高濃度抄紙技術の研究開発概要

製紙技術研究組合 第2研究部会 野村 忠義*, 吉村 三郎

Preface of Research and development of high consistency forming

Tadayoshi Nomura and Saburo Yoshimura

Research Association of Pulp and Paper Technology 2nd. Div.

RAPPT (Research Association of Pulp and Paper Technology) initiated its R&D works in Sept., 1982 under the financial subsidy from the Ministry of International Trade and Industry and finished in March 1987 with fruitful result on schedule.

This paper gives you the outline of high consistency forming (HCF), one of the main themes of RAPPT.

HCF project had been conducted by 16 researchers dispatched from 5 paper makers and 4 plant makers and they were divided into 5 groups to work for the following:

- A : Fundamental research of fluid behaviour of pulp suspension and evaluation of physical properties, printability coating-capability of HCF sample sheet.
- B : Search for the screen in the approach flow of HCF.
- C : Research on the sheet forming.
  - 1 : Quick-sheet forming.
  - 2 : Fiber dispersion and jet stability of the HCF head box.
  - 3 : Fiber dispersion in the sheet forming zone.

Assembling all the idea of the researchers, a pilot plant, available for various types of sheet forming test, was built in Oct., 1985.

As for the sheet formation, printability and coating-capability, HCF sample sheet formed on the pilotplant could be evaluated as good as the conventionally formed one. However, the tensile strength, both of the machine and cross directions reduced gradually with the increasing consistency in the head box, whereas the Z-direction strength increased.

Keywords : High consistency forming, Fiber dispersion, Printability, Coating capability, Tensile strength, Z-direction strength

1. はじめに

製紙技術研究組合は紙パルプメーカー18社、機械メーカー8社が参加し、共通基盤型石油代替エネルギー技術開発費補助金の交付を受け、昭和57年9月より廃液利用高効率製紙技術開発を進め、昭和62年3月

予定どおりその研究開発を終了した。それら全体の概要は別途報告されている¹⁾。高濃度抄紙技術の研究開発については、ヘッドボックス内紙科濃度3.0%で上質紙と同じレベルの地合、多色印刷刷り上がり性、塗工適性を有する紙の抄紙技術が開発でき、循環白水量の大幅な減少にともなう省エネルギー化の目途が得られた。

この報告は下記の高濃度抄紙技術研究開発報告のま

* 現所属：山陽国策パルプ(株)

えがきとする。

第1報 原料の流動挙動に関する研究

第2報 ヘッドボックスに関する研究

第3報 急速紙層形成に関する研究

第4報 ワイヤーパート分散に関する研究

第5報 高濃度スクリーン技術開発

第6報 紙層形成パイロット実験

2. 研究開発日程と経過

2.1 日 程

研究開発の概略日程を表1に示す。組合の発足以来、技術情報や特許の調査、研究方針の策定に始まり高濃度パルプ液の流動特性の基礎研究、繊維分散方法とその評価法の研究などの要素実験を行い、次いで小規模実験装置を設計製作し、実際に抄紙サンプルを採取して、その透かし地合を評価しながら、それぞれグループに分かれて独自の手法で技術開発を進めた。それらの知見を基に全研究員の衆知を集めて各種の紙層形成実験のできるパイロットプラントを設計、製作した。

表1 Schedule of H.C.F. test

	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Elemental Research	←	→				
Small-scale Experiment		←	→			
Pilot plant Test				←	→	

小規模実験の成果を個別運転実験により検証した後、それらの技術の特徴を組み合わせで実験し、全研究員が参加して総合的な技術開発を行った。

なお、要素・小規模・パイロット実験と段階的に研究をすすめたが、その過程ではそれぞれの実験結果について検討し、必要に応じて以前のステップに戻り軌道修正を行った。

2.2 経 過

実験はまず高濃度パルプ懸濁液において効率よくフロックを破壊し、均一な分散をはかることに研究のポイントを置き、種々の光学的な計測機器を使用して分散状態を観測、評価しながら形状、構造の異なる多くの流路について実験を進めた（要素実験）²⁾³⁾⁴⁾。

その開発した流路をヘッドボックスに組み込んで、小規模紙層形成装置によりウェットシートを抄き、その透し地合を評価しながらヘッドボックスや紙層形成部の改良を進めた（小規模実験）。表2に各グループの小規模紙層形成装置の概要を記す。

これらの一連の研究過程の中で、高濃度であっても十分な攪乱エネルギーをあたえることにより、フロックは破壊され比較的容易に均一な繊維分散をはかることができることを認めた。しかしながら、ヘッドボックス出口において強い余剰の攪乱エネルギーが残留している場合は噴流に乱れを生じ、欠点の多い地合となってしまった。この現象は既にL. Reiner⁵⁾が認めているように、極端な場合は繊維のネットワークが破壊され、穴が多くシートの形状を保ち得ないことがある。

一方、乱れエネルギーを鎮静化させるプロセスを経るとその間で再フロックが起き、シートは形成できても

表2 Small scale sheet forming machines

Type of former	Twin-wire former with quick forming unit	Twin-wire roll former with horizontal wire part	Inclined twin-wire former with shoe type fiber dispersing unit
Location	Motomiya, Fukushima, pref.,	Sakurajima, Osaka city,	Mihara, Hiroshima pref.,
Wire width (mm)	620	500	400
Machine speed (max. m/min)	1,000	1,000	800
Press part (Nip)	4	1	2
Main item of R&D	1: Head box with twisted plate. 2: Quick sheet forming	1: Head box with modified saw blade type plate. 2: Roll former	1: Head box with confluence type unit. 2: Flock breaking on wire

濃度むらの大きい地合となる。フロック化は残留している乱れエネルギー、繊維特性（軸比等）と濃度の影響が大きく⁶⁾、既に認められているように、原料濃度増にともなって加速度的に早く再フロック化が始まる⁷⁾⁸⁾。

これに対して、アールストローム社の開発した“FORMFLOW”ヘッドボックスの基本的な考えは、その短所をシート形成することに利用し、フロキュレーションを防ごうとしないで、ヘッドボックスのなかで継続的な繊維結合（Continuous Matrix or Network）をつくりだすために、フロキュレーションを促進させる。すなわち、繊維結合を継続的につくるために、個々の繊維は十分に微スケールに分散、配列させる。一旦、繊維結合が継続的に形成され始めた時点では残留エネルギーを速やかに減衰せしめることにあり、従って従来の低濃度抄紙法とは全く異なった考えに基づくものであると述べられている⁹⁾¹¹⁾。

我々は薄物上質紙を地合良く抄造することを目的として、繊維を均一に分散し、できる限りその状態を維持し、濃度むらを起こすようなフロック化を抑えて、紙層を形成する技術開発を目的に研究を進めた。

すなわち、開発の方針を：

- (1) 噴流の乱れが少なく安定で、かつ繊維分散の優れた再フロック化の少ない流路の開発。
- (2) ヘッドボックスの噴流を急速にセットし、再フロックの機会を少なくするような急速紙層形成技術の開発。
- (3) ワイヤーパートにおいてフロックを破壊し、均一な分散をはかる技術の開発。

に置いた。

これらの小規模実験による開発成果をパイロットプラントでそれぞれ個別に実験検証を行った後、(1)と(3)

の技術を組み合わせて抄紙実験し、安定した地合の良いシートを作る抄紙技術を探求した。その最適条件下で通常の上質紙用抄紙薬品の添加実験を行い、サンプリングし、シートの品質を評価するとともにエンジニアリングデータを収集した。また、この一連の実験の中で従来型の液圧式ヘッドボックスを用いた低濃度抄紙実験を行い、高濃度抄紙法との比較を行った。

ただし、(2)の急速紙層形成は他の技術との組合せが困難なので、単独で小規模実験により開発を継続した。

3. 研究開発組織

研究開発には紙パメーカから派遣の10名と機械メーカ6名の計16名が参加し、要素、小規模実験は5グループに分かれて行った。パイロット実験は全研究員により行われた。

表3に高濃度抄紙技術開発の組織と主たる開発課題を示す。なお、研究の進捗に応じて弾力的に研究体制を組み対処した。

各グループの主たる要素実験の開発課題は次の通りである。

基礎研究グループは、

- (1) 回転式粘度計を設計製作し、各種原料の流動挙動を研究。
- (2) 抄紙薬品（サイズ剤、分散剤、歩留剤）の探求。パイロット実験計画の策定。
- (3) 小規模実験、パイロット実験等のサンプルシート物性分析、印刷適性、塗工適性等の評価。

前処理研究グループは、

高濃度原料用スクリーン、クリーナーの調査、開発。紙層形成グループは3グループに分かれて

1G；三次元分散流路の開発。急速紙層形成技術開

表3 Organization (HCF)

発。

2G ; (1) 要素流路による濃度むら分散の研究(分散理論の解明とヘッドボックス設計手法確立)。

(2) 鋸歯流路を組み入れたヘッドボックスの開発, 改良。

(3) 噴流実験によるヘッドボックスの評価。

3G ; 合流式流路等による分散研究, ワイヤ上分散技術開発。

なお, この研究に直接参画した研究員は次の通りである。

野村忠義 (山国パ)	吉村三郎 (山国パ)
竹内伸夫 (山国パ)	丹羽文雄 (王子製紙)
後藤真人 (大昭和製紙)	大森吉弘 (相川鉄工)
清水政文 (相川鉄工)	矢ヶ部政宏 (石川島播磨)
和田 清 (日立造船)	野村 實 (三菱製紙)
難波 康 (山国パ)	菅原 洋 (北越製紙)
清水 徹 (日立造船)	安藤美代治 (王子製紙)
三上敏明 (三菱製紙)	蛭原雅文 (三菱重工)

4. 研究開発結果

4.1 高濃度抄紙設備, 機器について

1) 前処理工程用スクリーン

市販スクリーンの中に高濃度で精選効果が高く, 目詰りや脈動の発生も少ないものと見出した。

2) ヘッドボックス

噴流が安定で, かつ繊維分散の優れた流路としての条件は次の2つであることが分かった。

(1) 分散に必要な最小限のエキルギ: 圧損の割に繊維分散の良い構造とすること。なお, 原料流の急速な方向変換, 衝突は望ましくない。

(2) 噴流の安定化: ①激しい攪乱をとまなう分散は初期段階で行い, 出口近くでは温和な分散手段を選ぶこと。②出口周辺での振動を避けること…スライス, リップ周辺は強固な構造とし振動源となるフレキシブルな構造は避けること等である。

鋸歯型流路構造を有するヘッドボックスがこれらの条件を満たすものと評価できた。

3) 急速紙層形成

ワイヤーパート初期部で適正な脱水を行い, コンソリデーションを急速に進めることにより, 繊維分散を維持し良好なシートを得ることができた。この技術は高坪量品にも適用出来ることを認め, 高坪量品用の紙層形成設備を開発した。

4) ワイヤ上分散

ツインワイヤで白水が両ワイヤ上に滲みでるよ

うに分散シェーを配列し, 原料層の中で白水を揺動することにより, フロックを破壊でき, 地合が向上することが明らかになった。分散シェーの形状, 配置部の原料濃度, 配置間隔, 押込量, 段数等がワイヤ上分散技術のポイントであった。

4.2 高濃度抄紙シートの特性

原料にLBKP (セニブラ) を使用し, ヘッドボックス内パルプ濃度 0.7%~3.0%, 填料添加量 0, 10, 20% (対パルプ), 坪量 64 g/m² の条件で抄紙実験を行った。

1) 一般物性

(1) 地 合

高濃度紙は低濃度紙に比較して, シートの濃度むらが僅かに大き目であるが, フロックサイズが比較的小さく, 目視観察による地合は市販上質紙と大差ないと判断された。

(2) 紙 力

引張り強さは濃度の増加と共に低下した。特に縦方向の強度の低下が大きく, 濃度が高くなるにつれて縦横比が 1 に近付いた。

引裂き強さは濃度とは関わりがなかった。

Z 方向の強度は濃度と共に増加した。特に厚物では顕著で, 濃度 3% 時では 1% 以下に比較して Z 方向強度が約 1.5 倍であった。

(3) その他の物性

高濃度抄紙の特徴といわれる低密度化¹⁰⁾は認められなかった。

2) 印刷適性

ローランド印刷機により, 実機スケールで印刷実験し多色印刷適性を有することを認めた。

3) 塗工適性

ブレード型テストコートで塗工実験を行い, 塗工適性を有することをみとめた。

4.3 エンジニアリングデータ

1) ファンポンプ動力消費量

濃度増加にともなう流量減少によるエネルギー減少が, 繊維分散に要するエネルギーの増加を上回り, 全体としての動力消費量は濃度増加にともなって減少した。その程度はヘッドボックスの形式により変わることが明らかとなった。

2) ワンパス歩留 (OPR)

繊維, 填料共に濃度の増加にともなってその OPR は向上した。特に填料の歩留りに及ぼす効果が大きく, それは, 濃度の増加にともなってシートの灰分が高まることから確認できた。

3) 白水循環量

高濃度抄紙による白水量の減少は直接的な利点であり、アプローチ配管径等は約半分でよいと認めた。

4) その他

①濃度増加にともないデッキル部の原料の横流れが少なくなり安定化した。プレス後の有効シート幅がその分広く取れることを認めた。

②高濃度抄紙の特徴として期待された、プレス後水分の濃度依存性は確認できなかった。

③パイロットの前処理工程には脱気装置が無く、低濃度時には気泡による小白点がシート面に現れることがあった。これは紙料濃度を増すことにより消えた。同時にヘッドボックス噴流面の気泡による飛沫がなくなり安定した。紙料濃度を下げることにより、再び飛沫が発生し白点が現れたことから、高濃度抄紙は紙料中の気泡に対して鈍感であるものと推定された。

5. ま と め

高濃度抄紙の基本技術と考えられる、高濃度パルプ懸濁液の繊維分散と噴流の安定化のための流路構造のあり方に関して知見が得られ、高濃度抄紙用ヘッドボックスの用途が得られた。この知見はまた低濃度抄紙にも有効に活用可能であると思われる。

ヘッドボックス噴流から急速に脱水を行い、残存乱れエネルギーを吸収すると共に、急速なコンソリデーション化をはかり、再フロック化を防止する急速紙層形成技術について知見が得られた。これは高坪量紙にも適用できることを認めた。

上下ワイヤ面に挟まれた紙層内を白水が揺動するように工夫されたワイヤパート分散装置が、地合の改善に有効であることを認めた。この技術は高濃度抄紙のみならず低濃度抄紙にも利用できよう。これらの技術により、3.6%（繊維濃度3%、填量0.6%）の高濃度で上質紙（64 g/m²）を600～800 m/minで抄紙でき、それにより省エネルギー化及び設備費の削減がはかれる用途を得た。

今後の課題はヘッドボックスの広幅化と精度の高いリップ構造の開発である。また当面の実用化には、高坪量品が品質、経済性、設備構造から好ましいものと

判断された。

6. お わ り に

高濃度抄紙技術開発は、資源・エネルギー面の制限等に対処する為の紙パ産業80年代のビジョンを踏まえて、昭和55年製紙連合会内に設けられた技術委員会で調査検討された“紙・パルプ業界が当面している共通的な技術検討課題”の中から選ばれた。

研究組合の発足に際して、当時の技術委員会メンバーの方々から貴重な資料等の御教示を受けた。研究の進め方等について、短期間に合意が出来たのはそのお蔭によるところが大きかった。研究開発に際しては組合幹部、通産省の方々から温かい御指導と御鞭撻を受けた。実験設備等の設計、製作、実験、分析等々実際業務の推進に際しては、毎年60名前後の方々の援助を頂いた。短期間で評価に耐える地合の上質紙を抄紙できる技術開発の目的が得られたのは、これらの多くの方々の御配慮によるものであり深く感謝する次第である。

引用文献

- 1) 製紙技術研究組合：紙パ技協誌 投稿中
- 2) 野村忠義：紙パ技協誌 38(1), 111 (1984)
- 3) 清水 徹, 横川 明, 鈴木基光：紙パ技協誌 39(11), 35 (1985)
- 4) 清水 徹, 菅原 洋, 和田 清：紙パ技協誌 40(2), 48 (1986)
- 5) L. Reiner : Journal of Pulpe and Paper Science (3), (1984)
- 6) K. Ekling : Paperi ja puu 5, 317 (1985)
- 7) O. J. Kallmes : Paper Trade Journal 161(2), 44 (1977)
- 8) B. A. Thorp et al : Tappi 68(3), (1985)
- 9) K. J. Grundstrom et al : Paper Technology Dec, 340 (1974)
- 10) K. J. Grundstrom et al : Tappi 59(3), (1976)
- 11) 小林製作所：紙パ技術タイムス 25(3), 53 (1982)