原 質 総 合 情 報 シ ス テ ム

王子製紙(株)制御システム部 神 長 英 俊

Integrated Information System within the Pulp Mill at Tomakomai

Hidetoshi Kaminaga
Oji Paper Co., Ltd.

Recently, mill wide information and control systems are gradually promoted in the pulp and paper industry in Japan. Oji Paper has installed and started up an integrated information system for the large-scale and complex pulp plant at its Tomakomai Mill. This system provides effective information to achieve higher quality and productivity, in the use of a super mini-computer with the real time linear programming technique, the relational data base and so forth. The system also has close connection with other systems such as the optimum energy management system, and lays the foundations for the mill wide system.

Keywords : Mill wide system, Integrated information system,
Linear programming, Relational data base

1. はじめに

苫小牧工場ではより一層の原価低減、品質の安定化を図ることを目的に、原質部門の各種情報を集中管理し各パルプ設備の最適な運転計画等の情報を提供する原質総合情報システムを導入し、昭和61年3月より運用を開始した。

本システムは苫小牧工場ミルワイドシステム構想の基盤ともなるべき重要な位置にあり、工場各部門のコンピュータシステムとも結合され各種の情報交換を行っている。また機能面では、最適運転計画計算、進捗管理、品質管理、原単位管理などがあり、大規模かつ広範な機能を有するシステムとなっている。

以下に本システムの概要を紹介する。

2. 苫小牧工場の概要

苫小牧工場は明治43年の操業開始以来、75年間の歴史をもつ新聞用紙の生産工場で、当社の中核工場で

ある。

現在、抄紙機は大型の新聞用紙専抄機5台の他、合計10台を有し新聞用紙のほか印刷、出版関連用紙も生産しており、その生産規模は年産百万tを越えている。

また原質部門のパルプ製造設備はKP、GP、TMP、RGP、DIP、など、その種類は約10種類と非常に多く複雑なものとなっており、さらにこれらのパルプを約200種類の製品の品質に合わせて配合し、また薬品添加等の紙料調成を行って各抄紙機に供給している。

これらの操業を適正かつ迅速に管理するためには、種類の多さに加えて製品品質、エネルギー制約などが複雑にからみ合ってくることから、人間のスケジューリング能力だけでは限界があり、これが本システム導入の大きな要因となっている。

3. システム概要

3.1 システムの位置づけ

苫小牧工場ミルワイドシステム構想における原質総合情報システムの位置づけを図1に示す。

本システムは部門総合管理制御レベルに位置し、同レベル他部門のシステム及び上位の生産計画、生産管

第11回紙パルプ計装技術発表会(62.10.6)において発表したものに一部加筆したものである。

図1 ミルワイドシステムにおける位置づけ

理システム、下位のプロセス制御システムと結合される。

なお、本システムと同じレベルでは、動力プラントを対象としたエネルギー経済運用システムが昭和57年から稼働しており、本システムとの間でエネルギー制約、原質設備の運転計画などの情報を受渡している。

さらに現在、全社レベルでの苦小牧工場製品の製品

管理システムの導入が進められており、そのサブシステムとして抄造部門の生産実績収集、管理などを目的とした抄造管理システムの開発も並行して進めている。

3.2 システム構成

本システムの構成を図2に示す。

システム構成上の主な特徴を以下に説明する。

- (1) 計算機は東芝製 TOSBAC 7/70 G (主メモリ 8 MB, 磁気ディスク 400 MB) を採用した。
- (2) いくつかのパルプ設備ごとにステーションを配置し、ここにプロセス入出力装置及び各制御室、原質部門の部課室に設置した12台のCRTコンソール、プリンタなどの端末装置を接続した。
- (3) 各ステーション間は光データウェイで接続し、さらに既設エネルギー経済運用システムの光データウェイを拡張しこれと接続することにより、両システム間の情報伝送を実現した。
- (4) その他の上位、下位システムとはそれぞれモデムを使用したシリアル伝送回線により接続した。
- (5) 同時期に設置したKPプロセス制御用計算機 TOSBAC 7/70 E と一部磁気ディスクを共有し、原質情報システムダウン時のデータ収集機能のバックアップを行い、データ欠落を最少限に抑え信頼性の向上を図っている。

図2 原質総合情報システム システム構成図

3.3 システム機能

システム機能の設計に当っては、次のようなことを留意して行った。

- (1) 経済性を追究したシステムとし、特に電力の効率的運用に主体をおく。
- (2) 操業レベル、操業管理、作業能率の向上を図ることを目的とし、プロセス制御などの自動化は本システムの範囲外とする。
- (3) どのCRT コンソールからでもデータのアクセスが可能であり、またプロセス解析などに利用できるデータベースを構築する。
- (4) プロセスフローの変更、拡張などに柔軟に対応できる発展性のあるシステムとする。

次にシステム機能の概略について図3に示すとともに以下に説明する。

(1) プロセス監視

プロセスデータの収集、表示、警報、メッセージの出力、各種レポート出力などの機能である。

(2) 抄造実行計画

工場管理部門から伝送されてくる週間生産計画情報、及び調成工程など製造現場からの計画修正情報、抄造効率等の実績データにより抄紙機ごとに3日間の時間単位でのパルプ使用量を計算する。

(3) 原質運転計画

抄造実行計画機能により求めたパルプ使用量をもとに一定期間のパルプ製造コストが最小となるように、原質各工程での運転スケジュールを決定する。本機能

については、その詳細を次章で説明する。

(4) 品質管理

白色度、色度等の製品品質及びパルプ品質の状況を監視し、必要に応じてパルプの配合変更、薬品の添加量変更などの操業ガイドを出力する。本機能は次の2つの機能に大別される。

① 製品白色度予測

オンラインパルプ白色度計とパルプ配合率から製品白色度を予測し、管理基準値から外れた場合、警報を出力する。

② 製品白色度・色度計算

製品サンプルの白色度・色度の測定値が入力された時や、パルプ配合率を変更したときなどに、白色度・色度それぞれの基準値を維持するようなパルプ配合率・染料添加量をそれぞれ計算し、操業ガイドを出力する。

(5) 進捗管理

パルプ使用量、パルプ製造量、パルプ配合、電力使用量、クッションチェストレベル等の状況をリアルタイムに監視し、かつ計画変更時の状況をシミュレートする。

(6) 調成制御

抄替、配合変更時や配合スケジュール、品質管理機能の計算結果であるパルプ配合率などを設定値として下位の調成制御システムに与える。

(7) 原単位管理

原質工程における各パルプ毎の各種原単位を計算し、データを蓄積するとともに操業状況の監視を行う。

(8) ケーススタディ

原質運転計画の各スケジュール最適化計算の設定条件をCRT コンソールで任意に変更することにより、種々の制約条件でのスケジュール最適化計算を実行することができる。

4. 原質運転計画

4.1 機能目的

パルプ製造コストの主なものは原料コスト、電力コスト、晒薬品コストであり、これらがそれぞれ最小となる総合的なコスト低減を目的に、パルプ配合、パルプ製造、パルプ白色度の3つの運転スケジュールの最適化計算を行っている。

4.2 パルプ配合スケジュール計算

紙の抄造計画に基づき、各製品ごとに決められた配合率の許容範囲内でパルプ生産能力、製品白色度等の条件を満足させながら総パルプコストが最小となる配合のスケジュールを決定する。

この最適化計算には線形計画法を用いている。また

図3 システム機能の概要

計算結果はそのまま出力せず、安定操作のために抄紙機ごとに一定時間同一配合率を保つような後処理を行っている。

4.3 パルプ製造スケジュール計算

パルプ配合スケジュール計算により求められたパルプ使用量のスケジュールに対し、クッションチェストを有効に運用し、電力供給能力の制約を充たしながら、電力コストが最小となる各パルプの製造スケジュールを決定する。

この最適化計算には線形計画法を用いているが、パルプ製造量が連続量として求まるため、この解を効率の良い現実的な生産レートの値に離散値化するとともに、一定時間同一製造量を保つような修正も行っている。

4.4 パルプ白色度スケジュール計算

未晒白色度と晒コストに対する白色度の上昇量を表す晒特性曲線とを用い、各製品の白色度を維持し、かつ晒薬品コストが最小となる各パルプの白色度スケジュールを決定する。この最適化計算では晒特性曲線が非線形なため、非線形計画法を用いている。

4.5 最適化計算の特徴

(1) スケジュール計算仕様

上記3つの最適化スケジュールについて、計算周期、計算規模などの仕様を表1に示す。

表 1 各スケジュール計算仕様

	配合スケジュール	製造スケジュール	白色度スケジュール
計 算 周 期	8 時間	8 時間	8 時間
スケジュール期間	24 時間	24 時間	24 時間
素 区 間	1 時間	2 時間	1 時間
計 算 手 法	線形計画法	線形計画法	非線形計画法
変 数	約 2,400	約 490	約 10
制 約 条 件	約 6,000	約 1,500	約 10
計 算 時 間	20～40 分	10～15 分	約 5 分

(2) 大規模線形計画法

パルプ配合スケジュール、パルプ製造スケジュール計算では線形計画法を用いて最適解を求めているが変数および制約条件の数が非常に多い。

これはパルプの種類、抄紙機の台数が多いことにもよるが、さらに1日という期間を通して最適化するために、時間的な要素が加わったためである。

従来一般的な手法であるシンプレックス法で解くことは計算機メモリ容量、計算精度、計算時間の点で不可能なため、種々の工夫を凝らした大規模問題向の

高速化手法を新たに採用している。

その結果、配合スケジュール計算の場合で必要メモリが192 MB から0.6 MB に計算時間395時間が20～40分に改善された。

(3) 非線形計画法

この手法はエネルギー経済運用システムの中で、タービンの負荷配分最適化計算でも使用されており実績のあるものである。

5. データベース

本システムは原質運転計画の最適計算の他、品質、物量、原単位などの実績データを豊富に蓄積し、これを原質部門各所に配置したCRT コンソールを通して参照し、或いは解析を行うなど有効に活用することも大きな目的となっている。

このためには、柔軟性のあるデータベースの確立と容易にデータを検索できる手段の提供が必要であり、そのためにリレーショナルデータベース管理システムを採用している。

リレーショナルデータベースはプログラミングを必要としないデータのアクセス、編集などができるため、その特徴を生かしてデータ検索を必要とする品質、原単位データなどをこれに格納している。

一方、リレーショナルデータベースはその豊富な機能故に処理速度が遅く、従ってリアルタイムデータは、高速処理の可能なファイル管理システムに格納し機能と負荷の分担を行っている。データベースの構成と機能分担を図4に示す。

6. 表示画面の例

CRT コンソールに表示される画面の例を図5、6に示す。

図5は進捗管理機能のうち、電力使用量に関するものである。この画面には電力使用量の上下限制約と、パルプ製造スケジュール結果にもとづく計画電力使用量、さらに現時点までの使用実績が表示されるが、この例ではOP帯、P帯で電力使用量が減少し、N帯で逆に増加していることが示されている。

図6は同様にパルプ使用量に関するものである。抄造実行計画に基づいてパルプ配合スケジュール計画が行われるが、その計算結果はこの画面の中で計画値として表示される。また、この画面には計画値に対比して現時点までの実績値と、現状から推測したパルプ使用量予測値が表示されている。

図 4 データベースシステムの構成

図 5 進捗管理表示画面例 (電力使用量)

図 6 進捗管理表示画面例 (パルプ使用量)

7. システム導入の効果

本システムの稼働により配合コスト、電力コスト、晒薬品コストがそれぞれ減少した。

配合スケジュールによる配合コストの削減では計画以上のコスト低減が可能となり、予想以上の効果が得られているが、製造スケジュールによる電力コスト低減に関しては、原油価格の値下がりによって、自家発電の比率が高くなるなどエネルギー事情の大幅な変化のために当初期待していた効果は半減した。しかし、パルプ使用量予測、クッションチェストレベル変化の予測、工場電力状況監視等の機能により原質部門の使用電力を調整し、ピーク需要を削減することが可能となり、このことは購入契約電力を引き下げることに寄与している。

その他、原単位、パルプ品質、製品品質等の実績情報を各現場に迅速に提供できるため、操業管理の向上に大いに貢献している。

8. おわりに

本システムを計画するに当たっては、エネルギー経済運用システムやパルプ白色度情報システムの他、当社他工場での最適化システムなどの経験といったベ-

スがあったが、更に本システムの構想を具体化するために調査チームを発足させてから運用開始に至るまで約3年間の長い期間と多くのマンパワーを必要とした。

その間、工場内設備フローの変更などいくつかあり、設計作業の途中で仕様見直し変更なども余儀なくされた。

また機能仕様の設計において、メリットを追求するあまりに機能が複雑膨大となり、計算に時間がかかったり、設計の基本的考え方として、システムの変更の容易さを目標にしていたにもかかわらず、それが実現できずメンテナンスがむずかしくなってしまったことも反省すべき点である。

本システムの完成には苫小牧工場担当者の努力が必要であったことはもちろんであるが、これまで事例もないような大規模な線形計画法の解法の開発、リレーショナルデータベース管理システムとリアルタイムプロセスデータとの融合など、メーカーの担当者の方々の積極的な協力と技術が得られたからであり、深く感謝している。

今後は実運用によって、更に情報の有効活用を図り、また時代に合ったメリットを追求できるようなシステムへと発展させて行きたいと考えている。

心でつくるより美しい印刷

●営業案内●

○一般印刷（活版・オフセット）
○月刊雑誌・学術図書・定期刊行物・
各種年鑑・便覧・要覧・学会誌・研究
論文集 ○社史・会社案内・社内報等

の立案・企画・編集・制作 ○ポス
ター・カタログ・カレンダー・PR誌（観
光レジャー案内）パンフレット等の商
業印刷物の立案・企画・制作

企画商品

わが子のあゆみ

お誕生から幼稚園卒園まで
すこやかな成長を記録と写真でつづる
ユニークな内容

出産祝いに最適

定価3,500円（送料別）

「2年連用 Diary」

2年間のできごとを一冊にまとめ、
前年の同月同日の活動がひと目でわか
るビジネスダイアリー

いつからでも使えます

定価1,000円（送料別）

新日本印刷株式会社

本社・市ヶ谷工場 東京都新宿区市谷本村町3-29 TEL03(269)3611(代表)
江古田工場 東京都練馬区栄町23-10号 TEL03(993)6121(代表)