リファイニング技術 III

コニカル ディスク リファイナー 機械パルプ製造のニューリーダー

日本スズデファイブレーター(株) 小 林 成 吉

New Conical-Disc Refiner The key machine for Mechanical Pulping

Seikichi Kobayashi

Sunds Defibrator Japan K. K.

Since the launch of the first conical-disc (CD) refiner in the late 1970's, Sunds Defibrator's CD-Refiner concept has proven extremely cost effective for single and/or two-stage production of TMP, CTMP and other high yield mechanical pulp from wood chips. The key machine shall be the 86 CD refiner, together with other RGP series refiners, to answer modern mechanical pulps go ahead some 33 million tons production in coming 1995.

The main design integrates refiner frame, drop-in shaft unit, refining housing and stator plate to provide an exceptionally rigid machine construction. The rigidity built into the machine minimizes deflections under heavy refining load. The unique conical design plate provides a number of advantages, including good stability, efficient steam separation and excellent load potential. Constant plate gaps are maintained, with help of well known True Disc Clearance (TDC) sensor, over the entire conical disc (CD) and flat disc (FD) zones individually and ensures continuous production of uniform quality pulps.

New generation Sunds Defibrator RGP series refiners have opened wide selection to tailor-made pulping and been installed or sold more than 260 sets in last 12 years; 124 sets of them are CD refiners with connected motors 10—25 MW at 1,500/1,800 rpm.

Conflo refiner CF-82 has also stepped into post stage—a real tool for improve low consistency refining of mechanical pulps. It provides a new development to approach shives removal and/or fiber length adjustment without deterioration of pulp strength properties.

Sunds Defibrator is focusing considerable resources and efforts on various development projects to chart the influence of conical disc angle, rotation speed up to 2,400 rpm, simple stage refining etc. on total energy saving. In the near future, the company plans to launch a wholly new refining concept brought from these development.

リファイニング技術 I 相川鉄工(株)；原料調成用叩解機の現状と叩解動力の削減 (平成3年11月号)

リファイニング技術 II 日本スズデファイブレーター(株)；新型コニカルリファイナー “CONFLO リファイナー” (平成3年12月号)

1. はじめに

1970年代前半までの機械パルプはその大半をストーンGP法により製造されていたが、その後、リファイニング技術によるチップからの新しいパルプ化法が急速に導入され始め、1990年には総生産量3,800万tの約65%がRMP, TMP, CTMPで占められたと推定されている。ディスクリファイナーの設備能力では、既に1988年に2,700万tに達したとも報告されており(P & P CANADA)、最近の景気動向の下降を考慮しても、1995年には3,300万tの設備能力の拡大が予測されている(PPI)。

リファイニング技術による生産方式の急激な転換、及びその生産量の大幅な伸びは、原料事情の変化と製品ニーズの多種多様化に対応してきた製紙及び機械メーカー両者の弛まざる努力によりもたらされ、ここ15年間のTMP/CTMP等の発展の歴史は正にディスクリファイナー開発の歴史とも言える。例えば、1976年当時、日産900tのTMP工場には7系統16台のRLP54型リファイナーを設備したが、今日では日産1,000t工場が2系統5台のRGP86CD型リファイナーで設計されている。エネルギー消費産業の代表とも言える機械パルプ生産は省エネルギーを目標に工場の大規模化、ラインの簡略及び自動化等が求められており、更に抄紙工程を有した総合工場であれ、市販パルプ用の工場であれ、それぞれ独自のパルプを“テーラーメイド”として、よりニーズに合わせて安定供給して行くことが要求されている。リファイナーが大型になればなるほど機械、制御、建屋等の総合設備コストが削減され、更に生産コストも低減される。

Sunds Defibrator社のCDリファイナーに代表される新しいRGPシリーズリファイナーは、これら時代の要請に応えることの出来る最大かつ最良のキーマシンとして、最新機械パルプ製造工場にて高い評価を博している。

2. 機械パルプ製造用大型リファイナー

2.1 リファイナー開発の歴史

Sunds Defibrator社のリファイナーは3メーカーの歴史から始まる。Sunds社はダブルディスクリファイナーを、Defibrator社及びJylhäbära社はシングルディスクリファイナーを独自に開発してきたが、1979年、Sunds社とDefibrator社が合併し、更に1987年Jylhäbära社がこれに統合され、現在、Sunds Defibratorの名前で新しいコンセプトに基づきシングル及びダブルディスクリファイナーを製造している。

現在のRGPシリーズリファイナーの基礎となるシングルディスクRL50S型4MWの開発は1969年に遡り、国内では王子製紙社・苫小牧工場に本格的RMPプラント400T/Dラインとして8台が納入された。次いで1975年にはTMP用加圧リファイナーRLP54S型6.5MWが、1977年にはRLP58S型7.5MWが開発され、国内では十条製紙社・釧路工場と王子製紙社・苫小牧工場に450T/D, 900T/D TMPラインとして相次いで設置された。

その後、生産ラインのスケールアップに対応すべく、70"プレートのリファイナー開発が始まり、リファイニング面積は70"プレート相当を確保しながら、プレート外周速度は58"口径プレートに等しい、コンカルディスクRLP70CD型13MWが1979年Sweden Holmens Bruks社Halstavik工場でスタートした。このリファイナーの成功が以降のCDリファイナー開発の礎になっている。1980年代に入ると、北米を中心として1工場1,000T/Dの時代が本格的に幕開けし、より大型のリファイナー開発が必要となってきた。1983年にはより簡素な、然しながらより堅牢な新世代リファイナーとしてRGP60型が設計された。このリファイナーはカンチレバー機構、別高速駆動のリボンフィードスクリュウ、更に軸受及び油圧組込の1体シャフト機構を有し9.5MWモーターが接続された。同年、このRGP60型シングルディスクを基本的に2台向合せた形状のダブルディスクリファイナーRGP65DD型2×6.5MWも設計され、印刷特性に優れたパルプ製造リファイナーとしてSweden SCA社Ortviken工場に設置された。更に1985年にはRGP76CD型が23MWモーター接続でスタート、北米を中心とした増設ブームにも乗って多数設置された。特

図1 リファイナー大型化の歴史

に1,800 rpm稼働での操業安定と高い生産性が実証され、コニカルディスクリファイナーの時代の到来として、1段大型の究極的リファイナーRGP 86 CD 型 31 MW の登場に至っている。

1965年に最初のRMP 35 T/Dライン用として世に出たRGP 42 型 1.2 MW リファイナーより、現在のTMP 550 T/Dライン用RGP 86 CD 型 31 MW リファイナー迄、この30年弱の間に生産量として18倍、負荷モーター馬力として26倍という大型化が、主としてシングルディスクリファイナーの分野で達成されてきた。この事は前述した機械パルプ製法の発展がディスクリファイナー大型化の技術と共に歩んできた歴史にあることを明確に示している（図1）。

2.2 RGP シリーズリファイナーの特色

現在、生産ラインに組込まれている大型リファイ

ナーは全てRGPシリーズと呼ばれており、

シングル プレーン ディスク型

シングル コニカル ディスク型

ダブル プレーン ディスク型

の3種に大別される。これら機種のプレート構造と原料のフローは図2に示される。

更にディスクの口径により基本7機種に分類される（表1）。

RGP リファイナーは図3に示される如く、その基本構造は主要コンポーネントとしてのリファイナーフレーム、リファイニングハウジング、ステータープレート更にローターディスク付軸受シャフトユニットの組合せにより構成されており、シリーズを通してこれら主要コンポーネントの基本設計コンセプトを同じくしている。これら簡素化された、然しながら高精度で堅

Sunds Defibrator new generation refiners

図2 各種リファイナー、プレート構造と原料フロー

表1 RGP シリーズリファイナー

型 式	プレート寸法 (mm)	重 量 (ton)	接 続 モ ー タ ー	
			1,500 rpm (MW)	1,800 rpm (MW)
RGP 50/54	1,372	12	5	6.5
RGP 60	1,500	18	8	10
RGP 65/68	1,272	22	11	14
RGP 70 CD	1,780	23	14	17
RGP 76 CD	1,930	25	18	23
RGP 86 CD	2,185	27	25	31
RGP 65 DD	1,650	32	15	17

図3 RGP シリーズ、基本コンポーネントの組込

牢なコンポーネントはリファイナーの高負荷下での安定稼働を保証し、また保全上の簡便性を提供している。

シングルディスク型の場合、チップ又はパルプ原料は解繊初期に発生するスチームの逃しを考慮したサイドフィード機構付の大口径リボンスクリューでステータプレート中央部より供給される。他方、ダブルディスク型の場合、原料供給は片方のローターディスクのセンター部を通して、従来の Sunds RSA-1500 シリーズデザインの傾斜スクリーンで行われる。新型 RGP 65 DD 型の特色は2台の駆動モーターがシングル型と同じく機械自体とは完全別個であり、ギアカップリングにより機械とそれぞれ直結されている点にある。

軸受部への潤滑と、ローターディスクの位置調整及び保持の油圧は2台の組合せ油ポンプで供給される。ポンプのうち1台は電動であるが、残り1台はメインシャフトにより機械的に駆動され、電源落ち等の緊急時でもリファイナー本体が惰性空転している間は必要な油量を軸受部に送り、かつローターディスク保持圧油も確保してプレートクラッシュ等の事故を防ぐ。油

図4 シングルディスク RGP 60 型

図5 コニカルディスク RGP 76 CD 型

図6 ダブルディスク RGP 65 DD 型

タンクは機械本体フレーム後方に接続されているが、制御用油及び水パネルは配管、配線接続による別置型であり、保全作業を簡便にしている。

ローターディスクとメインシャフト及び軸受部はカンチレバー型の1体ユニット構造で、万一軸受損傷などの問題が発生した時には、予備のユニットと簡単に交換できる。交換作業は十分な懸架装置が前もって装着してあれば最短で行うことが出来、損傷したユニットは生産現場とは別の修理工場にてゆっくりと行えば良い。

シングルブレンディスク、シングルコニカルディスク及びダブルブレンディスク型の各リファイナーの構造を(図4, 5, 6)に示す。

2.3 ディスク間隙と TDC センサー

ディスク間隙及び保持はガイドバルブを介した圧油機構(図7)により0.01 mmの精度で行われる。CD リファイナーの場合、CD ゾーンの調整はこの圧油機構によるが、FD ゾーンの調整はステータディスクを8本のピニオンと1個の大径ギアの連動機構により、ローターディスクに対して平行移動させて行う。FD と CD ゾーンは各々独立して間隙調整される。

メインシャフトを支える軸受部は3個のスフェリカルスラストローラーベアリングの組合せより構成され、

図7 ローターディスク調整用圧油機構

図8 ローターディスクの安定

最前部ベアリングの架重点とローターディスクの重支点は 300 mm と、図 8 に示す如くオーバーハングによるディスクの面振れを最小に納めており、ディスク間隙を高い精度で保持し、負荷の安定性と高品質なパルプ製造を保証している。また、当然のことながら、大口径ローターディスクが高速回転時の遠心力により反返りを生じないように、ローターディスク自身の設計にも注意が払われており、メインシャフトとの嵌合や重心位置にも特別の考慮が配してある。

更に重要なものとしてディスク間隙の読取りがあげられる。RGP シリーズリファイナーには全て Sunds Defibrator が独自に開発した True Disc Clearance (TDC) センサーが(写真 1) 取付けてある。この TDC センサーはステータープレートに装され(図 9)、リファイナープレート間に発する誘導電流を利用し、連続的に 0.01 mm の精度で実際の操業中のディスク間隙を表示する。センサー表面はステーター側プレートと共に摩耗してゆき、プレート摩耗や解繊温度又は解繊濃度の変動等に対して常に安定して実際のディスク間隙を表示する。このセンサーの測定範囲は 0~2.00 mm で、4~20 mA のアナログ信号として取出され、リミッターを介してリファイナー運転の制御回路に 4 点

図 10 TDC の 4 点シグナル制御

の ON-OFF 信号として利用される(図 10)。

- (++) 1.00~1.20 mm 生産開始スタンバイ位置
- (+) 0.90~1.00 mm 低負荷時の前進リミット位置
- (-) 0.35~0.50 mm 負荷時の前進リミット位置
- (--) 0.20~0.30 mm フィードガード作動位置

これら制御回路のプロセスへの組入れにより、空転時及び負荷時のプレートクラッシュ事故は人的ミスを含めて全て回避できる。また、正確な操業中のプレート間隙の管理はリファイナープレートの大幅な寿命延長をもたらす。

この TDC センサーには PT 100 オームの測温抵抗体も内蔵されており Disc Temperature Monitor (DTM) の機能も有す。加圧リファイニング中の出口ハウジング圧は約 2.5~3.5 bar であるが、DMT は通常 155~165℃であり、実際のプレート間での高压下解繊を示す。解繊中の温度管理は解繊負荷のかけ方や、解繊パルプ濃度の判断指針として十分活用されている。

新しいプレートを組込んだ時は常に TDC センサーの調整を要するが、この時の 0 点調整のためのランニングタッチの確認用として Touch Point Monitor (TPM) が装備してある。

写真 1 TDC センサーと制御電子ユニット

The TDC sensor mounted in:

図 9 TDC センサーの取付

最近の TMP/CTM 生産ラインはこれら TDC/DTM/TPM 等の特殊計器類の採用により、立ち上げからフル生産レベルまで 3~5 分で行われている。

ステップ 1: リファイナーを始めとするメイン機器の起動準備

ステップ 2: メイン機器の起動

ステップ 3: 生産開始

ステップ 4: 生産の管理

生産が何等かの理由で一時的に中断した場合の再生産開始は、ステップ 3 の釦を押すだけで 10~15 秒後にはフル生産レベルに持ってゆける。現在では、たとえば 30 MW 駆動大型リファイナーを設置したラインでも、光ファイバーや CRT 方式採用と適格なプログラミングにより遠方からの自動制御が可能となっている。

2.4 納入の実績

最近 10 年間の RGP シリーズ大型リファイナーの年度別・機種別納入実績を図 11 に示す。LWC 用機械パルプ生産ラインに主として納入されている Jylhä 型シングルディスクリファイナー SD 65 型 (8-12 MW, 1,500 r/m) も含めている。

参考までにこれらのうち我が国に納入されたりファイナーの使用状況を表 2 に示す。

3. コニカルディスクリファイナー

3.1 基本構造と特徴

コニカルディスクリファイナーは、従来のシングルディスクリファイナーの外周部をプレーンディスクに対して 75° (ローターシャフトに対しては 15°) 伏せた形状にした改良型リファイナーであり、外周部コニカルゾーンの設定により、ローターディスクの外径を余

図 11 大型リファイナーの機種別納入実績

図 12 コニカルディスク RGP 76 CD

表 2 国内 RGP シリーズリファイナー納入リスト

納入先	リファイナー	台数	解 織 段	処理量 (T/D)	モーター (kW)	納入年度
大王製紙 伊予三島	RGP 60	2	CTMP/1 次	350	8,000 安川	1984
中越パルプ工業 二塚	RGP 60	2	TMP/1 次	240	6,500 東芝	1986
丸住製紙 大江	RGP 60	3	CTMP/1 次	500	8,000 安川	1988
大王製紙 伊予三島	RGP 60	2	CTMP/1 次	350	8,000 安川	1988
十條製紙 石巻	RGP 65	4	CTMP/1 次/2 次	300	8,500 ABB	1989
山陽国策パルプ 勇払	RGP 65	2	CTMP/1 次/2 次	170	8,500 東芝	1989
十條製紙 釧路	RGP 76 CD	2	CTMP/1 次/2 次	300	16,000 ABB	1990

り大きくすること無しで、リファイニングのプレート面積を大きく増やしている (図 12)。

原料の供給は $\phi 530$ mm のリボンフィーダーにより、円筒状でリファイナーのステータープレート中央部より均等に行われ、一方、初期解繊時に発生したスチームはフィーダーのセンターコアのオープンスペース部より原料供給を防げることなく排出される。リボンフィーダーへの原料はサイドスクリューにより側面からプラグシール状で供される (図 13)。センター部より FD ゾーンの $\phi 1,040$ mm あたりまでは、フィード作用を中心として設計され、更に $\phi 1,370$ mm と FD ゾーンの外周部までは 1 段目の粗解繊用プレート設計となる。この FD ゾーンのプレート間隙はローターディスクに対してステーターディスクをピニオン/ギア機構により前進又は後退させて行い、通常 CD ゾーンの前板間隙より $0.10 \sim 0.20$ mm 広くセッティングされる。

$\phi 1,370$ mm より外周部に向かっては、ローターシャフトに対して 15° の角度を持った CD ゾーンとなり、70 CD では 200 mm、76 CD では 280 mm、86 CD では 400 mm の長さでプレートが伸びている。この CD ゾーンでモーター負荷の大半が解繊エネルギーとして投入される 2 段目の精解繊が行われ、大量のスチームが発生する。発生スチームはローター側プレートの溝に沿って外周部から排出される。CD ゾーンの前板間隙は固定したステータープレートに対してローターディスクプレートを圧油サーボ機構により前進又は後退させて行い、通常 $0.70 \sim 0.90$ mm にセッティングされる。FD 及び CD ゾーンには別個の TDC センサーが装着されている。

CD リファイナーには希釈水の供給口がインレット部、FD センター部、更に CD センター部と 3 カ所ある。これら給水ノズルは処理量、解繊濃度、解繊負荷、リファイナー回転速度等により採用の選択がなされ、

RGP 76 CD

図 13 リボンフィーダーによる原料とスチームの流れ

写真 2 セグメント交換用リグ

またその水量も調整される。通常ブローサンプルの濃度が $44 \sim 48\%$ になるように、また各ゾーンでの解繊濃度がプレート全周面に渡って均一になるように希釈水が補給される。

ローターディスク及びステーターディスクのセグメントは、各々セグメントホルダー上に取付けてあり、交換時は合体した状態で機外に吊出され、別置の交換用特殊リグ上でセグメント交換を行う。あらかじめ予備のホルダーセットにセグメントを取付けてあれば一種のカセット交換となり、約 4 時間でプレートの交換作業は完了し、機械上にて直接 1 枚 1 枚交換する方式に比べ大幅に機械の操業停止時間が短縮できる。セグメント交換用特殊リグは写真 2 に示される。

CD ゾーンの前板間隙はローターシャフトに対して 15° の角度の為、4 倍の精度調整できる。ローターディスクの軸方向 1 mm の移動は、CD ゾーンの前板間隙 0.26 mm に相当する。更に CD ゾーンではプレート間の摩砕圧の大半が半径方向に向い互いに相殺することになるので、リファイニング面積や解繊負荷の増大と比較して軸方向スラスト荷重の増加は最小に納まっている。

3.2 遠心力とスチームの流れ

通常のプレーンディスクリファイナーでは、解繊されたパルプはディスクの径と回転速度に比例する遠心力でブローされる。プレート内のパルプ移動速度はプレートパターン及びプレートの仕上げ面テーパ度合で調整される。解繊中に発生するスチームの流れもパルプの流れ速度に大きな影響を与える。

CD リファイナーにおける遠心力とスチームの流れはプレーンディスクとかなり異なる作用をパルプに与える。CD ゾーンでは比重の高い繊維分はステーター

プレート側に押しつけられ、プレート溝にあるいくつかのバーを乗越しながら外周部へと移動してゆく。遠心力は排出力としてよりも、ステータープレートへパルプを押しつけることにより解繊の補助力として作用し、プレート内の滞留時間も長くなる。一方、解繊中に発生したスチームはローター側プレートの溝底部を自由に流出してゆくの、スチームの量はパルプの移動にはほとんど無関係となり、ブローバックを引き起こさない。CD ゾーンのプレートパターンはこの特殊な動きを考慮し、ローター側とステーター側は全く異なった設計となる。

CD リファイナーの大型化は、この特殊な CD ゾーンにおける解繊分に与える高いリファイニングのインテンシティと、発生スチームのフリーな流出性をより一層追求しようとするのもである。CD リファイナーのディスク径が大きくなるにつれ、また回転数が高くなるにつれて、リファイニング面積あたりの投入エネルギーはより高くなり、結果としてより効果の高いリファイニングが達成できる。

発生スチームの約 20% はフィードスクリュウ部よりバックフローし、チップ等の余熱に使われ、残り 80% はパルプと共にブローされ、加圧サイクロンで分離後熱回収工程に送られる。このように CD リファイナーではスチームのバックフローを最小限に押えながら高濃度リファイニングが成されるので、通常パルプ生産 1t あたり 1.8~2.0t のフレッシュスチームが

図 14 発生スチームの流出方向

3.0~3.3 bar 圧力にてリボイラーから回収される (図 14)。

図 15 はリファイナーディスク径と回転速度との遠心力及び周速度との関係を示し、CD 70 は 58", CD 76 は 60", CD 86 は 63" のブレンディスクに相当している。

リファイニングにおけるディスク面積あたりのインテンシティは、前述のようにディスク径、回転速度、ディスク形状、プレートパターン等の様々の要因に左右され、ディスク内径部と外径部での解繊形態の違いにも大きく影響される。1 次解繊における各種リファイナーのリファイニング面積と、各プレート間でのインテンシティの関係を表 3 に示す。ブローサンプルのパルプ濃度は 44~48% である。シングルディスク型を 1,500 rpm で稼働したときは 1,800 rpm 時に比べて周

図 15 ディスク径×回転速度：周速度／遠心力

表 3 有効面積／インテンシティ／負荷動力のガイドライン
(1次リファイナー, 1,800 rpm)

	RGP 70 CD	RGP 76 CD	RGP 86 CD
有効／面積 cm^2			
供給＋粗砕 (FD)	10,500	10,500	10,500
精解繊 (CD)	9,100	13,000	18,900
	-----	-----	-----
	19,600	23,500	29,400
インテンシティ kW/cm^2			
供給＋粗砕 (FD)	0.57	0.57	0.57
精解繊 (CD)	1.08	1.10	1.14
負荷動力 MW			
供給＋粗砕 (FD)	6.0	6.0	6.0
精解繊 (CD)	10.0	14.5	21.5
	-----	-----	-----
	16.0	20.5	27.5

速及び遠心力の作用によりインテンシティは約0.8～0.85倍になる。また2次リファイナーでは1次に比べて原料特性の違いにより0.75～0.80倍のインテンシティとなる。粕リファイナーにおけるインテンシティは解繊形態が似ている為、2次リファイナーとほぼ同じである。CD 86はCD 76に比べてリファイニング総面積では約25%の増加にとどまるが、最も高いインテンシティのかけられる精砕ゾーンの面積が約45%と大幅な増加となる為、実際の有効解繊能力は約34%増加する。

3.3 パルプ品質の優位性

CDプレート間隙の安定性と遠心力による繊維分のステーター側プレートへの押し付け、更には発生スチームのローター側プレート溝を通っての自由な流出は均一で穏やかな解繊効果をもたらす。

1段解繊TMPラインにおけるシングルプレーン、シングルコンカル、ダブルプレーンディスク型の各リファイナーによるパルプ品質について述べる。1段解繊直後のスクリーン工程処理前のSweden Spruceパルプをサンプルにしている。

図16は解繊エネルギーと引張り強さの関係を示し、リファイナーの型式には無関係に、よりエネルギーを投入すればより引張り強さの高いパルプが得られる。

図17は汙水度と引張り強さの関係を示し、両シングルディスク型はダブルディスク型に比べて同一フリーネスレベルでは高い引張り強度を持つ。シングルコンカル型は常に最高の強度を保持するが、シングルプレーン型は150 m l レベルあたりからフリーネス低下に伴い急速に強度劣化を示す。これはシングルプレーン型リファイナーによる1段解繊の場合、ブローバックを防ぐ為、低濃度で狭いプレート間隙の処理となり繊維のカッティングを引起こしている為で、2段解繊

図 16 解繊電力と引張り強さの関係

図 17 汙水度を引張り強さの関係

の場合には低フリーネスレベルでも引張り強さは上昇カーブを維持できる。1,700 kWh/T のエネルギー投入では引張り強さは皆同一の 37 Nm/g であるが、この時のフリーネスはシングルプレーン型で 150 ml、シングルコンカル型で 200 ml、ダブルプレーン型で 100 ml CSF である。シングルコンカル型リファイナーは同一レベル迄フリーネスを下げてゆく場合最も消費エネルギーが高い。

図 18 は汙水度と結束繊維分の関係を示す。機械パルプの解繊においては、結束繊維分の含有率はリファイナーのディスク間隙の広さと平行性に大きく影響される。図に示されるように、間隙平行性の 1 番低いダブル型が最大の含有率を示し、高濃度解繊のシングルコンカル型が中間を、ディスク間隙の狭いシングルプレーン型が最小の含有率を示している。2 段解繊ライ

図 18 汙水度と結束繊維分の関係

ンにおいてより強度特性を重視したパルプ製造の場合は、シングル型リファイナーは共に高濃度解繊を目指す為、結束繊維分含有率はシングルコンカル型の方がシングルプレーン型よりも優位に逆転するケースが多い。

図 19 は汙水度と光散乱係数の関係で、印刷特性としてのファイン繊維分を多く有するダブルディスク型リファイナーの優位性がはっきり分かる。

北米の市販 TMP 工場におけるシングルプレーンディスク型と、コンカルディスク型リファイナーによる完成パルプの品質特性比較を表 4 に示す。共に Southern Pine を原料とした 2 段解繊の生産ラインであり、図 16～19 に示した 1 段解繊ラインのケースよりもコンカルディスク型の優位性がより明確に提示されている。ほぼ等しい投入エネルギーで同レベル汙水度まで解繊した仕上がりパルプの場合、コンカルディスクは光散乱係数を除いて全ての強度特性で優れており、結束繊維分含有率もはるかに低い。これらの優れた強度特性は長繊維分の保有率の高さによりもたらされ、

図 19 汙水度と光散乱係数の関係

表 4 Southern Pine THP 2 段解繊ライン、プレーンディスクとコンカルディスクリファイナーの比較

		RLP 58 型	RGP 70 CD 型
解繊エネルギー	kWh/T	2,300	2,340
汙水度	ml CSF	75	75
シャイブ含有率	%	0.15	0.05
長繊維分	%	16.5	22.5
中間繊維分	%	22.5	21.0
短繊維分	%	31.5	30.5
密度	g/m²	0.39	0.45
破裂強さ	KPa・m²/g	2.10	2.45
引張り強さ	Nm/g	36.0	42.5
引裂き強さ	mN・m²/g	8.2	10.6
光散乱係数	m²/μg	47.5	45.0

表 5 RGP 76 CD 型リファイナーの CD ゾーン角度による生産量への影響

		CD 1 15° 1,500 rpm	CD 2 22.5° 1,500 rpm
Production rate	t/D	295	350
Refiner motor load	MW	17.8	19.3
Energy consumption	kWh/t	1,440	1,320
Freeness CSF	ml	350	350
BMcNett + 30 mesh	%	49	45
-200 mesh	%	21	21
Shive content	%	2.6	2.8

低い結束繊維率は CD ゾーンにおけるプレート間隙の安定性による均一な解繊効果による。

3.4 CD ゾーン角度の新しい試み

同じディスク径の同型リファイナーによる機械パルプの生産性や品質を比較した場合、ディスク回転速度が高まるにつれよりよい結果が通常見られる。CD ゾーンの新しいユニカル角度 22.5° が RGP 76 CD-2 型リファイナーにより Norway, NSI 社 Skogn 工場の TMP 1 次解繊段でテストされた。

表 5 に CD ゾーン角度 15° と 22.5° による比較データを示す。1 次解繊出口の繊維長の分布や汙水度はほぼ同じレベルを保つが、CD 2 (22.5°) リファイナーでは処理量を約 19% 増やすことができ、その結果として解繊エネルギーが 120 kWh/T セーブされた。これは CD ゾーンにおける遠心力の増加と、発生スチームのよりスムーズなブロー側への排出によると考えられる。他の工場でのテストでは CD 2 リファイナーの 1,500 rpm 運転データは CD 1 リファイナーによる 1,800 rpm 運転データにほぼ近い結果を示した。

4. 低濃度用ユニカルリファイナー

機械パルプの調成は一般的に低濃度 (LC) リファイニングが採用され、この場合、結束繊維分の減少とパルプ汙水度の調成を目標とし、パルプ強度特性、特に引裂き強さの劣化は避けられないものとみなされてきた。然しながら、ユニカルディスクリファイナーの低濃度リファイニング分野への適用は新しい展開を示し始めている。ユニカルディスクリファイナーの特性であるディスク間隙保持の安定性と、穏やかな解繊の効果は低濃度の分野でも実証された。Conflo CF 82 型は高濃度リファイニングの場合に供給安定として必要な FD ゾーンを省き、全面 CD ゾーンのプレート構造になっている (図 20)。

Capacity	200–500 tpd
Pulp consistency	4–5%
Motor effect	2 MW
Operating pressure	200–300 kPa
Post refining of TMP	ΔCSF 25 ml
Energy consumption	150 kWh/ADMT

図 20 低濃度用ユニカルリファイナー Conflo CF 82 型

Sweden, SCA 社 Ortviken 工場では当初、軽量新聞用紙混入用 TMP の結束繊維分減少効果を期待して CF 82 型を導入した。その結果は大変に良好であったが、同時に坪量に関連する強度特性や表面平滑度が、従来の低濃度リファイニングに比べて大幅に向上し、その好結果に基づき更に 1 台が LWC ラインにも増設された。図 21, 22 は 85 ml CSF パルプを 65 ml CSF まで 150 kWh/T の負荷でリファイニングした時、結束繊維分の 55–60% の減少、引張り強さの 10–12% の増加を示している。この解繊負荷 150 kWh/T 位までの処理では、長繊維分のカッティング作用は抑制されており、引裂き強さの減少なしで (図 23) パルプ特性の改善が達成され、Ortviken 工場では化学パルプの組

成分量をかなり少なくした LWC 抄紙に成功している。

TMP/CTMP の 1 段処理の場合は高濃度 (HC) 解繊のみでは引張り強さを増大させる為、また解繊の長さ調成の為に一定レベル以下のフリーネスまでリファインすると、CD リファイナーでもあってもある程度の引裂き強さの犠牲は避けられない。

図 21 LC リファイニングによる結束繊維分の減少効果

図 22 LC リファイニングによる引張り強さの増加

Sweden, Stora 社 Kvarnsveden 工場では、この問題を解決すべく TMP 生産ラインに CF 82 型を設置し、HC リファイニング 1 段処理していたものを、HC+LC リファイニングの 2 段処理に改造した。生産量 225 T/D にて 1 段目は RGP 76 CD 型で 48% の高濃度解

図 23 LC リファイニングにおける引裂き強さの減少

図 24 HC 1 段と HC 2 段解繊の引裂き強さと引張り強さの関係

表 6 Kvarnsveden 工場における HC+LC 2 段解繊

		1 次 RGP 76 CD	2 次 Conflo CF 82
解繊動力	kWh/T	1,690	100
解繊濃度	%	48	4
フリーネス CSF	ml	180	155
B Macnett + 30	%	50	48
-200	%	25	26
結束繊維分	%	1.0	0.65
引張り強さ	Nm/g	35.2	40.5
引裂き強さ	mNm²/g	8.4	8.7
光散乱	m²/kg	48	49

図 25 最新 TMP プラント 550 T/D

織, 2 段目は CF 82 型で 4.3% の低濃度解織, 1 次出のフリーネスは 180~190 ml, 2 次出のフリーネスは 120~160 ml/あたりまで進めて, 引裂き強さは同じレベルを保ちながら引張り強さを 10~12% 増大できた。引裂き強さを 6% 程減少させても良いときは, パルプフリーネスが 120 ml/CSF になるまで解織を進め, 引張り強さ 16% 増大の結果を得ている (図 24)。

表 6 に Kvarnsveden 工場における最近の操業データを示す。1 次の HC 解織では 48% のブロー濃度で 1,690 kWh/T の解織負荷を, 2 次の LC 解織では 4% 供給濃度で 100 kWh/T の解織負荷をかけている。パルプの汙水度は各出口にて 180 ml/及び 155 ml/CSF の範囲にとどめている。2 次 LC 解織段で引張り強さを 15% 増大させながら, 引裂き強さを同じレベルに保っている。これは繊維長の分布に見られるように, LC 解織で何等のカッティングも起こしていない事に起因しており, 一方, 最大の目標である結束繊維の含有率は 35% 減と非常に良い結果で操業されている。

5. おわりに

新しい機械パルプとして多種多様のニーズに応じてきた TMP/CTMP 製造の発展は, 常に大型リファイナーの開発により支えられてきており, ここに紹介したコニカルディスク型リファイナーは更に 21 世紀へ向っての飛躍のニューリーダーを目指している。Sunds Defibrator 社もまた, 40 年に渡り培われた知識と経験を生かし, 常にファイバークプロセスのリーダーとしての役割を担い続けるよう数々の開発, 研究プロジェクトを追求している。

ディスクリファイナーにおいてはコニカルディスク型のコンセプトを基本に, “コニカル角度の繊維分と発

生スチーム移動への効果”, “コニカル角度と回転数による遠心力が解織インテンシティに与える効果”, “解織処理段階の簡素化と HC, LC リファイニングのあり方”, “リファイナー・プレートのパターン開発” 等が当面の課題である。既に 76 CD では新しいコニカル角度 22.5° の開発テストは完了し, 前述の Skogn 工場に加えて Sweden, Stora 社 Kvarnsveden 工場においても 225 T/D TMP 生産が 1,500 rpm 運転にて 1,800 rpm 運転時と遜色ない品質で生産されている。新型 RGP 76 CD 2 の開発は電源周波数による操業範囲の制約を解消し, より広いプロセスの選択, 設計を可能にしている。

最後に RGP 86 CD コニカルディスクリファイナーを中心に置いた最新 550 T/D TMP プラントのフローを図 25 に紹介する。30 MW 駆動のリファイナー 2 台の 1 ラインで構成され, 3 bar のフレッシュ・スチームが 40~45 T/H 回収エネルギーとして利用できる。本フローには示されていないが, スクリーン工程を含めてリジェクトパルプのハンドリングや LC ポストリファイニングも軽量化する紙匹の要求に対処してゆく上で重要となる。パルプの品質管理も “テラーメード” パルプ生産には欠かせないものとなりつつある。遠方より完全自動操業される生産ラインへのパルプ品質の適時なフィードバックは Pulp Quality Monitor (PQM) で行う。この PQM 装置は生産されたパルプのフリーネス, 繊維長分布, 結束繊維含有率をラインより直接 4 ポイントサンプルし, 10 分毎に自動計測の上管理データとして表示する。TMP/CTMP の市販パルプ工場の多い欧米では 50 台を越える PQM が On-Line で制御回路に組込まれ, 操業と品質の安定を保証している。