

# 新聞用紙製造技術の系統化調査

Survey on Technologies Developed in Newsprint Production in Japan

1

飯田 清昭 *Kiyoaki Iida*

## ■ 要旨

紙は2000年前に発明されてから文明の媒体として普及してきた。そして、産業革命の時代を経て、大量生産の技術が開発され、現在へとつながっている。

日本では、7世紀に伝わり手漉き和紙として発展するが、一方では明治時代と共に西欧流の機械力による大量生産方式の技術が導入され、製紙産業が生まれ変わった。しかし、第2次世界大戦により壊滅状態となる。その中から、いち早く世界第2位の生産国にまで復興した。近年の中国の大躍進により3位となっているが、依然として世界の中で重要な紙の生産国である。

紙は、毎日眼にするためその変化に気づかないが、50年前のものと比較すると原料や品質が大きく変わっており、また、生産設備も飛躍的に高性能化・高効率化している。この報告では、この戦後の技術開発を対象とする。

1950-60年代は、国内材を原料とし、原木の集荷の容易な場所に日産100-200トンの工場が全国に分散・存在していた。紙の需要が増してくると、原料不足に見舞われた。また輸入関税が徐々に廃止され、国際競争が課題となってきた。その過程で、決定的に産業の形態に影響を与えたのは海外からの専用船によるチップ輸入であった。これは日本の独自開発技術であるが、これにより国内原料に縛られずに、大型の設備を持ち、パルプから紙までを一貫して生産する工場が可能となった。その結果、生産量も日産3000トンになる世界レベルでの大型工場が生まれてきた。

さらに、日本は狭い国土で、1億人が世界トップレベルで紙を使用している（一人当たり紙消費：240kg/年）。この大量の古紙が身近で入手できることが利点となる。1980年以降、新聞古紙を新聞用紙の製造に利用することを可能にし、新たな競争力を生み出した。現在、新聞用紙の古紙パルプの使用率は70%に達する。この独自の形態（チップ輸入と古紙利用）を生み出したことが世界に伍して製紙大国であり続けることを可能にした。

この原料の開発とともに日本の製紙産業を支えたものに生産技術がある。生産技術とは、生産性の高い設備を（設備の生産性）、効率よく操業し（操業効率）、信頼性のある製品を競争力のある価格（コスト・パフォーマンス）で市場に供給することであろう。まず、生産性の向上について考察する。1960年以降は米・欧で開発された設備が日本の代表的な設備メーカーの手により日本に導入されることとなる。日本の製紙産業は、それらの設備を世界に率先して導入して、そのつど設備を大型化し、生産性を改善してきた。例えば、1950年代の抄紙機は幅3.5mで抄速300m/分程度が標準であったが、2000年では10m幅で1800m/分が稼働している。そこには、新設備の可能性を評価し、実用化する能力と、それに投資するリスクをとる意思があったといえる。また、その過程で、単なる設備の購入者でなく、製造上の必要な改良・開発を、関連する産業と一緒に追ってきた。そして、日本で積み上げられたノウハウが世界に広がっていたものも数多くある。そこには、技術開発を通して関連する業界との間に深い信頼が存在している。

実は、その設備を効率よく操業しているところに日本の技術の特徴がある。日本では抄紙機の総効率90%以上が普通であるが、海外ではまずありえない数値である。これは、単に抄紙機のみでなく、工場全体が適切に管理運営されてはじめて可能で、長年を通して作りあげられた工場の文化とでも言うべきものがそれを支えている。そして、この工場文化は、技術交流や海外投資により少しずつ海外に広まっている。

もう一つの特徴は、製品の信頼性である。これには、日本の新聞社の品質要求の厳しさが大きく作用しているが、ユーザーニーズをできる限り満足させる姿勢が日本独自の信頼性の高い製品を生み出し、国際商品である新聞用紙がほとんど輸入されない状況になっている。

このように独自の形態を作り上げてきた日本の製紙産業は、新しい局面に立たされている。紙（新聞用紙を含め）はGDPと共に需要が増加し、製紙産業はそれを足場に国内市場の確保を目標にしてきた。しかし、今後は、今までのような国内市場の伸びが期待できないことから、国際的な展開が求められる。それには、世界的に見ると特殊な日本のユーザーの要求を満たしながら、国際的に価格競争できる製品を開発する技術力が求められる。

## ■ Abstract

Paper and the process of making it were invented 2,000 years ago. Since then, paper has been used worldwide as a carrier of information for civilization. The process of making paper was modified to that of mass production in the industrial revolution and was developed to recent modern papermaking.

The original papermaking method arrived in Japan in the 7th century and evolved as the hand-made washi industry until the Meiji era. Then, the mass-production process was introduced from abroad, and a new kind of paper industry started in Japan. That industry was completely ruined in World War II. The paper industry, however, quickly recovered and became the second largest producer in the world within a short time. Though the recent big expansion in China forced Japan to the third largest producer, Japan is still an important player in the world.

As we see paper everyday, we do not notice that its quality is quite different from that of fifty years ago. The process of making paper also advanced significantly resulting in increased productivity and efficiency of production. The technological development of manufacturing paper in the last fifty years is the subject of this paper.

In the 1950s and 1960s, paper mills in Japan were located in areas where wood resources were available, and their capacities were 100 to 200 tons per day. Then, increasing demand for paper caused a wood shortage, and the newsprint market became open to imports as tax barriers were gradually reduced. The Japanese paper industry had to compete with technological efforts. One important technological development in the industry, which started in 1964, was to import wood chips from abroad by chip carriers. The industry became free from the limit of domestic wood supply and could build large integrated pulp and paper mills near ports, which could harbor large ships. Now, several mills are producing more than 3,000 tons of paper per day, which is the largest production capacity in the world.

The population of Japan is about 127 million people. They live on small islands and consume 240 kg of paper per capita in a year. This means that a large amount of waste paper is available. The technology of recycling old newsprint to newsprint production has been developed since the 1980s. Now, up to 70% of the total pulp of Japanese newsprint is recycled fiber. This unique use of the resources, imported chips and recycled fiber, enables Japan to remain one of the biggest paper producers in the world.

Along with the resource development, technological efforts in production in the paper industry have also helped Japan to be competitive internationally. The technological capability of production is defined as having equipment of high productivity, operating it with high efficiency, and producing products with high reliability and good cost performance.

In the 1960s, Japanese equipment makers became licensees of the leading foreign equipment suppliers and introduced the newest technologies to the Japanese paper industry. Japanese paper companies were open and quick to invest in those technologies and improve their productivity. For example, ordinary paper machines in the 1950s were 3.5 m wide and ran at the speed of 300 m/min. In 2000, the widths were 10 m and the running speeds were 1,800 m/min. That demonstrates that Japanese paper companies were able to understand the benefit and risk of investing in new technologies. They also worked together with suppliers, modified the equipment, and accumulated know-how about the equipment, some of which were transferred worldwide. There has been a trustful relationship between paper companies and equipment suppliers in Japan.

One of the characteristics of the Japanese technology is to operate equipment with a high efficiency. Operating efficiencies of paper machines in Japan have been more than 90%, and that figure is very rare in other countries. This efficiency is dependent on efficient paper machine operation as well as on the fact that mills are properly managed from material supply to product delivery. That is like culture nurtured in the mill, which is gradually transferred abroad by technological exchange and overseas investment.

The other characteristic is the reliability of the product. Though strict quality demands made by Japanese news printers have been enforced, the industry has been eager to satisfy customers as much as possible. This attitude results in a product of high reliability, so few newsprint supplies are imported.

The unique development of the Japanese paper industry faces a new circumstance. Historically, the domestic market was expanding along with the GDP. The industry wanted to control the market by itself, and that happened. As the domestic market became saturated, a need to compete in the world market arose. Technological expertise, which makes products competitive internationally, is needed. At the same time, there is a need to satisfy Japanese customers who demand quality.

## ■ Profile

**飯田 清昭** *Kiyoaki Iida*

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

昭和35年	東京大学工学部応用科学科卒業
同年	十條製紙株式会社入社
昭和40年	トロント大学大学院化学工学科卒業（留学）
平成2年	十條製紙(株)中央研究所長
平成5年	紙パルプ技術協会 専務理事
平成15年	同 退職

平成2年より平成12年まで九州大学非常勤講師  
現在、製紙産業技術遺産保存・発信活動にボランティアとして協力している。

学協会賞	昭和60年 紙パルプ技術協会賞
	昭和61年 紙パルプ技術協会賞

## ■ Contents

1. はじめに .....	3
2. 製紙の技術史概説：発明から産業の持続性まで ..	4
3. テーマ選定の背景と調査の視点 .....	6
4. 基礎技術の解説 .....	9
5. 新聞用紙製造60年の変遷 .....	16
6. 技術開発1：原料開発 .....	19
7. 技術開発2：抄紙機に見られる技術開発 .....	30
8. 技術開発3：生産技術と工場操業文化 .....	43
9. その他の特徴的な技術開発 .....	46
10. まとめ：他国の製紙産業形態と日本の製紙産業 形態の比較 .....	49
11. 典型的な抄紙機における新聞用紙生産の 操業記録 .....	51
12. 系統化図及び年表 .....	58
付録：製紙技術遺産登録候補一覧 .....	66

# 1 | はじめに

紙は2000年前に発明されてから文明の媒体として普及してきた。そして、産業革命の時代を経て、大量生産の技術が開発され、現在へとつながっている。

日本では、7世紀に伝わり手漉き和紙として発展するが、一方では明治時代と共に西欧流の機械力による大量生産方式の技術が導入され、製紙産業が生まれ変わった。しかし、第2次世界大戦により壊滅状態となる。その中から、いち早く世界第2位の生産国にまで復興した。近年の中国の大躍進により3位となっているが、依然として世界の中で重要な紙の生産国である。

紙は、毎日眼にするためその変化に気づかないが、50年前のものと比較すると原料や品質が大きく変わっており、また、生産設備も飛躍的に高性能化・高効率化している。この報告では、この戦後60年間の技術開発を対象とする。

また、客観的にみると、日本の製紙産業は原料、エネルギー等の立地に恵まれてはいない。その中で、原料、エネルギーへの依存が高い素材産業が発展できたのはなぜなのか、それに対して技術が如何に寄与したのか興味ある課題である。

そこで、紙製品として生産量が一番多く、かつ、新しい技術開発が最初に用いられる場合の多い新聞用紙を取り上げて、その技術開発の過程を調べることで、日本の製紙産業の発展の特徴を明らかにすることを試みた。その際、次の3つの歴史的発展を重視した。まず、新聞用紙の品質要求は、新聞社の技術革新の発展に伴い大きく変化し（より厳しくなる）てきたが、それに如何に対応してきたかが技術開発の歴史であり、この報告の中心をなす。また、素材・大型装置産業の製紙産業では、市場の拡大に対し、原料、エネルギーを如何に確保してきたかが重要な技術的視点となる。さらに、設備を競争力のある状態に保ち続けることが求められ、その努力も技術発展の歴史となる。

構成として、2章で紙の歴史を概説し、3章にて製紙産業の現状を紹介する。4章では、5章以降の技術的な

説明を理解するうえで必要な基礎的な技術の解説を試みる。

ついで、5章で、新聞用紙の需要と新聞用紙への品質要求が如何に変化し、それに製紙産業が如何に対応したかを概説する。この歴史的な変化が6章以下の技術的な対応により可能となったわけで、この報告の根拠をなす。

6章以降で、具体的な技術開発を示すことになるが、6章では需要の拡大による原料不足を如何に日本独自の技術開発で解決してきたかを解説する。ついで、7章では、設備として抄紙機を取り上げ、その技術革新を紹介すると共に、その中で日本の製紙産業が果たした役割を考察する。8章では、国際競争力の源泉の一つである日本の生産技術力を具体的に考えてみる。9章では、新聞用紙生産に対し、間接的に寄与する技術としてエネルギー、環境、技術教育等を取り上げる。これらの解説により、競争力のある新聞用紙を生産するためには、単に新聞用紙の生産ラインの技術開発だけでなく、その工場全体の効率化やコストダウンが必要であり、それを達成するためには設備や原材料の供給メーカーとの信頼関係にもとづく技術開発・協力が必要であることを示したい。

10章では、まとめとして、世界の製紙国の特徴を紹介し、それと対比して日本の技術開発を要約する。

11章では、ある新聞抄紙機（1960年に新設された際は世界最大級であり、設備の大型化した現在でも中クラスの抄紙機として最高水準の製品を生産している）を取り上げ、その40年間の操業記録を基に新聞用紙生産の歴史を具体的に示してみる。この資料は、この報告を裏付ける貴重なデータと言える。

12章では、関連するニュースをニュース年表として、また、重要な技術事項が開発された年次を技術年表としてまとめた。さらに、本報告の集大成として系統化図を作成した。

# 2 | 製紙の技術史概説：発明から産業の持続性まで

## 2.1 発明の伝播

現在の紙の製法の基本的なものは、A.D.104年中国の蔡倫（サイリン）の発明とされている。これは、草木類や衣類のボロを原料として手抄きで紙にする。おそらく、彼が各地の技術を集大成したと考えるのが妥当とされている。

この中国で発明された手抄きの技術が、東西に広がっていった。東へは日本へ7世紀に伝わり、日本独自の発展をとげ、明治時代となる。西へ伝わったものは、中央アジア、イスラム社会を経由して、イベリヤ半島（1150年頃）からヨーロッパに広がり（1200-1300年）、大西洋をわたりアメリカ大陸に上陸する（1690年）。この技術が産業革命の洗礼を受け、原料、製法の革新から大量生産技術として確立し、明治維新と共に日本に入ってくる。

この結果、日本では伝統的な製法を基にする産業（和紙）と欧米式の大量生産方式の産業（洋紙）が併存し、今日に至っている。和紙をベースとする産業は、生産性の低さから特殊紙に限られ、市場が衰退しているが、産業用資材として特徴的な製品を世界的な規模で供給している例もある（例えばコンデンサーペーパーやバッテリーセパレーター）。

中国の手すきによる技術が、如何にして今日の大型装置産業に発展したのだろうか？その歴史を概観してみる。

## 2.2 産業革命

イギリスで始まった産業革命により、草木及びボロくずを原料とした手作業の中国方式に対し、木材を原料とし機械力で抄紙する新しい製紙法が開発され、これが近代製紙業の基本的なプロセスとなる。

木材の植物繊維に最初に注目したのはフランスのレオミュール（1683—1757）であり、ついでドイツのシェファー（1718—1790）であった。そして、1840年にケラーが碎木パルプを工業化した。又、薬品によりリグニンを溶解し植物繊維を得る方法が次々開発され（アルカリ法、サルファイト法、クラフト法）、豊富で安価な木材を利用できることになった。

一方、手抄きというバッチ・プロセスにたいし機械力による連続プロセスをフランスのルイ・ロベール

（1798）が発明し、1804年にイギリスのフォードリニアにより実用化された。

このふたつの基本技術の開発により、1800年代に製紙産業が急速に発展した。例えば、ドイツで当時から現在まで発行されている技術雑誌（Wochenblatt für Papierfabrikation）の1908年の年間総ページ数は4500ページになり、当時のドイツ製紙産業の底力を見せつけている。

## 2.3 アメリカにおける用途開発

ヨーロッパの近代製紙技術は1900年代にアメリカで栄える。ここで、文明・情報の媒体としての紙に新しく包装材とティッシュの用途が1920年代に開発され、これにより紙の需要は倍以上にふくれあがる。薄くて弱い紙を、強度と耐久性を求める包装材（段ボール、白板、ミルク・カートン）にしたあげたのは製紙産業の最大の発明の一つと言えよう。又、この時期に現在の主要なパルプ化法であるクラフト法が薬品回収を組み込んだプロセスとして完成し、現在のパルプ生産の原型ができあがった。これらの技術は第2次世界大戦後に日本に導入され製紙産業は飛躍的に拡大した。

## 2.4 OAの普及

オフィス・オートメーション（OA）と称されるオフィスの改革は新しい紙（情報用紙）の用途を生み出した。例えば、コンピュータのプリントアウト用紙も、コンピュータの普及にともない量が伸びるとともに、機械の改良に合わせて紙にもいろいろの改善が要求され、それを満たしてきた。また、コピー用紙、カーボンレス・ペーパー、感熱紙やインクジェット用紙などの新しい情報用紙が作られた。このOA化の動きは紙の需要を削減することをねらっていたが、結果としては、逆にその需要を増すことになった。その結果、オフィスからの古紙のリサイクルが社会的な問題となり、それを新しく原料として利用する技術が開発された。

この分野は急速に技術開発が進みつつあり、新しいマルチメディアが開発されるとともにいろいろの形で紙の用いられ方に影響するであろう。

## 2.5 近代大型装置産業としての発展

1900年代に入り、情報の媒体（印刷用紙）、包装用途、その他の用途（ティッシュ、工業用途）により市場が急速に広がったことから、紙の生産は、近代的な大型・装置産業として発展する。近代的な大型・装置産業は、装置をできるかぎり大型にして生産性と投資効率を良くすることを目指す。製紙産業においても、設備の大型化を目指す技術開発が急速に進展し、例えばパルプ化設備では1ラインで日産3000トン以上、抄紙機では幅10m、抄速1800m/分にまでなっている。工場が大きくなったことから、原料、製品の物流システム、工場の効率的な管理システムが作り上げられてきた。

## 2.6 環境との折り合い

産業が大型化してくると、環境との折り合いが問題となってくる。製紙産業も、現在は非常に良いレベルにあるが、かつては問題を引き起こしてきた。その過程も、製紙の技術史といえよう。これについては、9章にて紹介する。

## 2.7 産業の持続性

大型産業の存続にかかわるもう一つの視点は、産業の持続性である。

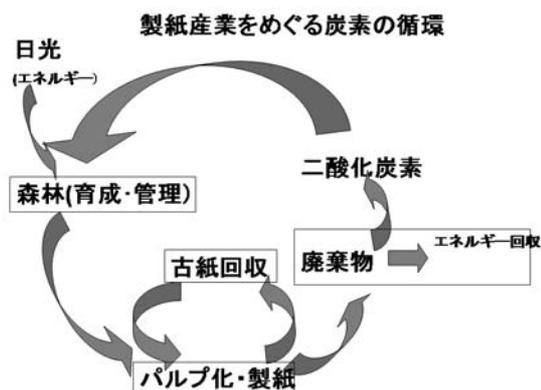


図2.1 完結する炭素循環

幸せなことに、製紙産業は図2.1のようにその基礎に持続可能な循環（炭素循環）を組み込んだ数少ない大型産業であり、したがって、この循環を効率よく回すことが存続のための技術開発となる。この循環の要は森林（バイオマス）であり、ここで、二酸化炭素が日光のエネルギーによりバイオマスに変換され蓄積される。製紙産業は紙を造り、古紙としてリサイクルする。再使用できなくなった紙は焼却によりエネルギーを回収する。ここで発生する二酸化炭素は森林として吸収される。このように、製紙産業は持続性を持った数少ない大型産業である。

この章は以下の文献を参考としている。

### 参考文献

- 1) 飯田清昭 “紙パルプ産業の歴史・特徴とエコロジー” 紙パ技協誌 Vol. 55, No.4 p.417 (2001)

# 3 | テーマ選定の背景と調査の視点

## 3.1 日本の製紙産業

日本では、多くの産業が世界のトップレベルの生産量を誇っている。実はあまり知られていないが、日本の紙の生産量は、最近の中国の急増により追い抜かれたが、それまで長い間アメリカに次いで世界第2位であった。今も、製紙産業で有名なカナダや北欧諸国を越えている。しかし、日本の製紙産業は他の産業と異なり、国内の需要を満たすことを基本として発展してきており、輸出の比率は非常に低い（2005年輸出比率約5%）。これは、輸出を前提に発展してきた機械、鉄鋼等の産業との大きな違いである。

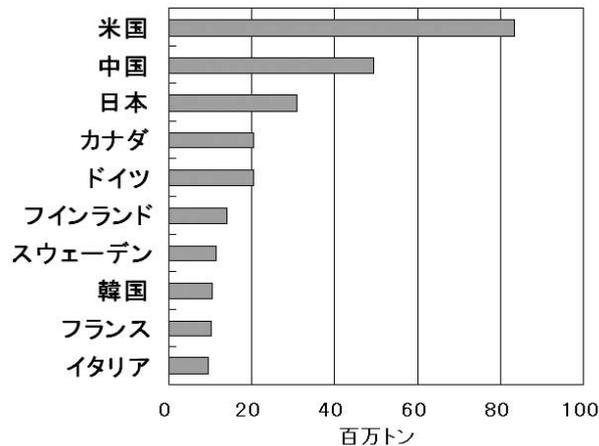


図3.1 世界の紙・板紙生産量（2004年）<sup>1)</sup>

製紙産業の出荷量は年間約3000万トンで、それを原料として加工する産業分野を含めると出荷金額は8兆6千億円となり、雇用は26万人である（2004年統計）<sup>1)</sup>。これらを見れば、製紙産業は日本の経済でそれなりの地位を占める産業である。

製紙産業は、歴史的には廃水問題を引き起こしたり、工場周辺の臭気がひどい等の不評を買った。しかし、1970年代からの環境改善投資により、環境問題は大きく改善され、現在では日本の製紙産業は世界で一番厳しい環境規制を満たし、かつ問題をおこしていない（9章参照）。

その環境への配慮の例をいくつか示す。1991年にダイオキシンが問題となり製紙工場がその排出源のように喧伝された。しかし環境庁の調査結果は、製紙工場周辺が特に汚染されていることはなく、従って、汚染源でないとされた。しかし、最初のマスコミで騒がれ

たイメージがそのまま残り、いまだに誤解されている。実際にはダイオキシンの最大の発生源はゴミ焼却炉であるが（全体の85%以上と推定される）、それが最近ようやく一般に認識されるようになった。

また、紙の原料として木材が使用されることから、製紙産業が森林の破壊者のように錯覚されている。まず、熱帯林の減少は、農地等の開発と製材産業がその主体である。また、日本、北アメリカ、ヨーロッパ等では森林の成長量が伐採量を上回り、その蓄積が増えている。また、日本が海外から運んでいる木材チップ（木材を砕いた細片で大きさ3cm×5cm×5mm程度）は、製材からの廃材や、植林計画に基づき伐採したものである。無計画な森林破壊を起こしていない。さらに、製紙産業は積極的に植林（特に海外の農業不適地に）を進めており、環境保全に参加している。

紙ゴミの増大もイメージを悪くしている。しかし、製紙産業は使用された紙の60%以上を回収し古紙パルプとして再使用しており、典型的なりサイクル型産業である。日本の新聞用紙は、原料の70%が回収古紙である事は、あまり知られていない。

このように、製紙産業は環境に関しては、一般に持たれているイメージとは大きくことなっており良質のレベルにあり、エコロジーの視点でも存続の条件を満足する数少ない大型産業である。

## 3.2 なぜ新聞用紙を選ぶか

紙は、用途別に、紙（主として印刷の媒体）と板紙（段ボール等の包装用途）及びその他（ティッシュ、特殊紙）に大別できるが、量的には紙・板紙で代表される。

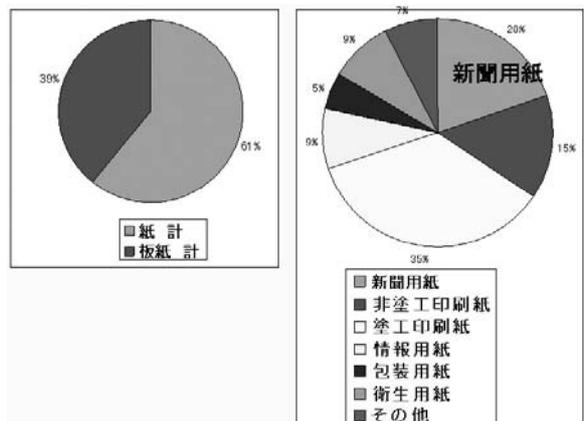


図3.2 日本における品種別生産量比率（2004年）<sup>1)</sup>

新聞用紙は、紙の中では単一品種として一番生産量が多く、かつ、新しい技術が最初に用いられる場合が多く、いわば製紙産業の象徴的な品種である。新聞用紙は毎日見慣れているために、その変化に気づかないが、50年前の新聞用紙と現在のそれとの間に大きな変化（技術開発による進歩）がある。それは、丁度、製鉄会社が自動車用の鋼板を提供する過程で、自動車メーカーの要求にあわせて技術開発を続け、名前は自動車用鋼板でも品質・規格は全く異なっているのと同じである。新聞用紙におけるその変化を追うことで、求められた技術開発を以下の視点から系統化する。

### 3.3 技術開発系統化の視点

#### (1) 社会変化による要求とそれに対応してきた技術開発

新聞社は読者に確実に一定の時間に新聞を届けることを大前提としている。新聞用紙は新聞社へ直接納入され、新聞社との間には深い信頼関係が保たれている。読者の新聞に対する要求は新聞社の技術開発を求め（新聞のページ増、印刷方式の変化、印刷拠点の再編等）、新聞用紙の品質の改善を求める。長い期間にわたる社会の変化が技術開発を求めてきた例として紹介する。5章で詳細を記すが、参考までにその変化を表3.1に示す。

表3.1 新聞印刷の変化

	1950年代の新聞印刷	2000年代の新聞印刷
新聞印刷	凸版印刷黒一色 4ページ/部 印刷速度 32万ページ/時	オフセット印刷カラー4色 40ページ/部 印刷速度 600万ページ/時 断紙率 1回/1000本 以下
新聞用紙	坪量 52g/m <sup>2</sup> 白色度 45%	坪量 43g/m <sup>2</sup> 白色度 55%
需要量	50万トン/年	375万トン/年

#### (2) 国際商品としての競争への対応

紙製品は戦後わりあい早い時期に輸入関税が撤廃された。このため、新聞用紙（性格として国際商品）は絶えず輸入品との競争にさらされてきた。歴史的な結果として、輸入はほとんどなく、輸出もほとんどない状況が続いている。この状況の根底には、日本市場の特殊性と日本独自の技術対応があった。それを5章で紹介する。

#### (3) 原料、エネルギー等立地条件の不利の克服

紙製品のコストでは、大まかに言えば、原料である

木材チップや古紙が50%、エネルギーが15%程度をしめる。紙の生産は、40年間で14倍（現在3000万トン/年）になっており、この間の原料、エネルギーの開発が産業の生命線でもあった。その原料開発の努力を6章で、省エネルギーの取り組みを9章で紹介する。

#### (4) 競争力を生み出した技術力の解明

日本の新聞用紙製造が発展できたのは、その根底に技術力があつたからといえよう。その技術力を考察する。一言に技術力と言っても、そのイメージは人により異なる。研究開発に従事する人にとっては、研究開発力が技術力の指標になろう。製造現場の人には、安いコストでよい製品を作ることが技術力となる。そこで、技術力を、製紙産業にとって大きな影響を与えてきたと考えられる以下の分野に分割して調査し、6章から9章にかけて考察する。

- \*原料開発技術
- \*生産技術
  - 設備生産性、操業効率、製品のコストパフォーマンス
- \*エネルギー対応技術
- \*環境対応技術
- \*研究開発力
- \*技術教育
- \*経営・投資技術

### 3.4 典型的な新聞用紙生産の操業記録

新聞用紙は抄紙機で生産されるが、この設備は、通常、設備改造等を繰り返しながら数十年使用される。したがって、1台の抄紙機の操業記録の歴史（設備及びその改造の仕様、操業条件、原料配合、生産効率等の変遷）は、新聞用紙生産の記録となる。そこで、1960年に設備され（当時世界最大・最速）、現在でも中型・中速の抄紙機として最高品質の新聞用紙を生産している抄紙機について操業記録を収集し、資料として添付する（11章）。

### 3.5 大型・装置産業としての特徴

産業の技術開発には、その産業の形態が大きく影響する。産業の分類として、よく、装置型産業と組み立て型産業が使用される。この分類が、産業技術の特徴を的確に示していると感じている。装置型産業としては、鉄鋼、石油精製、化学工業等があげられるが、製紙産業もその一つになる。組み立て型産業としては、

自動車、家電、エレクトロニクス等が上げられる。

この両者には、生産プロセスが異なるのは言うまでもなく、工場の立地条件、工場管理、物流管理でも大きく異なると理解している。

そこで、新聞用紙の技術開発を通して、装置型産業の技術開発の特徴を考えてみたい。そのため、8章で製紙工場の形態と技術開発の特徴にふれる。

### 3.6 年表と系統化図

技術史の解説を裏付ける資料は年表である。このため以下の2つの年表を作成した。

\*ニュース年表

\*技術年表

これらは、紙パルプ技術協会が作成した技術・ニュースデータベースより、新聞用紙の製造に関連するものを抜粋したものである。

また、これらの年表を基に系統化年表及び系統化図を作成した。

#### 引用文献

- 1) 紙・パルプ No.694, p.6 日本製紙連合会 (2006年6月)

# 4 | 基礎技術の解説

## 4.1 パルプとは？ 紙とは？ 古紙利用とは？

### 4-1-1 パルプとは？

紙を引きちぎって見ると切り口が細く毛羽だっているの見える。この毛羽1本1本がパルプで、これが無数に絡み合っ紙を構成している。このパルプは木材から得られるが、このパルプの視点で木材または樹木を見てみる。

植物は生長するために、根から吸った水分を葉に送り、光合成で養分を作りそれを必要なところへ送る。したがって、植物体は水分と養分を送るパイプを必要とする。このパイプは成長にあわせて伸ばす必要があり、一番効率的なのは、一定の長さのパイプを単位として、それをつないでいくことである（石油の輸送パイプラインのように）。まず、ジュース等を飲むストローを考える。このストローを1万本長さ方向につないだどてつもなく長いパイプを考える。ついでこのパイプの外側に接着剤を塗り、それを1億本束ねたもの考える。このストローは、ほぼパルプを100倍に拡大したものに相当し、この巨大なストローの集合体が、径1m、高さ20mの樹木を同じ尺度で拡大したものに相当する。このように、木の幹は根と葉の間で水分を運ぶパイプの集合であるとともに、断面がハニカム構造をなす剛直な構造体ともなっている（このため樹木は高く立ってられる）。(図4.1)

樹木の断面

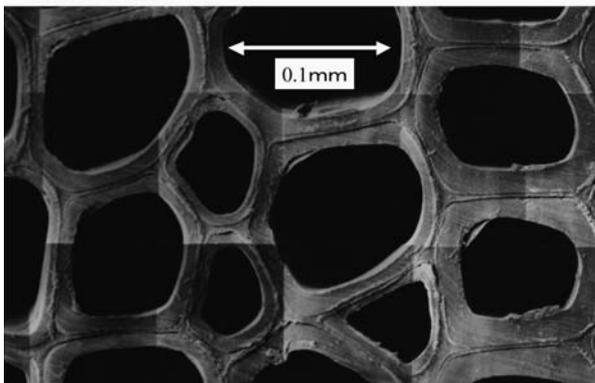


図4.1 ダグラスファー樹幹の断面（拡大）<sup>1)</sup>

ストローに例えて説明したパルプの構造は、セルロースの分子鎖が長さ方向に対し一定の角度をもって配行して螺旋状に巻いており、従って、非常に強くタフである。また、表面にセルロースの水酸基が配向し、

互いの中で水素結合を形成できる。このような構成は、植物に普遍的である。

パルプ化とは、木材（植物）をこの単位のストローにばらばらにすることである。その方法として、強引に力でひねると、接着剤のところではばらばらに剥がれる。これが機械パルプと称される。このやり方が強引なため、一部ストロー（パルプ）も破壊される。

また、接着剤（リグニン）を薬品で溶出すると単位ユニットのストロー（パルプ）がきれいな形で得られる。これを化学パルプと称する。それぞれのパルプは特徴があり、両者を混合し求める品質の紙を作る。それらの電顕写真を示す（図4.2、図4.3）。パルプの実際の大きさは、針葉樹からのものは長さ3mm、幅0.1mm程度、広葉樹からのパルプは長さ1mm、幅0.03mmである。

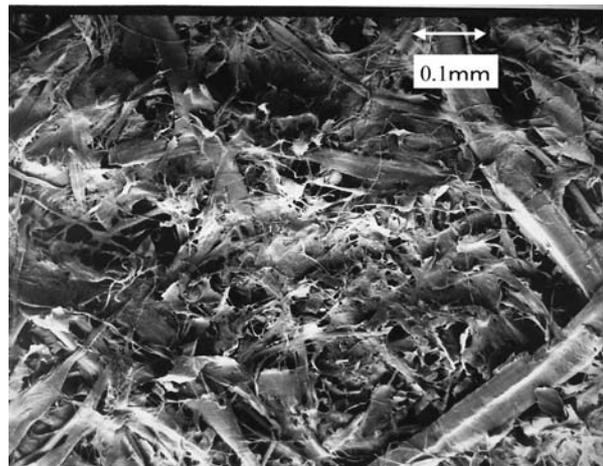


図4.2 機械パルプ（groundwood）（拡大）<sup>1)</sup>

広葉樹パルプ

針葉樹パルプ

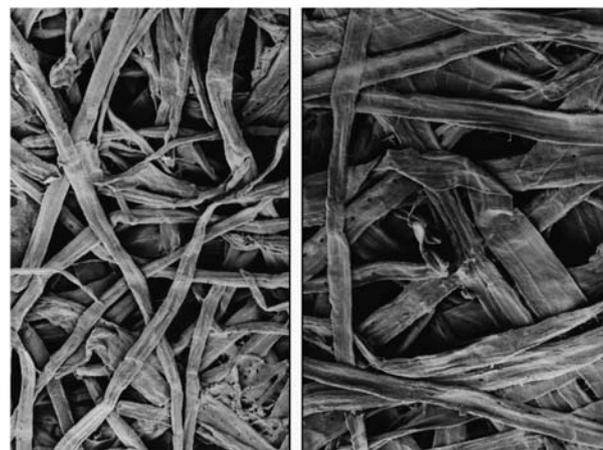


図4.3 化学パルプ（拡大）<sup>1)</sup>

これらのパルプを大型の設備で高効率に連続生産することが製紙産業の技術の重要な部分である。

歴史的には繊維長の長い針葉樹が利用されてきたが、針葉樹資源の乏しい日本では如何に繊維長の短い広葉樹を利用するかが技術課題であった。

#### 4-1-2 各種パルプの表記

パルプは大きく分けると機械パルプまたはメカニカルパルプと化学パルプまたはケミカルパルプに分かれるが、そのなかで、さらに製法により得られるパルプの品質が異なる。それを区別するため、略語表記が使われる。この分類は、やや専門的ではあるが、後の説明の理解を容易にするためにここでまとめて紹介する。なお、製法等は6章で紹介する。

##### 1) 化学パルプ

KP：クラフトパルプ (kraft pulp or sulfate pulp)

クラフト法 (パルプ化薬品として水酸化ナトリウムと硫化ナトリウムの混合液を使用) により製造される。同じ化学パルプのSPに比べ強度がある。

SP：サルファイトパルプ (sulfite pulp)

サルファイト法 (パルプ化薬品として亜硫酸水素カルシウムを使用) により製造される。歴史的には、1950年頃の化学パルプの主体はSPであったが、その後完全にKPにおきかわった。

##### 2) 機械パルプ

GP：グラウンドウッドパルプ (groundwood pulp)

機械パルプの一つで、古典的な存在。丸太からグラインダーで生産する。(図6.3参照)

CGP：ケミグラウンドウッドパルプ (chemi-groundwood pulp)

機械パルプの一つである。針葉樹の機械パルプの不足から、その代替として開発された。広葉樹を木材チップ化し、軽く薬品処理してから、リファイナーで破碎する。

SCP：セミケミカルパルプ (semi-chemical pulp)

機械パルプと化学パルプの中間的なパルプである。広葉樹を利用する。多くは使用されなかった。

TMP：サーモメカニカルパルプ (thermo-mechanical pulp)

機械パルプの一つ。針葉樹のチップを加熱して、リファイナーで磨砕する。海外より針葉樹チップが輸入されようになり急速に普及した。GPに比べてパルプが破壊されていないので、その分強度がある。しかし、微細なパルプが少なく不透明性が劣る。

RGP：リファイナーグラウンドウッドパルプ (refiner groundwood pulp)

機械パルプの一つ。針葉樹チップを磨砕する。TMP

が開発されるまでのつなぎであった。

##### 3) 古紙パルプ

DIP：デインクドパルプ (deinked pulp)

古紙を脱インクして得たパルプ。木材から生産する上記のパルプと異なる。これについては、4-1-4にて解説する。

#### 4-1-3 紙とは？

紙を構成しているパルプ1本はおよそ長さ1-3mm、幅0.03-0.10mmで、これが絡み合っしてシートを形成している。その様子を電顕写真で示す (図4.4、図4.5)。断面写真から分かるように、パルプが5-7本程度層状に重なっている。

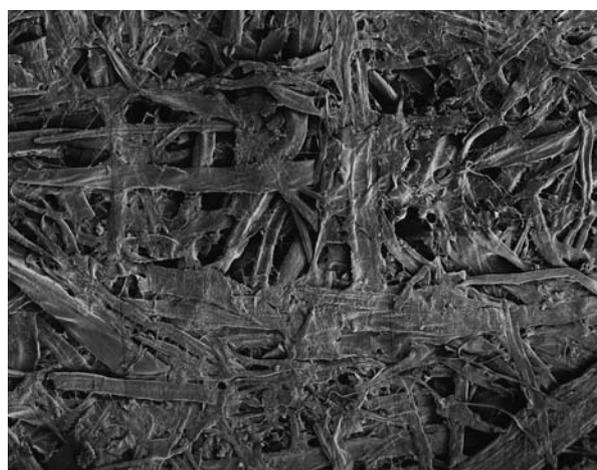


図4.4 新聞用紙の表面写真<sup>1)</sup>

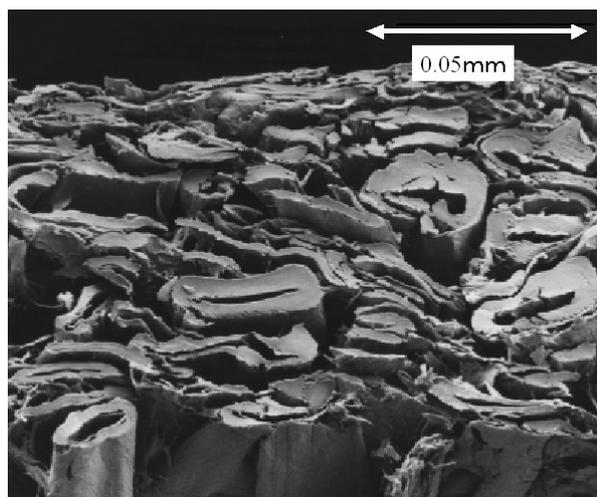


図4.5 新聞用紙の断面 (45度切断) (拡大)<sup>1)</sup>

パルプは表面には水酸基が露出しており、その親水性で水に分散する。このパルプの分散スラリーを金網ですくいとると均一の2次元のシートが得られる。パルプは水で濡れていると柔軟で互いに絡み合う。このためシートはそっと支えれば破れない程度の強さを持つ。

っている。このシートを2枚のフェルトにはさんで圧力を加え脱水する。ついで熱を加えて、水分を蒸発させる。シートの水分が減るにつれてパルプ間に水素結合が形成され、強い紙となる。従って、紙の強度は1本1本のパルプの強度とパルプ間の水素結合による結合強度の両者により作られる。

日本では昔ながらの手抄き（バッチ・プロセス）で工芸的価値のあるものが作られているが、その工程を連続で大量生産方式で行っているのが近代製紙産業である。

#### 4-1-4 古紙としての再利用

この紙を水に浸して攪拌すると、形成されていた水素結合が切れて元のバラバラなパルプに戻る。パルプは一度加熱乾燥処理を受けているので物性が多少劣化するが、本質的には充分使用に耐えるもので、これが、古紙として再利用できる原理である。現在の日本の製紙産業はこの古紙の利用抜きでは存在できず、パルプ原料に占める古紙の比率は現在60%を超えている。

古紙は、段ボール原紙や白板紙の裏面の原料として古くから使用されてきた。その古紙から得たパルプを脱インクして（脱インクパルプ：DIP）、付加価値の高い新聞用紙の原料として使いこなしてきたのが過去20年間の技術開発の大きな成果であり、日本の新聞用紙製造を存続させてきた。これについては後に6章で詳しくふれる。

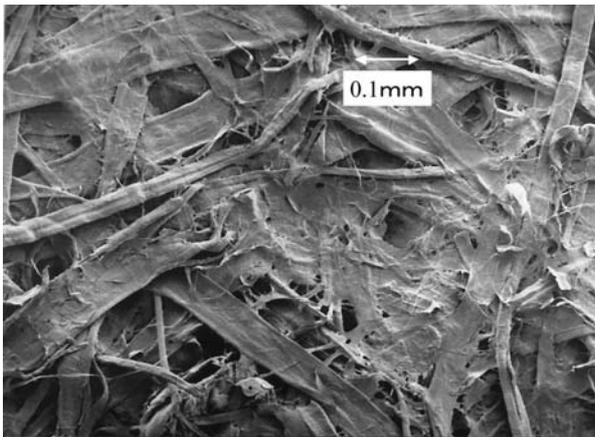


図4.6 新聞古紙からの脱インクパルプ (DIP)<sup>1)</sup>

古紙パルプは、元々の古紙をバラバラにしたものであるから、その品質は元々の古紙に近い。したがってどのような古紙（例えば新聞紙や段ボール）を集めるかが重要な選択となる。これについては6.2で述べる。

## 4.2 抄紙機

新聞用紙を含め紙は、抄紙機で製造される。抄紙機の技術開発は7章で詳細に説明するが、5、6章の理解のために概説する。

紙抄きの基本プロセスは中国で発明された。まず、パルプのスラリー（濃度1%以下）から、すのこでパルプを均一にすくい取る。これをはがして重ねてプレスして脱水する。脱水されたシートを一枚ずつ戸板に貼りつけ乾燥する。この方法が、2章でふれたように機械力による連続プロセスとなり、1800年代に急速に発展した。

ここで、1950年頃の抄紙機の基本的な形態を概説する。（図4.7参照）これは、また、この報告の出発点となる概念でもある。

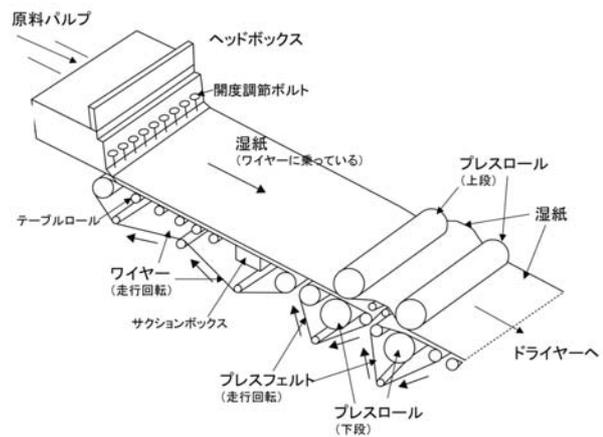


図4.7-1 ワイヤパートとプレスパートの概念図

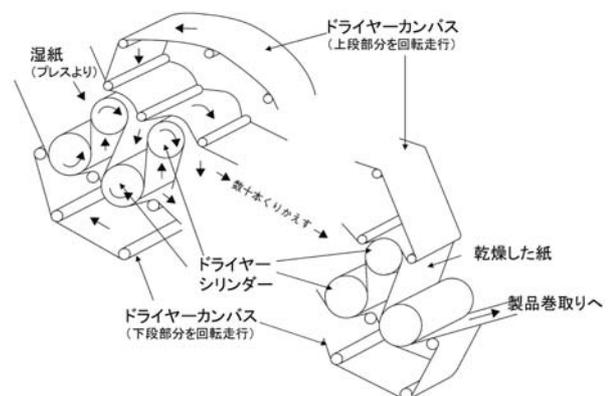


図4.7-2 ドライヤーパートの概念図

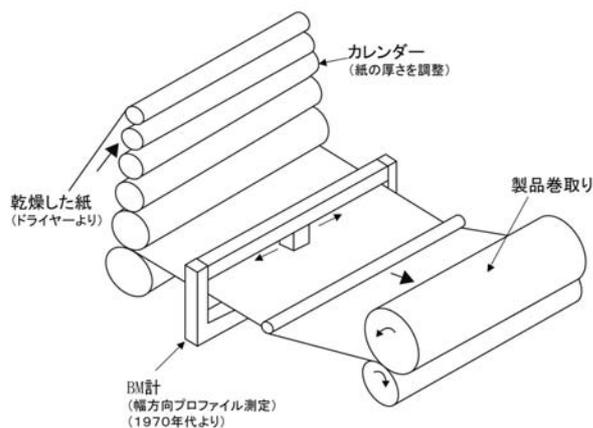


図4.7-3 リールパート（製品巻取り部）の概念図

まず、走行する金網（製紙産業ではワイヤーと称する）の上に原料スラリーを流して載せ、走行中に水を切り、湿紙を形成する。この部分をワイヤーパートまたはワイヤー部と呼ぶ。湿紙ができたところで金網は下方へ折り返して元に戻る。すなわち金網はぐるぐる走行し続ける。金網の折り返し点で湿紙は剥がされプレスパート（またはプレス部）へ移る。プレスパートでは、湿紙はフェルトの上に乗せられ、2本のプレスロールの間を通る際にロールの圧力（ニップ圧）で脱水される。このプレスロールの回転が湿紙をワイヤーパート（金網）から引っ張り、乾燥部へ送り出す。プレスが終わると、フェルトは下に折り返し、元に戻ってワイヤーパートからの湿紙を再び乗せる。フェルトからはがされた湿紙は回転する加熱ドラムであるドライヤー（例えば直径1.5m）に貼り付けられ乾燥される。この部分はドライヤーパートまたはドライヤー部と呼ばれる。ドライヤー1本では乾燥しきれないので、途中で湿紙をはがして次の加熱ドライヤーに貼り付ける。これを紙が乾燥するまで数十本つないでゆく。このドラムの回転が紙を前方へ進めていく。乾燥途中で紙が蛇行するのを防ぐため、カンバスで紙をドライヤーへ押し付けている。最後に乾燥した紙をロールに巻いていく。実物を見たことのない人に説明するのは困難であるが、図4.7を参考にしてほしい。このモデルが、7章に述べる技術開発により大きく変わっていく。

1950年頃の抄紙機は、幅約3.5mで、抄速300m/分以下であった。それが現在では、10m幅で、1800m/分になっている。その大きさのイメージを図4.8及び図4.9に示す。

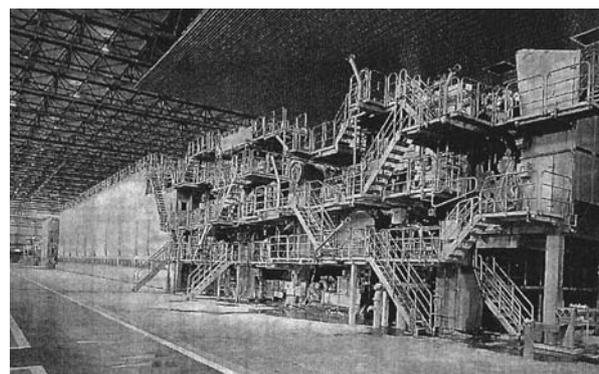


図4.8 現在の抄紙機の外観<sup>2)</sup>

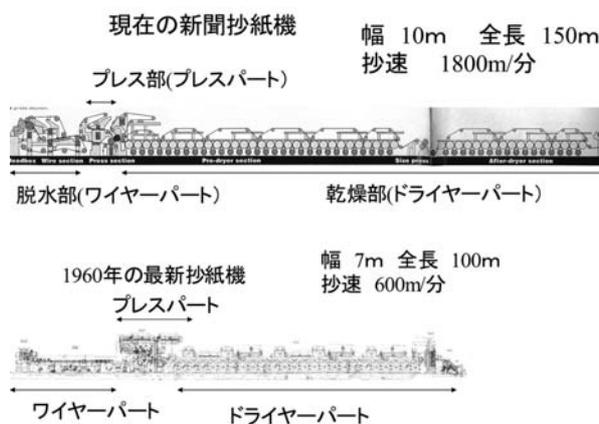


図4.9 抄紙機の大きさの比較<sup>3)</sup>

現在の最大級の抄紙機では、150mにわたって、連続して、次から次と装置を通過していかねばならない。ワイヤーパートからプレスパートへ渡るところ、プレスパートからドライヤーパートへ渡るところでは、紙が自分で（支えなしに）移らなければならない。（図4.7参照）また、ドライヤーパートで、次のドライヤーへ移る際も自分の強度がたよりとなる。これらの場所では、操業中に紙が切れやすく（断紙）、非常に危険である。一度紙が切れると、掃除をして断片を除き、最初から紙を通さなければならない（通紙）。

抄紙機は、その大きさから想像できるように非常に設備費がかかる（最大級の抄紙機では数百億円）。したがって、断紙等で操業効率が低下すると大きな損失となる。いかに断紙の起きにくい設備を開発するかが技術開発となる（7章にて紹介する）。

また、設備費がかさむので、装置の生産性を上げる必要がある。それに影響するのは、生産できる紙の幅（抄紙機の幅）と操業速度（抄速）である。そのため、抄紙機の幅をより広くし、より高速で操業する（抄速を上げる）ことが技術開発となる。参考までに、日本におけるその変化を示す。

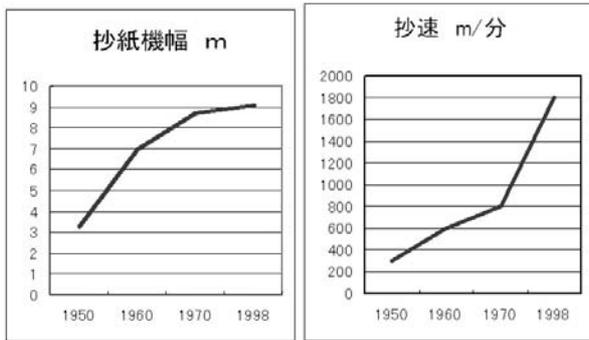


図4.10 日本における抄紙機の変化  
(12章ニュース年表より作成)

生産性のもう一つの因子は操業効率である。これについては8章にてふれるが、日本の製紙産業の高い操業効率は競争力の源泉となっている。

また、ある1台の抄紙機がどのように改造され操業されてきたかを11章にて実例として示す。

## 4.3 新聞用紙及び新聞印刷

### 4-3-1 新聞用紙

新聞用紙あるいは紙一般の一番基本になる特性は、坪量である。坪量（ツボリヨウと読む）とは、紙1m<sup>2</sup>当たりの重さをグラムで表示したもので、例えば、新聞用紙は43g/m<sup>2</sup>、コピー用紙は64-75g/m<sup>2</sup>、段ボール原紙は200-300g/m<sup>2</sup>などで、用途に合わせて適切な坪量がある。もし、同じ機能をより低い坪量の紙で満足できれば、省資源となり、コストダウンが可能になる。このため、紙の軽量化（より坪量の低い紙を求める）は常に製紙産業の技術課題であり続けている。

新聞用紙を含め印刷用紙に求められる品質は、平面であること（印刷ができること）、白いこと（印刷が映えること）、不透明であること（裏の印刷が透けてこないこと）、強度があること（印刷の際に断紙しないこと）そして腰があること（手に持った時、くたっと折れない）等が要求される。これらの物性を、数種類のパルプを混合して満足させる。パルプは、4.1で説明したように木材をその構成要素にバラバラにしたものである。化学パルプは、互いに水素結合を形成し合い、強い紙となる。機械パルプは、微細に砕かれた形であるので強度は弱い、単位重量当たりの表面積が大きく、その表面で光を乱反射し不透明性を付与する。新聞用紙では、この2種類のパルプを混合することにより品質要求を満たしている。例えば、1950年代の新聞用紙は単純に良質の針葉樹（エゾマツ、ドドマツ）の機械パルプ80%、針葉樹の化学パルプ20%で製造されていた。（原料の豊富な北欧・カナダではこの処

方が今でも続いている。）日本では、この2種類のパルプが需要増により不足したことから代替パルプの開発が原料技術の核となる。その変化を6章で追っていく。

### 4-3-2 新聞輪転印刷機

4.2の抄紙機で作られた新聞用紙は、新聞社に届けられ、新聞輪転印刷機で印刷される。

印刷術は、グーテンベルグに始まるとされているが、彼の印刷は平版で、木版画をバッチで機械的に刷るようなものであった。ただ、彼は、木版を彫る代わりに、合金活字を並べることで大幅に版づくりを合理化した。印刷機がプレスと呼ばれているが、この版を紙に押し付けること（プレスすること）で印刷されるからで、必要な枚数だけ繰り返す。これを連続的に行おうとしたのが輪転印刷機である。ここでは、平面に配列されている版をロールに巻きつける。この巻きつけられた版（版胴）にインクをつけ、走行する紙の上で、同じ速度でロールを1回転させると、印刷が転写される。これにより、巻き取り状の紙に、連続的に、同じ印刷を刷り続けることができる。1950年代の新聞印刷は、活字を組んで版をつくり、これを厚手の嵩高の紙（紙型）に押し付けて、レプリカをつくる。これに鉛を流し込んで版（鉛版）をつくり、版胴にまきつけ、凸の部分にインクをつけて印刷する。そのため、凸版印刷と呼ばれた。新聞印刷の最大の技術変化は、この凸版からオフセット（平版）印刷に代わったことで、これが、新聞用紙の品質を変えることを要求した。

オフセット印刷では、全く異なった方法で版を作る。特殊な感光性の樹脂版に印刷したい部分（インクを乗せたい部分）にのみ光をあてる。樹脂は感光して固化する。その後、感光していない部分を洗い流す。感光し、固化した部分は撥水性で、他の部分は親水性を示す。これを版胴に巻きつける。版は、最初に水ロールで水を塗られる。このとき水は親水性の部分のみに付着する。ついでインクローラーでインクをつける。インクは水のない部分（撥水性の部分）にのみに付着する。オフセット印刷では、このインクのついた版を、直接紙にあてるのではなく、ブランケット胴に転写し（off set）、それが紙に印刷される。

このオフセット印刷は、装置が複雑になるが、製版が格段に合理化され（面倒な活字を選んで並べる植字が不要になる）、急速に新聞輪転に採用されていく。その過程を5章で見えていくことになる。

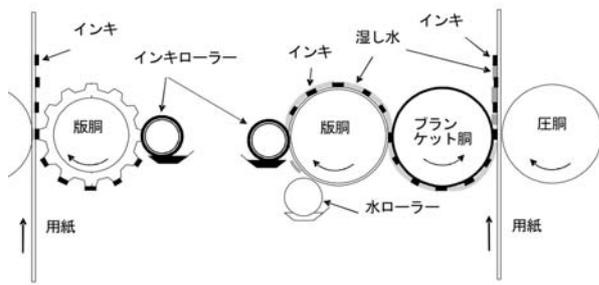


図4.11 凸版印刷とオフセット印刷<sup>2)</sup>

オフセット印刷は、版に水（湿し水と称する）をつけることでインクの付着場所をコントロールしている。一方、紙は水分や湿度に対して非常に敏感で、水が付くとすぐ伸びる。したがって、できるかぎり水に安定な紙が求められる。紙の幅方向で水に対する性質が等しくないと印刷でトラブル（印刷のずれ等）となる。また、凸版のように押し付ける印刷でないため、紙の表面がより平滑であることが求められる。インクもタックが強く、より高い表面強度が必要となる。結果として、印刷は合理化されるが、その分、紙への要求が厳しくなる。

オフセット化の次に、紙の品質に大きな影響を与えたのが、カラー印刷である。その過程は5、6章で見ていくが、その参考のため、カラー印刷（多色オフセット印刷）を紹介する。

新聞のカラー印刷機は通常のカラーオフセット印刷とは異なる形態をとる。最初に使用されたのはサテライト方式とよばれるもので、それぞれの色の印刷ロールが共通の大きな圧胴の周りにサテライト（衛星）のようについている。

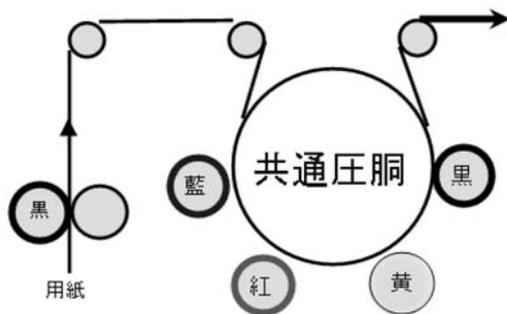


図4.12 サテライト式多色印刷<sup>2)</sup>

これにより、片面1色（黒）、片面4色の印刷ができる。カラー印刷面では4色印刷により、湿し水が4回つくことがわかる。これが紙への品質要求を厳しくする。

ついで、採用されたカラー印刷機はタワープレスと称され、両面4色の印刷ができる。



図4.13 タワープレス印刷機<sup>2)</sup>

これでは、紙面に対し、各片面で4回、合計で8回分の湿し水が付着することになり、より厳しい印刷条件となる。そのため、紙の幅方向の物性（例えば、坪量、紙厚、含水分）をより均一にコントロールすると共に紙の表面強度も上げることが要求される。

#### 4-3-3 新聞社における印刷

それでは新聞用紙の印刷はどのように行われるのであろうか。新聞用紙は通常A巻と称するサイズの巻取りで納入される。巻き取り幅は約1.6mで、1.3万m巻きで、重量約900kgである。これ1本が新聞8ページ分を担当する。もし、新聞が40ページ建てであれば（一般的な朝刊のページ数）、5本の巻取りが別々の部分を印刷し、それをちょうど1部になるように重ねてから折り曲げ、断裁する。実際には、一台の印刷機に印刷ヘッドが5セット並んでおり、5本の巻取りが同時に印刷され、印刷機出口でタイミングを取って重ねられ、折り曲げ断裁される。この作業を、発送時間との競争で進める。もし、1つの印刷ヘッドでトラブルが起きると（例えば紙が切れる）、印刷機全体が停止する。したがって、新聞社では、印刷機が効率良く操業できる巻取りを求める。その要求は、印刷が高速化するにつれてますます厳しくなる。新聞社ではそれを断紙率と言う。これは、100本の巻取りを印刷する途中で何回断紙するかを示す。例えば、1970年代では1%（100本に1回）であったが、2000年代では1000本に1回以下になっている。これは、新聞用紙の技術開発の重要課題の一つであり、その対応を次章で話すことになる。

## 引用文献

- 1) いずれも日本製紙株式会社の提供
- 2) 内藤 勉 “新聞用紙技術60年の歩み” 百万塔126号  
p.25 (紙の博物館)
- 3) 製紙産業技術遺産保存・発信 資料No.6 “東洋最大・最速の新聞A巻4本取り抄紙機 (1960年)” p.2  
(2004年10月13日)

なお、4.1は以下の文献を参考としている。

飯田清昭 “紙パルプ産業の歴史・特徴とエコロジー”  
紙パ技協誌 Vol. 55, No.4 p.417 (2001)

# 5 | 新聞用紙製造60年の変遷

4章で新聞用紙製造の根幹にかかわる技術を、不十分であるが解説した。この章では、新聞社の新聞用紙に対する要求が如何に変化し、それに、製紙産業が如何に対応してきたかを、年代を追って紹介する。

第二次世界大戦以前の製紙産業は、良質の針葉樹林のある北海道及び樺太を中心に発展していた。しかし、敗戦により樺太を失うとパルプの供給源がなくなり、さらに、戦後の混乱と社会不安から製紙産業は壊滅状態となった。昭和21年の紙生産量は21万トン、内新聞用紙は7.5万トンで、戦前の最盛期の4分の1で、現在の50分の1に落ち込んだ。ここから戦後の復興が始まることになる。

新聞用紙生産の特徴は図5.1に端的に表れる。一つは、新聞の出版量が順調に伸び続けたことであり、その伸びた分を日本の製紙会社が国際競争に打ち勝って供給してきたことである。

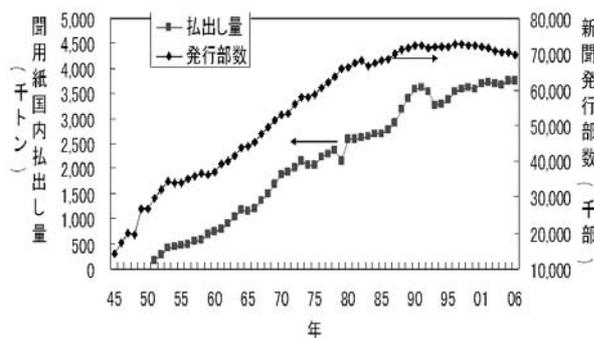


図5.1 新聞発行部数と新聞用紙払い出し量<sup>1)</sup>

なお、この章では、まだ解説されていない技術用語が出てくるが、全体の流れを見ることを優先させるためと理解してほしい。それらの多くは後の章で説明されている。例えば、パルプに関するものは6章、抄紙機に関するものは7章にある。

## 1945-1955年

新聞印刷は4章で紹介した凸版輪転印刷（単色）で、印刷速度は8万部/時（4頁建）程度。後で紹介する現状（オフセット印刷、4色、15万部/時（40頁建））と大きな違いがある。用紙は印刷インクを吸収できるように嵩が必要で、坪量は52g/m<sup>2</sup>であった。原料パルプは国内の針葉樹を利用したGPと未漂白SPの混合（例えばGP80%、SP20%）であった（6章にて説明）。抄紙機は長網で、A巻き2本取り（紙幅約3.4m）、抄速は300m/分程度であった。

## 1956-1965年

日本は高度成長期に入り、新聞用紙の需要が急増し、抄紙機の増設が続いた（12章ニュース年表参照）。このため原料の針葉樹が不足した。そこで広葉樹を軽く薬品処理しリファイナーで磨砕し、GPの代わりとするCGPが開発された。例えば、GP60%、CGP20%、SP20%のような配合で用いられた。しかし、CGPはその後、針葉樹輸入チップのTMPに取って代わられその使命を終えた（詳細は6章でふれる）。一方、抄紙機の生産性を上げるため、大型高速抄紙機が導入される。例えばA巻き3本取り抄紙機（紙幅約5.4m）が1957年に、4本取り抄紙機（紙幅約7m、抄速600m/分）が1960年に稼働している。新聞社も印刷の技術革新進め、16頁建て10万部/時に達し、カラー印刷も試みられた。

## 1966-1975年

大手新聞社は24頁建てを採用し、わずかながらオフセット印刷の導入、新聞広告のカラー化が始まった。製紙会社は一斉に増設に走り、新設新聞抄紙機21台、中でもA巻き5本取り（紙幅約8.4m、抄速800m/分）の抄紙機が2台稼働した。原料面では、それまで廃水を未処理のまま放流していた化学パルプであるSPの廃水公害が問題となり、廃液回収の可能なKPへの転換が検討されだした（6章にて説明）。

## 1976-1985年

新聞社、製紙会社で技術革新が進んだ時代である。新聞社では、CTS（紙面全体の編集をコンピュータで処理し、ディスプレイによる表示、紙面大の印字フィルムによる写植と印刷等を行う）が導入され、印刷方式もオフセットが急速に普及しだす。それにともない、紙型鉛版から樹脂版へ移行し、印刷の生産性を上げることを求めた。その結果、製紙会社への要求も一段と厳しくなった。例えば、断紙率1%（巻き取り100本で1回の断紙）、ワイヤー面のインク着肉の改善（この時代の抄紙機は長網抄紙機のためどうしてもワイヤー面の印刷が劣る）、裏抜けの改良等である。また、第2次石油危機後の輸入針葉樹チップの高騰から、新聞社、製紙会社共同で新聞用紙の軽量化に取り組むことになった。これは、原料の乏しい日本独自の動きで、2000年に向けてどんどん加速していく。具体的には、坪量は53g/m<sup>2</sup>から49g/m<sup>2</sup>、45g/m<sup>2</sup>、43g/m<sup>2</sup>と減量してい

く。それを図5.2に示す。ひとたび、より軽量の新聞用紙が作られると、それが一気に広がっていく様子が見て取れる。

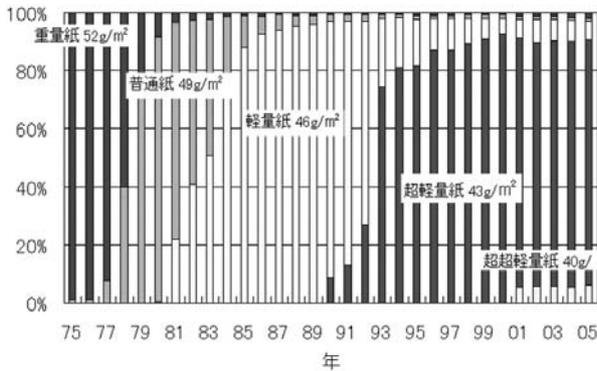


図5.2 新聞用紙の坪量変化<sup>1)</sup>

この軽量化は品質要求をさらに厳しくする。すなわち、坪量を減らしながら、新聞用紙としての品質（強度、印刷適性、不透明度、腰等）を保持せねばならず、従来の生産方式ではそれらを満足できない。このため、製紙会社は、ツインワイヤー抄紙機の導入・転換、KP-TMP系への原料転換、DIPの使用、ホワイトカーボン等の高吸油性填料の添加で対応した。これらは、その後の基本的な技術となるので6及び7章で具体的に説明する。

### 1986-1995年

この時期の特徴は、前の時期から引き続き新聞印刷機のオフセット化とカラー印刷化であり、更なる軽量化であった。オフセット印刷はインクのタックが強く、用紙に高い表面強度を要求する。多色カラー印刷では、同じ紙の表面を4回印刷する（4色印刷の場合）ため、さらに高い表面強度を必要とする。また、オフセット印刷では絶えず湿し水（印刷版のインクを乗せない部分につける水）をつかい、これが紙に転写される（4.3章参照）。この湿し水への安定性が悪いとカラー印刷で色ずれを起こす。坪量が低くなればなるほどこの安定性が悪くなる。

その厳しい要求を、軽量化を進めながら満足させる。その対策として開発されたのがゲートロール型のサイズプレス塗工であった（7章にて説明する）。これは日本独自の開発技術で、これにより、40頁を一度に15万部/時で印刷し、しかも断紙は起きなくてあたりまえ（例えば1000本に1-2回）となり、輸入紙は日本市場へほとんど入れなくなった。

### 1996-2005年

新聞のカラー化はますます進展し、いわゆるタワープレス型の多色印刷機の採用が続く。

この印刷機は、4.3章で示してあるが、両面カラー印刷が可能となる。これでは、合計で8回分の湿し水が付着することになり、より厳しい印刷条件となる。そのため、紙の幅方向の物性（例えば、坪量、紙厚、含水分）をより均一にする必要が生まれる。また、カラー印刷の見栄えをよくするため白色度（紙の白さ：黒体を0%、MgO粉末の白さを100%として求める）が55%と、50年前より10ポイントも高くなった。さらに40g/m<sup>2</sup>の超超軽量紙の採用、印刷速度18万部/時の印刷機の登場等で、断紙率など用紙に対する要求は一段と厳しくなってきた（1000本に1回以下）。これに対し、抄紙機も進化し続けてきた。例えば、幅方向の物性の均一化のため、ヘッドボックスの原料濃度調整方式への転換（7章にて説明）、紙の表面性の更なる改善のためのソフトニップカレンダーの採用等である。また、原料面では古紙処理技術の改善により積極的な古紙への転換、さらには中性抄紙による炭酸カルシュームの添加等を図ってきている（6章にて説明）。

これらの技術開発をまとめると表5.1のようになるといえよう。

表5.1 50年間の技術変化

	1950年頃	2000年
新聞印刷	凸版印刷黒一色 4ページ/部 印刷速度 32万ページ/時	オフセット印刷カラー4色 40ページ/部 印刷速度 600万ページ/時 断紙率 1回/1000本 以下
新聞用紙	坪量 52g/m <sup>2</sup> 白色度 45%	坪量 43g/m <sup>2</sup> 白色度 55%
需要量	50万トン/年	375万トン/年
使用原料	GP 40万トン/年 SP 10万トン/年	DIP 260万トン/年 TMP 75万トン/年 GP 20万トン/年 KP 20万トン/年 炭酸カルシューム添加 表面塗工(サイズプレス)
抄紙機	長網抄紙機 3.3m幅 300m/分 酸性抄紙	ツインワイヤー抄紙機 10m幅 1800m/分 サイズプレス 中性抄紙

### 今後の発展

これらの日本の製紙産業の技術開発が、日本の新聞社のあくなき生産効率の追求により進められ、結果として、日本市場を確保してきた。しかし、日本の新聞需要は全国紙の宅配に支えられて伸びてきたが、かげりが見られだしてきた。国内需要のみでは成長に限界があり、次の方向が必要となっている。

じつは、ここに日本の新聞用紙生産のジレンマがあ

る。日本の新聞印刷は印刷生産性を求めるあまり、世界の標準的な方法からかけ離れたて厳しいものとなっている。それを満足している日本の新聞用紙は、世界でも充分通用するはずであるが、そこに価格という経済性が絡んでくる。

新聞社の要求する製品の信頼性を満足するため、製紙会社は生産設備を改善・高性能化してきた。この設備投資の分、新聞用紙はコスト高になる。事実、日本製の新聞用紙の価格は輸入新聞用紙より割高である（例えば40-50%）。なぜ、新聞社は高い国産紙を使うのであろうか。彼らの印刷機は世界でまれな大型・高速機で、生産性を追及している（4.3章参照）。ここへ、海外の標準といわれている高い断紙率の紙（例えば100本で3回）をかけると、操業トラブルによる時間的ロスが極度に大きくなり、場合によってはより多くの台数の印刷機が必要となろう。しかし、信頼性の高い国産紙では、その印刷の生産性向上による利益が大きく、用紙の価格差を充分にカバーする。一見矛盾する

ようであるが、信頼性のある価格の高い紙を使ったほうがコストダウンとなる。一方、海外の新聞印刷は、低速のため、日本の新聞用紙の信頼性を充分に活用できず、なにも高い紙を使う必要がないことになる。この高価格、高信頼性の特徴が海外展開を困難にしている。製紙産業の新たな挑戦課題である。

#### 次章以降へのつながり

ここで概説した変遷は、この報告の中核をなすもので、6章で原料面での技術開発を、7章では抄紙機を中心として設備面での技術開発を、8章では日本の生産技術の特質を紹介する。

なお、この章をまとめるにあたり下記の文献<sup>1)</sup>を著者の了承の上参考とした。

#### 引用文献

- 1) 内藤 勉 “新聞用紙技術60年の歩み” 百万塔126号 p.25 (紙の博物館)

# 6 | 技術開発1：原料開発

## 6.1 原料開発の変遷

### 6-1-1 はじめに

紙の需要は、大きく見るとGDPに比例して増加してきた。新聞用紙の需要もそれに連動し、1960年の70万トンから、2000年には380万トンと5倍以上に増えている。この過程での最大の課題は原料の入手法をいかに開拓するかであった。日本の製紙産業は、不利な原料事情を技術開発で工夫しながら、需要増を満たす新しい原料を見出すことで、輸入新聞用紙に対抗し、国内市場を守ってきた。その過程を、製造プロセスを記述しながら紹介する。

新聞用紙には基本的な品質要求があることは4.2で述べた。多少重複するが、1950年代では、紙の強度を支える針葉樹の化学パルプ20%と裏抜けを防ぎ（不透明性）、剛性（腰）を保ち、表面を平らにする（平滑性）針葉樹の機械パルプ80%を混合して使用してきた。そして、これらのパルプの配合率を微妙に調整することで紙の品質を管理してきた。

しかし、日本では針葉樹がすくなく、到底需要増に対処できないことから、原料開発が始まった。図6.1は新聞用紙生産における各パルプの使用量の推定である。

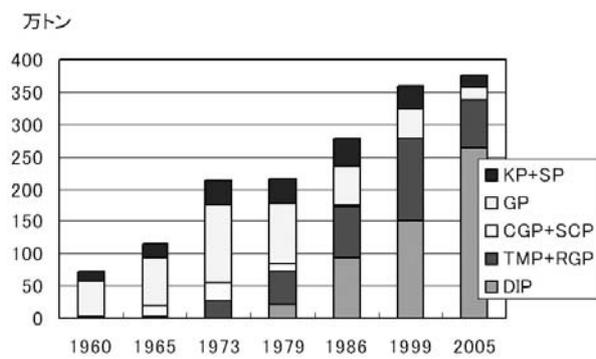


図6.1 新聞用紙の原料パルプ別使用量

この図の略語は、4.1.3で解説しているのでそちらを参照してほしいが、簡単にもう一度ふれる。

化学パルプに属するもの

KP：クラフトパルプ (kraft pulp)

SP：サルファイトパルプ (sulfite pulp)

機械パルプに属するもの

GP：グラウンドウッドパルプ (groundwood pulp)

CGP：ケミグラウンドウッドパルプ (chemi-groundwood pulp) (広葉樹が原料)

TMP：サーモメカニカルパルプ (thermo-mechanical pulp)

RGP：リファイナードグラウンドウッドパルプ (refiner groundwood pulp)

SCP：セミケミカルパルプ (semi-chemical pulp) (広葉樹が原料) 機械パルプと化学パルプの中間的なパルプ

古紙パルプに属するもの

DIP：デインクドパルプ (deinked pulp) 古紙を脱インクして得たパルプ

図6.1を示した目的は、年代とともに使用されるパルプが次々と変わっていることで、名前は同じ新聞用紙であるが、1950年代に比べると全く別のパルプ配合に変わっていることを示すためである。実は、この図は実統計の数字ではなく、以下の方法で推定したものである。

新聞用紙の生産量については図5.1の統計がある。また、産業全体での各パルプの生産統計も存在する。しかし、新聞用紙生産における各パルプの使用量は統計がない。そこで、各年代の新聞用紙の代表的なパルプ配合を、製紙各社の社史や文献等から推定して図6.2を作成し、それを基に各年の新聞用紙生産量から算出したもので、実態統計の数字ではないが、歴史的にどのようなパルプがどれだけ使用されたか流れを示すものと理解してほしい。

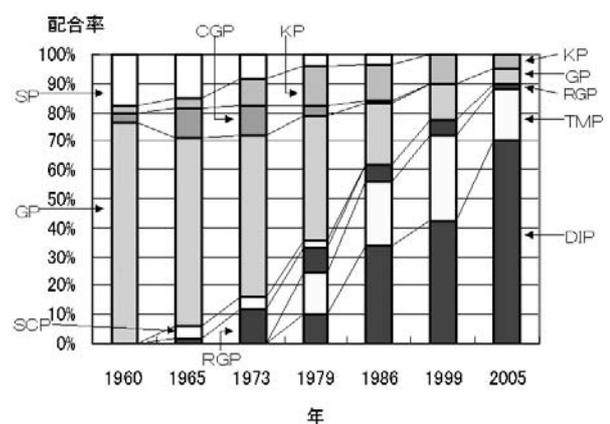


図6.2 新聞用紙の原料パルプ配合率 (推定)<sup>1)</sup>

### 6-1-2 1945-1955年

まず、良質の針葉樹機械パルプが不足したことから、赤松のGPが実用化された。赤松は日本固有の針葉樹であるが、構成要素の仮導管の膜が厚く多量の樹脂分(ピッチ)を持っている。膜が厚いと、パルプの柔軟

さがなくなり強度が出にくい。樹脂分は特に問題となった。樹脂分は磨砕（GP化）の際に水中に分散するが、抄紙機上で凝集し、ロールにへばりついたりしてトラブルを引き起こす。原料不足の緊迫から無理やり技術開発を進めたもので、当時として決して容易な技術ではなかった。対策は、シーズニングで、丸太を、水中または陸上で6ヶ月以上貯蔵する。これにより、樹脂分の化学的な変質と微生物による分解で抄紙機でのトラブルが減少する。さらに、抄紙機では、硫酸アルミニウム水溶液の添加によりパルプスラリーのpHを4.0まで下げて樹脂分の凝集を防いだ。この頃の紙パ技協誌（紙パルプ技術協会の月刊技術雑誌）にも多くの論文が載せられているが、これが、戦後の最初の技術開発で、これは図6.1のGPの増加に現れている。丸太を貯蔵すると言っても1本や2本ではない。大量の丸太を6ヶ月以上にわたって貯蔵しながら、先入れ先出して生産工程に送り出す。この現場管理を効率よくすることがコストに影響するので、技術的なブレークスルーのほかに工場管理の技術が要求され、日本で普遍的に開発・実用化された。

GPの製造装置であるグラインダーの概念を図6.3に示す。直径2m近くの回転砥石に丸太を平行に押し当てて表面から磨砕していく。実操業では、直径20-40cmで長さが1-2mに切った丸太が水路を流れてくる。これを取り上げてグラインダーポケットに10数本挿入する。グラインダーを回転し磨砕し終わると、回転を止め、新たに丸太を挿入する。労力のかかるバッチ作業である。また、丸太はまっすぐで、径のそろったものなければならない。このグラインダーによる磨砕は、後に、もっと効率的なリファイナーに代わっていく。

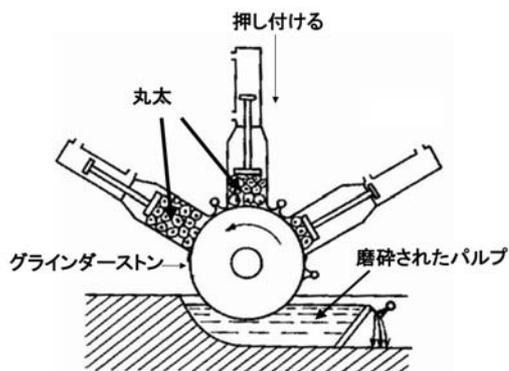


図6.3 グラインダーの概念図

### 6-1-3 1956-1970年

更なる需要増から、機械パルプが不足するが、針葉樹の不足はいかんともしがたく、代わって広葉樹の利用が世界的に検討される。そこで開発されたのがCGP

(chem-groundwood pulp) 及びSCP (semi-chemical pulp) である。これらは、広葉樹を丸太でなくチップ化し (20mm×20mm×5mm程度の碎片にする)、薬品で軽く処理した後リファイナーで磨砕する。チップ化の利点は、後の工程をすべて連続化できることである。チップはコンベアーで連続的にリファイナーにフィードされる。リファイナーでは、チップは高馬力で回転する2つのディスクの間で磨砕され、連続的に排出される。最近の大型のものは23,000HPで、ディスク径2mである。この高馬力、大型のリファイナーが次々に開発されたのは次のTMP、RGPの開発につながり、製紙産業の原料選択のオプションを広げた。

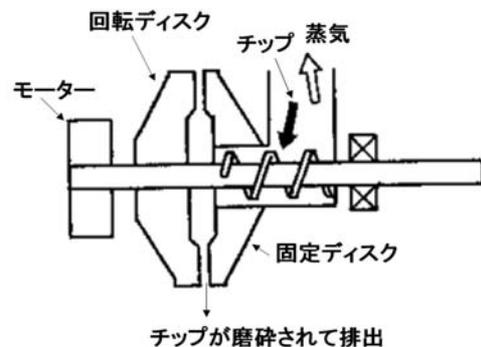


図6.4 リファイナーの原理図

(黒矢印からチップが入り、回転するディスクの間を通る際に磨砕される。)

広葉樹は針葉樹に比べて密度が高く、グラインダーによるGP化が困難で、かつ、得られるパルプも微細すぎ強度不足である。この広葉樹のチップを軽く薬品処理することで木材中のヘミセルロースの一部を溶解し、磨砕されやすく (リファイナーで磨砕) することで、得られるパルプの強度が改善される。海外では段ボールの中芯として開発されたが、日本ではそれを新聞用のGP代替として独自に発展させた。方式は2つあり、中性亜硫酸ソーダで熱を加えるものと、苛性ソーダで常温処理するものがあり、前者は樺やブナのような白色度の高い材に、後者は樺等の褐色の材に使用された。パルプは、必要に応じ (特に後者) 過酸化水素等で漂白された。詳細は文献に譲るが (例えば本章末尾の参考文献)、これによりSP20%、GP50%、CGP30%なる配合の新聞用紙が生産された。

この時期は、新聞用紙原料とは直接関係はないが、広葉樹からクラフトパルプを生産し、印刷用紙へ使用することにより日本の製紙産業の基盤を作り上げた新展開の時でもあった。繊維長の短い広葉樹パルプで上質紙を抄紙するノウハウを作り上げたこと (現在では普通であるが、当時は広葉樹の上質紙は全く考えられ

なかった)がその後の日本の製紙産業の発展を引き出す。また、この基盤ができたことで工場が大型化できた。一般に製紙工場では、複数の製品が生産されることが多く、その工場全体の競争力が増すと、その工場生産される新聞用紙のコストダウンが可能となり、国際競争力を生んでくる。広葉樹の利用は、その意味で、新聞用紙生産のコストダウンに間接的に寄与した。

この広葉樹クラフトパルプ100%の上質紙に関し、国策通信勇払再建特集号(昭和27年9月25日発行(1952年))に「本年5月より広葉樹100%で紙の一貫生産をはじめた。本邦ではもちろん始めてであり、世界でも珍しい試みと推察する。」との記述がある。この国策パルプ勇払工場は、その後山陽国策パルプを経て、日本製紙勇払工場として現在も操業している。その動機の第一は近隣の豊富な広葉樹(主として樺)を使おうとしたことのように(個人的な情報)ある。当時の抄紙機はオープンローの箇所(例えば、ワイヤーパートからプレスパートへ移る所等)が多く、紙が切れやすいことを考えると、各パートの速度の調整が大変であったと推定される。ただ、樺は広葉樹としては繊維が長く、その分使いやすかったと考えられる。また、できた上質紙は、パルプが短いために、針葉樹の上質紙に比べ表面が緻密で平滑になり、良好な印刷ができた。この思わぬ利点のため、日本で急速に広がった(これには、次に説明する連続蒸解釜の開発も寄与した)。ついで、この日本の広葉樹の上質紙が世界で一般化したことから、広葉樹のパルプの需要が生まれ、ユーカリ(広葉樹)の植林とそれによるパルプ生産が大型産業として誕生した。その最大の生産国がブラジルである。

広葉樹のクラフトパルプ生産では日本はもう一つ世界に寄与している。当時、化学パルプは、クラフトパルプ、サルファイトパルプを問わず、バッチ式蒸解釜で製造されていた。その設備は、20-30m<sup>3</sup>の圧力釜に、上から木材チップ充填し、蓋を閉め、パルプ化薬品を注入し、蒸気で加温する。サルファイト法では120-130℃で7-8時間、クラフト法では170-180℃で1-2時間加熱する。パルプ化終了後、釜の底部からパルプを流し出す。それに対し、生産性向上、省エネルギー、省スペースを目的に連続式蒸解釜が1938年スエーデンのカミヤ社で設計され、1946年同国カールスボルグ工場にテストプラントが設置された。その後、1950年スエーデンのFengersfors Bruks AB, Fengersfors(針葉樹50ADT/D)、1951年イタリーのCartiera Vita Mayer & Co., Cairate(針葉樹90ADT/D)がスタートアップし、1953年1月29日世界で3番目の蒸解釜が王子製紙春

日井工場で操業開始した。大きさは直径2.5m、高さ23m、容量110m<sup>3</sup>。能力90t/日。蒸解釜の頂部から連続的にフィードされたチップは塔を下る間にパルプ化され、底部より連続的に取り出される。操業当初は、高圧フィーダー、縮切縮出機等でのハンマリング、釜内チップレベルの不安定、釜内ストレーナー・浸透蒸解循環ヒーターでのスケールトラブル、ハンギング、洗浄工程での発泡トラブルに見まわれ、苦勞をしながら工夫、改良を重ね安定操業が可能になっていったと記されている<sup>2)</sup>。この王子製紙での改良がこの設備を世界に売れるものに育て上げたといわれている。余談であるが、その後、蒸解釜は大型化し、5000t/日の規模にまでなっている。

参考までに、王子製紙での搬入の様子と、最新の蒸解釜の写真を図6.5-1及び図6.5-2(次頁)に示す。立っている人の大きさでその規模の違いを見てほしい。

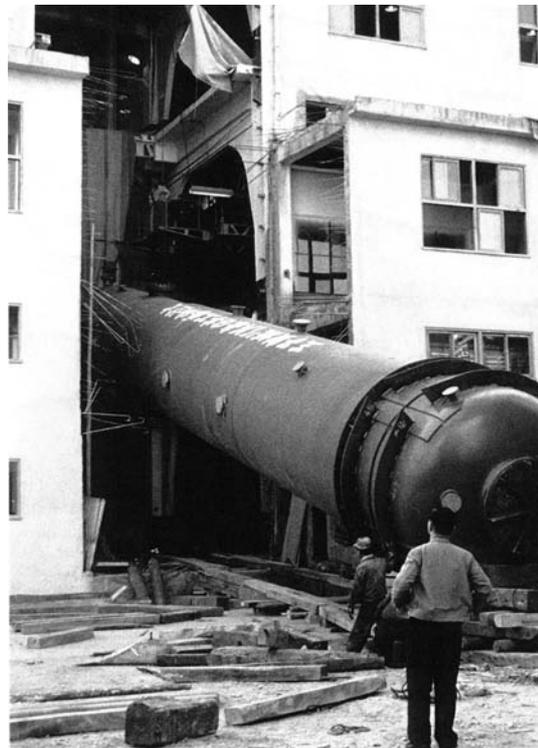


図6.5-1 王子製紙春日井工場における連続蒸解釜の搬入(王子製紙 提供)

この時代は、化学パルプの製法であるクラフト法(KP法)とサルファイト法(SP法)がその後の覇権をかけて技術開発を争った時期でもあった。重要なことは、その背景として、環境保全にいかに対処するかという問題が最初に取り上げられたケースでもあった。そして、この過程で大きなエネルギーが投入され、結局、実をむすばなかったが、それなしでは次の発展があり得なかったと個人的に思っている。

KP法は苛性ソーダと硫化ソーダの混合水溶液を用



図6.5-2 最新の連続蒸解釜  
(メッツオペーパージャパン提供)

い、多くの樹種を蒸解できるが、得られるパルプは茶褐色でそのままでは新聞・印刷用紙には使用できない。このパルプを、二酸化塩素で高白色度に漂白する技術はすでに開発されていた。また、高価なナトリウムを使用するため、パルプ化廃液からパルプ化薬品を回収する必要があるが、そのプロセスが確立しており、近代的な大型生産プロセスの要件を備えていた。しかし、硫化ソーダの使用による臭気と大型設備なるゆえの巨額の投資が問題であった。

一方、SP法は、亜硫酸カルシウム水溶液を用いるが、Caベースなるがゆえにチップ内部への薬液の浸透が悪く、パルプ化できる樹種が限られ、かつ、排水は放流されるままで、環境汚染が問題となった。すなわち、パルプ化廃液を回収し、Caを再生使用するのは、技術的にもコスト的に困難であった。この問題は、Caの代わりに可溶性のベース (Na, Mg, NH<sub>3</sub>) を使うことにより、廃液を回収することで環境汚染をなくし、かつ、KP法のようにパルプ化薬品が技術的に再生できると考えられた。その際、現状のパルプ化プラントは転用でき、得られるパルプは白色度が高く、新聞用紙や下級紙では漂白せずに使える利点があった。このため、北欧を中心に廃液回収と薬品再生を目指した大がかりの研究が進められ、その成果は、Stora法、Sivola法、Magnefite法等の改良型のSP法となり、一部実用化された。

例えば、Stora社は、自社開発の薬品回収プロセスを組み込んだStora法 (Naベースの2段蒸解法) でカナダのNova Scotiaに工場を建設した。日本でも、十條製

紙伏木、八代 (1963年) 等で既存のSPに代えて採用し、新聞用紙に配合した (薬品回収は行わなかった)。Magnefite法も新聞用紙のSPの代替としては優れた特徴 (高い白色度、高歩留り、樹種多様性) により日本でも複数の新聞用紙工場で実機操業した (1967年)。

しかし、Naベースの回収法は、KP法の薬品回収に比べ複雑すぎ、結局普及することがなかった。またMgベースはパルプ化できる樹種が限られることとパルプ強度でKP法に劣ることから、薬品回収が容易と言う利点を持ちながら普及しなかった<sup>3)</sup>。

日本の場合は、国内の広葉樹を印刷用紙特に上質紙向けに使用するにはKP法に優るものはなく、臭気、設備投資の問題がありながら一気に増設が進んだ。しかしながら、KP法の問題点は大きく、その代替を求める研究が引き続き数多くなされた時期でもあった。

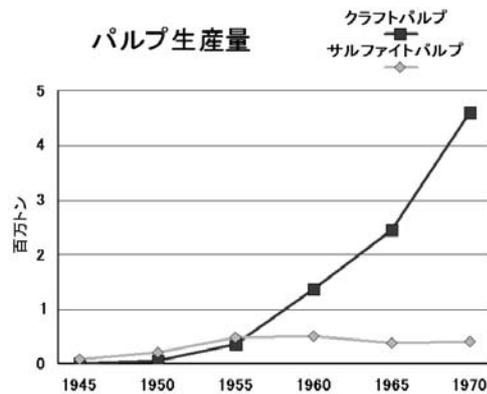


図6.6 KP生産の急増<sup>3)</sup>

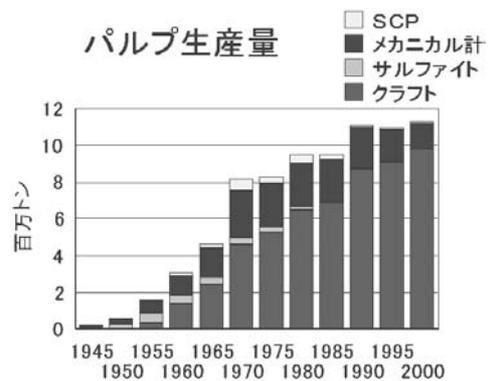


図6.7 KPが主要な化学パルプとなる<sup>3)</sup>

また、新聞用紙生産の化学パルプとして使用されてきたSPも、環境面から、廃液を回収しなければならず、そのためにKPに代わらざるを得なくなっていく。

最初にふれたが、ここで知ってほしいのは、SPからKPへの転換では、環境対応が大きな決定要因となったことで、環境からの要求が生産プロセスの交代を求めた典型でもある。

#### 6-1-4 1971-1980年 (その1:原料展開)

さらに新聞需要が増加するにつれ、新たな針葉樹資源が求められ、東洋パルプと大昭和製紙が米国西海岸より針葉樹チップ (fir, hemlockを主として、後には douglas firも) を専用船で輸入する事を試みた (1964年)。この試みは大きなリスクを賭けての挑戦であったが、輸入チップは以後日本の製紙産業の米櫃となり、さらなる発展を可能にした。

この試みは「コロンブスの卵」で、出来てしまえば当然であるが、最初の発想、それに続くプロジェクトの展開 (北米でのチップの集荷、輸送船の手配)、エンジニアリング (チップの積み込み、取り出し、搬送)、輸送中のチップ品質変化の確認等は技術遺産として記録すべきである。幸いにも、東洋パルプでプロジェクトを担当した花谷守正氏がその経緯を最近まとめた<sup>4)</sup>。

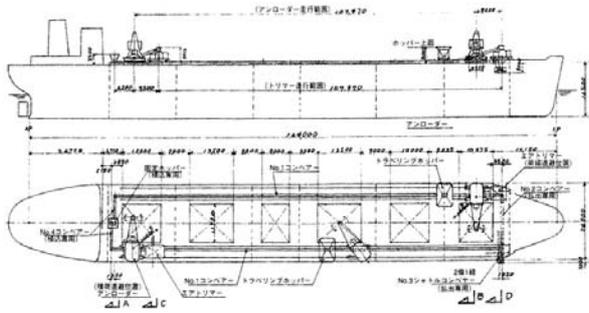


図6.8 最初のチップ専用船 (呉丸) の図面<sup>4)</sup>

この北米からの針葉樹のチップは日本の新聞用紙用の機械パルプの生産に変化を引き起こし、新たな展開を生む。CGPの開発の過程で生まれたチップのリファイニング技術をもう一段パワーアップすることで薬品処理により軟化することなくリファイニング可能となる。したがって、針葉樹のチップが入手できれば、広葉樹から無理をして機械パルプ代替品をつくるより、針葉樹のRGP、TMP、等のプロセスの方が高品質を保証してくれる。このため、CGPは急速に置き換わられていく。RGPはTMPへ移行する過渡的なものなので、ここではTMPについてその製法を簡単に述べる。木材のマイクロ構造については4.1で示したが、パルプとなる仮導管を接着剤の役目をするリグニンが埋めている。リグニンは100℃以上で軟化する。その状態でリファイニングすると、リグニン層で破碎を起こし、同じ機械パルプのGPより破壊されていないパルプを得ることができる。実際には、針葉樹チップを110-125℃で数分間加熱した後にリファイニングする。

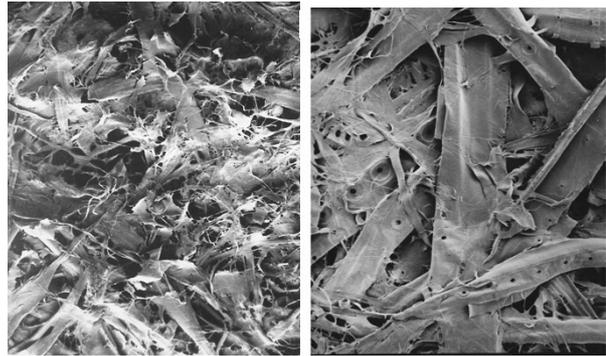


図6.9 GP (左) とTMP (右) の比較 (写真)<sup>5)</sup>

このようにパルプの形状が異なるから、それで得られる紙の品質も異なってくる。予想されるように、TMPはGPに比して、強度が優れているが、不透明性が劣る。当初はCGPの代替であったが、後の6-1-3で述べる工夫 (非晶性シリカの添加) によりGPにも置き換わっていく。

印刷紙需要の着実な増加により広葉樹が不足し出すと、ユーカリを初めとする広葉樹のチップの輸入が一般化する。初期のユーカリは天然林の老木で、植林のものとは大きく異なり、当時は種々の困難が予想され、かつ、実際に操業していたのはオーストラリアで小型工場一つであった (1957年)。このときに大量輸入による大型KPプラントを計画する事は事前の調査研究とそれに基づく決断が必要であり、それを可能にする技術が日本にあったといえよう。この一連のチップの輸入は間違いなく日本紙パルプ産業の技術的新展開である。

この技術は、日本の製紙工場の形態にも大きく影響した。まず、工場立地が大きく変化した。それまでは原木のあるところが圧倒的に有利な立地であったが (現在でも世界の他の国においては通用している)、チップ専用船で輸入が可能になると港の近く (臨海立地) がすべての面で有利になる。例えばエネルギーである石炭・石油の搬入、製品の市場への搬送も容易になる。また、原木集荷の制約がなくなったことから工場的大型化が可能となった。その結果、王子製紙苫小牧工場、三菱製紙八戸工場、北越製紙新潟工場、日本製紙石巻工場、大王製紙三島工場等、世界で通用する大型工場ができあがった。この自国原料が乏しいのに大型工場を存続させるという独自の生産形態が国際競争力を生み、日本で製紙産業を発展させる基礎を作った。船隻数の増加 (2004年現在84隻)、木材原料に占める輸入チップ比率の増加 (2004年 広葉樹チップ89%、針葉樹チップ43%) がその重要さを物語っている。

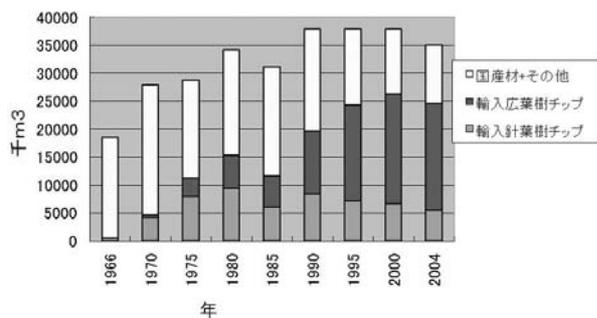


図6.10 全原木使用量と輸入チップ量<sup>6)</sup>

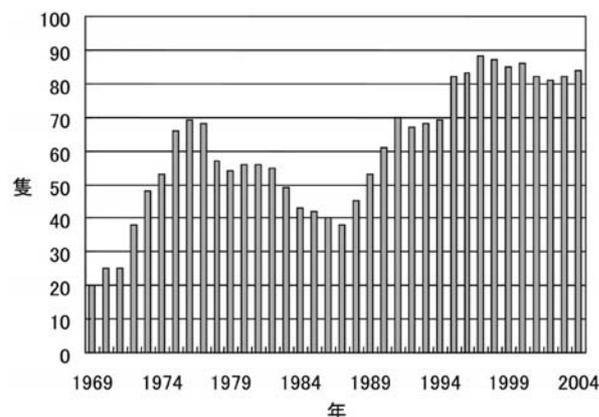


図6.11 チップ専用船の就航数<sup>6)</sup>

さらに言えば、このチップ輸入が、現在日本の製紙産業が取り組んでいる海外植林に発展していく。これについては別に紹介する。

### 6-1-5 1970-1980年（その2：新聞用紙品質への対応）

1970年代は新聞社においても技術革新が進められた。前にもふれたが、印刷方式がオフセットに移行するとともに、CTS（Computer Typo-setting System：紙面全体の編集をコンピュータで処理し、ディスプレイによる表示、紙面大の印字フィルムによる写植と印刷等を行う）が、1968年に佐賀新聞で初めて導入された。この技術は、印刷製版を大きく変化させ、印刷作業を大幅に合理化した。そして、1978年に大手の新聞社がこのシステムに変わるに伴い、製紙会社への要求も一段と厳しくなった。例えば、当時の新聞社と製紙会社の技術会議において、次のような要望が出されている<sup>1)</sup>。

- \*断紙率1%（巻き取り100本で1回の断紙）、
- \*ワイヤー面のインキ着肉の改善
- \*裏抜けの改良：新聞用紙では裏の印刷が透けて見えないことが条件である。

これらの品質要求は、新聞用紙の原料パルプの配合の工夫と製造プロセスの改良（7章で詳しくふれる）を要求した。

また、第2次石油危機後の輸入針葉樹チップの高騰から、新聞社、製紙会社共同で新聞用紙の軽量化（坪量を減少する）に取り組むことになった。これは日本独自の取り組みで、その急速な進展は、5章 図5.2に示した通りである。

この軽量化の動きは、新聞用紙のみならず、他の紙品種でも試みられた。例えば、ライナー（段ボールの表層の厚紙）の場合を図6.12に示す。

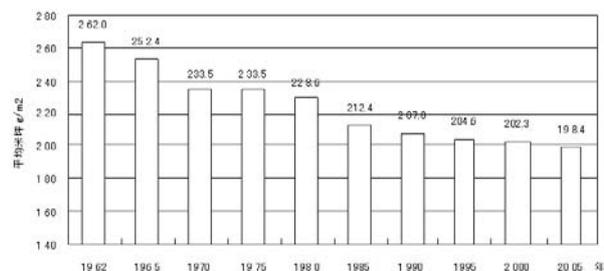


図6.12 外装用ライナーにおける軽量化<sup>7)</sup>  
（注：米坪は坪量と同じ）

コピー用紙も、78g/m<sup>2</sup>から、現在は64g/m<sup>2</sup>が標準となっている。

印刷紙・新聞用紙を軽量化すると、紙の強度が不足し、不透明度が低下する。強度低下に対し、より強いパルプを使うことになる。今まで、化学パルプにはSPとKPがあり、印刷用紙には広葉樹KPが主体になったことを紹介した。しかし、新聞用紙には漂白の必要のない針葉樹のSPが、環境面の問題を抱えながらも、コスト的な有利さから使われ続けた。一方、KPの一つの特徴は、SPに比べ非常に強い紙を造ることである。このため、紙の強度の改善のためにわずかに残っていたSPもKPに転換することとなった。また、機械パルプでも、GPより強度のあるTMPがより使われることになる。（図6.1参照）GPの特徴は、不透明性が優れており、印刷の裏抜けが起きにくく、印刷面が優れている。強度を求めてTMPに代えると、裏抜けが起きてくる。このため、印刷インクの紙中への浸透を防ぐために、吸油性の強い填料を紙中に配合することになる。具体的には、工場内（オンサイト）で非結晶性シリカ（ホワイトカーボンとよばれた）を製造して添加（原料の1%程度）した。このように、軽量化による紙質の低下（強度、不透明度さらには腰（剛性））をいかに補うかは、これから最大のテーマとして続いていく。それは、次の時代の古紙を主原料とする新聞用紙の場合も課題となる。

長網抄紙機では脱水がワイヤー側のみなので、紙のワイヤー側は微細なパルプが少なく表面が粗くなり、印刷が粗くなる。抄速を上げるほど（生産性をあげる

ほど) この表裏差が大きくなり、ワイヤー面の印刷がより劣化する。この問題は、ツインワイヤー抄紙機の開発と導入により解決された。これについては7章にて説明する。

### 6-1-6 1981-2000年

1975年頃までは、新聞用紙と印刷用紙の生産量は相拮抗してきた。しかし、社会の豊かさにつれ、より印刷効果の良い印刷用紙の需要が急増してきた。その結果、新たな広葉樹原料の開発が行われ、それまでのオーストラリアのほか、アメリカ南部、チリー等からチップが運ばれてくる。一方、新聞用紙のために生産を続けていたSPは、排水問題を根本的に解決できないこともありKP法に変わらざるをえなくなり、ここにその使命を終える。

その次に注目されたのは、古紙利用である。古紙は板紙の主要原料として以前から広く利用されており、古紙を配合したライナーは日本の独自開発技術で、米国のクラフトライナーに対抗している。

2006年の統計では、全パルプ使用量の60.7%が古紙から得られている。

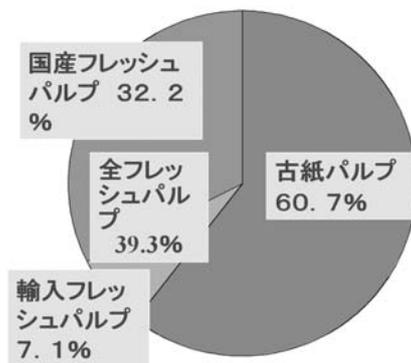


図6.13 使用パルプ(2006年)の資源別分類<sup>9)</sup>

図6.14は、紙・板紙がどの程度古紙を利用しているかを示す。上の線が板紙で、ほとんど古紙から生産されている。下の線が紙(印刷紙・新聞用紙)である。基本的には、紙が回収されて板紙に使用されるリサイクルの姿がある。

この古紙を、新聞用紙、印刷用紙に配合しようとするもので、初期には、あくまで経済的な(決して環境面からの視点でなく)ものであった。したがって、製紙会社は古紙パルプを配合していることを内密にしながら技術開発を進めた。それが、1990年代に入ると、一転して環境への配慮とみなされ、何が何でも古紙を使えという風潮となる。

最初に大規模に実用化しだしたのは、新聞古紙を新

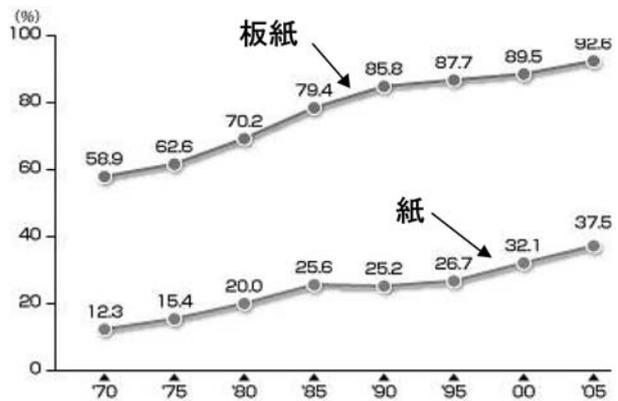


図6.14 紙、板紙における古紙使用比率<sup>9)</sup>

新聞用紙原料に廻すシステムである。前に述べたように古紙パルプは、特定のパルプでなく、古紙を元のパルプに戻したもので、その品質は元の古紙で決まる。例えば、新聞用紙から古紙パルプを得ると、機械パルプと化学パルプの混合したパルプが得られる。通常は、その他の印刷紙(例えばチラシなど)が混入するため、得られる古紙パルプは機械パルプ40-50%、化学パルプ60-50%である。これを、新聞用紙原料の機械パルプと化学パルプの代替として利用する。

この古紙利用が普及すると、パルプ原料の需給に影響してくる。機械パルプの需要が減った結果として、針葉樹チップの輸入が減少し出す。さらに、上質系の古紙回収が進むにつれ、広葉樹KP向けのチップの需要も頭打ちとなる。

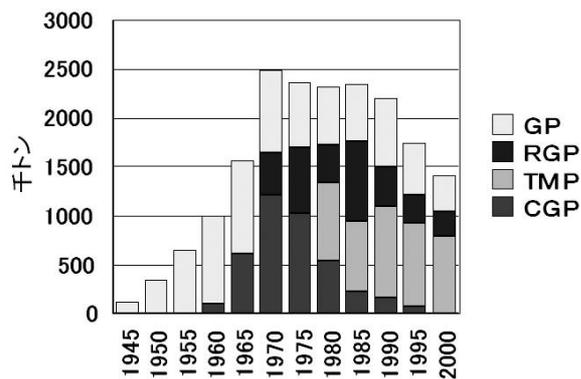


図6.15 メカニカルパルプの生産量の変遷<sup>10)</sup>

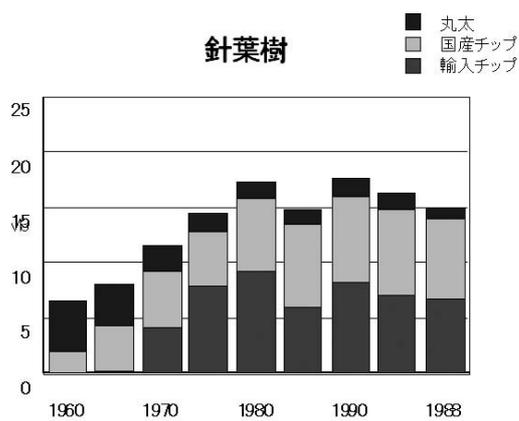


図6.16 針葉樹の使用量の変遷<sup>10)</sup>

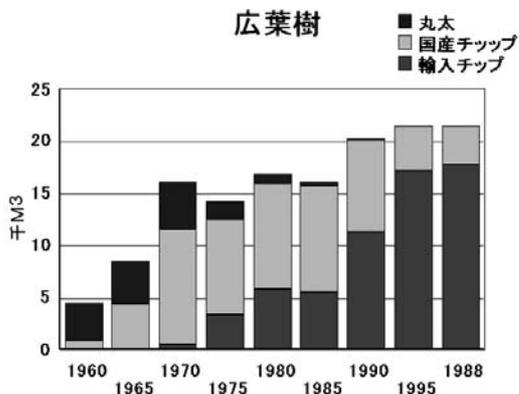


図6.17 広葉樹の使用量の変遷<sup>10)</sup>

過去にもくり返されてきた原料の開発とその利用を可能にする技術開発により、迅速に新しい展開に変わっていく。

ここで古紙パルプという言葉を使用しているが、正確には、それからインクを取り除いた脱インクパルプ(DIPと称する)のことである。古紙を回収すると、種々雑多なものが混ざってくる。これからパルプを分離し、さらに脱インクするにはそれなりの技術開発が必要で、それについては別に(6.2参照)説明する。ここでは、前とのつながりから、この古紙パルプ(正確にはDIP)を新聞用紙の主要な原料(約70%にも達

する)に利用するための技術開発を紹介する。

何度もふれているが、新聞用紙には強度と不透明性が必要で、強度は化学パルプで、不透明性は機械パルプが分担している。例えば、機械パルプ40%、化学パルプ60%のDIPを70%使用すると、大雑把に言えば、機械パルプ28%、化学パルプ42%使用したことになる。そこへ、新しい機械パルプ25%、化学パルプ5%を加えると、全体として、機械パルプ53%、化学パルプ47%の配合となる。これで、基本的な強度は確保できるが、不透明度が不足気味になる。特に、新聞用紙が軽量化し、カラー印刷での見栄えをよくすることから白色度が高くなる(紙が白くなると裏の印刷がよけいに透けてくる)と問題になる。それを補うために、前に述べた非晶性シリカが使われる。

2000年代に入ると、不透明度対策として、もっと積極的に無機填料を使用しようとする動きが生まれた。印刷紙には、通常、無機填料が10-20%添加されて、不透明度を保ち、表面をより平滑にすることで印刷をよくしている。この印刷紙が古紙に廻ってくると、結果として、DIPに填料が混ざってくる。最近の填料の主体は炭酸カルシウムである。炭酸カルシウムは酸性pHの水溶液では不安定で分解する。一方、新聞用紙は酸性pH(例えばpH4)で抄紙されてきた。古紙を大量に使おうとすると、混入する印刷紙からの炭酸カルシウムが問題となった。そこで、抄紙時のpHを6以上の中性に近づけ、積極的に新しい炭酸カルシウムを添加して、不透明度を保つ試みが生まれた。

紙は、1850年代から、抄紙時に硫酸バンド(硫酸アルミニウム水溶液)を添加して、酸性領域で作られてきた。このため、紙中に微量の硫酸イオンが残り、紙の劣化(退色しボロボロになり、欧米の図書館で問題となっている)の原因であった。1970年代に日本においても印刷紙の劣化が問題となったことから、日本の製紙企業は、印刷紙に関しては、硫酸バンドを使用しない中性抄紙に踏み切った。中性抄紙では、酸性抄紙に比べ、スライムや粘着異物が発生しやすく、一ランク上の操業管理を要求する。一方、日本で数少ない豊富な資源である炭酸カルシウムを使用できる利点がある。現在では、日本は世界に先駆けて、印刷用紙生産ではこの中性抄紙が一般化している。この開発技術を積極的に新聞用紙製造に用いようとするものである。

填料は印刷の際に版に付着し、版汚れを起こす。印刷紙では、表面にうすく澱粉を塗工することでそれを防いでおり、抄紙機に塗工のための装置(サイズプレス)が装備されている。新聞用紙の抄紙機ではサイズプレスが不要とされてきた。しかし、1980年頃から、

新聞のオフセット印刷が高速化し、より版の汚れにくい印面を求められたことから、日本では新聞抄紙機にもサイズプレスを装備するようになった(7.5参照)。これにより、40頁を一度に15万部/時で印刷し、しかも、他の改善から断紙は起きなくてあたりまえ(例えば1000本に1-2回)となり、輸入紙は日本市場へほとんど入れなくなった(5章参照)。この設備改造(ゲートロールサイズプレス)のお陰で、新聞用紙に積極的に炭酸カルシウムを添加できた。その結果、中性抄紙で炭酸カルシウム含有とする全く新しいタイプの新聞用紙が製造されだしている。今後どの程度普及するか興味もたれる。

### 6-1-7 世界の新聞用紙生産の現状

以上、日本での変遷を紹介したが、世界はどうなっているのだろうか。50年前は、例えばGP 80-70%、SP20-30%が一般的なパルプ配合であった。現在、北欧は針葉樹資源が依然として豊富であることからTMP100%で生産している。これは、TMPが単独でバランスの取れた強度と不透明度を持っていることによる。アメリカでは環境意識から古紙の使用が義務付けられ、TMPにDIPを配合している。カナダは、輸出先のアメリカの古紙利用の規制から、やむを得ずDIPをTMPに配合している。

### 6-1-8 今後の展開

現在、日本の製紙業界は海外植林を次の原料展開として位置づけ積極的に進めている。その特徴は、多くの場合、植物の育ち難い土地への植林や、植林により土地の環境を改善することを目的としており、植林が農業などと土地を取り合うものではない。これについては紙面の都合より省略する。

## 6.2 新聞用紙用DIPパルプの製造

### 6-2-1 技術開発の経緯

6.1では、パルプ化設備については簡単にしかふれていない。それらについては、他の技術書を参考にしてほしい(例えば本章末尾の参考文献)。しかし、新聞用のDIPは日本の製紙産業の技術開発なので、その背景を含め紹介する。

利用技術の原点は分別回収から始まる。日本では、パルプ原料の不足から、古紙を分別回収し、さらに、回収業者の手により、きめ細かに仕分けされ、必要に応じて夾雑物(例えば金属物やガラス製品)が除かれる。そこで新聞紙及び折り込みチラシがまとめられて、

新聞用紙の原料となる。この原料の特徴は、個々のバラつきが少なく似かよった品質である、大量に集めることができる(大量生産の原料となれる)、オフセット印刷されているがそれほど高級な印刷ではない(それだけインクを除きやすい)等である。狭い地域に1億人が集まり、一人当たり年間240kg以上の紙を消費(=古紙の発生)(世界のトップレベル)している国は最も古紙利用に適しており、分別回収のシステムが成立・発達する。ここでまとめられた新聞用古紙は、ベールにされ、工場へ納入される。

6-1-6で述べたように古紙を板紙用の原料として利用する技術はすでに確立していた。しかし、従来の技術は、板紙の裏層に使用されるパルプ向けのもので、インクを除く必要はなく、多少の未離解片や細かな塵は許容できた。新聞用紙向けには、除塵を格段に強化し、さらに、パルプからインクを除くことになる。当時、脱インクの技術はそれなりに使われていたが、小規模で(例えば日産数十トン規模)、開放型の槽に底から空気を吹きこみ、浮いてきたインクを含んだ泡をスクレーパでかきとるもので、場所を取り、付近にインクが飛散し、汚れており、どう見ても前近代的装置であった。

この技術を、大量生産で新聞用紙に使用できるまでに発展させたのが日本の技術である。これには、技術的な問題点を提起した製紙会社とそれを解決した設備メーカーとの協力があった。製紙産業の設備は海外の設備メーカーが開発したものを、日本の製紙会社がそのメーカーの日本のライセンサーと協力して早い段階で実用化してきた例が多い。前にふれたがKPの連続蒸解釜や、後で述べるツインワイヤー抄紙機の導入がその例である。しかし、新聞用のDIPの製造装置では、日本の設備メーカーが重要な役割を果たしてきた(例えば相川鉄工、石川島産業機械)。また、脱インクの際に界面活性剤を添加するが、従来は単に石鹼を使用していた。それに対し、日本の薬品メーカー(例えば花王)が高性能のものを開発し、技術の普及を助けた。それらの技術開発を以下に紹介する。

### 6-2-2 DIPの製造工程

古紙をまず水に浸して攪拌し、もとのパルプにバラバラにする。これを離解と呼ぶ。ついで目の粗いスクリーンを通して、大きな異物を除く。分別・選別されていると言え、古紙には依然としていろいろのもの(針金、ガラス、プラスチック等)が混ざっている。この異物はなるべく破碎せず、古紙はできるかぎりパルプに戻すため、離解の装置がいろいろ工夫されている。その際、装置によっては温度(40-50℃)を上げ、アルカリを添加

することもある。さらに、この段階から脱インクが容易なように配慮する。例えば、できるかぎりインクをパルプから剥がすようにする。しかし、剥がれたインクはなるべく大きなサイズを保たせる（粒径が10ミクロン以下になるとフローテーションで除きにくくなる）。

大きな異物を除かれた原料は除塵工程へ入る。ここでは段階的に大きな異物から除いていく。最初は、直径3-4mmの丸孔のスクリーンプレートを通す（粗選スクリーン）。ついで精選スクリーンを通す。スクリーンの孔は、スリットの場合が多い。異物をより除くためには、スリットを狭くするが、そうすると1台あたりの処理量が減少し、コスト高になる。新聞用紙の品質が厳しくなるにつれ、ますます狭いスリットが使われるようになってきた。これはエネルギー消費を増すことになり、そのため、省エネルギータイプのスクリーンが開発されている。ついで精選クリーナに入る。クリーナは、スクリーンと異なり、遠心力を用いて比重の差で異物を除く。重量異物を除くタイプと軽量異物を除くタイプがある。

ここまでの工程は、板紙用の古紙処理として従来から使用されてきた。新聞用紙向けの古紙利用では、この精選したパルプからインクを除くことになる。印刷された状態では、鉱物のインク粒子が紙の表面（パルプの表面）にインク成分の接着剤により固着している。

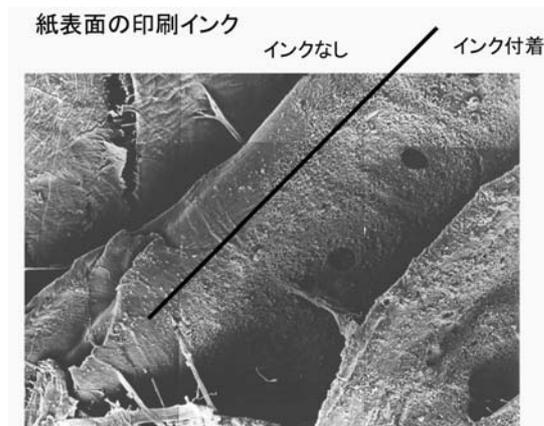


図6.18 パルプ表面に接着したインク粒子<sup>5)</sup>

これまでの離解、除塵工程で剥がれやすいインクははがされ、一部はクリーナで除かれている。脱墨工程は、まず、残った剥がれにくいインクを剥がすことから始まる。これにはディスパーザやニーダーが使用される。いずれもスラリー濃度（パルプ濃度）を25-35%にし、パルプが互いに機械的に強く摩擦しあうことで、固着しているインクを剥がす。この際、温度（50-100℃）を上げ、アルカリを添加する。剥がれたインクがなるべく細かくならないようにする。ついで、

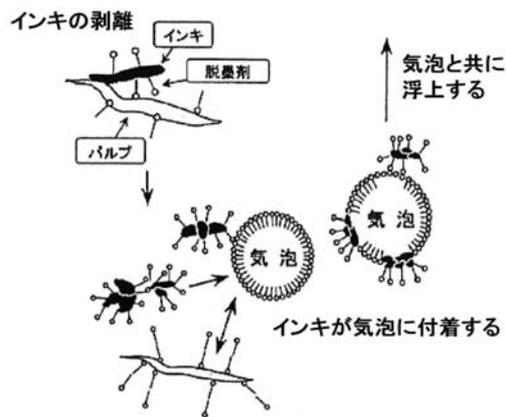


図6.19 フローテーションの原理<sup>11)</sup>

パルプ濃度1%程度に稀釈し、この剥がれたインク粒子をフローテーションで除く。フローテーションの原理は、界面活性剤を添加して空気を吹き込み、細かな気泡を立てる。インク粒子はこの気泡に吸着して、気泡と一緒に上昇して、液表面に集まってくる。機械的にこれを掻きだして除く。初期の装置は、チェストの底部の空気パイプより気泡を噴きだし、上部に集まったインクの泡をパドルで掻き出す開放型のものであった。しかし、これでは処理量が少なく、インクが飛散して周りが汚れるとの難点があった。このため、密閉型で、高処理量の装置が次々に開発された。界面活性剤も、はじめは石鹼であったが、その後薬品メーカーの努力で高性能のものが開発されている。

脱インクされたパルプはさらにスクリーン、クリーナで微細な異物を除き、さらに、一度稀釈してから濃縮することで、フローテーションで除けなかったインク粒子を洗い流す。その後漂白される。漂白は過酸化水素が主体で、高白色にする際は2段に分けて漂白する。これにより白色度60%程度のDIPが得られ、これが新聞用紙原料の50-70%を占めるようになった。このように、DIP工程では、多くの単位装置が直列につながっている。

品質要求が厳しくなっている新聞用紙の原料として、どの程度の品質のDIPを目指すべきか設計すること、次いで、そのための適切な装置の選択（機能と容量）とレイアウトが重要なエンジニアリングとなる。現在、日本の製紙産業が試行錯誤で開発したものが世界標準として一般化している。そのフローシートの例を以下に示す。

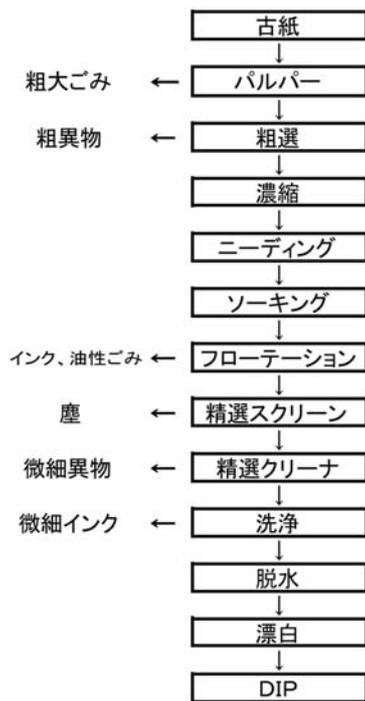


図6.20 代表的なDIP製造フローシート

#### 引用文献

- 1) 内藤 勉“新聞用紙技術60年の歩み”百万塔126号 p.25 (紙の博物館)
- 2) 製紙産業技術遺産保存・発信資料 No.7 “日本で最初のクラフトパルプ連続蒸解釜 (1953年)” p.1 紙パルプ技術協会 (2004年10月13日)
- 3) 製紙産業技術遺産保存・発信No.20 “環境問題が製紙産業に求めた技術開発 (2) : サルファイトパルプからクラフトパルプへ” p.1 紙パルプ技術協会 (2007年10月10日)

- 4) 花谷守正 “地球環境を改善した廃材チップ輸入” p.113 テックタイムス (2007年5月10日)
  - 5) 日本製紙株式会社提供
  - 6) 製紙産業技術遺産保存・発信 No.13 “日本製紙産業の発展を可能にした輸入チップ” p.1 紙パルプ技術協会 (2005年11月1日)
  - 7) 製紙産業技術遺産保存・発信 No.16 “外装用ライナーの軽量化” p.1 紙パルプ技術協会 (2006年10月)
  - 8) 紙・パルプ No.694 p.14 日本製紙連合会
  - 9) 紙パルプ統計年報 経済産業省より作成
  - 10) 飯田清昭 “紙パルプ産業技術史に見られる新展開と次世代新展開への期待” 紙パルプシンポジウム (紙パルプ研究会) (2003年12月)
  - 11) 入夏祐一 “古紙パルプ脱墨技術の基礎” 紙パ技協誌 Vol.58, No.7, p.954
- なお、各種パルプの製造に関しては以下の文献が参考になる。

#### 参考文献

- 1) 紙パルプ技術協会 紙パルプ技術便覧 (1992年1月30日)
- 2) 紙パルプ技術協会 紙パルプ製造技術シリーズ 第1巻 クラフトパルプ (1996年5月)
- 3) 紙パルプ技術協会 紙パルプ製造技術シリーズ 第2巻 メカニカルパルプ (1997年11月)
- 4) 紙パルプ技術協会 紙パルプ製造技術シリーズ 第4巻 古紙パルプ (2005年8月)

# 7 | 技術開発2：抄紙機に見られる技術開発

## 7.1 紙抄きの原理

紙抄きの原理と抄紙機の概要を4.2で説明した。そのモデル的な概念を図4.7に示した。要点は、パルプ濃度1%（パルプが1で水が99）の原料からワイヤーパートで脱水し、パルプ濃度20%（パルプ20で水80）にする。ついでプレスパートでパルプ濃度50%（パルプが50で水が50）まで脱水する。さらにドライヤーパートで水分6%（通常の紙の水分）（パルプが94で水が6）にまで乾燥する。この変化を、パルプ1g当たりの水分gで表示すると表7.1のようになる。4.2の抄紙機を図4.9を思い出してほしいが、ドライヤーパートはわずか0.94g/パルプgの水分を蒸発させるために延々とドライヤーをつないでいる。

表7.1 抄紙機のパート別脱水量比較

	原料パルプ濃度 %	水分量 g/パルプg	各パートでの脱水量 g/パルプg
抄紙機入口	1	99	
ワイヤーパート出口	20	4	95
プレスパート入口	20	4	
プレスパート出口	50	1	3
ドライヤーパート入口	50	1	
ドライヤーパート出口	94	0.06	0.94

この工程を、幅3.5m、抄速300m/分から幅10m、抄速1800m/分で実現するために過去50年間エンジニアリングの粋が結集されてきた。

## 7.2 ワイヤーパート

### 7-2-1 概要

まず、ワイヤーパートについてその過程を紹介する。ワイヤーとは一本の針金を指すが、製紙産業では金網（最近ではプラスチックの網）を意味することは前にも述べた。その目的は、走行する網の上に均一な湿紙（シート）を形成することで、水はワイヤーの下へ落ちていく（図4.7-1参照）。ここでの技術開発の主なものを以下に列記する。

(1) 抄紙機の幅が広がると、一本のパイプで送り込まれる原料スラリーをどのように均一に抄紙機幅一杯に広げるか工夫が必要となった。（ディストリビ

ュータ：多管分岐、テーバー付）

(2) ついで、その原料を、走行する金網と同じ速度で流しだす。古くはスラリーを溜め、水圧（ヘッド）で噴出した。高速になると単純なヘッドでは不十分で、改良がすすめられた。（ヘッドボックス：開放型から密閉加圧型）

(3) 原料が流れ出る出口ゲートの開度をコントロールして幅一杯に均一に原料が流れ出るようにする。抄紙機幅が広くなればなるほどより微妙な制御が要求された。（スライス及びリップ調整：整流化、機械的なリップ調整から稀釈による調整）

(4) ワイヤー上の原料からなるべく早く水を切る必要がある。このため、脱水装置をワイヤーの下に取り付け強制的に脱水する。その脱水装置の開発が求められた。（テーブルロール、フォイル、サクシオンボックス）

(5) ワイヤーパートからプレスパートへ湿紙が移る際、フェルトに乗り移るまでにわずかながら空間があり、湿紙が自分の力で渡る必要がある（図4.7-1参照）。この時点での湿紙は強度が弱く破断しやすい。この解決が課題であった。（ピックアップロール）

(6) 抄速が上がってくると、ワイヤーから重力方向のみ脱水するのではワイヤーの走行距離が長くなりエンジニアリングが困難になる。そのため、2枚のワイヤーで挟んで、両面で脱水することが研究された。従来ワイヤーパートからの発想の転換であった。（ツインワイヤー化）

(7) ワイヤーは張力をかけられながらぐるぐる走行しているため、走行性、対磨耗性等を備えた材質の検討が必要となった。（ブロンズワイヤーからプラスチックワイヤー）

(8) ワイヤーは糸を縦横に織ったものであるが、その表面にパルプが乗る。したがってワイヤー表面がレプリカとして紙の面に残る。これが、後の印刷の際に影響する。では、糸をどのように織ればよいか工夫された。（平織りから多重織り）

(9) 原料は非常に微細なため、その約40%が水と一緒にワイヤーを通り抜ける。これは、原料の稀釈のため戻され、抄紙機の糸内を循環する。この歩留をいかに高く保つか。（ウエットエンドコントロール）

これらの課題は、抄紙機が大型・高速化する過程で常に一歩先を目指して技術開発されてきた永遠のテー

マでもある。そのすべての課題を紹介するには紙面が不足なので、(1)，(2)，(3)を関連付けて説明し、さらに(6)について紙面を割く。

### 7-2-2 抄紙機の幅方向に均一に原料を噴出させること

1本の太いパイプで送られてきたパルプのスラリー（濃度約1%）を抄紙機の幅に均一に広げるためにどうしたらよいのか。ディストリビュータと称される装置が開発されている。抄紙機の幅の狭い時は、単に扇形に広げるだけでよかった。その後、分岐管に分けて供給するブランチ型が工夫される。ついでクロスフロー型、さらにテーパフロー多岐管型が開発され、これが主流となっている。

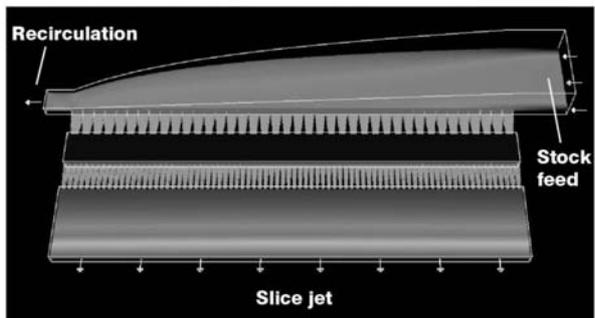
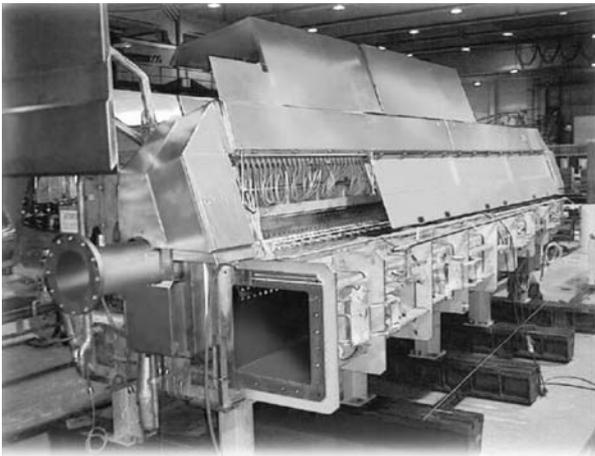


図7.1 ディストリビュータの例<sup>1)</sup>

図7.1は、メツオ（Metso）のオプティフローIIヘッドボックスの例である。抄紙方向に直角に入ってきた原料が多くの分岐管を通してその先のヘッドボックスの内部要素へ送りだされる。上半分の図は装置の写真であり、下半分の図はコンピュータによる原料の流れのシミュレーションである。

次に、原料を、ワイヤー上にワイヤーの走行速度と同じ速さで噴出することになる。この部分に相当する装置をヘッドボックスと称する。その由来は、原料を箱（ボックス）で堰き止め高さhの水圧（ヘッド）をつくり、堰の下部を少し開けることで原料を噴出させる。その速度は理論的には  $(2gh)^{1/2}$ （g：重力加速度）

となる。実際の操業では、開口部の形状により補正が必要であり、噴出する原料が微妙な角度（ジェット角度）でワイヤーに衝突するように調整すること、噴出速度とワイヤー速度の間にわずかに差をつけること等のノウハウが必要である。抄速400m/分程度まではこの単純な開放型のヘッドボックスで充分の原料噴出速度を得ていたが、より高速を求めるにつれヘッドボックス本体が高くなり過ぎ、建屋に入らなくなる。このため、密閉型空気加圧式が開発され、加圧することで必要なヘッドを得る。11章のケーススタディで取りあげる抄紙機は、この最初の取り組みであった。一旦密閉加圧型になると箱（ボックス）の考えから開放され、一連の密閉加圧型のものが各設備メーカーより発表された。

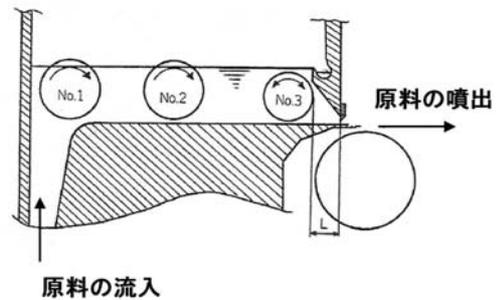


図7.2 開放型ヘッドボックスの例<sup>2)</sup>

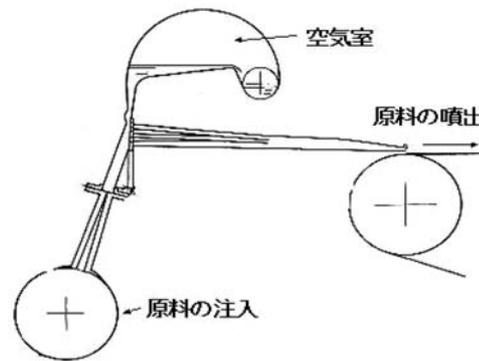


図7.3 密閉型ヘッドボックスの例<sup>3)</sup>

このヘッドボックスは加圧のダンパーとして空気室を持っているのが特徴である。原料の分散については、低速の抄紙機では、なるべく原料の流れを乱さないように工夫していたが、高速抄紙機になると逆に強い剪断力を加え原料を分散させるようになる。

ついで、原料はワイヤーの上に流れ出るが、最後にその出口の開き具合を幅方向で調整する。それには、幅方向一杯に一定の間隔でボルトを並べ、個々のボルトの押し圧を調整して、部分的に開度を調整して、原料が幅方向に均一に流れ出るようにする。通常ジャッキとも呼ばれている（図4.7-1参照）。それには、ワイヤー上の原料の様子（幅方向で脱水のばらつき等）を

目視して、均一になるようボルトを手動で調整していた。文字通り、熟練の技であった。そこへ革命を起こしたのがオンラインの幅方向の測定機である（1969年に開発される）。これについては、この章の7.6で詳細を紹介するが、生産されている紙の幅方向の水分と坪量のプロファイルを実時間で画面上で見ることにより、より微妙なボルト調整が可能となった。実は、ここで面倒な問題が起こる。もし、一本のボルトを押し込むとその下の開度が狭くなりその部分のみが坪量の低下になるならば、調整は容易である。しかし、実際は、原料がスラリーのため、押し圧を受けると左右に微妙に影響し、プロファイルを良くするにはさらにいくつかのボルト（ジャッキ）の調整が必要で、依然として熟練が必要であった。しかし、その成果は革命的で、紙の幅方向のプロファイルは格段に向上した。そうすると、このデータをフィードバックし、自動で（手動でなく）ボルトの押し圧（リップ開度）を調整しようとする。これにはコンピュータのシミュレーションが威力を発揮し、標準的な開度プロファイルのモデルができあがる。これにより、熟練の技のかなりの部分がコンピュータに移し変えられた。たしかに、依然として最後の微調整は手動にまかされているが、操業のノウハウが設備に組み込まれ、ブラックボックス化して、汎用技術として広がっていくことになった。さらに、標準的な開度プロファイルのモデルができたことから、フィードフォワードの制御が可能となった。抄紙機は通常連続運転しているが、何らかの都合（例えば、要具の取替えや定期保全）で停機することがある。次に抄紙機を始動させる際に、すでに記憶している最適の運転条件へ設定を持っていくことで、立ち上がりの時間を短縮できる。これは装置産業では大きなメリットである。時を同じくして、抄紙機も高速・大型になり、さらにツイーンワイヤー化したことで、ワイヤー上の原料を目視することが困難になり、すべての抄紙機がオンラインの幅方向プロファイル測定機に頼ることになった。

抄紙機がさらに大型になり、出口開度の調整がより困難かつ負担になってきたことから、次の工夫が生まれた。流体（スラリー）の原料を上から押さえるから左右に影響がでる。それなら、その部分のみ原料を稀釈してやれば流れを乱さずにその部分の坪量を下げることができる。そこでリップ全幅を幅3-6cm程度に分割し、その部分に流入してくる原料の濃度を、対応する坪量のデータから個別に稀釈・調整する。これにより、原料の流れを乱すことなく幅方向の坪量プロファイルを調整できることになった。これにより、長年

の幅方向の制御がほぼ自動化され、ますます大型設備の威力が増すことになった。

参考までに、現在の幅方向のプロファイルの実例（坪量）を示す。

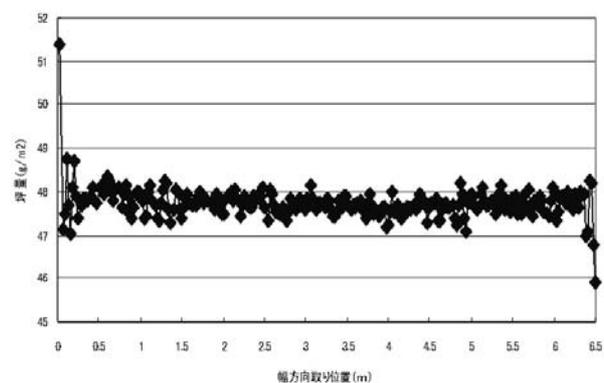


図7.4 抄紙機幅方向のプロファイルの例<sup>4)</sup>

この一連の技術開発が装置産業の特徴を現している。この変化の期間は約50年で、その間の素材開発と計装制御の発展により、設備が巨大化し、省力化し、（生産性の向上）、製品の信頼性は格段に向上した。ここでは、熟練のノウハウが占める余地がどんどん狭くなっている。実は、日本の素材・装置産業は、設備メーカーと協力してそれらの技術開発を率先して引っ張ってきた。気がついてみると、その技術が設備に組み込まれ汎用技術として新しい設備購入者に提供される。彼らは多くの場合、新規参入で、最大級の設備（もっとも競争力がある）をつける。操業レベルでの差が残っても、ほどほどの製品が市場に供給されることで、日本の素材産業は窮地に立たされる。今後、日本の製紙産業がいかなる技術開発で対処するかが大きな課題である。

### 7-2-3 脱水向上の道り

手漉きは重力による脱水に依存したが、連続抄紙機の開発により、走行する金網から効率よく脱水するため水力学が応用される。まず、走行するワイヤーを支えるため、小径のロール（テーブルロール）を並べる（図4.7-1参照）。このロールは、駆動はなく、走行するワイヤーに引っ張られて回転する。回転することによりロールの回転方向前方に負圧を生じ、これにより水を吸引し、湿紙から脱水する。このテーブルロールは後にフォイル（固定され回転しない）に置き換わる。脱水原理を図7.4及び図7.5に示す。テーブルロールはスパイク状の減圧を生ずるが、フォイルは低い減圧度で長い幅にわたって減圧脱水する。

また、減圧で吸引することにより脱水を進める装置（サクションボックス）も開発された。

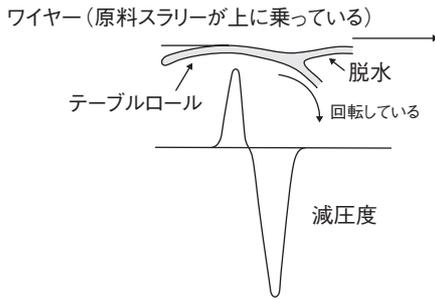


図7.5 テーブルロールの脱水原理<sup>2)</sup>

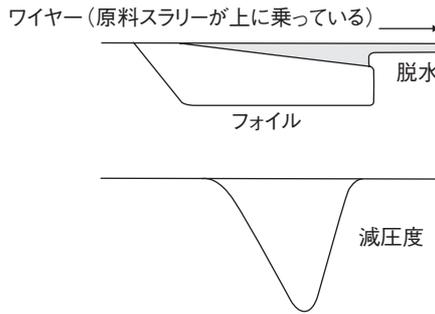


図7.6 フォイルの脱水原理<sup>2)</sup>

これらの装置により、1960年にワイヤー幅7m、抄速700m/分の抄紙機が実用化された。脱水量の概算から、20トン/分の連続脱水装置といえる。そのワイヤーのイメージは、幅7m、全長40-50mをシームレスにつないで回転走行できるようになっている。ワイヤーは当然のことながら磨耗するため、例えば毎月取り替える必要がある。ワイヤーの物理的な限界と作業上の制約からこれ以上の高速化は困難になってきた。

抄紙機は、水平に走行し、ワイヤーから下方（重力の方向）に脱水しているが、その脱水はもはや重力でなく水力学的な負圧と減圧吸引である。もし、2枚のワイヤーに挟んで、両側で強制脱水すれば、ワイヤー長を半分にできる。しかも、水平に走らせる必要はなく、極端の場合垂直にすることで、全長20mに及ぶワイヤー部分を短くできる。これがツインワイヤー方式の抄紙機の誕生となる。

脱水の原理は、原料を挟んだ2枚のワイヤーを湾曲させることで、ワイヤーの張力から生ずる面圧力で背面に水を押し出す。湾曲のさせ方は、内側にシューブレードを押し付けることやロールに抱かせることで可能となる。さらに、湾曲面の内側のシューブレードでは各シューの先に負圧が発生し（テーブルロールやフォイルのように）、内側にも脱水できる。ここまでの原理であり、サイエンスである。（次に説明する図7.7、図7.8を参照）では、このアイデアを如何に実用化するかが産業技術となる。従来の水平走行の抄紙機では、ワイヤーを進行方向と直角に左右にゆっくり動か

すことでワイヤー上の原料の分散を改善し、紙の地合を取っていた。2枚のワイヤーで挟むと、この地合分散が期待できず、スライスから出たままの地合となる。そうすると、スライスでの幅方向の地合プロファイルが従来以上に要求される。ワイヤーは、長さは短くなるだろうが、2枚になる。したがって、その寿命は今まで以上に長いものが求められる。

これらの問題を抱えながら、1968年に最初にツインワイヤー抄紙機がブラックローソン（Black Clawson）社により実用化された。しかし、このパーチフォーマ（原料を文字通り垂直に下方へ噴射する）は地合の問題等から数台で寿命を終えた。

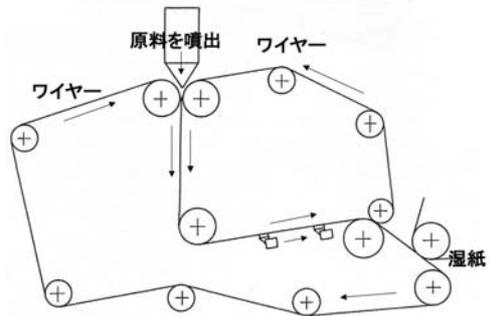


図7.7 パーチフォーマの概念図<sup>2)</sup>

ついで発表されたのがベルベフォーマで、このタイプが新聞用紙生産の主流となる。このフォーマでは、原料を2枚のワイヤーに挟んで上方へ噴出する。内側のワイヤーにシューブレードを押し当てることで、ワイヤーを湾曲し、その圧力で外側へ脱水する。一方、シューブレードで押すことで、ブレードの先端で負圧を生じ、内側にも脱水する。この脱水の比率は6:4程度である。

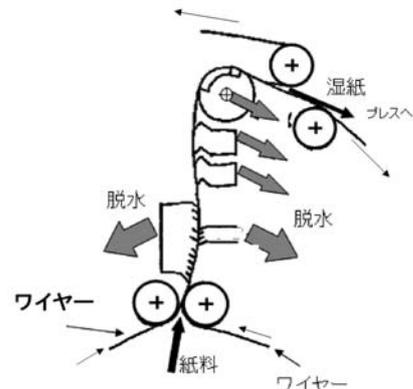


図7.8 ベルベフォーマの概念図<sup>3)</sup>

このフォーマでは、シューブレードは長網抄紙機の際のワイヤーの支持以上の圧力で押し付けられるので、ワイヤーの磨耗がより厳しくなる。そのためには、ワイヤーとシューブレードの材質の開発が必要とな

る。この頃、ワイヤーはすでにブロンズの金網からプラスチックに代わり、その寿命は大幅に伸びていた。シューについてもセラミックス材料の開発が大きく前進していた。これらの材料開発がこのフォーマの実用化を後押しした。

ツインワイヤー抄紙機が新聞用紙の生産に革新をもたらしたが、ベルベフォーマがそのまま他の品種の紙の生産に適用されたわけではない。多くの印刷用紙は、新聞用紙より坪量が重く、地合等により厳しい品質を要求される。そのため、地合のよさを持っている従来の長網部分とツインワイヤー抄紙機の生産性を組み合わせたハイブリッドフォーマが開発されてくる。いずれも長網部で地合を形成し、その上に乗せたオントップフォーマで反対側にも脱水する。この方式が、他の印刷用紙にも適することから、その後の主力となり、その一種であるデュオフォーマが日本での標準仕様のような実績を誇るようになる。

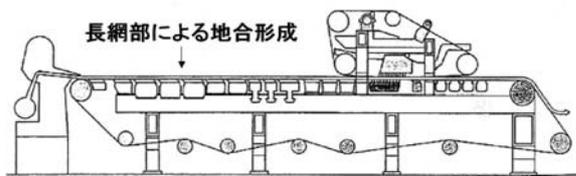


図7.9 ハイブリッドフォーマの例<sup>6)</sup>

この両面脱水の方式は、品質面でも革命をもたらす。抄紙機での脱水では、原料の微細パルプが脱水される水とともに抜け落ちる。この原料を含んだ水は元の原料の稀釈に循環再利用される。従来の抄紙機では、片側からのみ脱水される。紙の方から見ると、シートの形成は一種のろ過作用で、微細パルプは表面に多く残り、ワイヤーに接している面では少なくなっている。結果として、厚さ0.1mmに満たない紙であるが、表裏で原料の構成が異なる。印刷用紙は通常両面に印刷される。その際に、この表裏の差が影響する。通常、微細部分の多い表面の方が印刷がよくできるが、それとともに、表裏に差のあることも問題となる。この表裏の差は、紙が吸湿したさいのカール（反り返りやねじれ）となり、印刷機上でトラブルを引き起こす。推測されるとおり、抄速を上げるほど脱水が過酷になり、表裏差が大きくなる。

両面脱水の抄紙機は、この表裏差を一気に解決してくれたのである。この頃、新聞社は、先に述べたように、凸版印刷からオフセット印刷に切り替わりつつあった。ページ数も増えている。たとえば、40ページ建ての新聞では、輪転機に新聞巻取り5本がセットされ表裏が同じに印刷される。重要なことは、5本の新聞用紙

巻取りが表裏ともに同じように挙動することである。この要求がツインワイヤー抄紙機の導入を後押しした。

このように、一つの産業技術の革新（ツインワイヤー抄紙機）は、単なるアイデアでなく、それを引き出すニーズ（自身の生産性の向上、顧客の技術開発による品質要求の変化）とそれを可能にする関連分野の技術革新（スライス制御の計装技術、プラスチックワイヤーやシューブレードの開発）があいまって成し遂げられる。

## 7.3 プレスパート

### 7-3-1 概要

ついで、プレスパートでのエンジニアリングの課題を上げる。その目的は、物理的な圧力で湿紙から水を搾り出すことである。

プレスの一般的なイメージは、平版を重ねて上から圧縮する機械で、その作業はバッチである。古典的な手漉きでは、間違いなく湿紙を重ね上から圧縮することで水を搾り出していた。近代的な機械抄き抄紙機が開発されると、そのプレスの名前をそのまま使用して、異なったデザインの装置となった。プレスパートの原型を図7.10に示す（図4.7-1も参照）。

1945年頃のプレス(Straight Through Press)

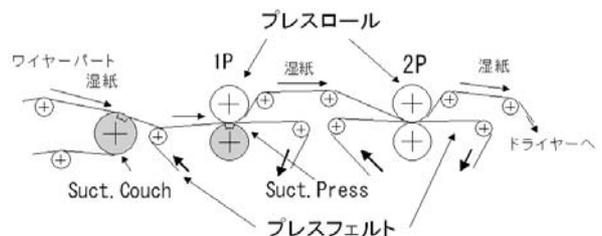


図7.10 プレスパートの原型<sup>7)</sup>

プレスパートへ入ってくる湿紙は、たっぶり水を含んだウェットティッシュに近い。これを2本の加圧ロールの間を通すことで、水を搾り出す（ウェットティッシュの状態にする）。湿紙そのものでは切れやすいのでフェルトの上に乗せて運ぶ。2本の加圧ロールは、大径のストーンロール（古くは花崗岩が用いられた）とゴムカバーロールからなり、その間を湿紙とそれを支持するフェルト（実機ではフェルトの下側に湿紙がついている場合もある）が重なって通り抜ける際の圧力で脱水される。その際、湿紙がストーンロール面に接する。通常は一組のプレスロールの加圧では充分に脱水できないので、複数組（2-4組）のロール間を通す。

図7.10のような1950年代の装置（抄速300m/分）を

最新の1800m/分に発展させるために、多くの技術開発がなされた。それらを以下にあげる。

- (1) 加圧により湿紙から水が搾り出され、その水はフェルトに吸い取られる。湿紙がロールの加圧から抜け出す際に逆に湿紙がフェルトから水を再吸収する。これを最小限にするため、フェルトの吸った水を除くようにゴムカバーロールに工夫が試みられてきた（グルーブドロール（表面に溝をつける）、サクシジョンロール（サクシジョン機構を内蔵させる））。
- (2) 3-4組のプレスが必要であるが、なるべくストーンロールの数を減らせないか。（ストレートスルーからツインバー、トライニップ等へ）
- (3) 紙の表裏の差をなくすため、紙の両面が均等にストーンロールに接するような構成ができないか（4p化）
- (4) ロールによる加圧は線圧であるが、面で加圧したほうがより効果的ではないか。これがプレスの技術革新となった。（シュープレス）
- (5) 高速になるにつれロールが大径になるが、天然品でバラつきのある花崗岩の代替材料が開発されてきた。（人造プレスロール）
- (6) 当然のことながらフェルトの材質、走行性の改良をはかるための開発が続けられた。（材質の改良、ニードルフェルト、ラミネートフェルト）
- (7) 幅方向で均一な線圧を保つため、ロールのクラウン調整が課題である。さらに、クラウンを可変にできるロールが開発された。（クラウン調整、クラウンコントロールドロール）
- (8) 幅方向の水分をより均一にできないか（特に耳部）。品質要求が厳しくなるにつれより必要となった。（スチームボックスによる加熱）

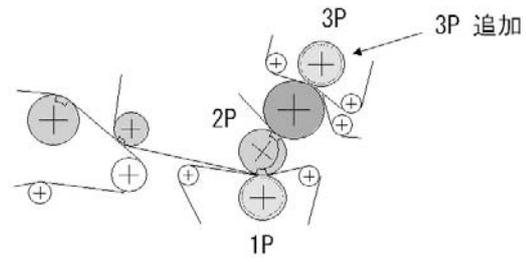
この中で、(2)、(4)、(6) について技術開発の経緯を紹介する。

### 7-3-2 プレスロールの効率的配置

先に、プレスロールは複数組使用すると述べたが、1960年頃までは図7.10のように複数の組のプレスロールを平面的に並べるのが普通であった（図7.10は2組）。しかし、これでは場所を取り過ぎること、ロール間を弱い湿紙が渡って行くことで断紙等のトラブルがおきやすい等から、図7.11のような効率的なロール配置が工夫された。

ここでは、2番目のプレス（2P）と3番目のプレス（3P）がストーンスロール（色の黒いロール）を共有することでロールの数を減らし、また、1番目のプレス（1P）と2番目のプレス（2P）（サクシジョンプレスロール）を組み合わせる。かつ、湿紙のみの走行距離

### Tri-Nip Press

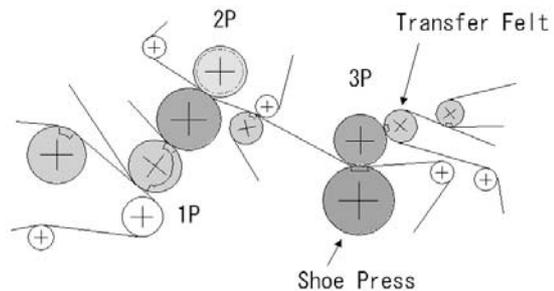


1. 1975年 Bi-Nip Pressに3Pを追加した Tri-Nip Pressが開発された
2. Open Draw前の（3）Pressあり、高搾水性、高操業性を実現

図7.11 トライニッププレス<sup>7)</sup>

をなくすことで断紙の危険をすくなくしている。また、これによりプレスパートはずっと短縮された。このプレスの構成の変遷は、それだけで一つの技術史になるが、紙面の都合で省略する。そして、このようなプレス構造の効率化と、次に述べるシュープレスを組み合わせて最新の抄紙機の高速化が達成されている。

例えば、新聞用紙抄紙機では、図7.12のようなシュープレスを組み込んだものが標準的となって、抄速1800m/分までなっている。



1. 1990年 新聞用紙 Twinver-Com+3Pの 3PをShoe Pressに改造（1200m/min.）

図7.12 最新の新聞用紙抄紙機のプレスパートの例<sup>7)</sup>

### 7-3-3 シュープレスの開発

ロールによる脱水は、あくまで線圧で、効果的に脱水するには圧力を上げることになる。ところが、圧力を上げ過ぎると湿紙が碎けしまう。特に板紙のように厚い紙（新聞用紙の5-8倍）では問題となる。古典的な手漉きでは、湿紙を平板のプレスで圧縮していた。これは、線圧でなく面圧である。連続のシステムに少しでもこの面圧に近い機能を与えようとしてシュープレス（shoe press）が開発された。固定した凹型の台（シュー（shoe））とそれに適する曲率の回転するロールを組み合わせ、回転しながら面圧の機能を満たさせる。シューがむき出しでは湿紙が引っかかるので、

その上にプレスロールと同じ速度でベルトを走らせ、ロール、湿紙、シューベルト間の相対速度をなくし、面圧として脱水するので、低い圧でより多くの脱水が可能になる。

最初の設備を図7.13に示す。当時の名前はextended nip press（ニップ幅を広げたプレス）であった。これでニップ幅が約10倍になったと言われている。

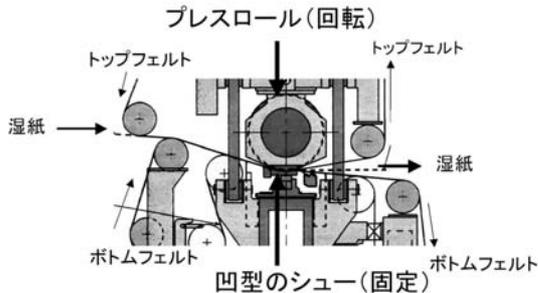
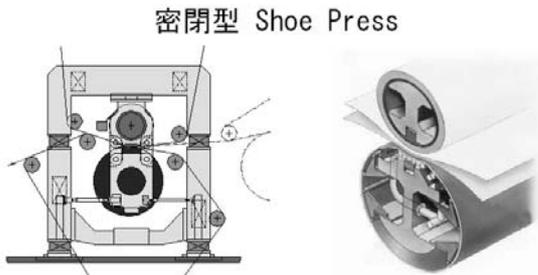


図7.13 シュープレスの概念図<sup>7)</sup>

その後の密閉型のシュープレスが開発され、高速化が可能となり、単に板紙のみならず、印刷用紙、新聞用紙の生産にも使用されるようになった。



1. Open型ENPの欠点である油飛散等を克服するため、ブランケット端部を密閉したClosed型Shoe Pressが登場
2. Shoe Pressで高速化が可能となった

図7.14 密閉型シュープレス<sup>7)</sup>

シュープレスのもう一つの利点は、最高圧がロールプレスより低くできることから、湿紙を締め付ける度がすくなく、結果として嵩だかの紙ができる。紙の用途では、剛性（紙がくたつと折れないこと）が求められることが多く、特に新聞用紙ではそうである。剛度は、一般に厚さの3乗に比例するとされ、紙が嵩高になることは非常に好ましい特性である。この意味でも、シュープレスの開発は意義がある。

なお、この項は文献<sup>7)</sup>を参考としている。

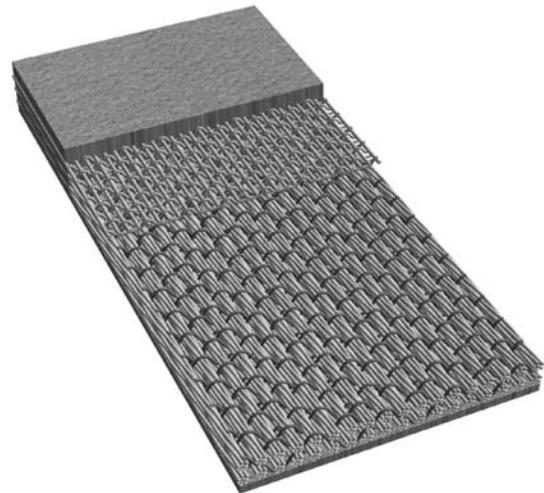
#### 7-3-4 フェルトの技術開発

抄紙機は連続プロセスの装置であるが、化学プラントのようにパイプラインの連結で閉鎖系になっているものとは趣をことにする。この強引に連続化した抄紙

機を高速で運転しようとする、単に装置を機械的に改善するだけでなく、それに付属する部品（製紙産業では要具または副資材と称する）をも、装置に見合うように開発・改良する必要がある。前に説明したワイヤーパートでは、ワイヤーパートの装置が大型・高速化する中で、ワイヤーそのものがその要求（例えば、磨耗しにくいこと、取替えが容易なこと、湿紙の表面になるべくワイヤーの跡が残らないこと等）を満たしてきたことも重要な意味を持つ。同じことがプレスパートのフェルトにもいえる。そこで、ここでは副資材の技術開発の例として、フェルトを取り上げる。なお、この解説は文献<sup>8)</sup>を参考とした。

プレスの加圧により湿紙から水が搾り出され、その水はフェルトに吸い取られる。湿紙がロールの加圧から抜け出す際に逆に湿紙がフェルトから水を再吸収する。フェルトに要求されるのは、湿紙から水分を搾り出し、湿紙の再湿潤を少なくすること、湿紙にフェルトマーク（フェルト表面の凹凸が湿紙に転写される）が残らないようにすることであり、さらに、できるだけ長時間にわたり安定して操業できることである。

最初のフェルトは経糸と緯糸による織りフェルトを起毛させて使用していたが、基布にバット（短繊維）を植毛したニードルフェルトが開発されるにつれ、基布やバットに選択・開発の余地が生まれ、技術開発の可能性が一気に広がった。基布には、使用条件が厳しくなるにつれ、紡績糸からマルチフィラメントになり、最近ではモノフィラメント糸になっている。植毛されるバット（短繊維）は、羊毛とナイロンの混紡から合織



※上布にワイヤーライクの平滑基布を採用し、基布比率大によるピーク圧アップ  
 ・基布マークを防止し、搾水性向上  
 ・汚れ防止 (FSB脱水効果向上)  
 ・振動防止

※最適ポジション  
 ・シュープレスポジション  
 ・高速/高ニップ圧ポジション  
 ・マーク防止対策ポジション

図7.15 ラミネートフェルトの例<sup>8)</sup>

単体に代わり、さらに、その上に化学処理で耐摩耗性を付与し、さらに、フェルトがつぶれにくくすること(耐扁平性)が行われている。最近では、原料ポリマーの改質でその化学処理をなくす方向へ進んでいる。

近年、フェルトに対する要求がより厳しくなると、その要求にあわせた製品が開発されてくる。例えば、ラミネートフェルトは、表面の平滑性を上げ、かつ、通水性を持続させるために、異なる2枚の基布を張り合わせる。また、再湿潤を防ぐため、特殊のシートやフィルムを挿入した特殊構造品が開発されている。通常のフェルトはエンドレスの状態で作られるが、接合できるシームタイプのものもある。今後、これらのよ

り機能を重視した製品が主力になると予想されている。

これらの技術開発を、プレスパートの技術開発と関連させて表7.2に示す。この例は、上質紙の抄紙機で、新聞用紙の抄紙機の例ではないが、本質的に同じと考えてよい。

表中にわかりにくい技術用語が多くあるがその説明は省かせてもらう。表から、抄紙機のプレスパートの技術開発の中で、フェルトにどのような品質が要求され、どのように対応したかを全体として見てほしい。なお、表中にNMCとあるが、これは、フェルトの寿命を、ニップ通過回数を百万回単位で計ったもので、使用条件が厳しくなる中で、少しずつ伸びている。

表7.2 プレスパートの技術開発にともなうフェルトの品質の変遷<sup>\*)</sup>

年代	抄紙機					フェルトの要求機能					フェルト 品種
	プレスセクション		上質マシン			走行性	搾水性	表面性	耐摩耗	耐扁平	
	プレス形態	ロール仕様 シュー	抄速 m/min	総加圧 kg/cm	MNC						
1804 ↓ 1931	順転プレス 逆転プレス デュアルプレス	プレーンプレス サククションプレス									織フェルト
1950	ストレートスループレス ツインパープレス										
1960		グループD				○	○	○			ニードルフェルト (BOB)
	ユニプレス	サククションG				○	○				緯ナシ(比率少)フェルト BOM1重
1970	マルチニッププレス		800	270	1.7	○	○				緯モノフェルト BOM2重
1980	エクステンディッド ニッププレス マルチニップ+4P		900	370	1.8	○	○				ラミネートフェルト
	フレキシニッププレス インテンサプレス 板紙ウェットのプレス 分割型	ニブコロール シュープレス (クローズド) ダイナロック シムZロール	1000	370	2.0						
1990			1300	410	2~3						
	新聞用シュープレス 上中質シュープレス		1500	410	2~3	○	○	○	○		ラミネートフェルト スーパーファイン・ ラミネート
2000	ノードロープレス ・クローズド・トランスファープレス ・シングルニッププレス		2000			○	○	○	○	○	

ここに紹介したものは、フェルトの技術開発の骨子で、それぞれについて多くの試作・テストが繰り返され商品となってきた。ここでは省略しているが、例えば、プレスロールの材質の開発はロールメーカーの技術である。フェルトは絶えず水を吸ったり吐いたりしているので、どうしても粘着物等で汚れてくる。したがって、フェルトをぐるぐる回っている途中で洗浄する。その洗浄装置と洗浄薬品の開発もそれぞれのメーカーの技術に負うことになる。このようにプレスパート一つでも多くの専門メーカーの技術開発が組み合わさり、積み重なっていることがわかる。

## 7.4 ドライヤーパート

### 7-4-1 概要

次の工程がドライヤーパートである。その目的は、湿紙を回転する加熱ドライヤーに貼り付けて乾燥させる。1本では不十分なので、剥ぎ取って次のドライヤーに貼り付ける。通常は数十本のドライヤーをつなぐことになり、紙はそれらのドライヤーを次々と渡っていく（図4.7-2参照）。このため、途中で切れる危険が高い。いかにこの断紙を少なくするかは、ドライヤーでの永遠の課題である。

ドライヤーでの物理現象を見てみる（図7.16）。加熱ドラム（ドライヤー）に湿紙が巻きつくときドラムの表面から熱が湿紙に伝わる。湿紙は加熱され水分が水蒸気として湿紙の背面から蒸発する。その湿紙はドラムから剥がされ、次のドラムに巻きつく。この次のドラムに移る途中で自由になった湿紙から更に水蒸気が蒸発し、湿紙の温度が下がる。この間の蒸発は量が多く（全体の50%以上と推定される）、その効率化は非常に重要である。ドラムに巻きついた湿紙はまた、ドライヤーから熱を貰い温度が上がり、同じ作用を繰り返す。それぞれのドライヤーでは低圧蒸気が中に吹き込まれて、加熱されている。

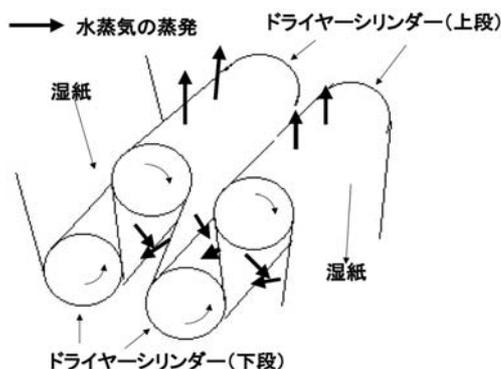


図7.16 ドライヤーの概念図

基本的なドライヤーパートの構成は図7.17の通りで、ドライヤーを千鳥に並べ、紙は上段—下段—上段と移っていく。湿紙が長い距離を走るのので、その走行（蛇行、ばたつき）を少しでも安定させるため、上段のドライヤー群と下段のドライヤー群にそれぞれカンバスが走行しながら湿紙をドライヤーに押し付けている。

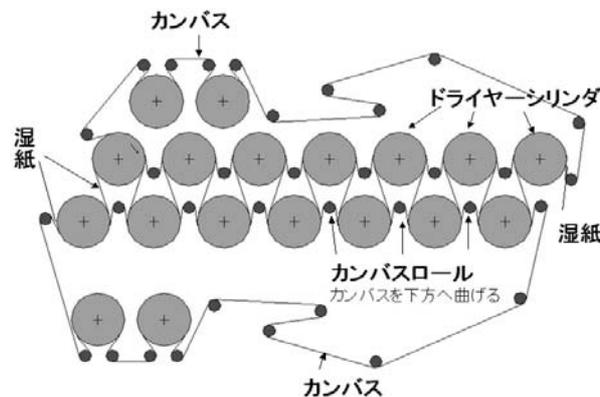


図7.17 ドライヤーカンバスの概念図<sup>9)</sup>  
(設備を横から見た図である)

ドライヤーパートでの課題をあげる。

- (1) ドライヤー内に吹き込まれる加熱蒸気が冷えてドレンとしてたまる。このドレンは、ドライヤーシェルへの伝熱を妨げるので、いかに排出してドライヤー表面への伝熱効率を上げるかが重要になる。特に1000m/分以上の抄速では課題となる。(ロータリーサイホン、ステイショナリーサイホン、スポイラーバー等)
- (2) ドライヤー間（ドライヤーポケット）での湿紙からの水分の蒸発をいかに多くするか。ポケットでの換気（ベンチレーション）の改善、湿紙の加熱等が試みられた。(ブローロール、熱風ダクト、赤外線加熱)
- (3) 抄紙機幅が大きくなり抄速が早くなると、従来のカンバス回しでは湿紙の走行が不安定（蛇行、ばたつき）になり断紙につながる。このため、いろいろの工夫が開発された。(シングルカンバス、シングルデッキ、走行性改善機器（ウノラン等）)
- (4) カンバスの材質、通気性等は長年の技術開発の対象である。(ニードルカンバス、高通気性カンバス)
- (5) 紙から蒸発した蒸気はエンタルピーを持っているのでそれを回収して利用をはかる。熱効率の改善は課題である。(フードの密閉化、高露点乾燥)

この中で、(2) 及び (3) について技術開発を紹介する。

### 7-4-2 ドライヤーポケットでの蒸発

ドライヤー間の空間（ドライヤーポケットと称する）

における湿紙水分の蒸発が重要であることを述べたが、ポケットの湿度を下げ、蒸発を促進する工夫を紹介する。1980年ころまでのドライヤーは湿紙の蛇行を防ぐため同じ幅のキャンバスを図7.17のように走行させ、ドライヤーの背部を押えて紙の蛇行を防いできた。その結果、湿紙とキャンバスとドライヤーに囲まれたポケット部ができる。開口部は両端だけである。この空間へ紙の水蒸気が放出される。しかし、空気の出口が両端部だけなので湿度が上がリ、湿紙の水分の蒸発が抑制され、乾燥が遅れる。考えられることは、このポケットに強制的に加熱空気を送り込んで通気をはかり、湿度を下げればよい。そのために、キャンバスのサポートロールに空気孔を開け、そこから空気を吹き込むロール（ブローロール）が開発された。

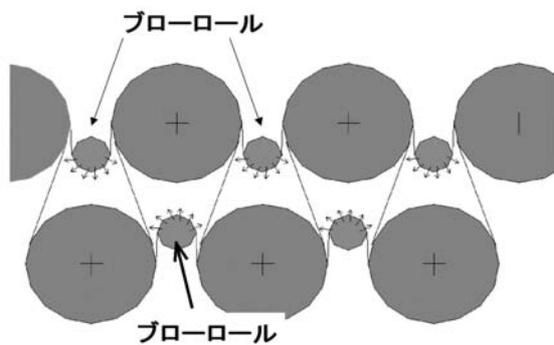


図7.18 ブローロールの概念図<sup>9)</sup>

しかし、これでも湿度の高くなった空気が両側に逃げるのみなので、湿紙の幅方向の水分のプロファイルがよくない。そこで、ドライヤーから紙が離れるところ（出口）で乾燥空気を吹き込み、ドライヤーの入り口で空気を吸い込むブローボックスが開発された。これは、幅方向1mごとに分割してそれぞれのセクションで空気量をコントロールできる。

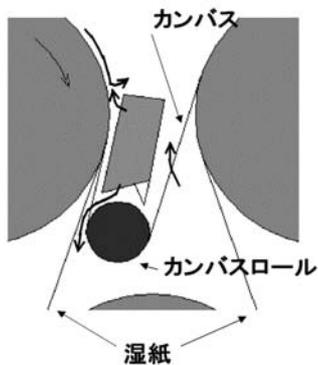


図7.19 ブローボックスの概念図<sup>9)</sup>

このような工夫により湿紙の幅方向の水分プロファイルを改善しながら抄速を上げることができた。

### 7-4-3 紙のバタつき対策

抄速が1000m/分を超えると、ポケットでの紙のバタつきがますますひどくなり、断紙しやすくなる。そこで考えられたのがシングルキャンバスの方式である。ポケットで湿紙がバタつくのは、湿紙だけがサポートなしに走行しているからである。だから、上下で廻っているキャンバスをサポートに使おうとする。

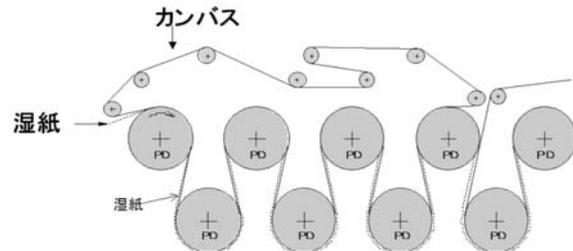


図7.20 シングルキャンバスの概念図<sup>10)</sup>

図7.20のように湿紙にキャンバスを重ねたままでドライヤーを渡して行く。したがって、あるドライヤーで湿紙が表面に接すると、次のドライヤーでは、キャンバスがドライヤーに接する。どう考えても熱効率はわるくなる。しかし、ポケットでの換気はずっと容易になる。伝熱・蒸発効率に逆行するような強引な発想が、実施してみると意外によく、設備をそのまま使用できることから、一気に普及した。特許はなく、ヨーロッパのどこかの工場がやっているのでも真似て見ようのたぐいである。これには、キャンバスの改善（例えば通気性のより良いキャンバス）が必要であった。

次に生まれた考えは、上下にドライヤーを配置するからフリーランができるので、一段で並べれば、フリーランのない走行が可能となる。これは、デッキが上下の2段でなく、1段であることからシングルデッキと呼ばれている。

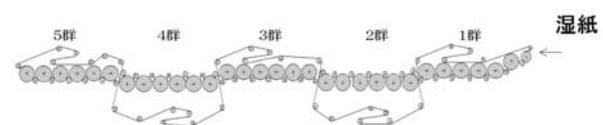


図7.21 シングルデッキの概念図<sup>10)</sup>

結局、現在の高速抄紙機は、安定した操作を選び、この方式を取っている。

ワイヤーパート、プレスパートは、抄紙機を短くする工夫を重ねてきたのに、ドライヤーパートでは一気にそれを長くすることになった。前出の図4.9を参照してほしい。現在も、ドライヤーパートの技術的なブレークスルーが研究されているが（例えばコンデベルト）、実用化にいたっていない。

## 7.5 サイズプレス

抄紙機の基本構成は以上の3つの部分からなるが、新聞用紙製造においては、5、6章で述べたようにサイズプレスが大きな影響を与えた。紙がインクで滲まないように撥水性を与える薬品をサイズ剤と称し、印刷用紙に一般的に使われている。このサイズ剤を紙に塗布するために開発された装置がサイズプレスである。名前の由来は、互いに逆方向に回転する並んだ2本のプレスロール（互いに押しつけあっている）の間にサイズ剤液のポンドを作り、紙をその間を通すことで紙表面にサイズ剤を塗布・浸透させるからである。

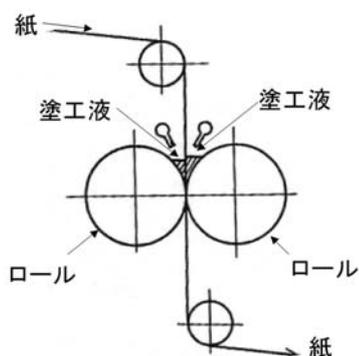


図7.22 サイズプレスの概念図<sup>2)</sup>

新聞印刷が高速の多色オフセット印刷に変わっていくにつれ、用紙の表面への要求がきびしくなってきた。オフセット印刷では、4.3章で述べたように、湿し水を使うので、紙表面の微細なパルプが剥ぎ取られ印刷胴に付着する。これが蓄積してくると印刷抜けを生ずるため、印刷機を停止し、洗浄する。このため、紙剥けのおきる表面は好ましくない。印刷紙では、サイズプレスを設備し、でんぶんを薄く（片面 $1\text{g}/\text{m}^2$ ）塗布することで対応してきた。これを新聞用紙生産でも使おうとする。

サイズプレスは、紙が乾燥した後に設置され、この塗布により紙はもう一度湿ることになる。その後、再度ドライヤー（アフタードライヤーと称する）により乾燥しなおすので、エネルギーを余分に使用することになる。このため、新聞用紙生産では、原料配合や抄紙機の操業の工夫でオフセット印刷に耐える紙を作ろうとする努力がなされたが、結果として解決できず、サイズプレスの使用が主流となった。

新聞用紙生産では、印刷紙に比べ、抄速が速いので、図7.22のようなポンドタイプの装置では操業が不安定になる。そこで目をつけたのが、それまであまり使わ

れていなかったゲートロールコータである。このゲートロール型のサイズプレスを使いこなすことで日本の新聞用紙の品質は飛躍的に向上し、かつ、新聞社の品質要求を満足したため、新聞用紙の輸入はほとんどないのが現状である。

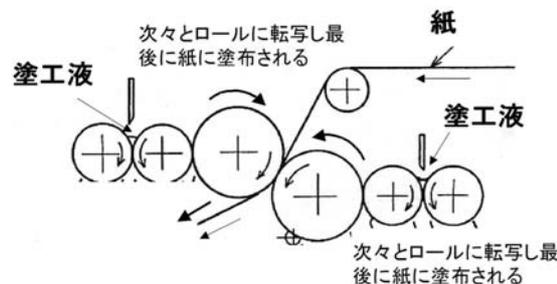


図7.23 ゲートロール型サイズプレス<sup>2)</sup>

日本において、このゲートロール型サイズプレスを新聞用紙の表面処理によみがえらせたことから新しいゲートロール利用の技術開発が始まり、より高速塗工に適した構造のものや、全く異なった分野の高級塗工紙への利用等の発展を生んだ。また、新聞用紙の塗工剤も、単なるでんぶんからもっと機能性の優れたアクリル系のラテックスが開発されている。

サイズプレスの採用は、設備費の追加と余分の熱エネルギーを必要とする。これを、新聞用紙のコストパフォーマンスの視点で考えてみる。サイズプレスの使用は、たしかにコスト増となる。一方、これにより、生産者では、原料配合の制約がなくなり（原料費の低減）、抄紙機の生産速度を上げることができる（生産性の向上）。更に大きなのは、使用者側で、印刷機の操業効率が増し（紙粉の蓄積が少なくより長時間印刷し続けれる）、大幅なコストダウンが得られることである。結果として、設備費、エネルギー費の増加以上のコストメリットを生産者と使用者の間で共有できた。重要なことは、生産者側のみでは多少のコスト増になるかもしれないが、使用者側でそれ以上のコストメリットがあれば全体としてよりすぐれた方法となることである。そして、このメリットは、両者に信頼関係があってはじめて共有できる。

## 7.6 操業の制御

今まで述べたような設備を効率よく操業し、最高品質の製品を得るには、操業制御の技術が大きく絡んでいる。

### (1) 幅方向のプロファイル制御

現在の抄紙機の幅は10mであるが、坪量の幅方向の

変動は±0.7g/m<sup>2</sup>である（例えば図7.3）。これは、幅方向の紙の物性（坪量、水分、厚さ）をオンラインで測定し、操業にフィードバックすることで可能となり、その実用化にはBM計（横河電機の商品名であるが国内では一般名のように使用されている）が大きく寄与した。このデータがあることにより、スライスリップ調整（機械的及び濃度調整）、プレスパートでの幅方向水分調整（CCロール、スチームボックス）、ドライヤーパートでの水分プロファイル制御が大きく前進した。現在では、その他の紙物性（灰分、繊維配向性）のモニタリングも可能となっている。また、ドライエンド以外の場所でのモニタリング（ウエットエンド等）も採用されている。

その構造を簡単に紹介する。

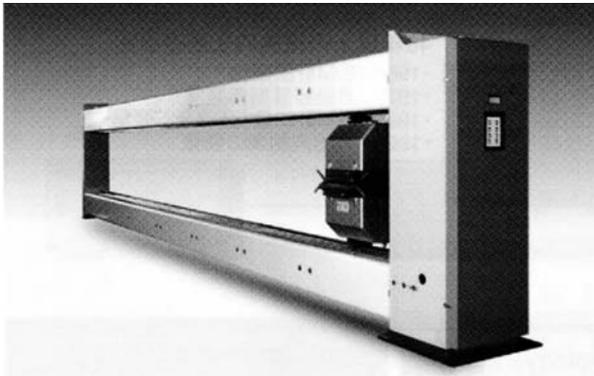


図7.24-1 BM計の外観<sup>11)</sup>

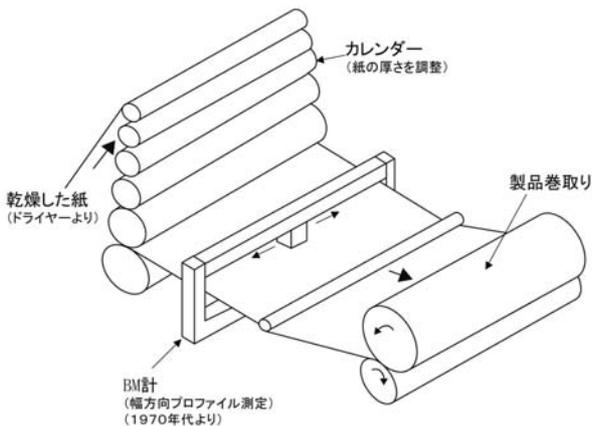


図7.24-2 BM計の概念図

フレームにつけられたセンサーヘッドが、紙の上を非接触で幅方向に往復運動（片道約1分）する。この間、紙は全幅で流れてくるので、結果として、紙を斜め方向に測定していることになる。しかし、統計処理により、信頼できる幅方向プロファイルが得られている。さらに、これらのデータは、幅方向のみならず経時による変動も可視化し、記録として残ることで抄紙機の操業を一変し、ほとんどすべての抄紙機（古い小

型のものまで）に装備された。

## (2) 抄速の制御

抄紙機の構造上から、各パートの速度制御が重要なことは理解される。しかし、紙面の都合より省略する。

## (3) ミルワイドコントロールシステム

BM計と共に分散制御システムが普及するにつれ、工場全体の操業状況を把握し、その最適の運営をはかるミルワイドコントロールの概念が生まれてきた。特に、多くの設備が関連しながら動いている製紙工場では、その状況を把握・管理することは競争力を生む重要な手段となっている。

さらに、最近では、操業状況の管理から一步踏み込んで、装置の自動診断システムが開発されている。工場操業において、設備の予防保全は重要な課題で、日本の工場の操業効率の高さには予防保全が文化として根付いていることがあげられる。近年の自動診断システムの開発は、新しい工場管理の方向を示唆している。

## 7.7 設備開発の形態と日本技術の寄与

一台の抄紙機に、ここでふれなかったものも含め多くの技術開発が組み合わさって今日に至っていることを紹介した。これらの技術の範囲と規模からわかるように、製紙産業がすべての設備を自前で開発したわけではない。

1950年代の日本では、製紙会社が設備開発の主導権を持ち、多くの鉄工所が抄紙機を製造していた。しかし、抄紙機が高性能になるにつれ淘汰され、かつ、日本の代表的な企業（三菱重工や石川島播磨重工）がアメリカ、ヨーロッパの製紙機械メーカーのライセンサーになると、もっぱらそれらの設備が中心となった。そして、1960年以降は米・欧で開発された設備が日本に導入されることとなる。この際に、日本の製紙産業とライセンサーの日本の設備メーカーが果たした役割を考察してみる。

当時から、日本の設備メーカーの実力は高く、提供される設備は信頼性に優れ、アフターサービスも充分に行き届いたものであった。そのため、日本の製紙産業は日本の設備メーカーを信頼し、提供される新開発の設備を世界に率先して導入してきた。また、製紙産業には、新設備の可能性を評価し、実用化する能力と、それに投資するリスクをとる意思があったといえる。例えば、ツインワイヤー抄紙機やハイブリッド抄紙機の開発は欧米あったが、その実用化では日本の製紙会社と日本の設備メーカーの寄与が非常に大きく、日本での経験による設備改善や操業ノウハウが世界に広が

っていた（これについて、定量的な資料がないが、関係者の話から間違いないと思える）。当時、日本はすでに世界第2位の製紙国で、生産量がGDPに比例して伸びていたことから設備投資の機会が多く、技術改良を進める背景ができていたことも寄与していたであろう。

しかし、最近では、設備メーカーの寡占化が進み、抄紙機についてはヨーロッパ系の2社のみとなり、設備メーカーの指導力が増している。一方、日本での設備投資の停滞から、かつてのように新設備を積極的に導入する機会が少なくなり、その寄与が薄くなっている。

設備が、メーカーの主導になってくると、製紙産業の技術は何なのかとの疑問が生ずる。これを言い換えると、日本の製紙産業の国際競争力を生んでいる技術は何との問いになり、この報告のテーマでもある。

これについては前にもふれたが、原料を次々と開発してきたこと（6章にて紹介）と共に、生産性で世界の最高水準を保ってきたこと、製品の信頼性で世界の水準を大きく凌駕してきたことが上げられる。生産性と品質の信頼性については、さらに、8章で考察する。

これらの優位は、多くの設備メーカーや薬品・資材メーカーとの協力で達成してきたもので、これが製紙産業の技術力といえる。それは、製紙産業がニーズを的確に理解し、それを可能にするための製造上の改良・開発を、関連する産業に明確に伝えることで技術開発を促し、一緒になって可能性を追求したことの結果である。そこには、単に設備のみならず、技術開発を通して関連する業界と互いに信頼関係があったことが大きく、そのことが発展につながってきた。

おそらく、この互いの信頼関係に基づく技術開発は日本の特徴で、他の大型・装置産業においても同じような形で進んできたと推測する。また、形態の異なる自動車産業においても、部品の供給者と一緒になって技術開発を進め、世界に冠たる自動車を提供しているという事実があり、このことも類似する。科学は一人の天才により大きく前進する。産業の技術発展は、多くの人の熱意の総和が推し進める。

## 引用文献

- 1) メッツオ・ペーパー・ジャパン提供
- 2) 紙パルプ製造技術シリーズ 第6巻 紙の抄造 p.56 紙パルプ技術協会（1998年12月）
- 3) アイ・エイチ・アイフォイトペーパーテクノロジー提供
- 4) 日本製紙提供
- 5) 内藤 勉 “新聞用紙技術60年の歩み” 百万塔126号 p.25（紙の博物館）
- 6) アイ・エイチ・アイフォイトペーパーテクノロジー提供
- 7) 飯島秀昌 “プレスパート構成の変遷とプレスロールデザインの発展” 製紙産業技術遺産保存・発信 No.8 “製紙産業技術30年の変遷：プレスパート” p.1 紙パルプ技術協会（2005年4月25日）
- 8) 染谷恒 “搾水理論とフェルト品質の変遷” 製紙産業技術遺産保存・発信 No.8 “製紙産業技術30年の変遷：プレスパート” p.15 紙パルプ技術協会（2005年4月25日）
- 9) 芦田昌之 “ドライヤーパートの変遷と今後” 製紙産業技術遺産保存・発信 No.1 “製紙産業技術30年の変遷：ドライヤーパート” p.1 紙パルプ技術協会（2004年2月）
- 10) 住吉誠 “ドライヤーカンバスの変遷” 製紙産業技術遺産保存・発信 No.1 “製紙産業技術30年の変遷：ドライヤーパート” p.36 紙パルプ技術協会（2004年2月）
- 11) 横河電機提供

なお、抄紙技術については以下の文献が参考になる。

## 参考文献

- 1) 紙パルプ技術協会 紙パルプ技術便覧（1992年1月30日）
- 2) 紙パルプ技術協会 紙パルプ製造技術シリーズ 第6巻 紙の抄造（1998年12月）
- 3) 紙パルプ技術協会 紙パルプ製造技術シリーズ 第10巻 紙パルプ計装制御システム（1992年4月）

# 8 | 技術開発3：生産技術と工場操業文化

## 8.1 生産技術：生産性と製品の信頼性

新聞用紙の生産を通して、製紙産業の技術開発を紹介してきた。日本の製紙産業の競争力を生み出しているものの一つに、間違いなしに、生産技術がある。生産技術とは、生産性の高い設備を（設備の生産性）、効率よく操業し（操業効率）、信頼性のある製品を競争力のある価格（コスト・パフォーマンス）で市場に供給することであろう。この視点で、日本の生産技術力を分析する。

### 8-1-1 設備の生産性

紙の価格は過去40年間ほとんど値上がりしていない（これが国際競争力を保たせた）。この間、生産量は14倍となり、原材料価格、人件費等は確実に増加している。この不思議を可能にしたのが生産性の向上で、具体的には、設備の大型化・高速化と省力化で、技術開発がこれを可能にした。この特徴は、何も製紙産業に限ったものでなく、鉄鋼等の他の産業も同じ努力を行ってきたといえよう。設備の大型化の例として、今までに紹介したが、1953年世界で最初のクラフトパルプの連続蒸解プラントが日産量は100トン程度であった。最近の大型プラントは、数千トン/日となっている。また、抄紙設備についていえば、1960年頃の最大抄紙機は、幅7mで、速度は600m/分であったが、現在は10m、1800m/分である。

日本はかつてはこの設備の大型化・高速化で世界に伍していたが、最近では世界の最高水準に遅れを取っている。結果として、日本では、中一大型設備を高効率で運転し、多品種・高信頼性を要求する日本の市場に対応しているのが現実となっているが、これも世界的な競争で生きるための独自の生産対応の技術とも考えられる。日本のもう一つの特徴は、大型設備への投資を進めながら、小型の古い設備も動かしていることで、この組み合わせも複雑な国内の市場の品質要求を満たす機能を持っているのであろう。しかし、古い小型の設備はいずれ消滅する運命であろう。

### 8-1-2 操業効率

日本の特徴は、上記の中一大型設備を非常に高い操業効率で運転していることで、抄紙機の総効率90%以上が普通であるが（11章の操業記録参照）、これは海

外では非常に稀である（例えば設備メーカーが技術の紹介に引用している例が70-85%である）。操業効率が高いことは、装置産業にとってどのような価値を持つのであろうか。直接的な数値として投資額に対する製品売り上げが増すことになるが、それ以上の意味を持つ。製紙工場で、工場全体の操業効率を大きく左右するのは、最終工程である抄紙機の操業効率である。抄紙機では、連続プロセスの途中で走行している紙が切れると、そのたびにできるかぎり早く紙を通しなおし生産を再開させる。しかしその数分間に、原料（紙）は流れ続けてくるので、それを回収し元の工程へ戻す。また、抄紙機の周りには損紙が大量にたまる。結果として、断紙の度に安定操業が中断され、元へ戻るまで製品の品質が変動し（不良品となる）、単なる時間損失以上の影響を与える。また抄紙機の周りの断紙片の清掃も大変な作業となる。

この抄紙機の断紙の頻度（1日または1ヶ月に何回断紙するか）が、日本では世界一般に比して一桁低く（1ヶ月に数回）、結果として操業効率は格段に高い。逆に抄紙機で断紙がない場合を想像する。抄紙機が安定操業を続けられれば、そこへ原料を供給するすべてのラインで定常操業ができ、緊急対応の必要がない。電力・蒸気等のユティリティも定常操業で効率を極大に維持できる。製品品質も管理され、製品歩留まりも最大となる。結果として、製品コストは最小となり、生産は最大となる。単に生産量が増える以上の利益が生まれる。

この技術はオペレータの熟練に依存した運転管理というべき特性を持っている。操業効率と言うと、抄紙機が問題にされるが、工場全体が管理されて初めて抄紙機の効率が上がる。日本ではこの工場全体の運営がノウハウとして工場に根づいている。今後は、ノウハウのレベルをいかにシステムに取り込み日本独自の工場管理システムを作り上げるかが次世代の技術的課題であろう。これについては、9章でさらに検討する。

### 8-1-3 製品のコスト・パフォーマンス

日本の製紙産業のもう一つの努力は、製品のコスト・パフォーマンスが優れていることである。これも他の産業にもいえることであるが、この高いコスト・パフォーマンスが輸入に対する競争力となっている。例えば、新聞用紙は米国では100本の印刷中に数回（例えば3回）の紙切れが標準的であるといわれてきた

が、日本では、近年では例えば1000本に1回以下といわれている。この品質は、製品の静的な強度等の値（例えば、試験室等で測定する品質強度）が高いからではなく（国産の新聞用紙の強度は輸入紙に比べて高くはない）、製品の中にある欠陥点（例えば異物）の削減、製品の幅方向や流れ方向の物性値の変動を少なくすること（均一性の改善）等により得られている。これはまさしく、計装・制御技術と操業技術のたまものであるが、はっきりと製品の信頼度（信頼性）の差となってくる。この製品の信頼性についてもう少し考察する。信頼性のレベルをあげるためには、それなりの設備投資が必要であり、コスト高になる。事実、国産の新聞用紙生産では、原料の除塵システムの強化、ツイーンワイヤー抄紙機への転換、サイズプレスの導入、濃度調節型のプロファイル制御等の設備投資増もあり、輸入品より価格が高い。しかし、印刷側から見ると、信頼性の高い紙は印刷操業効率がよく、オペレータを削減でき、場合によっては印刷設備も少なくてすむ。これらの利益が、製品の価格差を十分に補うならば、彼らは、価格が高くても信頼性の高い製品を選ぶ。すなわち、コスト・パフォーマンスの優れた製品を使うわけである。従って、製品のコスト・パフォーマンスを高めることは、社会全体として経済効率を高めることといえる。この製品の高いコスト・パフォーマンスが日本の産業全体を支えてきた。

#### 8-1-4 今後の課題

最近では、この生産技術の領域で、設備メーカーが大型設備に操業ノウハウを組み込んだ自動化システムとして提供してくる。すなわち、日本がノウハウとして競争力のよりどころとしていた部分が人工知能化されブラックボックスとしてすべての国に提供されるようになったわけである。一例として、製紙産業の後進国であった中国で世界最大級の新鋭抄紙機がそれなりに稼動している現実がある。これは、日本の競争力の摩滅であり、これに対し、日本はいかに対応すべきか大きな課題となってきている。

## 8.2 工場操業文化

### 8-2-1 大型製紙工場のイメージ

ここで、大型の新聞用紙・印刷用紙工場（日産3000トン）のイメージを紹介する。街で、トラックが紙の巻取りを積んでいるのを見かけることがある。この巻取りはほぼ1本1トンであるから、1日に3000本が運び出されるわけである。

この規模の工場となると敷地面積は約1百万 $m^2$ （工場内の移動に車を使用）、使用する原料（木材チップと古紙）約4000トン/日、石炭使用量約1.2千トン/日、重油使用量約500kl/日、用水（製紙産業では水は重要な資源である）使用量約30万 $m^3$ /日、となる。原料は毎日運び込まれるが、そのほかに1週間分ほど在庫として保管する。木材チップは樹種別や輸入先別に貯蔵され、所定の割合でパルプ化工程に払い出される。重要な原料である古紙もグレード別に管理され同じように古紙処理工程に送り出される。パルプ化工程や古紙処理工程は複数あり、それぞれの工程を経ることで特徴を持ったパルプが得られる。これらのパルプを連続的に複数の抄紙機に配分することになる。抄紙機はそれぞれ計画された製品を生産するので、その処方に合わせてパルプを配合し、他の副材料を加えて抄紙機に送られる。言い換えると、複数のパルプ化設備と複数の大型抄紙機が相互に連携を取りながら頻繁に製品品種を変えながら操業を続けるわけである。生産された製品は倉庫に貯蔵される。そこから、注文に応じて出荷することとなる。製品の貯蔵は、ほぼ1週間分である。

### 8-2-2 工場管理文化または工場操業文化

このように、幾種類もの原料を大量に運び込み、幾種類もの製品を注文に併せて大量に出荷し、しかも、工場内での生産を円滑に進めるには、工場全体にわたる連携が不可欠であることが理解されよう。これはいかなる生産活動にも必要であるが、大型・素材・装置産業では特に重要である。この工場全体としての効率的な運営は、技術の重要な一面で、日本の得意とするところである。製紙産業においても同様で、日本の製紙工場の操業効率は群を抜いて高い（これについては8.1章で述べた）。その秘密はと聞かれると、何も特別な答えは返ってこない。特別な装置があるわけではなく、特別な天才がいたわけでもない。設備があるべき状態に保守されていること、職場が共通に目標を持ち勤めていること、工場がきちんと清掃されていること等その工場が持っている文化またはカルチャーとしか言いようのないものである。しかし、それは1日でできるものではなく、長い間に培われたものである。この報告をまとめるためにインタビューを持ったが、工場現場を経験した技術者にその意識が強い。それではこれが技術かと問われれば、結果として工場の操業効率が高くなるのであるからやはり技術である。例えばトヨタの有名なカンバンシステムは世界中から注目されているが、効率（利益）を生み出しているから間違いなしに技術であるのと同じ類になる。

### 8-2-3 工場操業文化の海外への発信

このように文化としか言えないような価値のある技術は海外へ発信されているのであろうか。答えを定量的に示すのは困難で、筆者の経験や知人からの聞き取りに基づくものになる。

歴史的に、日本の製紙工場の操業管理方式は人的な交流を通して台湾、韓国に受け入れられてきた。台湾の多くの工場はよく管理され例えば小集団活動なども採用されてきた。2000年頃から、中国が自国の膨大な需要増を見越して大型の抄紙機を建設し操業に入った。この操業に台湾から大勢の技術者・管理者が参画している。その結果、中国の製紙産業の一部にも日本の操業管理方式が根付いている。筆者が2006年に見学した中国の工場は、管理者は台湾からの製紙技術者で、雰囲気は日本の工場にそっくりで、清掃もきちんとして、小集団活動のポスターが壁に貼られ、操業効率も日本に近い様子であった。同時に訪ねたフィンランド資本の工場では、管理者はフィンランドから来ており、工場の雰囲気は間違いなしにヨーロッパの工場を感じさせた。

また、カナダ、アメリカでも日本が資本を出した工場では日本流の操業・管理方式が受け入れられ、成果を出している（例えば日本製紙が参画しているNorpac Co.、王子製紙が出資しているHow Sound Pulp and Paper Co.）。その他では、北越製紙が協力したAPP社（インドネシア）のIndah Kiat工場も順調に操業していると聞いている。

日本発の工場管理技術は一部の地域に根付きつつあると言えよう。

6章、7章及び8章で新聞用紙生産にかかわる技術の発展を見てきたが、新聞用紙の競争力にはそれらの分野のみならず、工場全体の他の分野での競争力も大きく影響している。それについては9章でさらに考えてみる。

#### 参考文献

- 1) 飯田清昭 “紙パルプ産業の歴史・特徴とエコロジー” 紙パ技協誌 Vol.55, No.4 p.417 (2001年)
- 2) 飯田清昭 “製紙産業技術の発展とその特徴” 紙パ技協誌 Vol. 61, No.4 p. 393 (2007年)

# 9 | その他の特徴的な技術開発

新聞用紙の生産は工場全体の活動の一部で、工場のその他の技術分野のレベルが新聞用紙のコスト・品質に大きくかかわってくる。例えば、新聞用紙生産コストに占めるエネルギー費は約10-20%で、工場全体としていかにエネルギー単価を安くするかが新聞用紙のコストに直接影響する。また、廃水、排気は工場全体として処理されており、新聞用紙生産とは直接関係がないが、それが管理されていて始めて生産活動ができるのであり、工場として重要な技術領域である。結果として、生産される新聞用紙が競争力を維持するには、いろいろの技術領域がトップレベルにあり続けることが必要である。そこで、以下の技術領域について開発努力を紹介する。

## 9.1 エネルギー対応技術

大型の装置産業である紙パルプはエネルギーを大量に使用していると言われるが、大きな誤解がある。

1997年における分野別のエネルギー使用比率は以下のとおりである<sup>1)</sup>。

産業用	49%	公共・家庭	26%	運輸	25%
化学	13%				
鉄鋼	12%				
セメント	3%				
紙パルプ	3%				
その他計	18%				

この中で、製紙産業のエネルギーの利用形態はかなり独特である。通常はプラントを動かすために電力が必要で、燃料—蒸気—電力と変換していく過程でエネルギーが失われ、電力に変換されるのは燃料のエネルギーの40%以下である。製紙産業では、工場内に自家発電設備を持ち、まず設備を動かすための電力を発生させた後、残りの通常は利用価値の低い低圧蒸気で紙を乾燥させる。このためエネルギーの利用効率が非常に高い(約70%)。また、化学パルプの製造プロセスにおいて、原料の木材の約50%はパルプとして利用され、残りの50%は廃液として回収される。この廃液は濃縮・燃焼され、パルプ化薬品を再生するが、その燃焼の際に高温・高圧のボイラーで蒸気を発生させ発電する。この木材の不使用部分からのエネルギー(バイオマスエネルギーに分類される)が産業全体のエネルギー使用量の1/3をまかなう。製紙産業の構造の中に、エネルギーの高効率利用とバイオマスエネルギーが組み込まれている。とは言うて

も、省エネルギーは重要な課題であり、そこに多くの技術開発努力が注がれてきた。

まず、日本のエネルギー事情は世界の中で非常に特異的である。電力の単価は、通貨の変動のため個別の比較が困難であるが、世界の中で割高とされている。このため、日本におけるエネルギー関連の技術開発は極端に省電力に傾斜している。

日本の製紙産業もエネルギー単価を下げることにエネルギー原単位の削減に努力を続けている。その結果、やや荒っぽい比較であるが日本の製紙産業は例えば米国に比して2/3のエネルギー原単位で紙を生産している。それを可能にした技術は何なのであろうか?それはけっして目を引くような画期的な技術があるわけではなく、次にまとめられる地道な省エネルギー努力の結果である。

(1) 経営レベルでの投資: 電力単価の低減には、自家発電比率の向上(発電設備の増設で、大型工場ではほぼ100%に近い)、コージェネレーションの推進(電力と蒸気を利用する産業の特徴)、高効率回収ボイラーへの転換(バイオマスエネルギーの効率化)等が進められた。また、生産設備も、より省エネルギーのタイプへの取替えが積極的に進められ、この過程が、単なる省エネルギーだけでなく設備の更新となり、操業の安定・効率化を同時に押し進めることになった。さらにエネルギー原単位の改善に、大型のモーターにインバータコントロール等が次々に導入された。購入電力が割高な事がこれらの設備投資を可能にし、拍車をかけたとも言える。

(2) 工場における地道な省エネ努力: 小集団活動レベルの積み上げが大きな結果となっている。その一例を紹介する。木材・古紙から製品(紙)までは連続プロセスである。操業の安定のため、その途中にいくつかの原料(パルプスラリー)の貯蔵槽がある。貯蔵槽では原料は絶えず攪拌されている。この槽内の原料をできるかぎり少なくしたほうが回流動力の節減となる。第1次の石油価格高騰により製紙工場では一斉にこれに取り組んだ。結果として、きめの細かな管理が全体の操業効率を逆に引き上げたと推定される。さらに、槽の原料の量を減らして操業するので、攪拌機の羽根を小さく削り直すことでさらに節電をはかった。このような活動の積み重ねが工場を省エネルギー体質にし、競争力を維持してきた。残念ながら、具体的なエネルギー原単位を公開した

資料は非常に少なく、海外との比較ができない。日本のデータとして紙パルプ技術協会が1979年<sup>2)</sup>、1989年<sup>3)</sup>、1999年<sup>4)</sup>に調査した資料がある。

## 9.2 環境対応技術

日本の製紙産業は狭い国土の中で、数年前までは(中国が急速に伸びる前)世界第2位の紙・板紙を生産してきた。工場は全国に散在し、多くは市街地の中にある。



図9.1 市街地工場の例<sup>5)</sup>

これは、他の国には見られない環境である。そのため、歴史的には多くの環境問題を起こしてきたが、1970-90年の環境対策投資により、廃水、排気、騒音等で共存できるレベル(世界で一番厳しいレベル)に達している。考えてみれば、日本は狭い土地で大勢の人間が生産活動(世界第2位のGDP)をしている。いわば、Sustainable developmentの実験モデルで、ぎりぎりのところで環境を保ち続けてきたと言えよう。したがって、決して環境後進国ではない。

同じように、日本の製紙産業は他国の製紙産業に比べて一番エコロジカル(ecological)である。なぜなら、エネルギー原単位が低いことは単位紙当たりの二酸化炭素排出量が低いことであり、現在70%を超える古紙の再利用はLCA(life cycle assessment)の評価で環境負荷の極小領域であると推測する。

日本の製紙産業は世界的にはかなり早い時期から廃水対策(SS、COD、BODの削減)に取り組んできた。この結果、ダイオキシンの汚染を起こさなかった。一方、北米、北欧は各地でダイオキシン汚染をおこし、魚の捕獲禁止や食用への警告が出されている。この差は、製造プロセスの違いもあるが、基本的に日本の製紙産業が環境対策に大きな費用を投入してきたことによる。

ただ、気になるのはその対応(投資)が腕力的(目

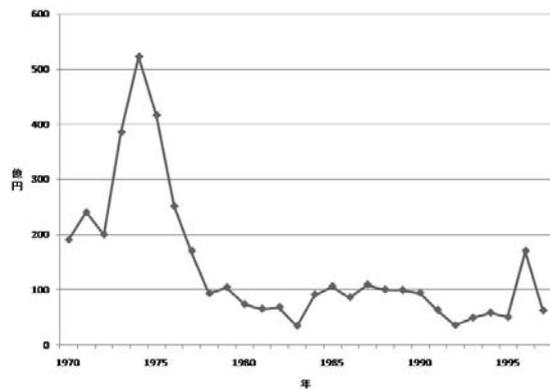


図9.2 環境対策投資金額の変遷<sup>6)</sup>

標の数値を可能にする設備を単純につける)であった。今後は単純な数値的な目標から、複雑に絡み合い目標数値の取りにくい対象が多くなり、その対応に科学的な裏付けが求められる(例えば、地球温暖化、環境ホルモン等)。

以上述べたような技術努力で工場が維持され、その製品が国際競争を続けてきたわけで、日本の技術の一断面を示している。

## 9.3 研究開発力

日本の製紙産業の研究・技術開発は、特別に目を引きつけるような設備開発はないが、創意と工夫の積み上げで、原料、エネルギーの不利なところで生産活動を継続、拡大してきたといえよう。その典型的な例が新聞用紙であり、結果として、日本には確かに研究開発力があり、それを維持するマンパワーが振り向けられてきたことになる。はっきりしたデータはないが、(私的な情報であるが)企業における研究・技術開発への人の振り向けは間違いなしに日本がかなり高く(世界で最大の水準とされている)、この量的な優位が産業を支えてきたと分析する。そして、日本では、品質の向上に大きなエネルギー(人のみならず金も)を投入してきた。その一例であるが、日本では、塗工紙の過当とも言える競争から、4社がそれぞれ高速のパイロットコータを持っているが、北欧では研究機関がそれぞれ1台、米国では見あたらないくらいである(1998年のデータで、最近の情報をつかんでいない)。感熱紙やインクジェット用紙の品質開発でも日本は突出している。このような努力が日本市場の過剰といえる品質要求を満足し、結果として、安い輸入品にたいしコストパフォーマンスで対抗できた。新聞用紙もその典型である。

一方、近年では、技術スタッフの削減が進められている。その延長上では、全体的な技術力の低下をきた

し、その結果、国際競争力・市場開発力が弱体化し、産業そのものが弱くなると危惧される。従って、如何にスタッフの効率を上げるかが課題である。

日本の官・学の研究者の数はどうであろうか？紙パルプ技術協会では毎年木材化学関連の大学及び公立研究機関の研究室の研究題目の調査を発表しているが、その研究者の数は決して少なくない。しかし、残念ながら、研究題目が製紙産業と結びつくものが少なく、製紙産業のプロセスに関連するものは極端にすくない<sup>7)</sup>。さらに、大学の独立行政法人化により、紙パルプに関する研究テーマには国からの研究費がつかないとの状況を大学関係者から聞いている。ここに産・官・学の連携の大きな問題があり、フィンランドに見られるような効果的な運営がされていない。この原因をぜひ分析すべきで、今後の大きな課題である。

## 9.4 技術教育

日本の新聞用紙生産は、その部分だけの技術的優位（例えば設備が最新鋭である）よりそれを支える工場全体の技術レベルで国際競争に対処してきた。それには、技術教育が重要な役割をはたしてきた。個人的な感覚であるが、工場内の技術スタッフ、保守スタッフの数は他国に比して間違いなく多い（工場はそれぞれ生産品種等が異なり、一概に比較できず、またそのような統計も公表されていない）。これは人件費の上乗せとなっている。その見返りは何なのか？

実は、この工場の技術スタッフの存在が日本の技術開発の特徴でもあり、充分なる見返りを生んできたと考える。今まで説明してきた新聞用紙の例からわかるが、生産環境（ユーザーの要求、原料の変化、設備の改善等）は絶えず変わっており、それに的確に対応し続けてきたことが国際競争力を生んできた。例えば、これから古紙の利用を進めることが必要と判断したとする。その立地条件は工場により異なる。いかなる品質の古紙をどれだけ集めるか、そのための設備をどのようにし、どの規模にするか、それにより抄紙機の操業や製品品質が影響を受けるかどうか、もし影響が予想されるならその対応策はないか、設備投資の前に事前の操業テストやユーザーでの試験印刷をいかに進めるか等の検討が繰り返される。多くの場合、既存のモデルのない取り組みで、新しい分野を切り開いてきたことが日本の新聞用紙生産の技術でもあり、製紙産業全体にも通じるのである。その際に工場の技術スタッフは大きな力として働いてきた。

また、工場を効率的に運営するには、保守スタッフが設備の保守に責任を持ち、かつ、ある程度の保守能力をもっていることは不可欠であり、基本的にアウトソーシングする海外の工場と異なる。

さらに、日本の工場が技術・保守のスタッフを持っていることから、設備・薬品メーカーと緊密に連携を取りながら技術開発を進めることができた。具体的には、6章、7章で述べた技術開発がその例となる。

この技術スタッフは、企業内でいろいろの形の技術教育で育て上げられている。また、企業内の工場間の情報交換も非常に緊密である。この情報交換の立場で考えると、狭い国土に多くの工場があることは大きな利点で、安いコスト（安い交通費）で技術交流ができる。これは単に企業内の話だけでなく、産業全体としても工場が広く分散している国（アメリカ、カナダ、中国）に比べると間違いなしに利点である。例えば、東京で技術講演会を持つ。日本では全国から約2時間で集まれる。アメリカ、中国ではそうは行かない。この差は数値化できない日本の優位さである。

このように、日本の技術教育は日本の雇用制度と国土が狭い地勢的な影響で独自に発展してきたといえる。しかし、雇用の形態は変化し続けるので、この技術教育のあり方も変わらなければならないであろう。

### 引用文献

- 1) 高橋 確 “紙パルプ産業のエネルギー事情” 紙パ技協誌 Vol.53, No.4 p.64
- 2) エネルギー委員会 “第1回エネルギー実態調査” 紙パ技協誌 Vol. 33, No.1 p.110 (1979年)
- 3) エネルギー委員会 “第6回エネルギー実態調査” 紙パ技協誌 Vol. 44, No. 5, p.447 (1979年)
- 4) エネルギー委員会 “第7回エネルギー実態調査” 紙パ技協誌 Vol. 55, No.5 p.573 及びVol.55, No.6 p.737 (2001年)
- 5) 日本製紙提供
- 6) 紙パルプ製造技術シリーズ 第12巻 環境 p.13 紙パルプ技術協会 (2002年5月)
- 7) “2006年度における大学・官公庁研究機関の研究題目に関する調査” 紙パ技協誌 Vol.61, No.5, p.584 紙パルプ技術協会

なお、この章は以下の文献を参考としている。

### 参考文献

- 1) 飯田清昭 “製紙産業技術の発展とその特徴” 紙パ技協誌 Vol.61, No.4 p.393

# 10 | まとめ：他国の製紙産業形態と日本の製紙産業形態の比較

最後に、日本の製紙産業の特質を知るため、他国の製紙産業を紹介する。

## (1) ブラジル

広大な平地にユーカリを植林し、農業の感覚で、7-8年で伐採、植林を繰り返す。これで得たユーカリ材を世界最大級のクラフトパルプ生産設備（1ラインで日産5千トン）で漂白クラフトパルプを生産し、世界中のパルプ設備を持たない製紙会社へ販売している。ユーカリの植林は、最初は、製鉄の原料との二股であった。壮大な経営的な判断を支える技術力がその源にある。

## (2) アメリカ

森林資源が豊富で世界最大の製紙国である。その最大の強さは、製材とその廃材チップによるパルプ生産を組み合わせる形態を開発したことにある。地勢的に、良質のスプルース（針葉樹）を持っているカナダに比べるとアメリカの針葉樹（ダグラスファー、パイン）は新聞用紙の生産に適していない。しかし、成長が早く、住宅用建材として広く利用されてきた。このダグラスファー（植林木も含め）から建材を取り、残りの従来焼却していた背板（廃材）をチップにし、クラフトパルプを生産、さらにライナー（段ボール用紙の表層）を抄紙する産業形態を作り上げた。ダグラスファーのライナーは、剛直で、引裂けにくく、包装用の段ボールに最適である。このライナーで国内・海外の市場を支配している。

## (3) フィンランド

良質の針葉樹を豊富に持ち、これを基礎にした展開をはかっている。1980年代までは、小規模の工場が主体で大きな存在ではなかった。1980年代の不況に際し、国策的な産・官・学の支援体制を作り、スクラップ・アンド・ビルド（scrap & build）を強力に推進し、大型生産システムを作り上げた。当然のこととして、上質のスプルースの特徴を生かした製品（軽量の印刷紙や塗工紙）に注力している。また、産・官・学の支援体制がうまく機能し、開発した紙パルプの生産設備を世界に販売している。

## (4) ドイツ

1900年代初期では、ドイツは世界最大の製紙国で、最新の技術力を誇っていた。当時の紙パルプの技術雑誌の1908年の年間の総ページ数はA4で4500ページに及ぶ。資源的にもファー（もみ）の森林を持ち、大きな市場も持っていた。しかし、環境への配慮から、有力なパルプの

製法であるクラフト法を禁止（悪臭がひどく、当時として対策が取れなかった）したことから世界の潮流に乗り遅れ、かつての栄光はなくなっている。

このように、それぞれの国が立地の特徴を生かした独自の生産形態を開発していることがわかる。それでは、日本をどのようにまとめられるか。

国内の紙の需要が300万トン（現在の1/10）で、国内材を原料としていた時代（1950—60年代）では、原木の集荷の容易な場所に日産100—200トンの工場が全国に分散・存在していた。紙の需要が増してくると、各社生産能力を増加させた。その結果、原料不足と過剰設備による販売価格の軟化に見舞われた。また輸入関税が徐々に廃止され、国際競争が課題となってきた。そして、存続のための技術開発が始まる。その過程で、決定的に産業の形態に影響を与えたのは海外からの専用船によるチップ輸入であった。これにより国内原料に縛られずに、大型の設備を持ち、パルプから紙までを一貫して生産する工場が可能となった。その結果、新聞用紙・印刷用の生産工場は臨海立地（大型船舶が入れる港の近く）となり、生産量も日産3000トン以上の世界レベルでの大型工場が生まれてくる。

さらに、日本は狭い国土で、1億人が世界トップレベルで紙を使用している（一人当たり紙消費：240kg/年）。この大量の古紙が近くで入手できることが、1980年以降の古紙の利用を可能にし、新たな競争力を生み出した。このように臨海大型工場へ転進し、さらに古紙を回収使用したことは間違いなしに日本の技術力で、この独自の形態を生み出したことが世界に伍して製紙大国であり続けることを可能にした。

この原料の開発とともに日本の製紙産業を支えたものに生産技術がある。生産技術とは、生産性の高い設備を（設備の生産性）、効率よく操業し（操業効率）、信頼性のある製品を競争力のある価格（コスト・パフォーマンス）で市場に供給することであろう。まず、生産性の向上について考察する。日本の代表的な設備メーカーがアメリカ、ヨーロッパの製紙機械メーカーのライセンサーになったことで、1960年以降は米・欧で開発された設備が日本に導入されることとなる。日本の製紙産業は、それらの新開発の設備を世界に率先して導入して、そのつど設備を大型化し、生産性を改善してきた。例えば、1950年代の抄紙機は幅3.5mで抄速300m/分程度が標準であったが、2000年では10m幅で1800m/分が稼働している。そこには、新設備の可

能性を評価し、実用化する能力と、それに投資するリスクをとる意思があったといえる。また、その過程で、単なる設備の購入者にとどまらず、製造上必要な改良・開発を、関連する産業と一緒に追ってきた。そして、日本で積み上げられたノウハウが世界に広がっていたものも数多くある。そこには、技術開発を通して関連する業界との間に深い信頼を見ることができる。

実は、その設備を効率よく操業しているところに日本の技術の特徴がある。日本では抄紙機の総効率90%以上が普通であるが、海外ではまずありえない数値である。これには、単に抄紙機のみでなく、工場全体が適切に管理運営されてはじめて可能で、長年を通してつくりあげられた工場の文化とでも言うべきものがそれを支えている。そして、この工場文化は、技術交流や海外投資により少しずつではあるが海外に広まっている。

もう一つの特徴は、製品の信頼性である。これには、

日本の新聞社の品質要求の厳しさが大きく作用しているが、ユーザーニーズをできる限り満足させる姿勢が日本独自の信頼性の高い製品を生み出し、国際商品である新聞用紙がほとんど輸入されない状況になっている。

このように独自の形態を作り上げてきた日本の製紙産業は、新しい局面に面している。紙（新聞用紙を含め）はGDPと共に需要が増加し、製紙産業はそれを足場に国内市場の確保を目標にしてきた。しかし、今後は、今までのような国内市場の伸びが期待できないことから、国際的な展開が求められる。それには、世界的に見ると特殊な日本のユーザーの要求を満たしながら、国際的に価格競争できる製品を開発する技術力が求められる。

#### 参考文献

- 1) 飯田清昭 “紙パルプ産業技術史に見られる新展開と次世代新展開への期待” 紙パルプシンポジウム（2003年12月）紙パルプ研究会

# 11 | 典型的な抄紙機における新聞用紙生産の操業記録

## 11.1 経緯

1960年に当時世界最大クラスの新聞用紙抄紙機が建設された。その抄紙機は、大型化の進んだ現在でも中型・中速の抄紙機として、世界で最高水準の操業効率と最高水準の製品を生産している。この抄紙機の操業の記録をまとめることは、新聞用紙の技術開発を具体的な事実で示すことになる。その意義を理解された工場より資料を提供していただいた。

抄紙機は、日本製紙釧路工場（建設当時は十條製紙釧路工場）の6号抄紙機で、画期的な設備であったことがメーカーの三菱重工の資料<sup>1)</sup>からうかがわれる。

操業記録は次の3つの視点で整理されている。これらの視点は、本系統化の中心をなすものでもある。

- (1) 技術開発（設備改造）の歴史
- (2) 生産性の歴史
- (3) 新聞用紙品質の歴史

## 11.2 技術開発（設備改造）の歴史

日本の製紙産業の特徴として、需要の増加に合わせて、大型抄紙機を新設すると共に、古い抄紙機を改造しながら並列的に使用してきた。その改造においては、各時代の技術革新を取り込みながら生産性を向上させ、製品品質を改善して、抄紙機の競争力を保ってきた。この投資額の少ない改造の積み重ねで、日本特有の早く、かつ、大きな市場要求の変化に対応してきたのが日本の手法であり、小回りの利かないスクラップ・アンド・ビルドが主体の北欧と大きく異なる。

その実例が資料1（歴史年表）に示されている。抄紙機にはそれぞれの時代に新しく開発された技術が組み込まれてきた。それに合わせて、抄紙機の主要な要具であるワイヤー、フェルト、カンバスも改良されてきた。一方、供給されるパルプは原料事情の変遷により変化し続けている。そこには、工場全体としての生産活動が柔軟に対応している様子がうかがわれる。

具体的な数値として、運転抄速606m/分で設計された抄紙機の駆動装置が1200m/分に改造され、1050m/分で運転されている。これらの記録は、いろいろの技術開発が実用化された時期を教えてくれると共に、日本の特徴的な技術開発を示す貴重な証であろう。

## 11.3 生産性の歴史

資料1に生産量の変化が示されているが、1991年以降落ち込みがある。これは、新聞用紙以外の印刷用紙が生産されたこと（生産量に含まれていない）及び新聞用紙の軽量化による生産量減（生産面積が同じであれば坪量減は生産量の減少となる）による。したがって、生産性の歴史としては資料2（操業実績）を見るほうが適切であろう。ここでは、抄速は少しずつ増加を重ね、大きな設備改造で跳ね上がりまた少しずつ速くなっている。この少しずつの増加は工場の操業ノウハウの向上によるもので、絶えず改善しようとする努力は日本の特徴といえる。これと共に重要なのは操業人員の削減（資料1）である。操業開始時に3直で13名/直+補充3名/直で、合計48名であったものが、現在は4直で5名/直、合計20名となっている。これを可能にしたのは、自動化の導入で（例えばワインダー作業の自動化等）、この努力は引き続き行われている。

資料2でもう一つ重要なのは抄紙機の総効率である。総効率とは、計画操業時間で生産できる量に対して実際に製品（品質的に基準を満たすのもの）となった量の比率である。この数値が、操業開始3年目（1963年）から90%を越え、1977年には95%になっている。日本の抄紙機の操業効率は高いと言われているが、具体的な数値として公表されたのは今回が初めてであろう。特に、操業開始以来の数値を公表してもらったことに感謝すると共に、この記録が残ることを喜びとする。

## 11.4 新聞用紙品質の歴史

新聞用紙のパルプ配合が変化し、新聞用紙の軽量化が進む中で、一定の紙質を保つ努力が資料3（新聞用紙紙質の変遷）に表れている。新聞用紙の強度に関しては、新聞社との間に規格があったが、1980年代に廃止され、印刷の際の断紙率が指標とされるようになった。

新聞用紙の軽量化にともなって、全般的に、紙厚、密度及び不透明度が徐々に低下した。一方、6-1-6で述べた中性紙化は不透明度を大きく改善している。強度に関しては、DIPの使用増により、DIPとして入ってくるKPが増えたことにより増加している。また、新聞社の品質要求の変化に合わせて紙質の測定項目が変わっていく様子が見られる。紙の摩擦係数がなぜ品質

管理の項目になるのか不思議であるが、印刷された新聞のハンドリングの際に滑り過ぎないためである。

大きな変化を与えたのは中性抄紙への切り替え(6.1章)で、不透明度や白色度が劇的に良くなっている。この日本独自の試みがいかに発展するか興味もたれる。

品質に関して一番重要なのは、新聞社から出される印刷の際の断紙率の値で、この印刷時の操業性は品質試験値の大小では説明できない。前にもふれたように、操業を安定させ、製品に欠陥点を生じないようにする工場全体の操業ノウハウが効いてくる。また、印刷の見栄えの比較も重要な指標となっている。

## 11.5 まとめ

この具体的な操業の記録は、いろいろの視点での解析が可能で、今後の技術史の研究に役立つことを期待する。

なお、この章の資料1、2、及び3の著作権は日本製紙株式会社のもので、無断使用・複製はご遠慮いただきたい。

### 資料：日本製紙釧路工場6号抄紙機の歴史

1. 歴史年表 ……………P.54
2. 操業実績 ……………P.56
3. 新聞用紙品質の変遷 ……………P.57

### 参考文献

- 1) 製紙産業技術遺産保存・発信資料No.6 “東洋最大・最速の新聞A巻4本取り抄紙機(1960年)” p.1 紙パルプ技術協会(2004年10月13日)

## 謝辞

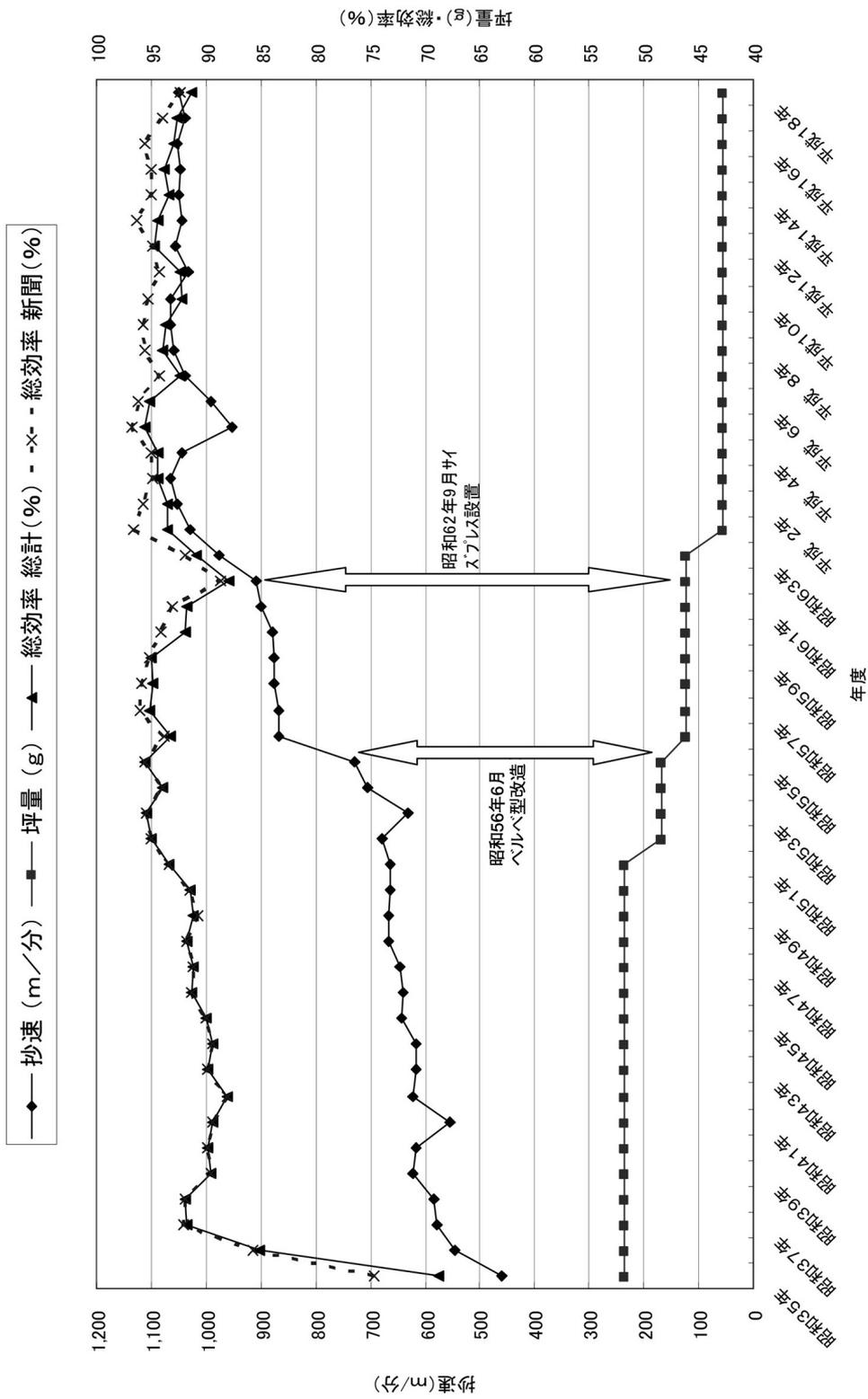
この報告をまとめるにあたりご協力いただいた多くの方々に感謝いたします。中でも、5章の資料を提供いただいた日本製紙(株) 環境部長内藤勉氏、11章の資料の提供を承諾された日本製紙(株) 副社長長谷川昇氏、同釧路工場長中山哲氏及び資料を作成された釧路工場の方々、系統化の意義を理解されご支援いただいた紙パルプ技術協会専務理事豊福邦隆氏に御礼申し上げます。

資料1：日本製紙釧路工場6号抄紙機 歴史年表

項目	7M/C稼働										8M/C稼働		ノーバック 輸入開始		操短		4M/C稼働										
原料	S33年～										10月停機		6月停機		停機												
配合例											新設		新設		新設												
生産量(千ト)	41,814	75,429	81,687	81,632	85,538	86,888	78,313	83,489	86,283	106,807	154,481	122,748	132,385	106,173	125,818	101,888	127,629	127,614	181,493	111,788	124,321	84,404	95,923	124,815	108,606	122,302	
ドライブ	700m/分	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
ワイヤー	ブロンズ	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
フェルト	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
カンバス	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
操業人員	直13名 補充員3名	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
設備履歴	6月竣工				抄速60m/分達成5月			機熱回収装置改善・ドライヤーフード全密封 カレンダー改造(中間ローラー大径化) 除塵設備改造(ヤンソンスタクリン設置)			1群ドライヤー群分改造 インレット・スライス・スリッパ取替			プレスバート3Pベンタニップ改造	ワイヤーバートフアブオイル化改造		省力化工事 プレスCCR化改造 BM計設置			カレンダーCCR化改造			マシン前スクリーン取替 ワイヤー長網・ツインワイヤー(ペルベ)取替				
年号	昭和35年	昭和36年	昭和37年	昭和38年	昭和39年	昭和40年	昭和41年	昭和42年	昭和43年	昭和44年	昭和45年	昭和46年	昭和47年	昭和48年	昭和49年	昭和50年	昭和51年	昭和52年	昭和53年	昭和54年	昭和55年	昭和56年	昭和57年	昭和58年	昭和59年	昭和60年	
西暦	1960年	1961年	1962年	1963年	1964年	1965年	1966年	1967年	1968年	1969年	1970年	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	
年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	



6M/C 抄造成績 (抄速：坪量：総効率：新聞)

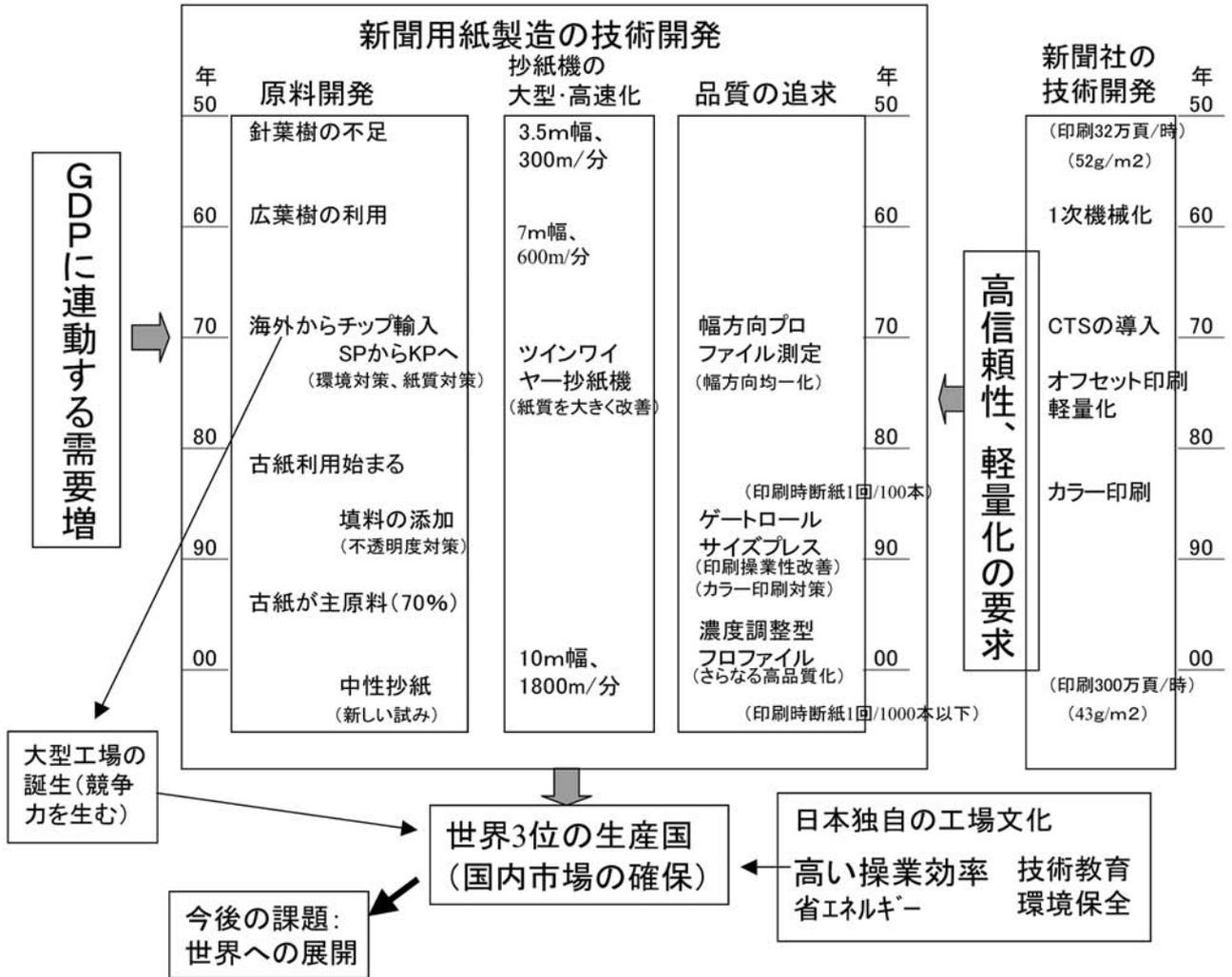


資料3：日本製紙釧路工場 新聞用紙紙質の変遷

測定項目 m/c	H(51.8g/m <sup>2</sup> )				S(48.4g/m <sup>2</sup> )				L(46.2g/m <sup>2</sup> )				SL(42.8g/m <sup>2</sup> )										
	1978		1978		1978		1978		1989		1989		1989		1989		1990		2001		2006		
抄紙方法 抄造日	基準	平均	標準	平均	基準	平均	標準	平均	基準	平均	標準	平均	基準	平均	標準	平均	基準	平均	基準	平均	標準	平均	
MP(T) %	6~8	7.5	6.9	7.0	7.4	8.7	8.4	8.5	8.6	8.4	8.6	8.4	8.1	8.4	8.4	8.4	8.1	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	
坪量 g/m <sup>2</sup>	52~55	53.1	52.9	53±1	49.1	49.1	46.6	47.0	46.1	45.9	43.5	43.0	43.2	43.6	44.2	44.5	43.0	43.6	44.2	44.5	44.5	44.5	
紙厚 μm	82~92	83.0	82~92	84.5	81.0	74.5	75.0	75.0	79.5	70.0	71.4	69.5	74.7	74.6	74.3	72.6	69.5	74.7	74.6	74.3	74.3	72.6	
密度 g/cm <sup>3</sup>	0.64	0.64	0.63	0.62↑	0.61	0.66	0.62	0.62	0.59	0.64	0.62	0.58	0.56	0.57	0.58	0.60	0.58	0.56	0.57	0.58	0.58	0.60	
引裂強度																							
引張強度	28↑ 2.7↑	29.3 2.85	28↑ 2.7↑	30↑ 2.82	31.6 2.12	42.0 3.22	35.3 3.63	37.0 3.75	40.0 3.75	42.8 3.53	37.0 3.81	36.5 3.40	42.5 3.27	41.3 3.74	43.4 3.79	38.1 4.04	42.5 3.27	41.3 3.74	43.4 3.79	38.1 4.04	38.8 4.06	38.8 4.06	
伸び		1.22	1.12	1.11	1.01	1.29	1.42	1.42	1.41	1.50	1.39	1.36	1.32	1.59	1.57	1.36	1.32	1.59	1.57	1.36	1.36	1.36	
平滑度(F)		55	52	50↑	55	71	55	62	42	77	42	53	61	34	35	27	53	61	34	35	27	33	
平滑度(W)		53.3	52↑	53.2	52.6	51.8	51.8	52.3	51.5	54.7	56.3	51.8	51.5	53.8	53.8	54.8	51.8	51.5	53.8	53.8	54.8	54.9	
白色度		89↑	91.4	89↑	91.8	91.6	89.4	88.9	89.3	94.4	95.5	88.6	86.2	93.3	92.6	95.2	88.6	86.2	93.3	92.6	95.2	95.2	
不透明度																							
摩擦係数																							
吸油率																							
灰分																							
裏抜け値																							
配合率例																							
メカニカルパルプ		85~100		85~100	82~84	46~51	38~42	33~47	24~25	70~80	70~80	48~60	48~60	22~34	20~32	15~25	48~60	48~60	22~34	20~32	15~25	15~25	
脱墨パルプ		0		0	19~59	17~48	33~35	34~42	18~25	18~25	18~25	20~33	20~33	60~70	60~70	65~80	20~33	20~33	60~70	60~70	65~80	65~80	
クラフトパルプ		0~15		15	16~18	16~19	27~28	23~29	25~40	2~4	2~4	2~4	25~27	6~8	8~12	6~10	2~4	25~27	6~8	8~12	6~10	4~10	

# 12 | 系統化図及び年表

新聞用紙製造技術の系統化図



系統化年表

\*印:年代が特定されている。\*のないものはおよその年代に始まったことを示す。

年(西暦下2桁)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	00	
新聞用紙												
生産量 万トン	* 16	* 73	* 115	* 115	* 188	* 206	* 259	* 270	* 358	* 340	* 370	
坪量	52g/m <sup>2</sup>						49g/m <sup>2</sup>					
白色度	印刷映えのため白色度向上 45%以上						50-52%		43g/m <sup>2</sup>		40g/m <sup>2</sup> 55%	
印刷断紙率	極度の印刷効率の追求							1回/100本		1回/1000本		
新聞印刷技術	鉛版から樹脂版 機械化からCTS、さらにCtoPへ	第1次技術革新 機械化の時代 漢字レタイフと 文選の自動化	第2次技術革新 *CTSの導入 縦型鉛版から横型版へ	*大手新聞社CTSに移行。								Computer to Plate (コンピュータから直接印刷機へ)
凸版印刷	単色、4頁建て、8万部/時	16頁建て、10万部/時 カラー印刷も試みられる。	大手新聞社24頁建て 広告のカラー化始まる。									32頁8面カラー 40頁16面カラー 48頁内24頁カラー
オフセット印刷	高速多色カラーオフセット印刷へ		オフセット印刷がわづかながら始まる。 *回転機1024台、内オフセット73台									タワープレス
原料配合の例	針葉樹ハルブ	SP20%	SP17% KP0% CGP4% GP76%	SP15% KP3% CGP10% GP66% RCP8%	SP10% KP10% CGP10% GP55% RGP15%	SP3% KP17% GP45% TMP+RGP25% DIP10%	SP3% KP17% GP45% TMP+RGP25% DIP10%	KP10% GP13% TMP+RGP34% DIP43%	KP5% GP5% TMP20% DIP70%	オフセット化率92%		
原料開発	広葉樹の利用 輸入チップの開発 DIPの利用、SPからKPへ 不透明度対策	赤松のGP化 CGPの利用	*専用船によるチップ輸入が始まる。 RGPの利用が始まる。	TMPが実用化。 CGP停止 DIPの使用が始まる。	SPからKPへの転換	DIPが主要な原料となる。						
抄紙機	大型・高速化	* A巻き2本取り、300m/分	* A巻き4本取り、600m/分	* A巻き5本取り、800m/分	* A巻き5本取り、800m/分	ホワイカーボン配合						
ツインワイヤー	ツインワイヤー化											
付帯設備	生産性、品質の向上		BM計導入							ゲートロールサイズプレス	濃度調節型 フロファイルコントロール	



技術年表

年 (西暦下2桁)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	00
非塩素系漂白剤										
サイズ剤										
澱粉										
脱墨剤										

\* 世界初、分散形制御システム(DCS)発売 (横河電機)  
 \* 生産ライン制御システムYEWIMAC発売 (横河電機)  
 \* 大規模DCSシステム発売 (横河電機)  
 \* 大規模DCSシステム発売 (横河電機)  
 \* 全自動カッター制御装置 (オムロン)

\* 東京工場にてハイドロサルファイトの製造開始 (三菱瓦斯化学)  
 \* 三重県四日市工場にて自動酸化法による過酸化水素の生産開始 (三菱瓦斯化学)  
 \* 茨城県鹿嶋工場にて自動酸化法過酸化水素の生産開始 (三菱瓦斯化学)

\* 内添、表面用サイズ剤としてカチオン系ポリマーが登場 (荒川化学)  
 \* 紙の内添サイズ剤としてロジン系エマルジョンサイズ剤の商用化開始 (荒川化学)  
 \* 内添サイズ剤としてロジン系中性エマルジョンサイズ剤の実用化開始 (荒川化学)  
 \* 内添サイズ剤として中性ロジンサイズ剤を製品化 (ハリマ化成)

\* カチオン澱粉 (内添紙力剤) の製造・販売開始 (王子コーンスターチ)  
 \* 新聞向け表面サイズ用澱粉実用化開始 (王子コーンスターチ)  
 \* 内添紙力剤としてマンニンヒ変性ポリアクリルアミドの開発 (ハリマ化成)

\* 脱墨用アニオン界面活性剤。用途：白板紙 (花王)  
 \* 不飽和脂肪酸／非イオン活性剤系脱墨システム。  
 \* 西独から脱墨プラント及び脱墨剤処方導入 (花王)  
 \* 飽和脂肪酸／発泡剤系脱墨システム。フロテーション法で品質向上 (花王)  
 \* 高級脂肪酸A0付加脱墨剤 (ノニオン系脱墨剤) (花王)  
 \* 油脂A0付加脱墨剤／飽和脂肪酸／発泡剤脱墨システム。(花王)  
 \* 高級アルコールA0付加脱墨剤 現在 (2005年)スタンダード (花王)  
 \* 古紙再生用脱墨剤を開発 (ハリマ化成)

ニュース年表

出典：ニュース年表（紙パルプ技術協会編 2004年6月）より本報告に関連するものを抜粋して掲載した。

	チップ	パルプ	新聞用紙生産	ニュース
1949		神崎製紙神崎1号碎木機。甲府パルプGP開始		
1950		東北パルプ石巻カミヤ式ドラムバーカー。十條製紙八代多刃式チップパー採用	大阪製紙大阪(1号1880mm)	
1951				
1952		十條製紙木本：リンダグライнда運転開始(カナダ・ウッドマシナリー)。苫小牧製紙苫小牧ママジングライнда(2690kw)。山陽パルプ岩国：フオックスボロ自動蒸解制御装置を付け試運転。東北パルプ秋田フオックスボロ蒸解自動制御装置	大阪製紙大阪(1880mm)	
1953		丸三製紙：最初のSCP生産。日本製紙SCP(1020t/月)	日本製紙SCPのみで新聞用紙生産	
1954		本州製紙富士：最初のカミヤ式グラインダ(1100kw, 870kw, 1120kw)。十條製紙小倉：カミヤ式2重ピストンリンググラインダ(8台)運転開始。東洋パルプ：叩解にオールリファイナー方式採用。		
1955		十條製紙釧路SP(10t/釜)		
1956	針葉樹不足により広葉樹利用昭和29年より急増。昭和31年は111万㎡、パルプ材消費の13%。ソ連よりパルプ材5600㎡を試験輸入		丸三製紙川之江(1960mm)	
1957		王子製紙苫小牧：日立造船式連続SCP蒸解釜(70t/日)。西日本パルプSCP。山陽パルプ岩国SCP(地球釜33t/日)L材酸性SCPを新聞用紙に配合)。高崎製紙日光KP法SCP連続。東北パルプ石巻マガジングライнда(750Kw, 15t/日1, 2号)。大昭和製紙富士マガジングライнда(15t6号)	王子製紙苫小牧：新聞用紙A巻3本取り抄紙機稼働(5280mm)。十條製紙坂本(3160mm)。大王製紙三島(3610mm10号)	通産省の行政指導によりパルプの新増設に一定量の人口造林を義務付ける。通産省は黒短を指示
1958	廉材チップ急増	東北パルプ石巻マガジングライнда(15t/日)。神崎製紙神崎SCP増設。大王製紙三島SCP新設。十條製紙釧路CGP(バウアー40t/日)。東北パルプ石巻CGP(バウアー34t/日)	東北パルプ石巻(3610mm)。十條製紙釧路(3610mm)	本州製紙江戸川SCP排水で浦安漁業問題化
1959	廉材チップ急増、昨年の4倍	東北パルプ石巻マガジングライнда15t		
1960		大昭和製紙白老：新聞用設備SCP(75t), CGP(126t), マガジングライнда(117t)。十條製紙釧路CGP(バウアー)増設。王子製紙苫小牧冷ノダCGP(152t)。大王製紙三島CGP。東北パルプ石巻マガジングライнда(15t), CGP(バウアー)固定6㎡, 40t/日x3基)	十條製紙釧路：新聞用紙A巻4本取り抄紙機稼働(6号機6960mm)。東北パルプ石巻5280mm。王子製紙苫小牧5280mm。大昭和製紙白老5400mm	
1961		広葉樹CGP前年の3倍。日本パルプ日南KP転換。十條製紙木本SP漂白設備(80t)		
1962		*十條製紙八代：CGPスプラウト・ワルドロン連続式新設(67t/日)。中央製紙中津川SCP	国策パルプ旭川(6960mm)	

	チップ	パルプ	新聞用紙生産	ニュース
1963	ダグラスファア一廃材(未利用木材資源)の利用	十條製紙八代:2段SP蒸解法を開発。SP2段蒸解による生産工場が漸増	丸住製紙川之江新聞マシン(3700mm)	1993年6月 生産能力 紙22261t/日 パルプ17537t/日 生産高 紙6380千トン/年 パルプ4577千トン/年
1964	東洋パルプ最初のチップ専用船呉丸により北米より輸入。大昭和製紙のチップ専用船大昭和丸就航。	十條製紙伏木最初のRGP(DDR600kw2台)。RGPの企業化進む。王子製紙苫小牧RGP117t/日。冷ソーダCGP146t/日。東北パルプ石巻新聞用スギ新SP	王子製紙苫小牧(新1号6960mm)	
1965	* 大昭和:チップ専用船清水港に初入港	大昭和製紙富士RGP(84t/日)。十條製紙釧路CGP(アスブルンド)160t/日)新設。北越製紙新潟BGP設備(66t/日)。神崎製紙caベースSPをNaベースに転換	新聞用長網抄紙機新設:大昭和製紙富士(3710mm)。十條製紙釧路7号6960mm)	
1966		*十條製紙釧路:CGPアスブルンド連続蒸解釜設置。三菱製紙八戸CGP(アスブルンド)連続615m)55t/日。興陽製紙本所に脱インク設備。大昭和製紙白老CGP(アスブルンド)156t/日。十條製紙苫小牧(120t/日)		
1967	チップ船就航開始:東海パルプ、本州製紙、大王製紙、丸住製紙	大昭和製紙伏木(45t/日)。SCP:岡山製紙。CGP:大昭和製紙吉永(150t/日)。王子製紙苫小牧(120t/日)	王子製紙苫小牧:新2号6960mm	
1968	チップ船就航開始:王子製紙、十條製紙、山陽パルプ	大王製紙(三島アスブルンドCGP)。丸住製紙(川之江RGP)120t/日)バーチャファイナ)。十條製紙(石巻アスブルンド)CGP150t/日)		
1969	興人サラワクでマンガローブチップ生産。東海パルプニューージーランドよりチップ輸入。ユーカリ老木利用	王子製紙苫小牧(RGP448t/月)。十條製紙(伏木RGP90t/日増設)	砺波製紙(二塚2号3710mm)。大王製紙(三島15号3610mm)。大昭和製紙(吉永バーチャファイナ)3700mm:日本最初。大昭和製紙(岩沼)8690mm:日本最大幅	
1970		十條製紙苫小牧(RGP90t/日増設)	王子製紙(苫小牧新聞用紙A巻5本取り)N3号8.640mm新聞専抄工場として世界最大。大王製紙(三島16号3610mm)。大阪製紙(5号3610mm)。丸住製紙(川之江3700mm)	紙パルプ製造業資本自由化(第3次自由化)。本州製紙(江戸川)SCP停止。本州製紙(富士)31mクラリアファイヤ2基設置
1971	十條製紙石巻タスマニアよりユーカリチップを専用船2隻で輸入。山陽パルプ岩国港湾設備拡充(4万トン級チップ船可能)。日ソチップ協定(シベリヤ開発のため)。本州製紙ニューージーランド設立のためJANT PTY設立	国策パルプ、王子製紙、カーター(ニューージーランド)RGPと製材開始		水質汚濁防止法施行(全国一律日間平均COD、BOD各120ppm、SS150ppm最大各160ppm、及び200ppm)
1972		王子製紙苫小牧アスブルンドCGP270t/日、RGP168t/日)。十條製紙DIP石巻30t/日	王子製紙苫小牧(新4号8690mm)	
1973	チップ専用船の急増(3.5-5.0万トン級20隻予定)。中堅各社海外資源への意欲高まる	東京、大阪に古紙センター。関西13社古紙構蓄会社設立。通産省古紙回収システムを検討。48年度古紙需要590万トン(10.8%増、回収率38.8%)。通産省、溶解パルプ需給構造研究会を開催。通産省、紙類再生利用センター構想提案	大王製紙三島(N3号8600)	伊予三島でヘドロ公害紛争、13工場で改善命令。田子の浦第3次ヘドロ処理。山陽国策パルプ、日本紙業、山口県、岩国市と公害防止協定。大王製紙、地元と公害防止協定。東洋パルプ、数値による臭気公害防止協定。神崎製紙(富岡)公害基金制度導入。北上川、水域類型指定。富士地区57工場が重油から都市ガスへ。和歌山県でもっとも厳しい上乗せ条例。大昭和製紙新川KP悪臭防止工事完成(3.5億円)。愛媛県6工場に操業停止命令。静岡県17工場に操業停止命令。三菱製紙八戸:白水回収にPDPをシリーズ採用

	チップ	パルプ	新聞用紙生産	ニュース
1974	真邦わらハルプ、原料を韓国、台湾より輸入。丸紅、大昭和製紙、山陽国策パルプとチラーで資源調査開始。本州製紙、ニューギニアでチップ生産(15万m <sup>3</sup> /年)。十條、與人など5社、インドネシアでマンダローブチップ化。チップ専用船51隻に	王子、十條、TMPの導入の方針	*大昭和製紙岩沼:テュオフオーマ稼働。本州製紙、東芝にサイリススタを用いるドライブシステムを発売(高精度、長寿命)。十條製紙釧路、石炭ボイラ復活。大昭和製紙白老でも	紙ハ投資計画2515億(1974)、内公害防止28.6%。本州製紙釧路、釧路市と厳しい公害協定(Sox、煤塵、排水)。山陽国策パルプ岩国、晒し排水清水化パイロットプラント(300t/日)。愛媛県パルプ共同組合でスワラジ焼却場と活性炭製造を試みる。硫酸酸化物の排出基準強化。愛媛県、80工場抜き打ち調査。王子製紙春日井用水再利用工事(BOD70ppmをクリア)。十條製紙石巻、4号クラリファイヤー(直径106m)。伊予三島川の江、富士産岡地区でPS共同焼却場。紙ハ排水の73%凝集沈殿方式(通産統計)
1975	米チップ過剰輸入で日本籍地に	十條製紙釧路TMP製造装置稼働。本州製紙富士、LBKP代替脱墨プラント(30t/日)		富士市15社がPS固形化で協同組合。富士ファイラム富士宮排煙脱硫装置。Soxの排出基準8段階に。公害防止投資(1975年計画)633億円(全体の30.6%)。大気汚染防止法改定。岡山製紙、みみずによるヘドロ処理本格化。大同酸素、純酸素ばっき法を企業化
1976	チップ専用船対策委員会発足(13社65隻)	大手製紙各社古紙原料重視へ。撰津板紙、小林製作所よりホット・ティス・バース・ジョン・システム導入	十條製紙、ウエアハウザー(米)合弁で新聞用紙生産(21万トン/年)、50%を日本へ。大昭和製紙岩沼:新聞用紙軽量化に着手(53→49G)。横河電機、B/M GENTUM(抄紙機の総合管理システム)を十條製紙釧路に納入	クリーン・ジャパン・センター着々軌道に。愛媛パルプ協同組合、活性汚泥処理完成。大王製紙三島臭気対策完成。日本パルプ日南臭気対策工事完成。田子の浦ヘドロ1年で20万m <sup>3</sup> 増。伊予三島海産にヘドロ200万m <sup>3</sup> 。大竹製業、広島県と公害防止協定。大王製紙三島公害設備完成。十條製紙伏木排煙脱硫装置(同社で4基め)
1977			各社軽量化テスト。十條製紙釧路(8号ペルベII)324t/日。大王製紙三島(N-4)新聞用紙軽量化急ピッチ(9月41.7%)。大王製紙三島。自家発電のコンピュータ制御	東洋パルプ臭気汚泥装置(1.1万m <sup>3</sup> /日)
1978		新聞用紙にDIP使用が飛躍的に増加(6.4万トン/月)		日本加工製紙高活性汚泥により県の上乗せ規制 BOD20ppmをクリア。環境投資1972年以降の6年間で1833億円。ピークを越した
1979				田子の浦港のヘドロ1972年より146万トン処理完了
1980		相川鉄工、仏ラモネ、西独フェルドムーレより脱墨技術導入。古紙回収率46.2%(史上最高)	王子製紙吉小牧(N-5、8950mmペルベ530t/日)。軽量化93%。超軽量46g/m <sup>2</sup> 研究開始	三菱製紙八戸、臭気対策としてダクト式ガスホルダ
1981		東洋パルプ、古紙設備増強(1.5万トン/月)	横河電機BM計[B/M80]を開発	田子の浦のヘドロ終結宣言(68億円182万トン)
1982	木材チップ工場減少(6305工場が1年で1600工場減少)		讃州製紙、世界一小さいペルベフォーマ(70t/日)。王子製紙吉小牧N-2ツイン化。超軽量紙(46g/m <sup>2</sup> )が42%に達したので、これを軽量紙に格下げ	
1983	国産チップ見直し(51年に69隻あったチップ船が48隻に減少)		ホワイトカーボン生産高2000t/月	
1984		大王製紙三島CTMP能力倍増	王子製紙、ホワイトカーボンを自社生産。軽量紙55%に。大王製紙三島N5号300t/日。大王製紙三島コンピュータによる大規模生産管理システムの第1期計画完了	
1985		古紙回収量963万トン、回収率50.5%。特に新聞は93.4%。王子製紙吉小牧DIP設備750t/日に。工場原料の30%		

	チップ	バルブ	新聞用紙生産	ニュース
1986	名古屋バルブ、半田市にチップヤード(豪州よりユニカー輸入)。王子製紙苫小牧、PGW新設	*王子製紙苫小牧:PGW稼働	大王製紙三島、207mの集合煙突。十条製紙剣路微粒粉炭ボイラー	三菱重工三原、パイロット抄紙機(500mm、1200m/分)。三菱製紙技術開発センター開設
1987		大王製紙三島新工場PGW増強	大王製紙三島新工場デュオフォーマF(新聞用紙6万t/月)になる。大昭和製紙岩沼新聞3号ペルベリに転換。本州製紙剣路、2号(ライナー)から新聞用紙に転抄。十条製紙石巻微粒粉炭ボイラー、タービン、上屋式貯炭場(134億円)	大昭和製紙、合弁のケネルリバー・バルブ社で岩沼向けBCTMP(250t/日)着手、ポートアンジェルス(米)を買収(8千万ドル)
1988	紙ハ15社によるタイ・ユニカー専用船を推進立。大王製紙チップ専用船を推進(35700t)	大昭和製紙吉永新聞用DIP(100t/日)	王子製紙苫小牧11号(大改造)により新聞能力増1500t/日。中越バルブ二塚3号(400t/日)。丸住製紙ペルベリIII(600t/日)。大王製紙三島N-7号完成	
1989		大王製紙三島PGW(4,400KW 2台)。大王製紙三島DIP6000t/月(フォイト)高白色度漂白	大王製紙三島N6号(5,730mm、1,400m/分)。王子製紙ハウサント計画。91年より新聞用紙20万トン/年。大昭和製紙岩沼4号(9,000mm、1,500m/分、ペルベリ)01年完成予定	大昭和製紙、英で新聞用紙事業合弁(リードパツク)。日本経済新聞、40ページ体制のため軽量化(46g/m <sup>2</sup> から43g/m <sup>2</sup> )推進
1993	王子製紙、チップ南ア、ブラジル調達	王子製紙苫小牧工場、TMP増強、過酸化水素漂白新設。王子製紙香日井工場、二酸化チオ尿素を漂白に利用	HSPPI(王子製紙の合弁)は新聞用紙を超軽量紙43g/m <sup>2</sup> へ、ゲートロール。	日本製紙、本州製紙、三菱製紙、日本製紙、大昭和、環境憲章を制定。
1994		三菱ガス化学、二酸化チオ尿素自製するシステム販売	大昭和製紙岩沼工場4号抄紙機ゲートロールコータ。大王製紙川之江工場2号抄紙機ゲートロール設備。	北越製紙は製紙最大手のタイ・ペーパー(サイアム・セメント・グループ)への生産技術供与。日本製紙はインドネシアのバリト・パシフィック社バルブ工場建設に対し操業指導。
1995	日本製紙、三井物産豪州で大規模な植林事業。三菱製紙、三菱商事オーストラリアのアラ州で合弁植林事業。		大昭和製紙富士工場11号機(幅3,255mm、日産168.3t)ゲートロール。	
1996	大王製紙、川筋商事オーストラリアのタスマニア州で植林事業。	大昭和製紙本社工場富士、DIP設備日産200t。中越バルブ二塚工場、DIP設備(9月稼働日産50t)	日本製紙八代工場新聞用紙抄紙機(98年初めに稼働生産能力24万t)。大王製紙、福島県いわき市に板紙・新聞用紙新工場を建設(97年末稼働)	中越バルブはベトナムの国営製紙工場の支援。大王製紙、ベトナム最大の新聞用紙メーカーの技術者8名実習。
1997	日本製紙、三井物産豪州でユニカー植林(1万ha、10万GDT/年)。中越バルブ、北越製紙、丸住製紙と丸紅、ユニカーランドで植林(アカシア、400ha、将来1万ha)		王子製紙苫小牧三菱重工に発注(9,150mm、1,800m/分)稼働予定98年10月。大王製紙いわき(全量古紙、12千トン/年発注。	日本製紙連合会、環境自主行動計画を策定。日本製紙連合会、有害大気汚染物質自主管理計画を制定。
1998	製紙各社、植林を拡大。王子製紙、伊藤忠、電源開発、講談社、豪で植林事業(10年後までに1万ha)。	大王製紙いわき、DIP(300トン/日)。日本製紙、DIP設備を増強(700トン/日)増で2,700トン/日に)。王子製紙日南、DIP(270トン/日)印刷紙向け。	大王製紙いわき、新聞用紙マシン(12千トン/年、古紙バルブ)稼働。	三菱重工、2000m <sup>2</sup> /分の新聞用紙抄紙機を開発。世界最大の製紙会社(エンゾ(フィンランド)とストラ(スウェーデン)の合併)、1,300万トン/年。
1999	大王製紙、チリで植林拡大(6.4万haを10万haへ)。植林木チップの比率増加(針葉樹チップで30%、広葉樹チップで50%台と推定)。	中越バルブ能町、DIP(100トン/日)。大昭和製紙富士、DIP(200トン/日)。	大王製紙三島N5号(デュオフォーマ、5,210mm、380トン/日)稼働。	
2000		97年時点、DIP設備96基、403.9万トン。		日本経済新聞社、超超軽量紙採用(40g/m <sup>2</sup> )。1月の超軽量紙率、94.8%

付録：製紙技術遺産登録候補一覧

No.	名称	資料形態	所在場所	所在地	制作年	コメント
1	長網多筒式抄紙機	模型	(財)紙の博物館	東京都北区王子1-1-3	1960年	十條製紙釧路工場6号機として昭和35年(1960)に設置された当時の最新鋭の抄紙機の模型。 縮尺 1/30 36×352×25cm
2	世界最初の抄紙機	模型	(財)紙の博物館	東京都北区王子1-1-3	1955年	フランスのルイ・ロペールが1798年に発明した世界で初めての連続抄紙機の模型。 縮尺 1/2 70×111×77cm
4	円網ヤンキー式抄紙機	模型	(財)紙の博物館	東京都北区王子1-1-3	1952年	円網ヤンキー式抄紙機の精巧な模型。 縮尺 約1/10 60×106×75cm
3	カミヤヤ式連続蒸解釜	模型	(財)紙の博物館	東京都北区王子1-1-3	1974年	昭和49年(1974)に本州製紙釧路工場に設置されたカミヤヤ式連続蒸解釜の模型で、工事用として製作されたもの。 縮尺 1/25 67×140×167cm
5	設備図面	実物	王子製紙(株)小牧工場	北海道苫小牧市王子町2-1-1	1963年—	1963年以降の各パルプ製造設備、及び各抄紙機の設備検討資料、設計図面、フローシートを保存。
6	設備図面	実物	王子製紙(株)春日井工場	愛知県春日井市王子町1	1953年—	王子製紙(株)春日井工場操業開始初期である昭和28の工場配置図を含め工場全設備の図面を台帳に記載したうえ電子ファイル化したものでありその総数は4万件にのぼる。
7	品質規格書	実物	日本製紙(株)旭川工場	北海道旭川市パルプ町505-1	1973年—	山陽国策パルプ発足後、生産管理、品質管理、原単位管理に用いられた社内統一標準書。1973—2005年発行分を紙媒体で保存中。2005年以降は電子データ化。
8	製品見本帳	実物	王子製紙(株)本社	東京都中央区銀座4-7-5	1935年	新聞用紙を含む全製品の見本帳
9	製品見本帳	実物	紀州製紙(株)紀州工場	三重県南牟婁郡紀宝町編殿182	1980年—	1980年以降の色上質紙の製品見本帳

本報告書は平成19年度科学研究費補助金特定領域研究『日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—』  
計画研究「産業技術史資料に基づいた日本の技術革新に関する研究」(17074009)の研究成果である。

## 国立科学博物館 技術の系統化調査報告 第10集

---

平成20(2008)年3月19日

- 編集 独立行政法人 国立科学博物館  
産業技術史資料情報センター  
(担当:コーディネイト・エディット 永田 宇征、エディット 大倉敏彦・久保田稔男)
- 発行 独立行政法人 国立科学博物館  
〒110-8718 東京都台東区上野公園 7-20  
TEL: 03-3822-0111
- デザイン・印刷 株式会社ジェイ・スパーク