

世界の森林の現状と産業植林の課題

一般社団法人 海外産業植林センター
大淵弘行

FAO が 2010 年に行なった『世界森林資源調査 2010』をもとに、世界の森林の現状について解説した。

世界の森林面積は、1990 年代よりペースダウンしたといえども、2000 年代に入ってから年平均で約 13 百万ヘクタールずつ減り続けており、植林による増加を加えても年平均で約 5 百万ヘクタールの純減である。世界人口は増え続けており、農地開発や燃料木材需要等の伐採圧力により、今後も世界の森林面積は減り続けると思われる。将来的に農地との競合が出てくるので、新規に植林できる場所は余りないと考えらるべきであろう。

産業植林の今後の重要課題として二つ挙げることができる。一つ目は限られた植林面積の生産性を上げることであり、そのために育種改良と育林技術の向上を続けて行く必要がある。二つ目は劣悪地でも育つような樹木の開発や市場の開拓に力をいれる事が必要になって行くと考えらる。

(本文 3 ページ)

KP 蒸解装置の変遷とその基礎

MIP コンサルタント事務所
岩崎 誠

世界もわが国もパルプ生産量の中で、KP が最も多い。その生産量の増加に貢献したプロセスには、連続蒸解釜（連釜）、連続漂白、および回収ボイラーも含めた連続的な薬品回収がある。中でも、連釜は、1950 年に 1 釜 50 t/d の生産量でスタートしたが、僅か 65 年の間に 80 倍の生産をするに至った。生産量ばかりではなく、その蒸解装置も浸透・蒸解・洗浄を 1 ベッセルで行う方法から、浸透と蒸解の機能を分離した 2 ベッセルに変わり、洗浄も釜内および後段で高温・高圧下で洗浄する方式も導入されてきた。

一方、1970 年代の漂白排水のダイオキシン問題から、銅価はできるだけ下げつつ、パルプ収率や強度は維持する高い脱リグニン選択性のある蒸解法が望まれ、その研究はスウェーデンの大学や研究所で行われた。これらの研究成果を基にして、MCC（修正蒸解法）、ITC（全缶等温蒸解法）、Lo-solids（釜内固形分の低減）、BLI（黒液を浸透段に使用）などの新しい蒸解法が 1980 年から 1990 年にかけて続々と開発された。わが国では、1990 年以降に開発された Compact 蒸解も含めた新しい蒸解法が、KP 連釜 40 基のうち約 60% を占めるに至った。

本稿では、これらの項目と蒸解の基礎となる脱リグニンの化学についても述べる。

(本文 13 ページ)

白液電解ポリサルファイド蒸解法 開発と実用化

日本製紙株式会社 総合研究所
黒須一博

白液の電解酸化によるポリサルファイド(PS)製造技術、および蒸解工程をはじめとするクラフトパルプ(KP)プロセスへの、この技術の統合によりもたらされる効果について述べる。

本技術は電解槽を用い、陽極において白液を電解酸化することで高濃度の PS を極めて高効率に生成し、また陰極において苛性ソーダや水素が得られる。この技術を白液の分割添加を基本とする修正蒸解と組み合わせることで、理想的な蒸解が成立して高い収率向上効果が発現する。また得られる苛性ソーダを酸素脱リグニン工程などのアルカリ源として利用することで、非常に完成度の高い KP プロセスが実現する。

「白液」の「電解」は非常にユニークな技術であり完成には長い年月を要したが、我々は 2012 年にこのプロセスの実用化に成功し、それと共に、それまでラボレベルでの確認に留まっていた高いパルプ収率向上効果などが実操業で確認されてきている。本稿では以上に加え、技術的な課題への取り組みや開発の経緯についても紹介する。

(本文 23 ページ)

クラフトパルプの蒸解助剤について

—SAQ[®]が使い続けられている理由—

川崎化成工業株式会社 キノン営業部
田中潤治

クラフトパルプ工場においてパルプを効率的に製造することは、パルプ増産や蒸解薬品の削減に伴うコスト削減だけでなく、環境保全および化石資源や森林資源を有効に利用する観点からも大変重要である。クラフトパルプの収率を向上させる技術として、蒸解助剤が用いられている。現在も用いられているものとして、ポリサルファイドとキノン化合物（SAQ[®]やAQ）、界面活性剤が挙げられる。

特にSAQは、国内のクラフトパルプ工場において1976年から使われ続けている。その理由として、原料チップへの浸透性の良さ、パルプ化工程において様々な派生効果が得られること、全ての樹種に適用可能であることが挙げられる。そして、弊社が長年にわたってSAQの効果的な使用方法や様々な問題解決を提案し続けてきたことも、SAQをお使い戴いている理由の一つなのではないかと考えている。

(本文 29 ページ)

パルプ化工程におけるスケール対処方法

ソレニス アジアパシフィック
レッカ バーラティ
(翻訳) 株式会社理研グリーン

無機スケールの蓄積はほぼ全てのパルプ及び製紙工程で起こる現象だが、微量金属イオンが存在し、スケール結晶化が始まるための非常に良い条件が工程内に揃っている為である。スケール問題軽減には木材由来の微量金属を減らすことが重要で、木の品質、原料調整、樹皮除去システムの改良が必要であるが、完全に原料中の原因物質を取り除くことはできない。

パルプ漂白工程でのスケールには、炭酸カルシウム、シュウ酸カルシウム、硫酸バリウム他がある。様々な工程で沈殿したカルシウムは不安定で、後半の漂白工程で溶けたり、再沈殿したりする。スケール問題を減らす為には微量金属の漂白工程での挙動、及び操業条件がスケール成長にどの様に機能するか理解し、調整することが必要である。

エバポレーターでは固いスケール（カルシウムによる）と柔らかいスケールが見られ、後者には可溶性ナトリウム塩のバーカイトとジカーボネートがあり、黒液濃縮度他が結晶する物質に影響する。黒液処理量の安定、ボイラーの燃焼灰の取り扱い、蒸気量の制限、トル油レジン等の効率的除去、操業条件の安定、がスケール問題軽減につながる。

操業要件とスケールを作りやすくする条件は相反しているため、操業条件の調整でスケール発生を全て防ぐことはできないが、スケールに応じた対応を取ることで問題を軽減することは可能で、またスケール防止剤の使用も効果的、経済的な手段となる。

(本文 33 ページ)

バイオリファイナリー事業の操業経験

王子製紙株式会社 米子工場 パルプ部 DKP 課
中村 優

世界の人口の増加や一人当たりの繊維使用量の増加により、レーヨンの原料となる溶解パルプ（Dissolving pulp, DP）の需要は、今後、年率7~12%で成長することが予測される。王子製紙株式会社では紙の需要減少が見込まれる中、事業構造転換の一環として、DP事業への参入を決めた。DP製造方法は①既存設備の有効利用・初期投資の削減、②連続蒸解法の開発、③ヘミセルロースを多く含む排水の有効利用が可能、という利点がある前加水分解-クラフト法（DKP）を選択した。

2014年、米子工場において「バイオリファイナリー効率的一体型連続工業プロセス」として、DKP製造プロセスとDKP製造の副産物として発生するヘミセルロースからフルフラール等の有価物を連続的に製造する世界初のプロセスをスタートさせた。5月より営業運転を開始し、現在まで高品質のDP製品を安定的に生産できており、ユーザーから高い評価を得ている。

本稿ではDKP製造設備への改造の概要、および立上後の操業状況について報告する。

(本文 39 ページ)

木質資源のバイオリファイナリー利用

日本製紙株式会社 研究開発本部
種田英孝

石油資源の代替や二酸化炭素の削減などの理由からバイオマス由来の化学品が注目されている。欧米でも大規模な研究開発が開始されているが、実用化されているのは可食性バイオマスを使うプロセスであり、食糧との競合が課題になっている。この点では非可食性であり、生産・流通・利用のインフラが整備されている木質系バイオマスは有利であるが、その堅牢性ゆえの分解・分離が技術的に難しい。木質の特徴であるリグニンについては難分解性であり、活用が難しいが、それらを克服することで競争力のある製品に繋げる技術開発が必要である。製紙産業は以前よりバイオマスリファイナリーを行い、パルプを製造し、リグニンを燃料として使ってきている。今後は木材の3成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンをそれぞれの特徴を生かした形で化学品の原料として活用する技術を展開させることで、保有する森林資源の有効利用と既存技術を活用する道を拓くことが重要である。

(本文 43 ページ)

原料品質低下に対応する最新 DIP 関連技術の紹介

—製品品質の確保及びシステム効率化と歩留低下への対応—

相川鉄工株式会社 技術部 技術課
奥村順彦

近年、中国を筆頭とする海外への良質古紙の輸出傾向に加えて、国内における紙の消費低迷に由来する古紙発生の低減とも相まって、国内において良質な古紙原料の確保がさらに厳しさを増している。

国内における古紙利用率の更なる引上げの為に洋紙分野における古紙利用率の増加が望まれるが、良質な古紙原料の確保が困難な現状では、より低級な古紙を原料として利用すべく検討を進めていく必要がある。

本稿では、洋紙 DIP ラインに低級古紙を使用した場合に、原料古紙に含まれる多数の異物や禁忌品による歩留低下の懸念、製品品質の確保や設備追加に伴う消費動力増など数々の課題に対して、以下三つのテーマに分けて紹介する。

1) 品質改善に寄与する設備

- ・ MaxiCylinder：精密製造設備による高精度・高効率スクリーンバスケット。
- ・ MaxiRotor：各用途に適合したアウトワードスクリーン用ローター。
- ・ HyperCell：高 G/L 強制給気方式直列 Box 型フローテーター。
- ・ UV Breaker：UV インキや昇華性インキ対策に有効な強力高効率 4 軸ニーダー。
- ・ ConiDisc：ショートパスが無く繊維損傷が少ない複合刃物型高速ディスパーザー。

2) システム合理化に寄与する設備

- ・ 洋紙 DIP ラインの合理化：分級システムによる合理化の利点と課題点。
- ・ MaxiFractionator MFN：最適化されたフラクショネーターによる理想的な分級。
- ・ MaxiDeflakingSaver MDS：離解機構付リジェクトスクリーンによる歩留改善。

3) 既存機器の性能改善に寄与する設備

- ・ 連続式高濃度パルパーシステム：ストレーナー付高濃度パルパー+MaxiDrum。

- ・アプローチスクリーン強化：ダブルダイリュージョンシステムによる除塵強化。
- ・抄紙機洗浄装置：カンバス、ワイヤー、フェルト洗浄により抄紙機の操業性改善。

(本文 47 ページ)

中国は近代的な機械パルプ Andritz P-RC APMP を選択

—ヨーロッパや日本はこれから何を学べるか?—

アンドリッツ株式会社 技術営業部
福沢民雄

Andritz AG (Austria)

Peter Brauer, Johann Grosalber, Heinrich Munster

中国は過去 5~6 年で紙の生産を 1 億トン/年にまで倍増し、今日では世界の主要生産国になった。一方、慢性的な木材の不足と、世界市場レベルのエネルギー価格にもかかわらず、機械パルプの生産量は同じ時期に、3 倍以上に増加している。主なグレードは、エネルギー効率が高い P-RC APMP プロセスを使って生産される印刷・筆記用紙、板紙、ティッシュ用の高収率の化学機械パルプである。

具体例として、上質紙への機械パルプの使用が大幅に増えている。白色度 83~86% ISO、フリーネス 250~350 ml CSF のパルプは、短繊維クラフトパルプの代用として、上級印刷用紙に最大 25% まで使用されている。特に中国では、紙の機能性は主要な関心事ではなく、伝統的な規格もない。

中質紙の耐老化性に関する限り、最近の調査では、抄紙機をわずかにアルカリに維持すれば、リグニンを含んだ紙の強度がリグニンを含まない紙の強度と同じくらい安定することが示されている。リグニン含有量制限の緩和によって、ヨーロッパの製紙工場における機械パルプの使用が促進されつつある。

エネルギー効率の良い機械パルプを使用することにより、下記のような持続可能性基準に合致する。つまり、①化学パルプ (KP) より高い収率 (歩留り: 約 90%)、②木材の材料としての使用、③従来の機械パルプより低いエネルギー使用、④望ましくない気候地域での急成長可能な材種の使用、⑤栽培中の 1 ヘクタール当たり高い木材収穫量、⑥小規模で経済的に実現可能な一貫製造設備等 (KP 製造設備費の約 1/3 程度) の可能性である。

本稿では、エバポレータや嫌気性処理など、最新の排水処理技術に関する情報を含めて、一連の最新設備、包括的な消費量、運転データを示す。

(本文 55 ページ)

プレス洗浄機を D₀ 漂白段に設置することによって 期待されるメリット

バルメット株式会社 パルプ&エネルギー設備プロジェクト部
具 延

バルメットが開発した第 5 世代のプレス洗浄機 (Twin Roll Press Evolution, TRPE) は、出口濃度を高く維持できること、洗浄効率が低いこと、供給濃度の幅が広いこと、プロセス条件の乱れに対して迅速に対応できること、機器の操業が非常に安定であることなどの特徴を有する。このために新規ファイバーラインの洗浄工程と漂白工程で広く使われている。また、既設ファイバーラインの改造においても、老朽化した既設洗浄機を更新する際に優先的に選択される洗浄機となっている。

本稿では、ディフューザ洗浄機を用いた既設 D₀-E_{OP}-D₁ 漂白工程の D₀ 段にプレス洗浄機を導入する例を取り上げ、プレス洗浄機の設置によって期待されるメリットを考察することとする。即ち、①既設 D₀-E_{OP}-D₁ 漂白工程においてプレス洗浄機を D₀ 洗浄機として設置する場合の最適な液回しの方法、②プレス洗浄機を取り入れる前後のマス&ヒート、及び洗浄バランスのシミュレーションとその結果の比較、③各漂白塔の入口 COD 濃度の減少によって期待される漂白薬品の低減、について考察することとする。

(本文 61 ページ)

シリーズ

製紙産業の技術開発史：蔡倫から近代製紙産業の誕生前夜まで

第5回：製紙産業と経済・文化とのかかわり

飯田清昭

紙には2000年の歴史がある。人々がその価値を認めて、2000年間使い続けてきたのである。一方では、使ってもらえるように2000年間に亘り技術開発を続けてきた。個々の技術開発は、その当時の社会の経済・文化と大きくかかわっていた。

歴史的に、紙の使用量は社会の豊かさ（例えばGDP）と強い相関があった。社会が安定し、豊かになると紙の需要が増し、それを満たす技術開発が生まれてきた。蔡倫による紙の発明は後漢の発展期であり、竹パルプの開発は唐・北宋の中国文明の爛熟期であった。イタリアはルネッサンスの発展期にゼラチン処理の書籍用紙を開発、オランダは17世紀の最盛期にHollander beaterで動力革命を演出、イギリスは産業革命の先頭に立っていた19世紀に抄紙機を開発した。

これらの技術開発でコストが下がった紙は印刷技術の発展を促し、多種の印刷物が社会に出回るようになった。日本では、江戸時代に和紙の特性と木版印刷を組み合わせ、いろいろの印刷物が出版された。さらに紙は日常生活で、素材としても種々に利用された。

紙は、世界の広域国家（中国王朝や中央アジアで栄えた大帝国）において、統治の伝達的手段として重要な役割を果たしてきた。一方、ヨーロッパでは活字印刷を発展させ、生産性を上げた紙とコストを下げた活字印刷が組み合わさって、印刷物が広く社会に普及・利用された。その規模は日本をはるかに凌ぐもので、ルネッサンス、宗教改革、啓蒙主義、産業革命と続く社会の変革を引き起こした。

Kremerが100年前に述べたように、紙に記すことで可能になった知的活動の開花が新しい文明の時代を生み出した（Blossom of mental activity made possible by paper started a new era of civilization.）。

（本文67ページ）

研究報文

トイレットペーパーのカーボンフットプリント（CFP）の試算

—富士市の家庭紙工場の例—

千葉科学大学 危機管理学部
安藤生大
静岡県富士工業技術支援センター
齊藤将人
丸金製紙株式会社
鈴木基之

本研究では、静岡県富士市に位置する家庭紙工場で生産された再生紙トイレットペーパー6個パック製品について、CFPの試算を行った。試算にあたっては、調査した工場で生産しているトイレットペーパー以外の製品の生産割合も考慮し、可能な限り1次データを使用し、それ以外についてはカーボンフットプリント制度商品種別算定基準（PCR）「紙・板紙」（PPR-025）に則って計算した。

その結果、2406.9 g-CO₂eq/パックとの結果が得られた。トイレットペーパー1個あたりでは、包装・梱包資材を含めて401.15 g-CO₂eq/個となった。CO₂排出量の段階毎の内訳は、原材料調達段階で140.63 g-CO₂eq/パック（構成比5.8%）、生産段階で1824.57 g-CO₂eq/パック（75.8%）、流通・販売段階で329.13 g-CO₂eq/パック（13.7%）、廃棄・リサイクル段階で112.57 g-CO₂eq/パック（4.7%）となった。

CFPを削減するには、CO₂排出割合が高い生産段階において、省エネの推進や原単位の低い再生可能エネルギー

ギーの導入など、エネルギー由来の CO₂ 排出量の削減対策を行うことが効果的であると考えられる。例えば、風力発電等のグリーン電力証書等により、発電原単位の少ない電力の導入などが考えられる。また、CFP の計算にあたっては、各種排水処理剤の原単位を整備する必要があること、さらには PS の具体的な処理法を想定した PCR を作る必要があること等の課題が明らかとなった。

(本文 86 ページ)
