



パルプ工業の動向と問題点

右田伸彦

去る3月20日、東京大学農学部教授、農学博士、右田伸彦先生が当場を訪問されました機会に、パルプ製造技術の動向を中心に御講演をいただきましたが、木材化学工業の基幹であるパルプ産業の動向について知っておくことは、木材工業関係者にとっても、いろいろ参考となる点が多いと考えられますので、ここに講演の要旨を掲載させていただきました。紙数の関係もあって、十分意を尽し得ない点も多いかと存じますが、予め御諒承いただき度く存じます。
(文責、林産試、鈴木弘)

1. わが国のパルプ工業の推移

戦後のわが国のパルプ製紙工業は、かつてこれらの中心であった樺太の喪失などにより、大きな打撃を受けたが、旺盛な需要と外貨不足下における輸入制限などにより急速に発展した。また近年では製造技術の進歩も加わり、資源上の不利を克服しながら高度の発展を続けている。

たとえば、昭和21年のパルプ生産量は、大正年間の中間の水準である20万トン程度まで低下したが、昭和28年には戦前の最高記録である昭和16年の126万トンを軽く凌駕した。その後も生産量はひきつづいて激増し、昭和34年には300万トンを越え、昭和38年は458万トンとアメリカ、カナダ、スウェーデンについて世界第4位のパルプ生産国の地位を占めるにいたった。

この国のパルプの種類別生産比をみると、著しい消長があったことがうかがえる。溶解パルプ(DP)についていえば、戦前昭和9~12年当時は樺太で少量が生産されていたに過ぎず、その量は全体の5%前後で、国内に必要なDPの大部分を輸入していた。これが昭和16年には29万トン、23%に達し、戦後はDPと製紙用パルプ(PP)とがほぼ15:85の比率を保ちながら生産を拡大してきたが、最近ではレーヨン生産の伸びの頭打ちと紙の需要の激増から10%以下に低下している。

また製造法別の生産比率は第1表に示す通りである。すなわち、戦前全体の過半を占めていた亜硫酸パルプ(SP)が今日では20%以下に低下し、これに代

って硫酸塩パルプ(KP)が昭和26年頃から急速に伸び、今日では全パルプ生産量の48%を占めるにいたった。さらに注目すべきことは、セミケミカルパルプ(SCP)やケミグラントパルプ(CGP)のような新しい種類の登場である。

第1表 製法別パルプの消長(%)

パルプの種類	昭9~12	昭30	昭34	昭38
GP	42	35	29	19.5
SP*	52	41	28	15.6
KP	6	20	34	48.0
SCP, CGPなど	—	4	9	16.9

注：*亜硫酸法によって製造されたDPを含む

2. パルプ原木の変遷

パルプ原木樹種の変遷は、製法別パルプの消長やパルプ製造技術の動向と不可分の関係がある。

パルプ原木の消費量は、戦前の最高を記録した昭和16年で445万 m^3 であったが、昭和30年には800万 m^3 、昭和34年には1,100万 m^3 、昭和38年には実に1,529万 m^3 に達した。しかも戦前は樺太がパルプ材の生産地であり、昭和16年に例をとれば、255万 m^3 約60%は樺太材であったので、戦後内地森林に課された負担はあまりにも苛酷であったといえよう。この負担を軽減するために、従来あまりパルプ原料に使われなかった広葉樹材の大量利用と廃材や製材の層材などのチップ化が軌道に乗ってきたことは特筆すべきことであり、昭和37年にはチップ使用量は全パルプ用材消費量の約40

%を占めるにいたった。

なおこのようにパルプ材の消費量が著しく増加した結果、わが国の全木材消費量（燃料を除く）に対するパルプ材の比率は著しく増加し、戦前の最高を記録した昭和16年でさえ10%以下であったのが、昨今では大よ30%を越えるようになった。

パルプ原木について戦前と戦後とを比較する場合に注目されることは、前述のように単なる量的相異だけでなく、質的相異すなわち樹種の著しい変化である。戦前のわが国のパルプ原木はエゾマツ、トドマツの北洋材でほとんど全部が賄われていたが、樺太の喪失によってわが国のパルプ工業はその原木の全てを内地材に仰がねばならなくなり、こゝに大きく浮び上がったのがアカマツおよびクロマツである。終戦直後は北洋材とアカマツおよびクロマツの消費量とがほぼ匹敵していたが、昭和25年ころにはアカマツ、クロマツがパルプ原木の主体となり、ひきつゞいてその消費量は激増したが、やがてマツ材の払底からその価格が高騰し、昭和32年頃を頂点として減少する傾向にある。

わが国の森林資源の構成からみて、また一般用途への利用状況から、広葉樹材のパルプへの利用は当然考慮されるべきであり、戦前からブナ材が僅かながら利用されていたが、昭和28・29年頃からアカマツ・クロマツの不足を補うために、広葉樹材の本格的な利用がはかられ、消費量の増加のみならず、使用樹種も単にブナに止まらず、すべての広葉樹にまで拡大されるようになった。この結果昭和38年には購入チップも含めて、針葉樹材と広葉樹の消費割合は50：50となり、広葉樹材の比重は今後ますます増大するものと考えられる。

このような広葉樹材の増加は必然的にパルプの製造法にも反映し、KPの躍進、SCPやCGPの登場、発展となって現れている。第2表に昭和38年のパルプ原木構成割合を掲げる。

わが国のパルプ原木は針葉樹一辺倒の時代から、広葉樹併用の時代、さらに廃材や屑材も活用する時代へと推移してきたが、パルプ生産規模の拡大があまりにも急速であったために、原料の供給がこれに追いつかず、原木価格を著しく高騰せしめる結果となった。わ

第2表 昭和38年におけるパルプ原木構成割合

樹種・材種	消費量 (m ³)	比率 (%)
針葉樹丸太	4,141,366	27.1
エゾマツ・トドマツ	1,727,215	
アカマツ・クロマツ	2,196,994	
スギ、ヒノキ	7,704	
モミツガ	80,104	
その他	129,349	31.1
広葉樹丸太	4,751,526	
ブナ	620,443	
その他	4,131,083	41.8
チップ	6,335,402	
針葉樹チップ	3,455,491	
広葉樹チップ	2,879,911	
屑材	58,542	
合計	15,286,836	100

が国のパルプ原木の価格は外国に比べて30～50%も高いといわれており、パルプ製造技術は先進国に比べていさゝかも遜色がないが、このように割高な原木を使わなければならないところに、パルプ工業の深刻な悩みが存在する。

3. パルプ製造技術の動向

戦後わが国のパルプ製造技術はいろいろな面で進歩した。たとえば蒸解装置の連続化、コールドブロー方式の考案、抄紙機の大型化など枚挙にいとまがない。しかしながら最も大きな変革をもたらしたのは、さきに述べたパルプの原木事情を反映して、広葉樹を大量に使いこなし得るような体勢が確立されたことである。逼迫した原料事情のため低級の原料を使いながらも優秀な製品を生産しているわが国のパルプおよび製紙技術は、ある意味で世界に誇り得べきものである。

3-1 溶解パルプの品質の変遷

化繊メーカーの原料パルプに対する研究が一段と進み、パルプの諸性質が化学繊維の製造工程や製品の品質に及ぼす影響が次第に解明された結果、DPの品質は戦前に比べて著しく向上した。たとえば灰分とくにETA灰分（CaO + MgO）、樹脂、夾雑物などの含有量や銅価が減少し、アルカリ吸収度や堅度が向上している。また最近ではビスコース用パルプの品質を総合的に判定するのにビスコースの濾過性（Kw）が重要視されるが、この点でも向上の跡が目立っている。

しかしながら昭和32・33年頃からは、普通ビスコー

ス用パルプの品質は一応使用目的に対して満足すべき水準に達したため、パルプの品質については横ばい状態になり、その後の傾向としては、パルプの品質向上よりも生産費の低下に重点がおかれ、化学繊維の製造に大きな支障がないかぎり、パルプ分析値の多少の低下は黙認される情勢になった。

DPとしてはセルロース純度が高いことが望ましいのはいうまでもないが、セルロースの含有量を1%高めるためには（セルロース含有量が90%前後のところ）原木からのパルプ歩止りが2~3%低下することを免がれない。したがって原木が不足し割高の現状ではアセテート用とか強力人絹や強力スフ用のパルプは別として、普通ビスコース用パルプの場合には、セルロース含有量のある程度犠牲にしてパルプ歩止りの向上を図るのも一策である。ことに広葉樹を主体とするDPの製造では、このような配慮が一段と必要である。

一方強力人絹やスフの製造には、昔はもっぱらリントールパルプが使用されたが、近年になって亜硫酸法や硫酸塩法でこれらの原料にも合格するパルプの製造が可能になり、数量的にはリントールパルプを凌駕するようになった。しかしながらセルロースの含有量を96~98%に高める必要があり、原木としても針葉樹を使う必要があるため、技術面では問題がなくても、経済的な理由で伸び悩んでいる。

またアセテート用パルプとしても、かつては木材パルプの品質に問題があったので、リントールパルプが常用された。その後木材パルプの品質が向上し、リントールパルプに比して価格が安いという強味があり、綿の生産地であるアメリカにおいてさえも使用量の点では木材パルプが断然抑えている。

しかしながらアセテート用パルプは普通ビスコース用パルプに比べて、セルロース純度が高く、重合度が高いことが必要であり、灰分が少いこと、また灰分の組成なども重要視され、原木に針葉樹材を使はなければならないところに伸び悩みの原因がある。

3-2 広葉樹材のパルプ化

スカンジナビヤ諸国やカナダは依然として針葉樹材

に依存しているが、その他の諸国では広葉樹材の利用が目立って進み、わが国では昭和38年度の消費量は、購入チップも含めて、パルプ原木の構成は50:50に達した。

広葉樹材は針葉樹材に比べて繊維が短いから、従来針葉樹材のパルプ化に常用された方法をそのまま踏襲したのでは、強さに難点があって、紙の原料として不適当な場合が多い。

そこで広葉樹材に適したパルプ製造法の採用が重要な問題となり、硫酸塩法の躍進やセミケミカル法、ケミグランド法などの新しいパルプ化法の出現となった。

なお広葉樹材は針葉樹材に比べて一般に剥皮が困難であり、樹皮に由来する夾雑物が多くなり勝である。この点、近年セントリクリーナーなど遠心力式による除塵装置が採用されて、この懸念が解消されるようになったこと、また二酸化塩素による漂白法の採用により、強さの優れたパルプが製造可能になったことも、広葉樹材パルプの進出に一役買っている。

3-3 硫酸塩法の躍進

多段式漂白法の採用によって、難漂白性のKPも工業的に漂白できるようになり、かつては未晒のまま専ら包装用紙の製造に使われていたKPにSPと同様の用途が開けてきたときに、すでにKPの躍進が約束されていた。これに拍車をかけたのが、樹脂の多いアカマツ、クロマツが主要パルプ原木になったためであるが、その後広葉樹材を多量に使いこなさなければならぬ事態になり、その真価がいよいよ発揮された。

硫酸塩法でつくった広葉樹材パルプは、亜硫酸法でつくったものより明らかに強く、広葉樹材の晒KPからは単独で実用に耐える紙を製造することができる。

さらに広葉樹材は針葉樹材と違って単純林はほとんどなく、広葉樹材を使用する工場では多種の樹種の混った原木を利用するほかない。ところが硫酸塩法は亜硫酸法に比べて樹種によるパルプ化の難易の差が少いので、この点からも硫酸塩法の優位は明瞭である。

3-4 セミケミカル法の進出

セミケミカル法の構想はかなり昔からあったが、約

20年前にアメリカで工業化され、その後順調に発展した。これにはリファイナーの進歩も一因となっているが、この方法が広葉樹のパルプ化に適していることが最大の理由になっている。

化学処理にはケミカルパルプの製造に使う薬品はいずれも使用できるが、セミケミカル法の妙味を最も発揮するものは緩衝剤を含む中性亜硫酸塩法であり、この方法が広く採用されている。

セミケミカル法はケミカルパルプに比べて使用する薬液の作用が緩和であるから、原木中のヘミセルロースの大部分がパルプ中に残存し、それだけパルプ歩止りが高い。この意味でヘミセルロースの含有量が多い広葉樹材の方が原木として有利である。しかもヘミセルロースは単にパルプの歩止り向上に役立つばかりでなく、パルプから紙をつくるとき繊維と繊維を結合する膠着剤の働きをし、繊維が短い広葉樹材からも強い紙をつくることが可能である。

SCPのこれらの特性は大きな魅力であり、この方法はいくつかの工場で実施され、未晒のまゝダンボールの中芯の製造に、あるいは漂白してケミカルパルプと混ぜて印刷用紙の製造に使われている。

しかしながら、未晒SCPは漂白に案外に経費が嵩むこと、また廃液から薬品を回収することが工業的に未完成であるため、当初に期待したほどの発展はみられなかった。

3-5 ケミグランド法の登場

最も大量に消費される紙の一つである新聞用紙は、針葉樹材の碎木パルプ（GP）に15～20%のケミカルパルプを混ぜてつくられていた。もしGPの原木に広葉樹材が使えるようになれば、広葉樹材の使用量は飛躍的に増加されることになる。この要請に応じて出現したのがCGPである。

ケミグランド法は昭和25年にアメリカで考案されたもので、丸太を緩衝剤を含む中性亜硫酸塩溶液で蒸煮してから、碎木機にかけてパルプ化する。CGPの製造では薬品処理費が余分にかかるが、広葉樹材を使うので原木費が安く、蒸煮軟化した材を磨砕するので、所要動力が節減できるなどの有利な面もあって、針葉

樹材を原料とするGPの生産に十分競争できる。この方法は俗に丸太法と呼び、昭和28年に工業的生産に移された。

しかし丸太法では薬液の浸透が困難であるので、その後いわゆるチップ法と呼ばれる方法が出現した。この方法はセミケミカルパルプの場合と同様に、チップを薬液で処理し、ついでリファイナーにかけてパルプ化する。薬液処理には中性亜硫酸塩溶液で蒸煮する方法と、冷苛性ソーダ溶液に浸漬する方法とがある。後者はどんな樹種でも原料に使うことができるが、パルプが暗色を呈するので漂白の必要があり、一方前者は適当な樹種（たとえばハンノキ、シラカンバなど）を選ぶ必要があるが、パルプは漂白しなくても必要な白色度をもっている。

ケミグランド法はセミケミカル法の変形とも考えられるが、得られるパルプの性質や用途からみて、CGPはGPの変形とみるのが妥当であり、わが国ではパルプの歩止りが85%以上をCGP、これ以下の場合をSCPとして区別している。

CGPは紙の強さの点ではむしろGPを凌駕するが、吸油性に若干の難点があり、あまりCGPの配合率を高くすれば印刷適性が低下するのでCP：GP：CGPの配合率は20：40：40が目標とされている。

3-6 亜硫酸法の将来

戦前わが国のパルプ生産量の過半を占めていたSPも昭和25年頃を境としてKPIに圧倒され、昭和38年には溶解用パルプも含めて15.6%まで衰微した。

亜硫酸法では大量の廃液による河川や海水汚濁も大きな弱点ではあるが、亜硫酸法が落ち目になった直接の原因はパルプ原木樹種の転換を余儀なくされたことにあると考えられる。すなわちアカマツ、クロマツを原料とする場合、亜硫酸法を採用しているかぎり、常に樹脂障害の危険にさらされており、またその心材部にはピノシルピンなどパルプ化を阻害する成分が含まれている。また広葉樹材に対しては、強いパルプがつくりにくいこと、樹種による蒸解の難易に著しい差異があり多種類の樹種の混煮に不相当であるなど、致命的な欠点がある。

それでは亜硫酸法の将来はどうか、これには各人各様の考え方もあろうが、SPにも漂白し易いという長所があり、またKPにみられない特性もあるので、適当に体質改善が行われたものが残ると思はれる。

その一つとしてCaベースをNaとかMgベースにおきかえた亜硫酸法の変法、たとえばArbiso法、Magnesite法、Stora法およびSivola法などである。これらの4種の方法はいずれも可溶性ベースの採用によって、薬液のチップへの浸透をよくして樹種による蒸解の難易を解決し、また可溶性ベースを使うことによって、蒸煮液のpHのコントロール範囲が広くなり、パルプの歩止りが向上し、得られるパルプの強度もSPとKPの中間程度に改善されるといわれる。また廃液から薬品を回収する工程にもそれぞれ新機軸を打ち出し、従来の亜硫酸法の欠点が解消されつゝある。

3-7 改良硫酸塩法

硫酸塩法についても最近、新しい試みが行われており、たとえば従来の硫酸塩法の蒸解液の主成分は苛性ソーダと硫化ソーダであったが、 $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}_x$ 、 $x=2\sim4$ を用いる Polysulfide法あるいは Na_2S を単独に使用する Alkafide法などが研究されている。前者は従来法と異った脱リグニン機構であり、脱リグニンが容易となり、またヘミセルロースに対する作用が緩和でパルプの歩止りが向上するなどの特徴があるが、パルプ色調の暗色化、蒸煮缶の金属腐蝕などの問題を残しておる。後者は薬品の消費が少く、メルカプタンの生成反応が起らないうちに蒸解が終り、悪臭を伴はないといはれている。

4. むすび

わが国のパルプおよび製紙工業が国際間の競争に伍していくためには、パルプ生産費の高騰を抑えること、できるならばこれを引き下げることにも努めなければならない。これがためにはパルプ生産原価の過半を占める原木価格の騰貴を抑えることが対策の根底になる。また製造技術面からはパルプ生産原価中の原木価格の比率を低下せしめる方策が必要である。

4-1 原木からの製品歩止りの向上

従来の製造法をそのまま採用する場合でも、製造条件の改良によってある程度は歩止りの向上が期待されるが、原木からの製品歩止りを大幅に増加させるには新しいパルプ製造法の開発とか、使用目的に支障がない限り高歩止り製品の製造に努力するとかの工夫が必要である。

さきに述べたように、化繊メーカーの協力による、低溶解パルプの使用はこの意味で大変意義深いものである。製紙用パルプでも、パルプの強さや白色度などの物理的性質が満足されれば、セルロースの純度は問題にされない場合が多いので、紙の使用目的に応じてGP、CGP、SCPなど高歩止りパルプの配合率を高めることによって原木に対する製品歩止りを相当に増加し得ることになる。これがためにはGPやCGPの漂白法についての研究も必要である。

4-2 広葉樹材利用の一層の推進

広葉樹材の紙への利用度を高めるためには、新しいパルプ化法の開発のほかに、広葉樹パルプに適した紙料調整法の確立、添加剤の活用、長繊維の抄き入れなどによって、繊維が短い欠点をカバーすることが必要である。また印刷インクの改良によって、新聞用紙へのCGP配合率を高める努力も行はなければならない。

4-3 原木の未利用成分の利用

原木利用の合理化を図り、相対的にパルプ原木価格を低下させる手段として、パルプ製造における未利用成分を活用することが重要であることは、今さらいうまでもない。広葉樹材から硫酸塩法でKPをつくる場合、水煮前処理によってフルフラールを採取するのもその一つではあるが、問題の核心はケミカルパルプ製造の際の廃液中の木材成分ならびにその分解成分の利用であり、就中リグニンの利用開発に重点が置かれるべきである。

わが国のリグニン化学は世界の最高水準にあるが、なおリグニンの利用開発は困難であり、今後はリグニン製品の使用側をも交えた協同研究体制をつくることが急務である。