最近のパルプ化技術 (I)

山陽国策パルプ(株) 山 口 章

The State of the Art in Pulping Technology (I)

Akira Yamaguchi

Sanyo-Kokusaku Pulp Co., Ltd.

The state of the art in pulping technology will be reviewed in five or six serial reports. This paper deals with focussing on the following articles.

- 1) General tendency in pulping technology.
- 2) Trend of pulping method and production.
- 3) The state of the art in chipping, screening and handling.

Keywords : Pulping · Chipping · Chip screening · Chip handling.

1. ま え が き

筆者に与えられたテーマは「最近のパルプ化技術」である。範囲はチップ調製からパルプ化までの技術であり、パルプ化の方法は機械パルプを中心とした高収率パルプ、化学パルプ、さらに最近バイオテクノロジー関連で注目されている生物的パルプ化法を含めた広範囲なものであり、5～6編のシリーズ報告となろう。

本稿は第1報であるため、パルプ化技術全般について展望し、次いでチップ調製工程の技術動向に焦点をあてて記すことにした。

2. 全般的な技術動向と課題

わが国のパルプ化技術は急変する社会環境、技術ニーズにこたえて、新技術や新プロセスが開発されてきた。具体的には、1960年代は安価で潤沢な石油の供給の上に、わが国の経済は極めてダイナミックな展開をみせ、高度成長期を築いたのである。石油の潤沢な使用を前提として大規模化による量産メリットの最大限の追求が行われた。連続木釜の設置、大型抄紙機の採用、それに関連してチップ不足、その解消を目的として専用船を用いての外国チップの輸入が開始されたのも、この時期であった。

1970年代に入ると、71年のニクソンショックによる円切り上げ、変動為替相場制への移行、73年、79年と2度にわたる石油ショックによるエネルギー高価格時

代への突入、さらに紙パルプ産業にとってはエネルギーショックと時期を同じくしてのチップショックにより、チップ高価格時代を迎えたのである。かつて60年代末から70年代初頭にかけて、高度成長に伴うひずみとして公害問題がクローズアップし、わが国紙パルプ産業は原料・エネルギーの高価格、さらに公害問題発生による3重苦の時代を迎えたのである。オイルショック以降、一時的な好況期(第2次オイルショック時)を除いて長期不況にあえぎながら諸問題の解決に、特に公害問題の解決には多くの努力が払われ、一応の解決をみたことは、それにタッチしてきた一人として喜ばしい限りである。公害問題の解消を目的として、プロセスの変更、系外処理設備の設置、それらの組合せ等多くの技術が開発された時期である。高収率パルプの分野では、TMPの生産開始とその後の急成長、さらにTMPの改良が研究され実施に移された。化学パルプの分野では酸素漂白の実用化、実用化されなかったが、世界から注目された技術として、日本紙パルプ研究所のPFP法¹⁾、東洋パルプのHOPES法²⁾等があった。70年代の後半から活発な研究が進められたものにキノン蒸解助剤がある。

1980年代の紙パルプ産業は、70年代にクローズアップした原料、エネルギー、公害問題で一応の解決をみたのは公害問題のみであり、原料、エネルギー問題は解消をみないまま80年代に入り、産業環境は従来に増して厳しく、その中でサバイバルを図って行くこと

図1 化学パルプと機械パルプ世界生産量³⁾

図2 わが国のパルプ生産量推移

を強いられている。

企業あるいは業界が取り組まねばならない課題としては多くの課題があるが、技術に関する課題としては、国際コスト競争力の強化をはかることであろう。そのためには、

1) 原料コスト対策として、安価な高収率パルプ化法の開発、原材料の多用化（非木材資源のパルプ化、古紙の高度利用）等がある。

2) 省エネルギー対策として、エネルギー原材料の多用化、廃熱回収、省エネルギー設備の導入、省オイルプロセスの開発等の実用化が是非とも望まれるところである。

現在企業あるいは業界でかかえている技術課題は上記の如く、難題ばかりであり、従来の延長では解決が至難であり、業界一致での共同開発の必要性が痛感される。その意味では昨年発足した製紙技術研究組合

の成功、その成功で研究テーマの拡大をはかり、業界の救世主たらんことを祈ってやまない次第である。

3. パルプ生産量の推移

パルプ化技術の動向について、具体的解説を加える前に、パルプ生産推移からパルプ化技術の変遷をみておきたい。図1³⁾に世界のパルプ生産量、図2にわが国の生産量の推移を示した。世界のパルプの生産量は一定の割合で着実に増加している。

パルプ化法ではSP法は全く伸びていないが、KP法は1975年に一時的に落ち込んだが、以降は着実に伸びている。機械パルプは1978年以降TMPの成長につれ伸びている。一方、わが国のパルプの生産量は1973年以降伸びがなく、むしろ最近では減少傾向になっており、わが国紙パルプ産業の停滞ぶりがうかがえる。

パルプ化法の変遷ではKPのウエイトが大きく、パルプ全生産量はKPの消長に大きく左右されている。SP法は1975年以降減少傾向を示し、SCP、CGP、RMP、GPいずれもTMPの実用化、成長につれ減少傾向を示し、パルプ化法によって栄枯盛衰がはっきり認められる。

4. チップ調整工程

チップの品質と価格は、機械パルプ、化学パルプいずれにおいても、パルプの品質と製造コストに大きな影響を与える。チップ調整工程には、木材の伐採、集材、剥皮、チップング、運搬、貯蔵、スクリーニング等からなるが、チップ価格が高く、それが製造コストの国際競争上決定的なネガティブ要因となっていることからすると、この分野の合理化がもっと検討されても良いような気がするが、わが国から発表されている技術は多くない。

資源の豊富なアメリカが資源の有効利用を目的にした、whole-tree chippingを普及させ、1980年のTAPPIのパルピング会議の資料⁴⁾によると、1979年のアメリカにおける、それ専用のチップパーは732台、チップ生産量は1,900万tとのことである。このシステムは地形、気候、樹種、林相の異なるわが国にそのまま応用できないが、樹皮付きチップから樹皮の分離、石、鉄片等の異物分離技術は、この分野の技術のレベルアップに大きな貢献をしている。

本項で注目される技術として、次の3項をピックアップしてみた。

4.1 剥皮、チップパー、貯蔵とハンドリング

わが国のパルプ工場の使用するチップは購入チップ

表 1 ナイフとチップ品質⁵⁾
CHIP CLASSIFICATION-HARDWOOD CHIPS
(% by Weight)

	Tested by Sweco Laboratory Chip Screen			
	Acceptable chips (1/4" to less than 1 3/4")	Sawdust (under 1/8")	Undersized chips (1/8" ~1/4")	Oversized chips 1 3/4" and up
Turnknife	95.7%	0.5%	2.1%	1.7%
Standard knife	94.4%	0.6%	2.8%	2.2%

と輸入チップに依存し、チップの製造と使用の分離独立になってから久しいが、この間にアメリカ、北欧等では省資源、省エネルギー、脱公害を目的とした技術開発が進められてきている。それらを整理すると、

剥皮工程では、木材の損失を最低におさえるべく、長材のままでの剥皮、冬期凍結材の場合の解凍、公害と樹皮の有効利用のために、乾式剥皮、樹皮の燃焼、燃焼効率を高めるための高水分含有樹皮の脱水、さらに腐熱による樹皮の予備乾燥等、実に徹底化をはかっている。次にチップナーナイフの新しい刃を紹介する。

スウェーデンの Iggesund 社は IB Turnknife System⁵⁾ の実用化に成功した。本システムは両端に精度良く仕上げられた刃を有し、一方が消耗のすると他方を簡単にセットでき、両刃とも消耗したら捨てる、いわゆるディスポーザブルナイフである。ナイフの取替えが短時間で可能、セットが精度良くでき、チップ製造コストが低く、しかもチップ品質が優れているとのことである。図 3 にナイフの構成、表 1 にチップ品質について、標準法との比較を示した。本システムは既存のチップナーにも取付けが可能であり、北欧で普及し、北米でも使用が検討されているとのことである。

チップのハンドリングはエネルギー多消費、ダスト発生が多い空送方式からコンベヤー方式の転換が進んでいる。

次にフィンランドの Veitsiluoto 社⁶⁾ の近代的なチップ処理設備を図 4 に紹介する。特徴をピックアップしてみると、冬期は剥皮を容易にするため解凍コンベヤーを通し、夏は直接バーカに入れる。バーカ前にスラッシャーは使用しなく、長い材をそのまま使用する。樹皮、排水処理設備で発生するスラッジは脱水、加圧などして全量ボイラーで燃焼する。クレーン、コンベヤー関係はすべて遠隔操作で管理できるようになっており、図 4 の設備の運転要員は排水関係に 1 名、ブルドーザ運転に 1 名、全体の管理者 1 名の合計 3 名で運転されており、徹底的な合理化に感心させられる。その他、この分野で注目される技術として Whole-tree Chipping や北欧でみられる根の利用等があるが、わ

図 3 チップナーナイフの構成⁵⁾

が国にストレートに応用できにくいので、本稿では省略したが、部分的には応用可能な技術があり、今後ともその動向には注視して行くことが必要と痛感させられる。

4.2 厚さ別チップスクリーン

チップサイズと蒸解挙動の関係の研究は 1930 年頃にさかのぼり、まさに“古くて新しいテーマ”である。蒸解反応は、固相-液相の反応であるから、蒸解薬液の木材成分に対するアクセス、チップ内への拡散浸透が、反応に大きな役割をもつため、チップサイズが注目されてきたと言えよう。チップ内への薬液の拡散浸透はチップの形状以外に、pH、温度、薬液の種類によって大差がある。化学パルプの主流をなしているアルカリパルプ化法についてみると、蒸解薬液の浸透は繊維方向と繊維直角方向で、ほぼ同速度で行われることが判明し、チップ全体に薬液を浸透させるためには、厚さがキーポイントであり、厚さ別チップスクリーンを用いて、厚すぎるチップを選別し、その部分を再処理し、厚すぎチップによる悪影響を解消しようとするシステムが開発され、普及しつつある。

4.2.1 期待される処理効果

システムのハードの解説に入る前に、期待される処

図4 木材、チップのハントリング⁶⁾

図5 チップ厚みとリジェクト発生量

図6 チップ厚み、K値、アルカリ添加率、リジェクト発生量の関係

理効果を整理しておきたい。伊丹⁷⁾は、わが国で最初のV型チップスクリーンの操業経験の報告で、チップへの均一な薬液浸透に伴う均一蒸解により、ノット率は従来の1/3となり、パルプ中の結束とチリの減少、パルプ強度の10%アップ、その他コスト面の効果を指摘している。ここでこれらの効果と結びつく、実験データをみてみることにする。

図5にチップの厚み分布と厚み別に蒸解したパルプ中のリジェクト量を示した。厚みが12mmを越えるとリジェクトは急増することを示す。図6はチップの厚み別に薬液、有効アルカリ添加率を変更することに

よりK値のレベルを変更し、リジェクト発生量をみた結果である。有効アルカリ添加率が低くなると、厚みの影響をシビアーに受ける例である。このことは逆にチップの厚みが一定以下で均一な場合は、有効アルカリの添加量の消滅の可能性を示唆した例と言えよう。図7⁸⁾には、厚すぎチップの混合影響をみたものである。ここで興味があるのは、同じ厚すぎチップを単独と混合で蒸解した時、混合の方が高いK値を示す点である。これは混合の場合、薄いチップによる薬液消費が速く不均一蒸解になる例と言えよう。次にV型スク

図7 オーバサイズチップの単独と混合蒸解⁹⁾

7) 薬液添加減, かすりファイナーの小型化, セントリクリーナーの負荷減等により省エネルギーがはかれる。

4.2.2 システムの概要

図8 チップ厚みとかす率⁷⁾

リーンで8mmチップを除いた例を図8に示した。さらに経済効果を試算した例を図9⁹⁾, 10⁹⁾に示した。図9は生産量一定の場合の効果であり, 日産750tの工場の場合, 1.75百万ドル, さらに図10は増産がはかれる場合でその場合ノットの再蒸解が不要になり, その分だけ増産が可能になり, さらにダストによるトラブル解消が図かれ, それらを合計すると年間千百万ドルの経済効果が期待できることを示した。これらを要約して記すと,

- 1) 薬液のチップ中への浸透が均一となり, 蒸解もより均一になり, ノットかす, リジェクトは減少する。
- 2) ノットかす再蒸解の減少, 薬液添加の減少等により, パルプ収率の向上が期待できる。
- 3) ノットかす回収にともなう連続木釜でのチップシュート詰り, 木釜内でのハンギング等の解消が期待できる。
- 4) ノットかすの減少により木釜の有効利用, 蒸解時間の短縮, また急速蒸解を可能にし, 生産増がはかれる。

5) K値のパラッキ減, 結束繊維の減少により, 漂白薬品の削減が図かれる。

6) 蒸解の均一性により, パルプ品質の向上が期待できる。

* STARTING POINT 2.5% B.D. KNOTS ON B.D. WOOD.

NOTE

1. TYPICALLY A 50-60% REDUCTION IN THE "KNOT CYCLE" WILL RESULT FROM REMOVING CHIPS THICKER THAN 8 MM IN THE DIGESTER FURNISH. ANNUAL SAVINGS ARE ESTIMATED AT \$1,800,000 OR \$7/ADMT.

図9 日産705t KP工場での厚み選別スクリーンを採用した場合の年間メリット(生産増によるメリットは除外)⁹⁾

現在発表されているシステムとして4社のシステムがあるが, 基本構成は図11に示す如く, (1)厚み選別スクリーン, (2)異物除去装置, (3)厚すぎチップ処理装置からなるが, 各設備とも, 各社で創意工夫がなさ

表 2 各システムの概要

項目	メーカー	RADER社(アメリカ) ¹⁰⁾ 提携 ウノサワ	B. C. (アメリカ) ¹¹⁾ 提携 I H I	WINBERG (スウェーデン) ¹²⁾	M. S. 法 ¹³⁾ 日本・アメリカ合作
厚み選別 スクリーン	名称	V型スクリーン	ディスクリット	ディスクリーン	マルチスクリーン
	原理	円盤V字型配置	円盤フラット配置	円盤バタークッキー型	往復運動ウェーブバー
異物除去	名称	ストーントラップ	ソニックセントリー	サウンドラップ	ソニックバレーブ
	原理	水中比重選別	超音波センサー検知	音響検知と除去	超音波検知と除去
オーバー サイズ処 理	名称	チップスライサー	チップスライサー	チップスライサー	クラッカーロール
	原理	薄く削る	薄く削る	薄く削る	ロールによる割れ目
実 績		29基(1982年)日本3基	6基 (1981年)	2基 (1981年)	開 発 中

* STARTING POINT 25% B.D. KNOTS ON B.D. WOOD

NOTE

1. TOTAL BEFORE TAX BENEFITS IN THE ORDER OF \$4,000,000 (\$16/ADMT) ANNUALLY ARE PROJECTED FOR GOOD MARKET PULP PERIODS.

図 10 日産 750 t KP 工場での厚み選別スクリーンを採用した場合の税引き前全メリット⁹⁾

図 11 システムの基本構成

れており、それらを整理したのが表 2 である。詳細は各社のカタログ、塩田¹³⁾の総説を参考にさせていただき、各設備のポイントのみ解説を加えておきたい。

4.2.2.1 厚み選別スクリーン

厚みによる選別方法として、RADER 社、B. C. 社、WINBERGS 社は円盤の集合体を、図 12~14 に示すように配置し、さらに円盤の表面を注視していただくとお分かりのように、各社によって形状を異にする。さらにシャフトの形状、クリアランスの調節方法にも工夫がみられる。すなわち、RADER 社¹⁰⁾は円盤を V 字型に配置しているのに比して、B. C. 社¹¹⁾と WINBERGS 社¹²⁾はフラットに配している。V 字型とフラットで円盤の回転、チップの流れは図 15、16 のような差がある。いずれも円盤スクリーンの最大の問題点である詰まりを防止して、選別効率をいかに高めるかに多くの工夫がなされている。一方、M. S. 法の場合は、図 17 に示すように、ウェイブドスクリーニングバーがスリットを形成し、これをマルチスクリーンと称しているが、アクセプトはスクリーンを通過し、オー

バーサイズは上部からリジェクトされる構造となっている。

実際の操業では設備の腐食や磨耗も重要な問題であり、材質や設計に工夫がなされている。

4.2.2.2 異物除去装置

表 2 に示したように、各システムによって差がある。RADER 社は湿式、水を使って石、鉄等の異物分離除去法を採用している。B. C. 社は乾式で超音波を利用し、超音波が密度の高い異物を検知すると、シュート

図 12 RADER 社の V 型スクリーン

図 13 B. C. 社のディスクソート

図 14 WINBERGS 社のディスクスクリーン

中のパタフライ等が働いて異物を取り出す方法がとられている。WINBERGS 社はクロミウム板に異物が衝突した衝撃音をプレート後部に設置してあるマイクロ

図 15 V型スクリーンのチップ、円盤の動き¹²⁾ 図 16 フラットディスクのチップ、円盤の動き¹²⁾ 図 17 ウェイブドスクリーニングバーの形状の 1 例¹³⁾

フォンを通して、そのシグナルによって異物除去の窓を開け、異物を除去する。M. S. 法は超音波により異物を検知すると、シュートの 1 部が反転して異物を除去する方法をとっている。

4.2.2.3 オーバサイズチップの処理

RADER 社、B. C. 社、WINBERGS 社はチップスライサーを採用している。チップスライサーは回転式かんな機である。一方 M. S. 法は、ロール破碎法を採用している。本法はオーバサイズチップをロール間に通し、圧縮力をかけ、チップに割れ目を入れ、蒸解薬液の拡散浸透を容易にさせ、チップをスライスしたものと同一効果を得ようとするものである。

4.3.4 チップに割れ目発生処理

木材から蒸解に適した均一なサイズのチップのみを工業的に得ることは容易なことではない。工業的には

チップスクリーンにかけ、不適サイズを分離し、それを再処理することにより解決をはかろうとしている。前項では最近注目されている、厚さ別チップスクリーンと厚すぎチップの処理について記した。本項では種々の方法により割れ目を入れ、蒸解薬液の拡散浸透を容易にし、結果的に適サイズと同じような蒸解挙動を示すようにチップを処理する方法について整理してみることにする。

チップに割れ目を入れ、薬液の拡散浸透を助長しようとする考え、検討は 1950 年代にさかのぼる。割れ目の入れ方と程度によって、本方法のデメリットである繊維の損傷をまねき、紙の強度を損う、さらに均一に大量に割れ目を入れる装置の開発が遅れているためか、工業化が遅れていたが、最近注目すべき動きがあり、実用化は時間の問題との様相を呈してきている。わが国でも最近、大江らの論文¹⁴⁾、塩田の総説¹³⁾がみられる。

大江らはポリフェノール系抽出成分を多量に含有する西オーストラリア産 *E. Marginata* のパルプ収率向上策として、チップのせん断圧縮処理を検討し、

1) 周速を異にする 2 本のロール間でチップに機械的処理を検討し、チップの見かけかさ比重を約 25% 程度まで増加できる。

2) せん断圧縮処理チップは、蒸解が促進され、精選収率の向上、カップー価の減少が認められた。

3) 上記処理程度が激しいと、パルプの紙力低下が見られるが、チップ比重の増加が 15% 程度以下の処理であれば、叩解後の紙力は末処理チップの場合とさほど大きな差がない。

4) 上記紙力低下の一因として、処理チップのパルプ繊維の短繊維化が認められた。等を明らかにしており、これによりチップのロール処理のアウトラインを知ることができよう。

チップに割れ目を入れる技術のポイントは、繊維に損傷を与えることなく、いかにして均一な割れ目を入れるかである。

ロール法をチップ処理に応用しようとする試みが、Whole-tree チップの剥皮で大々的に検討¹⁵⁾されたが、そのフローシートを 図 18 に示した。本法は剥皮が目的のため、蒸気による予備加熱を実施し、それによる剥皮効果を高めている。

チップのロール処理については塩田の総説¹³⁾があり、その 1 部を紹介しておきたい。ロール処理するために

図 18 Whole-tree チップの樹皮分離、スクリーンシステム¹⁵⁾

は、次の工程が必要である。

もちろんチップに方向性を付与しない、無方向性デストラクチャーロール処理もあるが、ここではより望ましい一定方向でチップを供給する方法について記し、次いでデストラクチャー法について記す。

上図でチップの定量供給の方法はすでにあり、異物分離法も前項で記したように、ほぼ確立しており、残るはチップの方向性付与とロール処理が重要テーマとなる。前者には幅広のロータリー式またはベルト式が検討されて、かなりの成果が得られているという。後者、すなわちロールについては、ロールそのものに平滑ロール、ゴムロール、歯形ロールがある。チップに割れ目を入れるためには、2 本のロールの周速度が異なると、ロール間にチップを通す時、チップには垂直方向の圧縮力のほかに、せん断力が作用し、割れ目が入ることの原理を利用しようとするものである。

前述のロールに入るチップの方向性を付与することは、実際には容易なことではなく、入ってくるチップの方向性をロールの形状に工夫を加えることにより調整しようとするアイディアで検討されている。塩田¹³⁾は突歯形のロールの使用を考え、鋭角の粉碎刃(図 19)を、粉碎刃としてではなく低速で割れ目を入れる一連の実験で目途がついたとしている。

この目的を達するには、種々の考案があると思われるが、わが国で本格的検討が開始されたことは喜ばしい限りで、その成果を期したい。(続く)

引用文献

- 1) 中野準三：紙パルプ技術タイムス，16 (11)，(1973)
- 2) 永野 正ら：紙パルプ技術協会第42回研究発表会講演集，6月，(1978)
- 3) Männistö, H. : EUCEPA SYMPOSIUM, HELSINKI (1980)
- 4) Plumer, G. M. : 1980 TAPPI Pulping Conference, (1980)
- 5) Scolland, N. : *ibid*
- 6) Niiranen, M. : 1981 TAPPI Pulping Conference (1981)
- 7) 伊丹明敬：紙パ技協誌，37(1)，(1983)
- 8) Tyler D. B. : 私信
- 9) Axen, A. R. : Pulp & Paper Canada, 84 (5), (1983)
- 10) RADER 社，カタログ
- 11) I. H. I. 社，カタログ
- 12) WINBERGS 社，カタログ
- 13) 塩田博一：紙パルプ技術タイムス，5月号，(1983)
- 14) 大江礼三郎ら：紙パ技協誌，第35巻11号，(1983)
- 15) Sturos, J. A. : 1978, TAPPI Pulping Conference, (1978)

図 19 鋭角刃をもつ粉碎機

紙パ技協誌(新)専用合本ファイル

近年の増ページに伴い、従来の合本ファイルでは、1カ年分をまとめて製本することがむずかしくなりました。そこで、この度新たに半カ年分ずつ余裕を持って製本することのできるファイルを作りました。本誌の活用と保存に最適です。御愛用をお奨め致します。なお、従来のファイルも揃えておりますので、御利用下さい。御注文の際は、新旧の別を御指定下さい。

誌名金文字入・美麗装幀

定価300円 送料は下記の通り(新旧共定価同じ)

冊数 \ 地帯	都 内	第一地帯	第二地帯	第三地帯
1 ~ 2	400円	500円	700円	800円
3 ~ 4	500円	600円	800円	900円
5 ~ 9	600円	700円	900円	1,000円
10 ~ 14	650円	800円	950円	1,100円
15 ~ 19	700円	900円	1,000円	1,200円

代金を添えてご注文下さい。

申込先 ▶ 東京都中央区銀座3の9の11(紙パルプ会館6階) 紙パルプ技術協会