

仕上設備の変遷

株式会社 丸石製作所

石川 眞

	頁
1. はじめに	2
2. 生産量の変遷	2
3. システムの変遷	2
4. 設備の変遷	3
4.1 中間倉庫	3
4.2 ロール包装機	5
4.3 カッター	5
4.4 枚葉選別装置	8
4.5 平判紙数読み装置	8
4.6 平判包装機	9
4.7 スキッド包装機	10
4.8 製品倉庫	11
4.9 製品出荷装置	12
5. 質問	12

この資料は、平成 18 年 10 月 10 日に開催された紙パルプ技術協会年次大会前日講演会「製紙産業技術 30 年の変遷」での講演記録を基にまとめたものである。資料中のすべての図の著作権は講演者に属し、無断使用・複製等をご遠慮ください。

講師略歴

昭和 49 年(株)丸石製作所入社、製造部、営業技術部配属後、インドネシア、タイ、タンザニア等長期の海外建設に従事、常務、専務を経て昭和 60 年代表取締役社長に就任。技術開発、商品開発を積極的に進め、主に北欧、ヨーロッパ等 6 ヶ国 13 社と単独に技術提携を締結し、国内及び東南アジア向けに製造販売。1970 年技術提携を行ったオーストリア国アンドリッツ社とは今日まで 4 回の提携継続を行っている。

1. はじめに

皆さん、こんにちは。丸石製作所の石川です。「仕上設備の30年の変遷」というテーマを頂きました。弊社は、すべての設備を30年間という長期にわたって製作してきたわけではありません。また、現在、ワインダーから製品の出荷まで、仕上設備のほとんどを製作していますが、歴史的な資料には限りもあり、まずこの点を、ご了解いただきたいと思います。

仕上げの30年の変遷を、大きく三つに区切って話します。最初に、生産量の変遷を、2番めにはシステムの変遷を、そして、3番めには個々の設備の変遷を説明いたします。

2. 生産量の変遷

まず、生産量の変遷です。1970年から2000年までの抄紙機の最大幅の変遷をグラフ化しました。上質向抄紙機では、6mから8mへと大型化が進んでいますが、新聞及び板紙向け抄紙機では、あまり大きな変化がありません。しかし、抄速は画期的に増加し、新聞用紙では、1,300m/分から1,700m/分、上質向は900m/分から1,400m/分、また板紙向け抄紙機におきましては、400m/分から約倍の800m/分になっています。

次に、抄紙機の1台当たり生産量をグラフ化いたしました。それに伴い、仕上設備の能力も大幅に増大することになりました。それにつれ、省力化はもとより、仕上のシステムの変更も余儀なくされました。

3. システムの変遷

生産能力の増加にともない、仕上げ全体におきますシステムが変わってきました。その変遷を示します。主な変化は、中間倉庫が重要な位置づけを得たこと、ロジスティックシステムが向上したこと及びデータ通信の活用が進んだことです。

中間倉庫の位置づけは、大型抄紙機の安定操作を確保し、仕上設備を高効率にするためです。また、製品倉庫を縮小し、設置スペースを小さくする。そして、

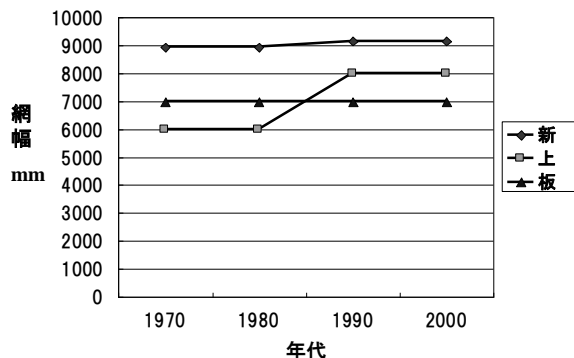
内容

生産量の変遷

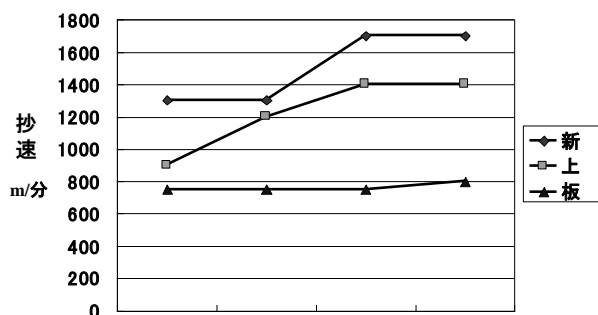
システムの変遷

設備の変遷

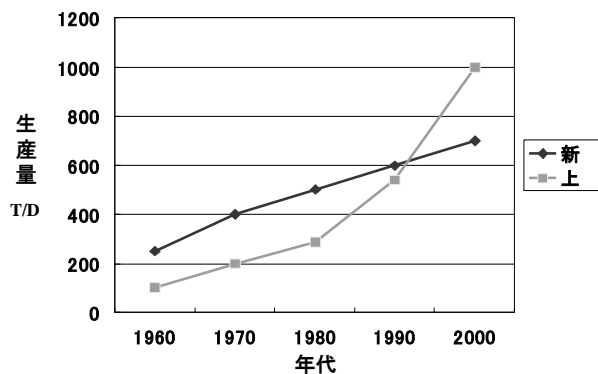
抄紙機網幅の変遷



抄紙機抄速の変遷



抄紙機1台当りの生産量の変遷



システムの変遷

中間倉庫の位置付け

大型抄紙機の安定操作
仕上設備の高効率化
製品倉庫の縮小化
短納期化への対応

ロジスティックシステムの向上

AGV(自動搬送台車)の出現

データ通信の活用

バーコードの活用
ネットワークによる管理

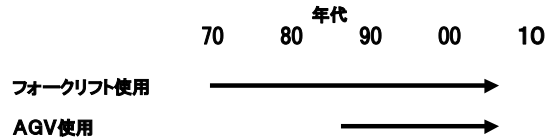
大事な迅速、短納期への対応です。

ロジスティックの向上では、いろいろなオートメーションがありますが、特に AGV の出現が一つのポイントだと思います。従来から、各行程でフォークリフトが使用されてきていますが、85 年頃から AGV が頻繁に導入されてきました。

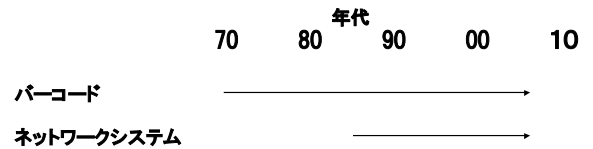
次に、データ通信の活用では、省配線のネットワークシステム及び上位とのシステム構築です。省配線のシステムは、機械の自動化に伴い、制御技術の規模が拡大し、複雑化したため、約 20 年前から採用され、電気関係の制御や空圧の制御も大変簡素化されました。

上位とのシステム構築では、生産管理の各機器のデータを上位から入手するため、データの交換は大変迅速になりました。また、データ入力の実の撲滅にも大変威力を発揮しています。それでは、これから各機器の変遷を追ってみます。

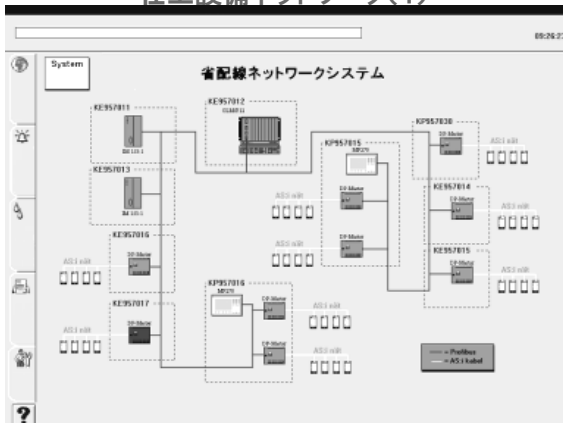
ロジスティックシステムの向上



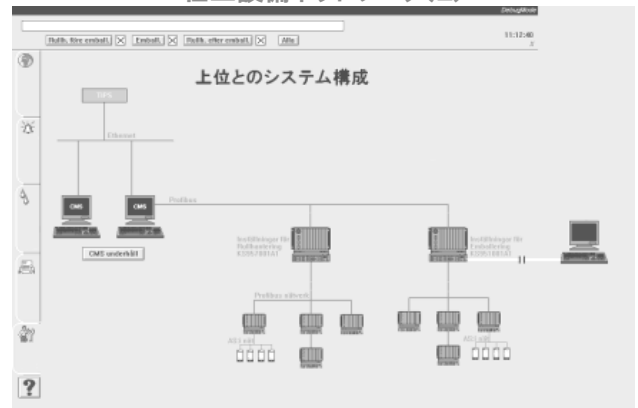
仕上設備データ通信の変遷



仕上設備ネットワーク(1)



仕上設備ネットワーク(2)



4. 設備の変遷

4.1 中間倉庫

まず、中間倉庫の変遷です。中間倉庫では、スタッカークレーンを使用しているシステムもありますが、全自動の縦積みの方式を説明いたします。国内外含め、約 60 システムを納入していますが、その実績を次頁に示します。大型中間倉庫は、1970 年ころら全自動化が進み、80 年代、90 年代とますます大型化が進んでいます。これは、仕上設備の効率化に大変大きな力を発揮

設備の変遷

- ワインダー
- 中間倉庫
- ロール包装機
- カッター
- 枚葉選別装置
- 平判紙数読み装置
- 平判包装機
- スキッド包装機
- 製品倉庫
- 製品出荷装置

しています。

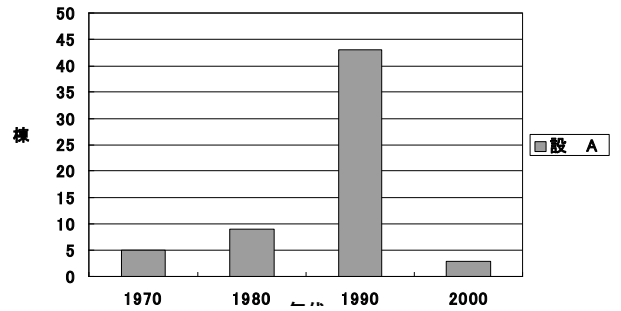
この中間倉庫の貯蔵量の変遷を追ってみました。一つの抄紙機に対し、70年代では6,000トン、80年代に1万1,000トン、90年代には4万4,000トン、2000年代には約8万8,000トンという設備も経験しています。貯蔵量については、過去は、抄紙機の日産能力の7日から10日ほどと思いますが、次第に中間倉庫が大きくなり、最近では抄紙機の日産能力の約2週間から3週間分となってまいりました。

コンベヤーで横置きで送られてきた巻き取りは、アップエンダーで縦になります。これで、X、Yのポジションコントロールした後に、下部にバキューム吸引装置の付いたホイストとクレーンで、X、Y、Zを動かして巻き取りを吸着して、必要なタワーのところへと持っていきます。ストレージのコンピューターはミルワイドと連結するシステムです。

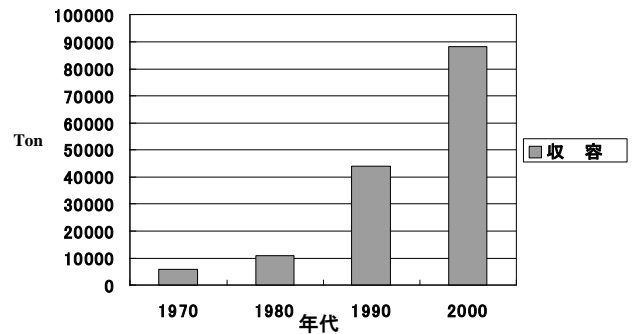
平面図と側面図を示します。大きさは、例えば11.4mを積み取りますと、レールの下までは16m、建屋の下は18mで、高さとしては抄紙機の建屋とそれほど変わりません。一台のバキュームリフトで、1時間当たり15個の搬入、15個の排出で、1時間当たり合計30個の入庫・出庫が一つの基準です。平面図としては幅25m、長さが60mで、白板紙ですと約6,000トン入ります。その意味では大変小さく効率的な設備かと思えます。

この写真は、中間倉庫の一例です。最大1本12トンの大型のロールを縦積みしています。(動画説明省略)

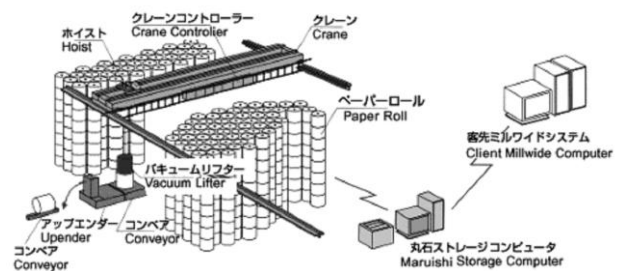
弊社バキューム式中間倉庫の設備数



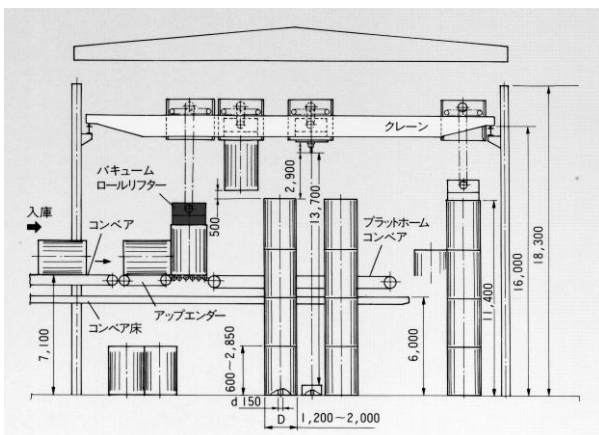
抄紙機1台当りの中間倉庫収容能力



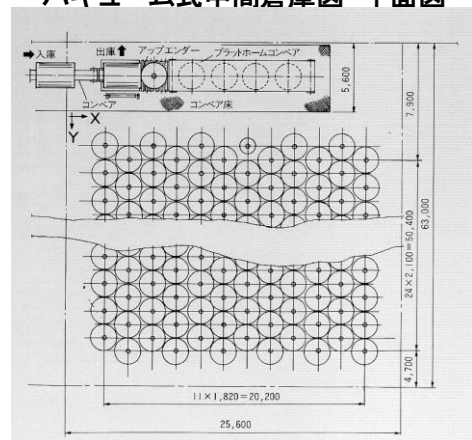
バキューム式中間倉庫のシステム構成



バキューム式中間倉庫図 側面図



バキューム式中間倉庫図 平面図



4.2 ロール包装機

次に、ロールの包装機の変遷を紹介します。70年からは、一部自動化が進み、90年代に入り、産業ロボット、いわゆる六軸ロボット等を使ったシステムが多くなりました。ロール包装機の能力も、約60個程度から、最近納入した機械では、1時間に180個です。約1,000トン以上の製品を包装しますが、オペレーターは一人です。

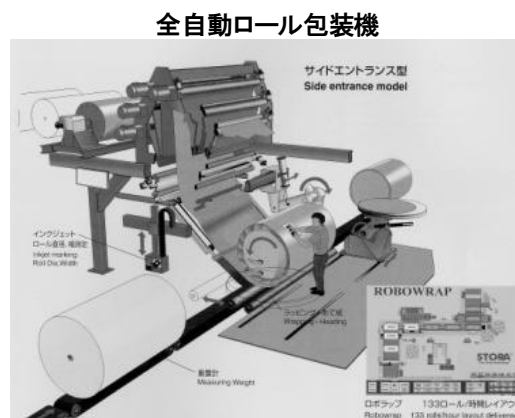
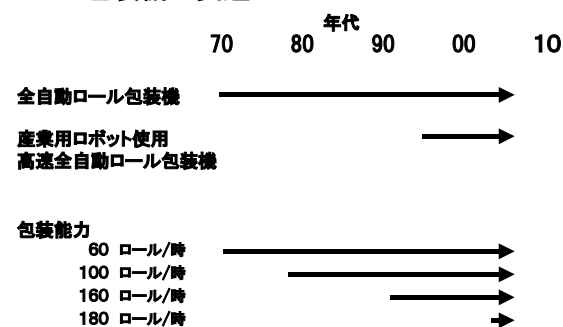
包装の工程では、ロールが転がっていくストレートタイプと、横から入る、いわゆるサイドエントランスがあります。先に内当てを入れてから包装するか、包装してから内当てを入れるか、2種類の包装形態があります。ブリッジに関しましては、いろいろなタイプが選択できるようになりました。最も大事なものは、タイト性と、縦積みのために端面をいかに保護するかということです。(動画説明省略)

4.3 カッター

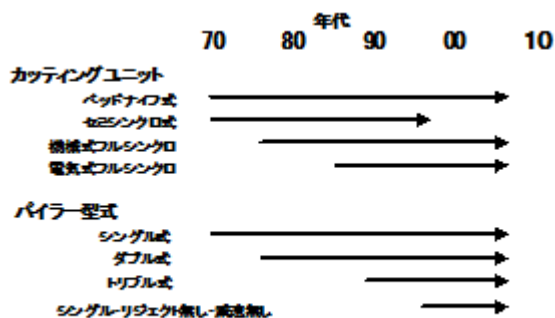
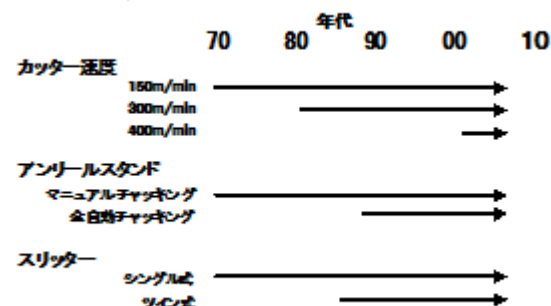
次に、カッターに移ります。カッターの変遷に関しては速度が挙げられます。70年代は約150m/分のスピードが、80年代に300m/分、その後半には350m/分、2000年に入り約400m/分という高速化になっています。アンリールスタンドでは、オペレーターによるチャッキングから全自動のチャッキングになりました。また、用紙の多層切りでもスプライサーを使い、300m/分前後のスピードでスプライスすることで、カッターの能力も大きく向上しました。スリッターに関しましては、ツインスリッターが開発されました。これは、スリッターをちょうど2セット、上下に配置するタイプです。

カッターのカッティングユニットには、従来ベッドナイフ式が使われてきました。その後、セミシンクロ式ができました。そのあとに、機械式のフルシンクロとなり、カッティング精度も大変向上しました。パイラーに関しては、シングルパイラーから始まり、70年の頃からダブルパイラー方式が加わりました。さらに、85年頃から3段スタッカー、いわゆるトリプルスタッカーが一部の工場で導入され、リジェクトされた紙をもう一度積み取って、再度選別する形態になりました。90年代の後半には、パイルチェンジにリジェクトもせず、減速もせずというシングルパイラーが出

ロール包装機の変遷



カッターの変遷(1)



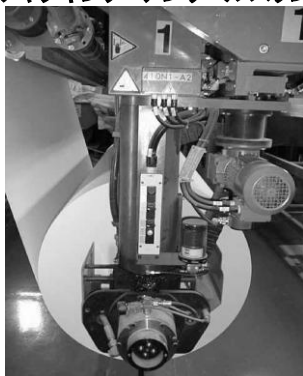
現しています。

先ほどのカッターユニットのシンクロ式の精度に関しましては、1~1.5mmほどあったものが、フルシンクロになり、±0.8mmになり、そのあとにDCのモーターの採用により、±0.5mmという、驚異的な精度を確立いたしました。その後、電気フルシンクロのDCモーターはACモーターに変わり、メンテナンス性が向上し、カット長の短い範囲でのスピードも改善されました。

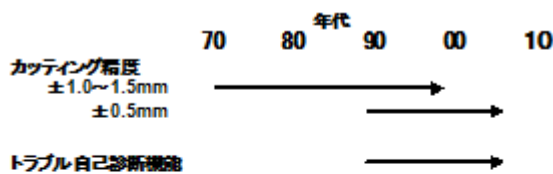
一方、カッターが複雑になり、保守点検が大変になりました。そのため、80年代の中頃からトラブル時の自己診断機能が、採用されました。これは、トラブルの原因を早期に発見するシステムで、マシン停止の時間を大幅に短縮することができました。

写真は、最も一般的な手動のアンリールスタンドです。ロールを引き込んだあとに右左にキックしてチャッキングするタイプです。下の写真は、全自動のチャッキングで、アームがスイングするタイプで、外から引き込んだロールを、アンリールスタンドのチャッキングに、ダイレクトに持っていくタイプです。次に、右下はアンリールスタンドの全般です。この中に、ブレーキモーターがついており、巻き戻したときに発電をするジェネレーターブレーキで、発電した電気をループにもう一度戻す省エネタイプです。

全自動チャッキング アンリールスタンド(1)



先ほどセミシンクロの話をしてきましたが、下刃は従来の固定刃で、上刃が回転します。この上刃が紙のスピードとシンクロしているタイプです。次に、機械フルシンクロです。次頁の図面は機械式のフルシンクロカッターの構造、およびカッターナイフの速度変化を示しています。この方式の場合、ドローロールが1台ですが、ナイフはモーターとメカニカルのシンクロ機構を持っているタイプです。図下部のチャートは、



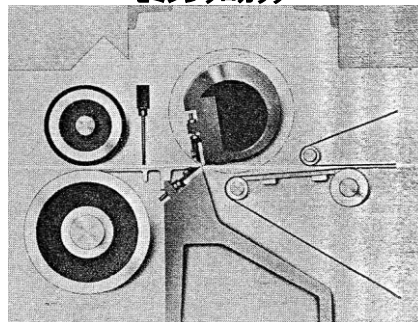
マニュアルチャッキング アンリールスタンド



全自動チャッキング アンリールスタンド(2)



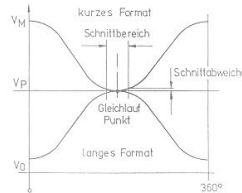
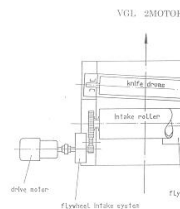
セミシンクロカッター



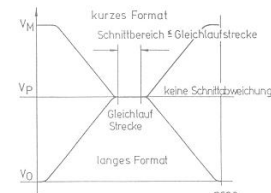
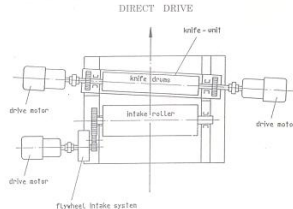
実際の紙の走行スピードとナイフのスピードが同期していることを示しています。正確に申しますと、紙の幅の中心のみがシンクロしています。メカニカル式ですので、どうしても一つのカーブを描いてしまうからです。

次に、電気式フルシンクロカッターの構造、それとナイフの速度変化を示します。この方式の場合は、ドローロールの配置は同じですが、右と左にモーターを、上刃用、下刃用と、単独に設置しております。そして、ダイレクトのカップリングでつないでいますので、シンクロ機構の複雑なメカニカル装置はありません。右上図下部のチャートのように、切り始めから紙と同じスピードにしてずっと切っていきます。終わったら加速、または減速を紙の長さによって変えます。これによって、±0.5 mm という、驚異的な精度になりました。右図は、最近納入した機械の写真です。従来はフロア置きでしたモーターが本体にフランジで直結したタイプになりました。

機械式フルシンクロ



電気式フルシンクロ



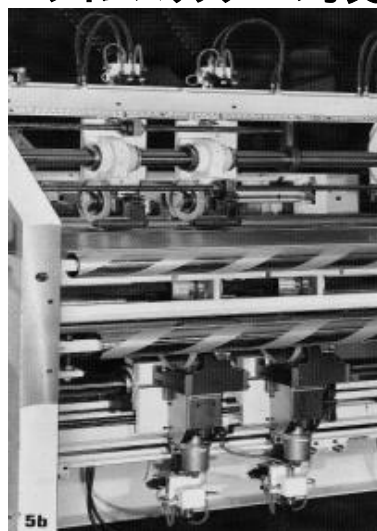
電気式フルシンクロ



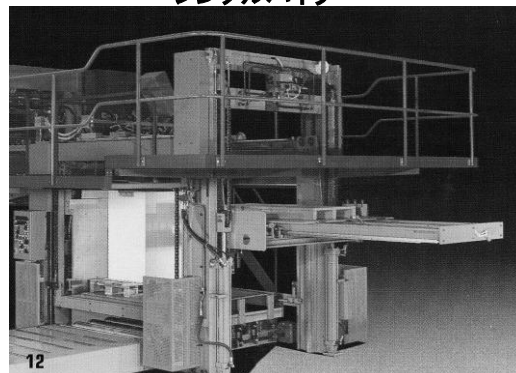
次に、スリッター部です。上刃も駆動するセクショナルドライブになっています。先にふれましたが、ツインスリッターの出現が大きな変化です。上部に1段、いわゆる上刃と下刃1セット、その真下に、さらに上刃と下刃を1セット持つことで、6枚断裁のときに、3枚を上、3枚を下という形で、スリッティングしたあと、もう一度6枚を合流してクロスナイフで切るようになります。このために、断裁の負荷が軽くなり、切り口も良くなります。各ナイフの寿命も長くなっていることで、1,000グラムあたりまで容易に断裁ができるようになりました。

右はシングルパイラーです。切り替えのときにパレットがフォークの上に乗る、フルスタック後にパレットとフォークを中へ突っ込むタイプです。このタイプは、マシンを80-100 m/分に減速する必要があります。

ツインスリッターの写真



シングルパイラー



ダブルスタッカーでは、ナンバー1パイラーとナンバー2パイラーがついています。このタイプは、フルスピードでスキッドを取り替えることができます。もう一つの利点は、片方のパイラーが最後に向かいますと、断裁中に次のサイズにサイズ替えしておくことができます。パイラーでは、サイズ替えが一番時間がかかりますので、走行中に次のサイズに変更できるわけです。

右は3段パイラーです。ナンバー1とナンバー2が切り替えを行います。ナンバー3パイラーは、スキッドの切り替え、またはスポットディテクターでリジェクトを出した際に、もう一度オーバーラップして、きちんと積み取り、自動選別にもっていきます。

次に、リジェクトなし、減速なしのシングルパイラーを説明します。シートギャップをパイラー内で自動で行うタイプです。最終のシートがパイラーに落下する前に、セパレーターフィンガーが挿入し下降します。分離位置になった場合に、別のフィンガーが入り、口を大きく開けて、全幅のベルトで完全分離をいたします。(動画説明省略)

ダブルパイラーでも、リジェクトなし、または減速なしという設備も新しく開発されました。(動画説明省略)すでにヨーロッパで、最高 549 トンを1台のカッターで処理しました。このタイプですと、走ったままサイズ替えもできます。

4.4 枚葉選別装置

次に、平判紙の枚葉選別装置です。長い間、作業員により選別してきたわけですが、1986年に全自動の選別機が開発されました。

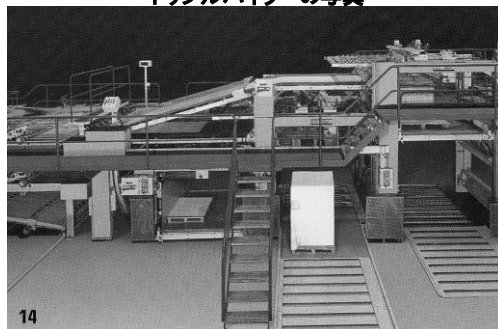
4.5 平判紙数読み装置

次に、平判紙の数読みです。手で選別・数読みするか、カッターの中での数読みでしたが、最近、非接触のカメラで撮影をしたあと、コンピューターのグラフィック解析により紙の枚数を測定し、さらに、レーザーでマーキングをしていくタイプが出現しましたので、紹介します。

ダブルパイラー



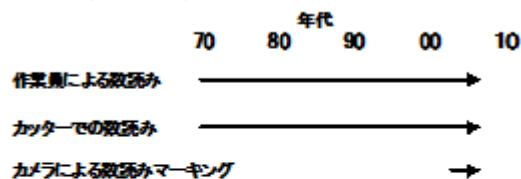
トリプルパイラーの写真



シングル・リジェクト無し・減速無し



平判紙数読みの変遷



作業員による数読み



従来、枚数を読むのは大変な作業でした。カッターでの数読みに関しましては、85年あたりから制御装置の向上、オーバーラップのさらなる安定化、パイラー部の改造等により、飛躍的にカッターのテープインサーターの挿入の精度が上がってきました。

右下は、先ほどご説明しましたカメラによる数読みマーキングです。スキッドがカッターから出たあと、六軸ロボットにカメラ、フラッシュ及びレーザーマーキングを装着して、数を読みます。下からカメラで撮影し、それをグラフィック処理して枚数を数えます。それをずっと足していき、例えば500枚ごとにマーキングをする場合には、500枚をカウントして、その位置にマーキング（x印だったり、マイナスであったり、プラスであったり、いろいろなマーキング）ができます。このマーキングとマーキングの間が、100枚、250枚、500枚と変えることができます。

カッターでのテープマーカ



カメラによる数読みとレーザーマーキング



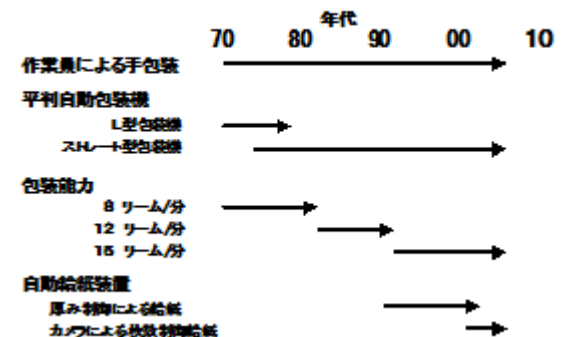
4.6 平判包装機

それでは、平判包装紙の変遷に移ります。70年代は、主に作業員による手包装が行われてきました。その後、L型包装機というタイプが開発・導入されてきました。75年頃から、包装の工程をストレートにするストレート型が開発され、能力も次第にアップしてきました。当初、能力は8リーム/分程度でしたが、15リーム/分までになりました。最近では、15リーム/分より若干多くなっています。

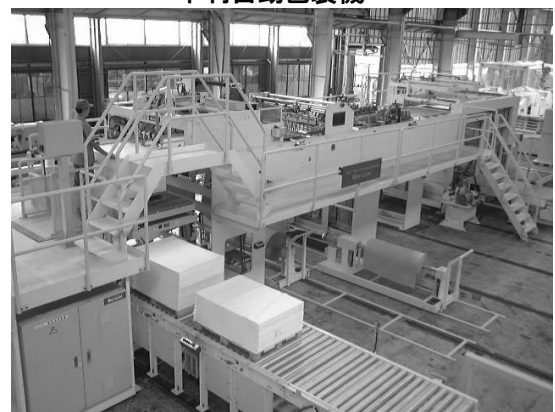
平判包装機への給紙は、作業員によって行われてきましたが、90年あたりから、リームの厚みで制御してフィードをする自動包装機が出てきました。さらに、近年では、カメラで枚数を数えて、それでセパレートするタイプになってきました。全自動包装機は、オペレーター1名で運転し、約4秒に1パック包装しますので、1分間に約15包供給しています。（動画説明省略）

次に、カメラによる枚数制御と自動給紙装置を説明します。次頁上の写真は、カメラとコンピューター解析により枚数をカウントし、その後リームを分離して、自動包装機に自動で送る給紙ロボットです。スキッド

平判自動包装機の変遷



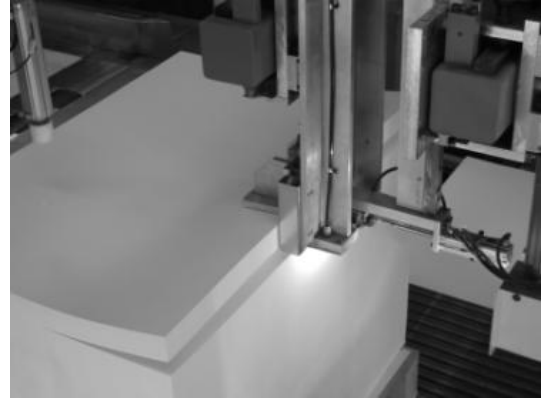
平判自動包装機



の上面より設定枚数を数えます。カメラで撮影して、例えば 500 枚めの位置を割り出し、そこにナイフを入れるというタイプです。

(動画説明省略)

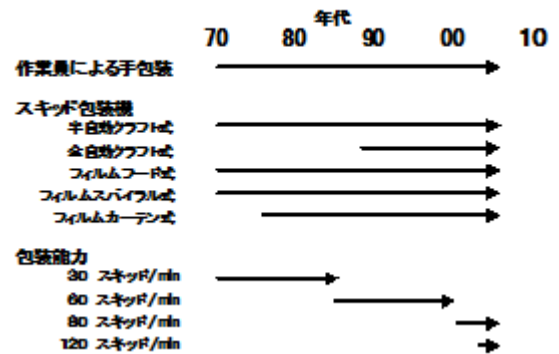
カメラによる枚数制御 自動給紙設備



4.7 スキッド包装機

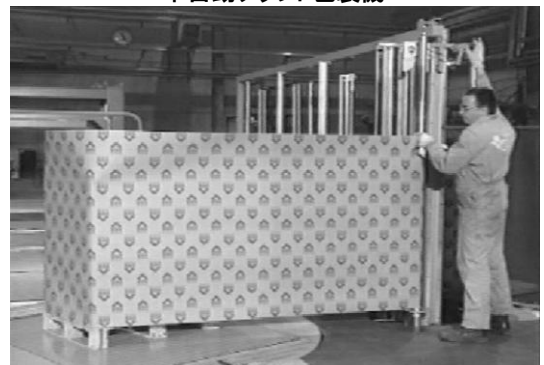
次に、スキッドの包装機の変遷を紹介します。古くは、作業員による包装が行われていました。その後、半自動のクラフト包装、全自動のフィルムの包装機と変貌しています。また、能力は、30 スキッド/時から、最新の設備では 80 スキッド/時あたりまで高速化されています。

スキッド包装機の変遷



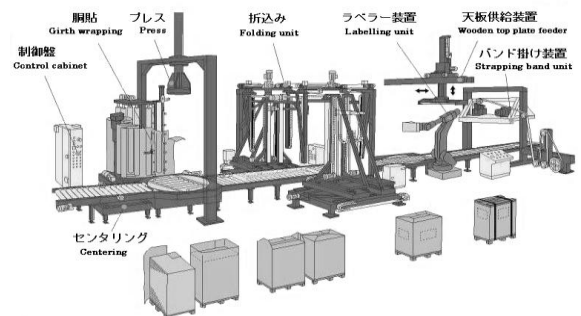
写真は半自動クラフト包装機です。ターンテーブルと包装紙の供給が 2 本、または 3 本です。最初の固定も手作業ですし、最後のシールも手作業です。上はキャラメル折りです。これについては、キャップ式、またはキャラメル方式が選択できます。

半自動クラフト包装機



次に、クラフトによる全自動包装です。上部をキャラメル折りにしたタイプです。ターンテーブル、包装紙の供給、それからカッティングを全自動で行うタイプです。このあと、上部の包装紙を自動で折り込み、ホットメルトでコーナーをシールいたします。

全自動クラフト包装機



クラフト紙による包装以外に、フィルムによる包装

があります。写真はシュリンクフィルムを使用するフードタイプのシステムです。フードになったフィルムを上から下降させます。

右の写真は、幅約 500 mm くらいのフィルムを、スパイラル状にストレッチをしながら巻き取るというタイプです。右下はカーテン方式です。右と左にフィルムがあり、それを真ん中でシールします。その真ん中をパレットが通り抜けるタイプです。(動画説明省略)

最初にセンタリングが終わりますと、上端のフィルムを自動でフィードして、カッティングします。その後、カーテン状のところを、突き抜けるような形で包装して、後ろ側をシールします。ダブルシールし、真ん中を切ります。上部を自動で折り込み、ヒートシールをして、折り込んだものが開かないようにします。オープンで、約 180 度の熱を 30 秒ほど与え、オープンから出たあとにフィルムがシュリンクします。あわせて、上から約 2 トンほどのプレスを行います。シュリンクのフィルムは約 150 μ ほどのものを使います。バンドなし、天板なしで出荷しているケースが大半です。

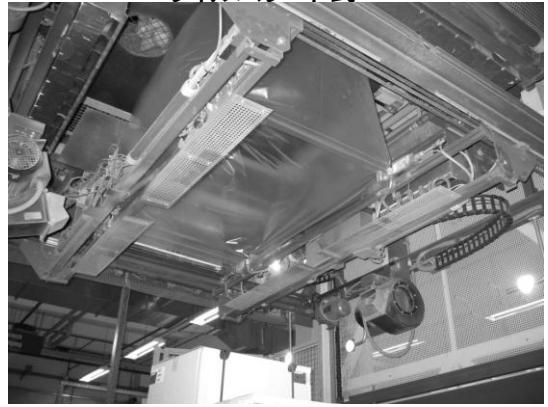
4.8 製品倉庫

次は、製品の倉庫です。フォークリフトによる製品倉庫のあとに、ラック式の自動倉庫が導入されました。平置きの場合には、フォークリフトで 2 段、または 3 段に積みます。スタッカークレーンを使ったモデルでは、納入台数は大変な台数だと思います。

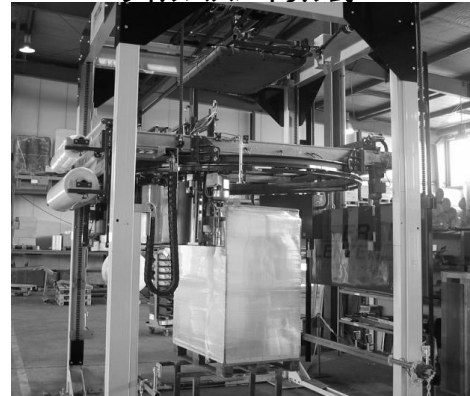
フォークリフト使用



フィルムフード式



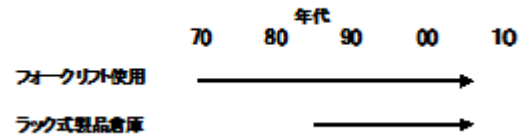
フィルムスパイラル式



全自動フィルムカーテン式



製品倉庫の変遷



ラック式製品倉庫



4.9 製品出荷装置

次に、製品の出荷です。フォークリフトが大半です。ほとんどの仕上げ設備が自動化され、省力化進んできましたが、製品の出荷には、依然としてフォークリフトを使用したトラックへの積み込みが行われています。しかし、海外では90年代の後半から、全自動でトラックに搬入するタイプになってきました。トラックの荷台と同じ大きさのインデックスコンベヤーに、位置制御をしながら巻取りを一つ一つ前に送っていき、トラックの幅及び長さと同じ状態にプリスタックします。この状態で、トラックがドッキングします。トラックの中には、4本のレールを設けてあり、全自動で一挙に入れ込むこととなります。

トラックは40フィート（約12m）の長さですが、入れ込むだけで約1分、トラックがドッキングするのに1分、最後に、積み終わったあとに、ドアを閉めて出荷するのに1分、大体3分ほどで約25トンを全自動で出荷できます。（動画説明省略）

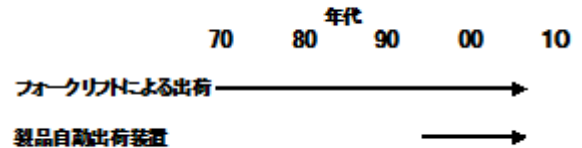
これで、仕上の設備の変遷に関して、ひととおり話しました。今後、ますます高性能化と、自動化が進むと思います。機械メーカーとしては、オペレーターにとって更に使いやすい機械を開発するという事を目指していることを申し上げ、講演を終わります。長時間のご清聴、大変ありがとうございました。

5. 質問

質問1：動画を含め、分かりやすい貴重な講演、ありがとうございました。その中で、枚葉の自動包装機について伺います。今日の講演で、1分間に15リーム/分以上の包装もできるとのことですが、現段階ではそこが律速になっています。どこにネックがあり、今後それに対して、クリアできる可能性があるかどうか教えてください。

石川：リーム包装機では、1分間に15リームから、条件が合えば、16-16.5リームで稼動している会社があります。リーム包装に関しましては、今後飛躍的に高速化というのが大変難しいと思います。徐々に0.5リームとか1リームごとに、少しずつ上に行くと思います。例えば、紙に、空気が入っている、または、カールがあると、紙のどべりがおきます。または、パイラーでは、突き当たるときのバウンド、ハンチン

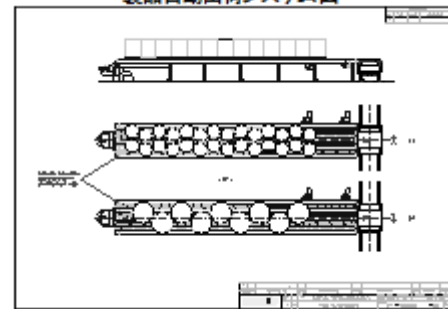
製品出荷の変遷



フォークリフトによる出荷



製品自動出荷システム図



製品自動出荷設備



グがおきます。そのような意味で、パイラーも一つの限界値がございます。

説明を省略しましたが、最近の高速操業になりますと、上の数枚の紙のどべりがおきます。これを、静電気で加電して、いわゆる一体化、ブロック化して、ずるずると、ずれるのを防ぐ設備ができました。まだ発展途上ですが、近々いい結果が出るかと思えます。そのあたりを含めると、もう少しスピードも上がっていくかなというような気がいたします。

質問 2：非常に興味深い、動画を交えた講演、本当にありがとうございました。巻き取りの自動倉庫は、省スペースで、お金もかからなく、よさそうに思います。すでに 60 数例あるとのことですが、日本の場合、地震の心配があります。これについてのお考えを聞かせてください。

石川：縦積みで、12 m といいますと、地震の質問が実に多くございます。ドイツと技術提携して 15 年程経ちますが、正直、正確にご説明することはできません。ただ、阪神大震災のような状態になると当然倒れると思います。これはラックシステムでも同じだと思います。ただ、比較的煙突のように立っていますので、地震のときにはちょうど超高層のビルのように、中心が割と真ん中に振れて、上下の振れ具合が吸収されるようなことも聞いていますが、これも定かなデータはございません。日本は地震国ですので、12 m でなく、8 m、6 m という形で、対応されている会社もあろうかと思えます。中途半端な説明しかできませんし、12 m で実際にシェーキングしてデータを取った例もありません。

質問 3：平判の自動給紙ロボットで、カメラで見ながら爪が入ります。あれは、紙と紙の間をどのように見つけるのが不思議だったのですけれども。紙に当たってしまうと、くるくるっとむけたりすると思うのですが、そのあたりの秘密があれば教えてください。

石川：フィンガーはかみそりのようにとがっていますが、先端から空気を出し、風船を吹くような形になっています。それで、紙を若干シェーキングした状態で突っ込むということです。ご指摘のように日本流の傷対策を取る必要があります。現在、スイスと技術提携し、一緒に合作しています。突っ込むときに紙の端面にヒットして、紙が破けたり、傷がついたりというのは当然考えられます。その対策として、エアを先端から出し、若干紙をシェーキングしたような状態で中に入れます。このような対策と、あとはスピードを若干コントロールすることで、ヨーロッパでは順調に操業しています。それらを含め、これから開発していきたいと思っています。

以上