石巻工場ミルワイドシステムの概要

日本製紙(株)石巻工場システム技術推進室 志 村 吉 彦

Mill-Wide Computer System of Ishinomaki Mill

Yoshihiko Shimura

Ishinomaki Mill, Nippon Paper Industries Co., Ltd.

In Japan, several pulp and paper mills have been constructed each mill-wide computer system (total production management system) for recent ten years. But all fibrous materials contain moisture, and it is a delicate problem that the moisture content of paper is changed easily by circumstances. Furthermore, it is difficult to measure accurately moisture content of paper by on-line sensors. This is the reason systemizing of quantitative control is not easy in a pulp and paper industry to compare with the steel industry which has the similar process.

In our system, the production volume of paper is showed in area. The web length equivalent to the area of paper on each process. Talking about a paper machine, the roll length on the reel part is measured automatically and strictly by counting pulse of the reel drum rotation. Using these reliable data from process and some data input by field operators manually, we can get the operating information and the loss quantity yielded in each process from papermaking to finishing.

The hardware with file servers and intelligent terminals are in a horizontal and distributed structure on a LAN. The phase II has been operated since this spring.

1. はじめに

10 数年前前に北欧の製紙工場を中心に始められた、コンピュータによる工場トータル管理システム（ミルワイドシステム）は、我が国でもいくつかの紙パルプ工場において、各社各様の構想のもとに取り組まれてきた。

ミルワイドシステムは LAN の発達により実用化が進んだが、この 10 年間でネットワーク技術はめざましい進歩を遂げた。端末についても用途別の機種種の開発が進み、ラップトップからワークステーションまでバラエティに富んだものが提供されている。コンピュータテクノロジーが急激に発達したことにより、それを利用するユーザーは現在大変恵まれた環境に置かれている。ミルワイドシステムについても新しい展開が期待される。

当社石巻工場では、この春から順次ミルワイドシステム第 2 期が稼働し始めた。今後の業界での新たなアプローチに期待をこめて、第 1 期稼働のものを含めてシステムの概要を紹介する。

2. 経緯

石巻工場は当社最大規模の工場である。パルプ設備は GP, TMP, NBKP, LBKP, 新聞 DIP および色上 DIP がある。それらのパルプが配合される 11 台の抄紙機は日産 2,380 t, 3 台のコーターは日産 1,030 t の生産能力がある。製品の種類は豊富で上質紙、コート紙、微塗工紙から新聞および一般中質紙まで幅広い品種を扱っている。

こうした大規模工場にミルワイドシステムを構築する上で、我々は特に骨格となるハードとネットワークの検討に時間をかけた。いわゆる水平分散のシステムを考えていたが、当時は実現可能なハードを有するメーカーは限定されていた。結局、強力なネットワークシステムを持つ東芝の事務用コンピュータ (DP シリーズ) が採用された。

第 1 期ミルワイドシステムはマシンシステム、コーターラインシステム、試験データシステム、抄造実行計画システム、自動倉庫システム、第 1 期ワインダーシステムの各サブシステムから構成されている。導入経過の概

略は次の通りである。

- ① 昭和 61 年 9 月：メーカー、機種の決定（東芝、DP シリーズ）
- ② 昭和 61 年 10 月：8 号マシン～ワインダーラインでパイロットシステム稼働
- ③ 昭和 63 年 9 月：本システム稼働開始
- ④ 昭和 63 年 12 月：第 1 期システム完了

引き続き着手した第 2 期システムは、ワインダーシステム（巻取刷込補助システムを含む）、カッターシステム、仕上システム、倉庫システム、計画（加工明細）システムを各サブシステムから構成されている。導入経過の概略を次に示す。

- ① 平成元年 5 年：システム構築に着手
- ② 平成 2 年 8 月：ワインダー、カッターの現業系のコンピュータとして新たに横河 YEWMAC を採用
- ③ 平成 3 年 11 月：仕上、倉庫（平判）システム稼働
- ④ 平成 5 年 2 月：ワインダーシステム稼働（東芝、横河）
- ⑤ 平成 5 年 8 月：カッターシステム稼働（東芝、横河）
- ⑥ 平成 5 年 9 月：第 2 期システム完了（予定）

なおワインダーシステムについては、操作性の向上とリアルタイム処理の機能アップのため、現業系として横河電機の YEWMAC を接続し、第 2 期システム開発の中で全面見直しを行った。第 2 期システムが立ち上がったことにより、マシンから入庫までのシステムの稼働が開始された。

3. システム構成と基本的な考え方

3.1 基本構成

ネットワークの系としては東芝 DP シリーズのネットワーク、YEWMAC のバス、計画システム用エンジニアリングワークステーション (EWS) のバスがあるが、DP のものがミルワイドシステムの LAN である。DP のネットワークは光ファイバーによるリング状のケーブル (100 Mbps) と、同軸のバス状のケーブル (10 Mbps) から構成されている。ネットワーク管理については DPNET という強力なアプリケーションツールを持ち、他ノードのデータを利用したり、相手ノードの端末としてソフトを使用したりすることが自由にできる。システムはホストコンピュータによる集中管理ではなく、それぞれにインテリジェンスを持った現場端末（オペレータワークステーション）とファイルサーバー（セクションコンピュータ）をネットワークで接続し、そのデータを各所で自由にアクセスできるようにした（図 1）。

ハード構成は次のようになっている。

- DP 9070 E 7(台)：セクションコンピュータ (A～F, I)
- DP 9060 E 2：セクションコンピュータ (G：倉庫用, H：カッター部門管理用)
- DP 9050 EX II 4：サブコンピュータ (仕上検査室)
- DP 9040 EX 6：オペレータワークステーション (カッター用)
- WPI 54：オペレータワークステーション (現場インテリジェント端末)
- PIU 14：プロセスインターフェイスユニット (マシン、コーターのデータ収集用)
- J 5030 10：パソコン端末 (事務所用)
- J 5010 70 台以上：一般端末、ラップトップ (事務所用)

YEWMAC は現業系のコンピュータとしてワインダー、巻取刷込補助（パッキング）およびカッターの各システムで使用されている。機種としては YEWMAC 520 と FA 500 を使用した。YEWMAC はリアルタイム OS (YEWMAC 520 は 8 タスク) を有し、専用のプログラマブルコントローラである FA 500 を同一バス (ML バス) 上に接続することができる（図 2）。

YEWMAC 520 29：現業系コンピュータ (ワインダー、巻取刷込補助（パッキング）、カッター)

FA 500 11：プログラマブルコントローラ (ワインダー、巻取刷込補助（パッキング）、カッター)

エンジニアリングワークステーションは日本ユニシスの US モデルファミリーを採用した。3 台をイーサネットに接続している。ソフトは最新鋭のオブジェクト指向ツールである TIPPLER を使用した。TIPPLER はエキスパートのノウハウが誰でも自由に、しかもダイナミックに活用できるソフトであり、生産性が良くコスト

図 1 DP システム概念図

図 2 YEWMAC システム

パフォーマンスに優れたものである。開発工数はC言語の10分の1と言われている。

USモデル70E 1:エンジニアリングワークステーション (システム開発用)

USモデル40E 2:エンジニアリングワークステーション (製品, 仕上用)

以上ネットワークの系統別にシステムの基本構成について述べてきたが、この他にミルワイドシステムをサポートする形でデータのやりとりをしているシステムが多数存在する。マシン、コーターのシステムでは坪量水分計 (横河, アクイレイ) より坪量, 水分データを、ワインダーでは欠陥管理システム (サンリツオートメイション) より紙質欠陥の位置データを取り込んでいる。他に自動紙試験機 (バルメット: ペーパーラボ) のデータの取り込み, 自動倉庫制御システム (VAX) とのデータ通信なども行っている。

石巻工場のミルワイドシステムは、現場オペレータが使用するオペレータワークステーションをベースとしたものである。データの収集方法はプロセス信号から時系列データを編集し、これに対してオペレータが確定入力を行いミルワイド情報を作成するという、オペレータへの依存度の高いシステムである。製造業における日本のオペレータの有能さは諸外国においても注目を集めているが、そのオペレータに様々な形で情報を提供し迅速な対応を促すことをねらいとした、いわば日本型ともいえる新しい形態である。

3.2 システムの構築方法

ミルワイドシステムの開発は石巻工場システム技術推進室のメンバーが中心となって行った。現在人員は17名であるが、第1期システムの開発では各現場よりキーマンとなる人を半年間専従させた。各サブシステム毎にシステム室担当者、現場担当者、メーカー (東芝) 担当者のグループを作り、フィールドの徹底的な調査から始めてシステム概要設計書を作成した。第2期システム開発では現場の専従者は置かなかったが、前回と同様の調査を行い、さらにサブシステムとして汎用性の高いものをスペックとしてまとめることに力を注いだ。

色々な規模の、またそれぞれの事情を持った工場にミルワイドシステムを導入する場合、いくつかのパターンがとられている。石巻工場の場合は抄紙機のラインが多く、また全ラインにシステムを導入することを前提に考えていたため、汎用性を考慮したサブシステム単位の開発を行い横展開する方法を採用した。この方法を採用することによりコスト的にかなり安価に実現することができた。

第1期システムの開発では8号マシン~ワインダーラインについて、メーカーの協力のもとにパイロットシステムを作成し様々なテストを行った。ここで得られたノウハウは後の本システムの構築において大変役に立った。石巻工場のミルワイドシステムはオペレータが行う確定入力により基本データの一部分が作られるので、事前の教育やインストール後のフォローには特に気を配った。第1期だけでもマシン、コーターラインのオペレータ全員

に行った事前教育の回数はトータルで150回にも及んだ。インストールについてはライン数が多いため懸念されたが、システムが汎用性の高いものであることにより、大きなトラブルもなく順次短期間で立ち上げることができた。また、プログラムの修正については、青梅工場と公衆回線を経由してハードを接続し迅速な対応を図った。

3.3 生産量とロス量、ロス時間管理について

紙パルプ産業において、パルプや紙の重量をオンラインで正確に測定するということは大変むずかしいテーマである。それはパルプや紙は必ず水分を含んだ状態で存在し、しかもその水分量を測定するのがむずかしいことに起因している。また紙は周囲条件によって水分率変動するので、重量という単位では本来扱いづらいものである。取引上では紙は面積で扱われており、製造工程においても本来それに準ずるべきであり、マシンやコーターではある一定の幅に対する長さで管理することが妥当であろう。長さは重量に比べて非常に高い精度でデータが得られ、オンライン計測が容易である。

我々はミルワイドシステムの構築を、マシンリールでの紙の巻長さを正確に測定し、オペレータの確定入力によりロス区分毎のデータを収集することから始めた。各工程で発生するロスを色々な部署へ提示することによりロスの量と発生箇所を明確化し、それについて対策を講じ管理することによって操業の効率を上げることが、当システムのねらいの1つである。

このロス量管理の考え方が、マシンからカッターまでのシステムの基本的なコンセプトである。マシンとコーターではさらに時間的な要素も取り込まれており、長さデータと合わせて操業の効率をリアルタイムで見ることができるようになっている(図3, 4)。

4. 第1期システム

4章と5章では第1期と第2期のシステムについて具体的に述べることにする。

本章では第1期システムとして構築されたものについて紹介する。

① マシンシステム

オペレータによる区間データの確定入力により、直、日、銘柄の切れ目で編集される操業情報と、枠替えのタイミングで編集されるスプール情報が作成される。操業情報は長さロス・時間ロス・効率といったマシン操業の基本的なデータをリアルタイムに提供するので、実操業に対して迅速なアクションをとることが可能である。スプール情報は次工程に引き渡され、そこでデータの確認と歩留りの算出に利用される。

マシンの運転情報やリールでの生産実績が人為的な操作を介さず算出され、それをもとに様々な解析を行うことができる。生産高を長さで計測し、高精度で信頼性の高い管理を実現している。

図3 時間による操業の評価

図 4 長さによる操業の評価

② コーターラインシステム

コーターについては、マシンと同様にリアルタイムのデータ管理を行い、操業情報として長さロス・時間ロス・効率データを提供する。原紙の作りすぎ、さらに塗料の作りすぎの無駄を管理し、高品質の製品を生産するためのサポートを行う。レリーラ、スーパーについては時間についての評価は行わず長さのみについて管理する。

スプール情報については、各工程でのスプール在庫を一括管理し、使用スプールの履歴が追えるようになっていく。システムの骨格はマシンシステムに準拠した形になっている。

③ 試験データシステム

マシンおよびコーターラインシステムでは、枠替えあるいは取卸時にスプール1本分の操業データ、BM データ、欠陥データが編集される。そのデータに対し、自動紙試験機および手分析データと調成の配合データを取り込み、それを速報という形で表示し各所で利用することができる。

パルプについても、それぞれ定時分析時にデータが登録され各所で見ることができる。紙試験データとパルプ試験データは、銘柄および月毎に統計処理が実行され操業に利用されている。

④ 抄造実行計画システム

本社営業より発行される抄造明細書に基づき、マシンでの抄造高と抄順を決定する。抄造明細書のデータは本社システムの工場分散コンピュータより、ミルワイドシステムに送信される。平判について、仕上検査課が抄造課に対し発行する断巻抄造依頼書もシステムでサポートされている。これらを各所で参照することができる。

⑤ 自動倉庫システム

当工場 11 台目の N5 M/C の稼働に合わせて、倉庫面積を確保するために平判立体倉庫が設置された。そのデータ管理を行うシステムとして構築されたものである。自動倉庫の入出庫管理は制御用のコンピュータが行っている。当システムは品名単位の在庫を管理するための情報処理システムである。入庫時のコンベア搬送中に、制御系のオートフォーカスリーダーからバーコードを読み込み当システムに通知する。出庫時は制御系に対して当システムより指示を出力する。

5. 第2期システム

本章では第2期システムとして構築されたものについて紹介する。

① ワインダーシステム

オペレータ用のコンピュータを管理系と現業系に分離し、後者のものはマルチタスクのプロセス用のコンピュータを使用し、処理とレスポンスの向上を図っている。管理系のコンピュータではSFが作業計画を作成し、現業系のコンピュータにダウンロードする。現業系では操業の流れの中でオペレータが格付入力を行う。そのデータをミルワイドのネットワークを通じて各所で利用することができる。

またワインダーでの処理を、取卸しデータ（長さを主とする）の作成と格付とに分けて、それぞれに対してワインダー効率と格付効率を定義した。操業を、処理したリールに対する仕上りの面積で評価できるようにした。

当システムは巻取刷込補助システムを含み、ワインダーの格付情報をトラッキングし、バックギンマシン内で鏡面自動刷込装置と胴面マーキング装置にデータを出力できるようになっている。レットルの自動発行は次フェイズとした。

② カッターシステム

現業系のコンピュータがさらに操業支援用と運転支援用に分離されている。運転支援側では、ワインダーよりトラッキングされた巻取毎の紙質欠陥のデータをもとに、レイボーイに欠陥位置リームマークの挿入指示を行う。操業支援側ではオペレータが断裁山の確定を行う。その結果を断裁山毎に添付される選別票と、カッターの操業日誌に相当する管理図として出力する。

現業系より管理系に操業実績と出荷実績が送信され、ワインダーと同様に直・日・作業単位で面積による効率評価を行う。

断裁山の欠陥位置が明確になることにより、仕上選別工程の効率化に果たす役割が期待されている。

③ 仕上システム

バーコード付きの山札をラベルプリンターにより出力し、包装するとき添付されたものを読み込むことにより包装実績の計上を行う。抄造明細単位に実績がリアルタイムに編集され、出荷ロット、包装形態毎の出来高が管理できる。カッターシステムとの連結が次のフェイズで行われる予定である。そうすることにより未仕上高の管理が可能になる。

④ 倉庫システム

仕上システムで発行された山札のバーコードをリーダーで読み込むことにより、平判製品の入庫情報が作成される。入庫情報はリアルタイムで行われるため、台帳による在庫管理がなくなった。

⑤ 計画（加工明細）システム

本社で作成される抄造明細の内容をワインダー、カッターの作業で使用し易くするために分解手直しを行う。ハードはエンジニアリングワークステーションを利用している。マルチウインドウの画面をマウスで操作しながら作成する。EWSのこれからの利用が期待される。

Aマスタ		格付 - 覽 (1/3)		DSCDO SHD50308 93-06-07 14:55	
出荷日付	画抄計NO	銘柄・銘柄A	用途光沢: オブ	取合NO	
93-06-01	改1548298	片厚: 66. 3g/82	備 考	3-10	
取卸 部	880 R	880 R	880 R	880 R	880 R
時 刻	NO	9-AM0	13A	13B	13C
2:07	13	15	○	○	○
2:20	14	15	○	/	○
2:28	15	15	○	○	○
2:37	16	15	○	○	○
2:55	17	16	○	○	△
3:03	18	16	○	○	○
3:12	19	16	○	○	○
3:20	20	16	○	○	○
3:34	21	16	○	○	○
3:47	22	16	○	○	○
4:03	23	17	○	○	○
4:12	24	17	○	○	○
4:21	25	17	○	○	○
4:32	26	17	○	○	○
			26A	26B	26C
			26D	26E	26F

PF1:前頁 PF2:次頁 PF3:最新 PF4:直指値 PF5:画面切替
PF8:行送り PF9:行戻り

PF7:U-ALPHA

ASH030						*** 在庫照会 ***			93-06-10 14:39																																																																																						
									PF13: 次頁																																																																																						
									PF14: 前頁																																																																																						
									PF15: 終了																																																																																						
									1 頁目																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">読取データ</th> <th colspan="2">対象品名</th> <th>規格</th> <th>寸法</th> <th>入数</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th>23E220</th> <th>品番人</th> <th></th> <th></th> <th>44.5</th> <th>880(X)</th> <th>625</th> <th>13,000</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>読取り</td> <td>入数</td> <td>品番</td> <td>仕切</td> <td>口</td> <td>仕様</td> <td>可能数</td> <td>引当数</td> <td>出庫数</td> <td></td> <td>備考</td> <td></td> </tr> <tr> <td>47655</td> <td>13,000</td> <td>M K S</td> <td>221</td> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>48902</td> <td>13,000</td> <td>M H S</td> <td>302</td> <td></td> <td></td> <td>18</td> <td>5</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>23520</td> <td>13,000</td> <td>M H C</td> <td>102</td> <td></td> <td></td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>29363</td> <td>13,000</td> <td>M H 1</td> <td>263</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>												読取データ		対象品名		規格	寸法	入数						23E220	品番人			44.5	880(X)	625	13,000					読取り	入数	品番	仕切	口	仕様	可能数	引当数	出庫数		備考		47655	13,000	M K S	221			2	0	0				48902	13,000	M H S	302			18	5	0				23520	13,000	M H C	102			4	0	0				29363	13,000	M H 1	263			1	0	0			
読取データ		対象品名		規格	寸法	入数																																																																																									
23E220	品番人			44.5	880(X)	625	13,000																																																																																								
読取り	入数	品番	仕切	口	仕様	可能数	引当数	出庫数		備考																																																																																					
47655	13,000	M K S	221			2	0	0																																																																																							
48902	13,000	M H S	302			18	5	0																																																																																							
23520	13,000	M H C	102			4	0	0																																																																																							
29363	13,000	M H 1	263			1	0	0																																																																																							

— 59 —

6. ミルワイドシステムの効果と今後

石巻工場のミルワイドシステムでは、リアルタイムに高精度で収集され、さらにオペレータによる確定入力が付加された操業データを、ネットワークを通じ各所でいつでも見ることができる。紙パルプ産業のような3交替制による連続操業を主体とする工場では、管理監督者は休日や夜間に操業現場に対して指示を出すことはできない。このような状況下ではオペレータの業務として、前後工程での生産状況や出来事を常に正確に把握し、自工程での操業に反映させていくことが要求される。そうしたことに利用できるデータを提供することがシステムの目的の1つである。このように現場オペレータに情報を与え、きめ細かいアクションをとることにより、操業の効率がさらに向上することを期待している。

また、本システムを導入したことにより、今まで押さえることができず曖昧だったロス量を各工程毎に正確に知ることができるようになった。ミルワイドシステムでは集計単位が細かく、直、抄造ロット単位でロスを管理することができた。こうした詳細な信頼性の高いデータを用いて、操業をきめ細かく評価し管理していくことが、改善のアクションを具体化する1つの条件である。

カッターシステムは稼働を開始したばかりであるが、今回ミルワイドシステムのネットワークを通じてマシン、コーターライン、ワインダーで発生、あるいは処理した紙質欠陥の正確な位置情報を、トラッキングしてカッターに伝えることが可能となった。カッターシステムではその情報をもとに正確に欠陥リムを断裁山に挿入することができ、選別工程に対して的確な情報を提供することができるようになった。カッターシステムの稼働は、これからの仕上工程の効率化を推進する上で大きな力になると考えている。

石巻工場のミルワイドシステムは第2期システムが立ち上がったことにより、システムのインフラストラクチャーができあがった。しかし、複雑で取り扱いの厄介な紙パルププロセスの操業管理に役立てるためには、これで充分ということではなく、我々はさらなる努力を強いられている。現場オペレータと共に進めてきたシステム構築の中で、得られたノウハウと新たに提起された課題を整理して、システムのグレードを上げていくことを考えなければならないであろう。

製品スペックの指示は本社の富士通システムより、工場の分散端末を通じてミルワイドシステムに取り込み運用している。但し、出荷処理についてはまだ本社システムとはダイレクトに接続されていない。今後本社システムと融合を図っていかなければならない。また、石巻工場で開発したシステムはどのサブシステムも汎用性を重視したものであるので、様々な形で横展開することも可能であろう。

おわりに

ミルワイドシステムの構築という仕事では、そのシステムの機能が工場の管理に直接係わるものなので、システムの理念づくりが非常にむずかしい。長い時間をかけて着実に積み重ねていく覚悟が必要である。

紙パルプ産業の将来を考えるに、このミルワイドシステムのような合理的なデータをもとに、操業効率の向上や生販一体のシステム化を図ることが大切になってくるのではないだろうか。