に基づく紙の微細な縦しわ⁷²⁾、紙の異方性の原因となる乾燥張力の発現と解消⁷³⁾、紙の吸湿伸び⁷⁴⁾など多くの研究が報告されている。Wedel⁷⁵⁾は乾燥時のMD方向への緊張を低くしたり、CD方向の収縮をコントロールして異方性の異なる紙を作り物性を測定し、実機で横方向収縮の少ない紙の製造を試みている。また紙の異方性の原因の一つである繊維配向性を比較する配向度測定について Kolan⁷⁶⁾はX線法、顕微鏡法、0-スパン法を比べ、その相関性の高さを示した。Habeger ら⁷⁷⁾はオンラインに組み込みの可能性を持つマイクロウェブ減衰を利用した測定法を、Syre⁷⁸⁾はレーザ光を利用した方法を紹介している。

紙の光学的性質、特に白色度や不透明度に関連する性質は Kubelka-Munk 理論の粒子集合体を仮定した理論に対し紙の構造が多層構造であることから Stokes のモデルも提案されている。すでに両者の比較はされているが、Olof は Ingle の初期の式を修正した対応式を誘導して⁷⁹⁾、さらに比散乱係数の非吸収係数への異常な依存性を坪量の不均一性と関連させて説明した⁸⁰⁾。紙の強度はほとんどが板紙についてのものであり、段ボールの強度に重要なライナ及び中しん紙に関するものがある。Inoue⁸¹⁾は中しん紙のZ方向強さを測定し本来変形量の大きい段の山と谷での剝離強度が低い段ボールでは糊の補強効果でライナで破壊が起きると述べている。エッジワイズ強度については、Byrd⁸²⁾の構成要素の強度と

の関係について行った実験や、試験法の国際的標準化を述べた論文^{83,84)}、プレスドライによってL-CTMPから高強度のライナ製造⁸⁵⁾などの報告がある。板紙のカールと捻れについてErikssonらが理論と測定法について報告している⁸⁶⁾。単繊維と紙の引っ張り強さ⁸⁷⁾、引裂き抵抗⁸⁸⁾との関係もあらたに見直されている。またボワソン比とせん断弾性率の測定も試みられている⁸⁹⁾。紙の歪をコンピュータ画像を用いて解析した報告もあり^{90,91)}画像解析の手法が紙の研究の色々な分野に用いられる可能性も触れられている⁹²⁾。

6. 塗工及び塗工紙

塗工紙の需要が増大し品質の向上にともなって研究が非常に活発に行われている。塗料成分に関しては炭酸アンモニウムジルコニウムの塗料における役割⁹³⁾、塗層の光学的性質に及ぼす種々の炭酸カルシウムの影響⁹⁴⁾、界面活性剤が塗層とオフセット印刷性に及ぼす影響⁹⁵⁾、新しいコーティングシステムとしてのカチオン化塗料⁹⁶⁾、CMC/ラテックスコーティングカラの粘弾性⁹⁷⁾、顔料粒子へのラテックスの沈着⁹⁸⁾、イオン強度の影響⁹⁹⁾、顔料の分散状態と塗層の光散乱¹⁰⁰⁾、ポリマ吸着が塗料のレオロジに及ぼす影響¹⁰¹⁾など多数ある。モットルやバインダマイグレーションについては、モットルの原因の一つとなる質量分布の不均一度にJordan¹⁰²⁾はサイズ分布の概念として比周囲長を導入している。モデル塗工に於ける層構造¹⁰³⁾、乾燥法とマイグレーション、オフセットのモットルとの関係¹⁰⁴⁾、ブレードの形状がカラの動力学とコート紙に及ぼす影響¹⁰⁵⁾、軽量コート紙を用いたグラビア印刷品質に及ぼすコーティング変数の影響¹⁰⁶⁾、印刷モットルとコート層構造との関係¹⁰⁶⁾、パイロットコータの結果を実際に適用した報告¹⁰⁸⁾、ウェットオンウェットダブルブレードコーティングの技術¹⁰⁹⁾、実験室用の新しい高速ブレードコータの性能報告¹¹⁰⁾などが見られる。

以上極めて概括的に紹介したので、最近使用分野を広げている含浸、ラミネーション等の加工紙の製造、印刷適性、植物繊維以外の繊維を用いた特殊紙等に触れられなかった。また、塗工紙の分野では毎年Tappiがカンファレンスを開き多数の発表がProceedingsとして発行されている。また紙パルプ技術協会誌にも多くの優れた報告があるが容易に読者がアクセス出来るのでこれも割愛した。

引用文献

1) P. Jerkeman: *Abstracts of Paper Chem. Symp. held at Stockholm, on Sept. 27-9, 1988*. p. 65

- 2) P. S. Leung, E. D. Goddard: *Tappi J.*, **70**, (7), 115-118 (1987).
- 3) L. Rahman: *Tappi J.*, **70**, (10), 105-112 (1987).
- 4) G. Gavelin: *Nordic PPRJ*, **3**, (4), 31-35 (1988).
- 5) R. A. Hagedon: *Tappi J.*, **71**, (8), 131-134 (1988).
- 6) F. Linhart, W. J. Auhorn: *Tappi J.*, **70**, (10), 79-95 (1987).
- 7) G. Gerishcher, W. J. van Wyk: *Papier*, **42**, (3), 129-133 (1988).
- 8) O. Jokinen, H. Palonen: *Paperi Puu*, **68**, (11), 801-808 (1986).
- 9) L. Wagberg, T. Lindström: *Nordic PPRJ*, **2**, (2), 49-55 (1987).
- 10) P. Rohringer, M. Bernheim et al: *Tappi J.*, **68**, (1), 83-86 (1985).
- 11) J. Merz, P. Rohringer, M. Bernheim: *Papier*, **39**, (5), 214 (1985).
- 12) J. C. Roberts, D. N. Gardner: *Tappi J.*, **68**, (4), 118-21 (1985).
- 13) U. D. Akpabio, J. C. Roberts: *Tappi J.*, **70**, (12), 127-9 (1987).
- 14) L. Odberg, T. Lindstrom: *Tappi J.*, **70**, (4), 135-9 (1987).
- 15) T. Lindström, G. Söderberg: *Nordic PPRJ*, **1**, (1), 26-33 (1986).
- 16) T. Lindström, H. O'Brian: *Nordic PPRJ*, **1**, (1), 34-42 (1986).
- 17) T. Lindström, G. Söderberg: *Nordic PPRJ*, **1**, (2), 31-38 (1986).
- 18) T. Lindström, G. Söderberg: *Nordic PPRJ*, **1**, (2), 39-45 (1986).
- 19) R. McCarthy, R. A. Stratton: *Tappi J.*, **70**, (12), 117-121 (1987).
- 20) U. D. Akpabio, J. C. Roberts: *Tappi J.*, **72**, (7), 141-5 (1989).
- 21) J. M. Guess: *Tappi J.*, **72**, (7), 79-81 (1989).
- 22) H. H. Espy, T. W. Rave: *Tappi J.*, **71**, (5), 133-137 (1988).
- 23) *Nordic PPRJ*, **4**, (2) (1989).
- 24) A. Karnis: *Tappi J.*, **72**, (6), 97-102 (1989).
- 25) A. H. Nissan: *Tappi J.*, **72**, (3), 199-200 (1989).
- 26) H. H. Espy: *Tappi J.*, **70**, (7), 129-133 (1987).
- 27) B. Alicé: *Tappi J.*, **70**, (10), 114-117 (1987).
- 28) M. A. Veal, M. Jackson: *Tappi J.*, **70**, (10), 88-90 (1987).
- 29) J-LucDion, J. J. Garceau: *Tappi J.*, **70**, (4), 161-162

- (1987).
- 30) W. Bichard, P. Scudamore: *Tappi J.*, **71**, (12), 149-55 (1988).
 - 31) E. C. Pires, A. M. Springer: *Tappi J.*, **72**, (7), 149-50 (1989).
 - 32) J. J. Dagan, S. O. Gould: *Tappi J.*, **70**, (4), 69-73 (1987).
 - 33) H. Dahl, H. Holik: *Tappi J.*, **71**, (2), 93-98 (1988).
 - 34) H. Kiessling: *Papier*, **41**, (7), 370-380 (1987).
 - 35) M. J. Hourani: *Tappi J.*, **71**, (5), 115-118 (1988).
 - 36) M. J. Hourani: *Tappi J.*, **71**, (6), 186-189 (1988).
 - 37) R. G. Wagle, C. W. Lee: *Tappi J.*, **71**, (8), 137-141 (1988).
 - 38) E. Weissshuhn, H. Dahl: *Papier*, **40**, (10A), v151-164 (1986).
 - 39) O. Kallmes, G. Marinari, M. Perez: *Tappi J.*, **72**, (4), 71-75 (1989).
 - 40) R. E. Hergert, J. W. Harwood: *Tappi J.*, **71**, (4), 63-6 (1988).
 - 41) J. Marton: *Tappi J.*, **71**, (4), 66-71 (1988).
 - 42) A. M. Springer, J. S. Noe: *Tappi J.*, **70**, (1), 43-45 (1987).
 - 43) D. Egelhof: *Papier*, **40**, (7), 313-18 (1986).
 - 44) W. N. Westermeyer: *Papier*, **41**, (11), 591-601 (1987).
 - 45) R. Müller: *Papier*, **41**, (11), 591-601 (1987).
 - 46) K. P. Connolly: *Tappi J.*, **70**, (3), 89-91 (1987).
 - 47) W. Stein: *Tappi J.*, **70**, (4), 63-65 (1987).
 - 48) J. Eisenlauer, D. Horn: *Nordic PPRJ*, **2**, (4), 132-138 (1987).
 - 49) K. Francis, M. Stenbakth: *Tappi J.*, **72**, (4), 101-105 (1989).
 - 50) W. J. Andrews: *Tappi J.*, **72**, (1), 47-49 (1989).
 - 51) C. C. Habeger, G. A. Baum: *Tappi J.*, **69**, (6), 106-111 (1986).
 - 52) D. W. Vahey: *Tappi J.*, **71**, (4), 149-152 (1988).
 - 53) J. G. Lantz, L. M. Chase: *Tappi J.*, **71**, (2), 75-78 (1988).
 - 54) H. Karas, T. Pietikainen: *Tappi J.*, **72**, (1), 65-69 (1988).
 - 55) Y. Pan, S. Kuga, M. Usuda: *Tappi J.*, **68**, (9), 98-102 (1985).
 - 56) Y. Pan, S. Kuga, M. Usuda: *Tappi J.*, **71**, (5), 120-123 (1988).
 - 57) R. A. Vareiss: *Tappi J.*, **70**, (6), 61-64 (1987).
 - 58) D. W. Vahey: *Tappi J.*, **70**, (3), 79-82 (1987).
 - 59) D. A. Beck: *Tappi J.*, **70**, (4), 129-133 (1987).
 - 60) K. Cutshall: *Tappi J.*, **71**, (4), 89-91 (1988).
 - 61) P. R. Hartwell, G. K. Moore: *Tappi J.*, **72**, (1), 63-66 (1989).
 - 62) Z. Szikla, H. Paulapuro: *Paperi Puu*, **68**, (9), 654-664 (1986).
 - 63) G. L. Batte, A. H. Nissan: *Tappi J.*, **70**, (9), 119-23 (1987).
 - 64) A. H. Nissan, G. L. Batten: *Tappi J.*, **70**, (10), 129-31 (1987).
 - 65) G. L. Batten, A. H. Nissan: *Tappi J.*, **70**, (11), 137-40 (1987).
 - 66) L. Salmén: *Tappi J.*, **71**, (12), 190-192 (1988).
 - 67) G. L. Batten, A. H. Nissan: *Tappi J.*, **71**, (12), 192-193 (1988).
 - 68) R. K. Ritala: *Tappi J.*, **72**, (2), 179-181 (1989).
 - 69) H. Prast, L. Götsching: *Papier*, **41**, (3), 105-20 (1987).
 - 70) Th. Gerardy: *Papier*, **40**, (2), 49-54 (1986),
M. A. MacGregor, T. E. Conners: *Tappi J.*, **70**, (9), 95-99 (1987).
 - 71) Davidson: *Papier*, **40**, (7), 334-38 (1986).
 - 72) M. A. MacGregor, T. Conners: *Tappi J.*, **72**, (4), 177-81 (1989).
 - 73) L. Salmén, C. Feller, M. Htun: *Nordic PPRJ*, **2**, (2), 44-48 (1987).
 - 74) L. Salmén, R. Boman, C. Feller: *Nordic PPRJ*, **2**, (4), 127-131 (1987).
 - 75) Z. Kolan, J. Silvy, R. Prud'homme: *Tappi J.*, **69**, (5), 126-28 (1986).
 - 77) C. C. Habeger, G. A. Baum: *Tappi J.*, **70**, (2), 109-113 (1988).
 - 78) H. R. Syre: *Papier*, **42**, (3), 109-16 (1988).
 - 79) H. G. Olof: *Tappi J.*, **72**, (5), 222-27 (1989).
 - 80) H. G. Olof: *Tappi J.*, **72**, (7), 159-63 (1989).
 - 81) M. Inoue: *Tappi J.*, **72**, (3), 197-98 (1989).
 - 82) Von L. Byrd: *Tappi J.*, **72**, (3), 153-156 (1989).
 - 83) R. A. Scott: *Appita*, **40**, (6), 436-38 (1987).
 - 84) R. A. Scott: *Tappi J.*, **71**, (1), 57-60 (1988).
 - 85) R. A. Horn, D. W. Bormett: *Tappi J.*, **71**, (3), 143-146 (1988).
 - 86) L-E Erikson, S. Cavlin et al.: *Nordic PPRJ*, **2**, (2), 66-70 (1987).
 - 87) D. H. Page, R. S. Seth: *Tappi J.*, **71**, (10), 182-83 (1988).
 - 88) R. S. Seth, D. H. Page: *Tappi J.*, **71**, (2), 103-107

- (1988).
- 89) B. Castagnede, Y. B. Seo: *Tappi J.*, **70**, (9), 113-115 (1987).
- 90) M. A. Sutton, Y. J. Chao: *Tappi J.*, **71**, (3), 173-175 (1988).
- 91) Y. J. Chao, M. A. Sutton: *Tappi J.*, **71**, (4), 153-156 (1988).
- 92) H. Prast, T. Grave, L. Göttching: *Papier*, **40**, (4), 141-149 (1986).
- 93) I. McAlpine: *Papier*, **40**, (7), 303-308 (1986).
- 94) R. Gill, W. Scott: *Tappi J.*, **70**, (1), 93-99 (1987).
- 95) J. F. Lafaye, G. Gervason: *Tappi J.*, **70**, (8), 43-49 (1987).
- 96) A. von Raven, G. Strittmatter: *Tappi J.*, **71**, (12), 141-148 (1987).
- 97) G. Fadat, M. Rigdahl: *Nordic PPRJ*, **2**, (1), 30-38 (1987).
- 98) G. Fadat, I. Peterson, M. Rigdahl: *Nordic PPRJ*, **1**, (4), 30-36 (1986).
- 99) G. Fadat, M. Rigdahl: *Nordic PPRJ*, **1**, (4), 37-43 (1986).
- 100) B. Alincè: *Paperi Puu*, **68**, (8), 545-47 (1986).
- 101) L. Jarnstrom, G. Strom, P. Stenius: *Tappi J.*, **70**, (9), 101 (1987).
- 102) B. D. Jordan, N. G. Nguyen: *Paperi Puu*, **68**, (6, 7), 476-82 (1986).
- 103) A. M. Leskinen: *Tappi J.*, **70**, (12), 101-106 (1987).
- 104) G. Engstrom, G. Strom: *Tappi J.*, **70**, (12), 45-49 (1987).
- 105) P. A. Gane, L. Coggon: *Tappi J.*, **70**, (12), 87-96 (1987).
- 106) J. F. LaFaye, J. P. Maume: *Tappi J.*, **71**, (12), 63-69 (1988).
- 107) T. Arai, T. Yamasaki: *Tappi J.*, **71**, (5), 47-52 (1988).
- 108) M. E. Rohman: *Tappi J.*, **71**, (5), 61-67 (1988).
- 109) D. I. Lee: *Tappi J.*, **71**, (9), 111-121 (1988).
- 110) R. W. Ekind, H. A. LeBlanc: *Tappi J.*, **71**, (12), 55-61 (1988).

(平成元年10月19日受理)

繊維学会 会員募集について

当学会では、正会員、学生会員、また維持、賛助会員に新しく加入される個人、法人の皆様の少しでも多くなることを強く希望致しております。

会員の皆様の近くにおられる方々に、繊維学会に入会するようご勧誘いただければ幸甚です。

入会申込用紙、定款等は、当学会事務局に用意してありますのでご請求下さい。なお繊維学会が開催する行事の受付で、新入会員の入会受付も致しますのでご利用下さい。入会手続きをしていただきました方々の同参加費は会員料金となります。