

日本専売公社関西工場向け

たばこ工場総合管理システム

Total Production Control System for Tobacco Plants

日本専売公社では、従来から原料倉庫、設備監視、巻包管理など、個々の設備を対象に計算機を導入し効果を挙げてきた。しかし、近年の大形化、複雑化した工場設備を効率良く運用するには、個々のシステムでは十分とは言えず、ここに総合的な管理・制御システムの必要性が生じてきた。

このたび、京都市に建設された日本専売公社の最新鋭工場である関西工場にたばこ工場総合管理システムを導入しその完成をみたので、ここにシステムの概要について紹介する。

本システムは、たばこ工場全体を4台のHIDIC 80シリーズ計算機によって管理制御するトータルシステムである。本システムの導入によって、省エネルギー、省力化を実現するとともに、製品品質の高水準安定化を図ることができた。

矢崎正和* Masakazu Yazaki
 臼井敏雄** Toshio Usui
 河治満夫** Mitsuo Kawaji
 菊田 勇*** Isamu Kikuta
 横井 博**** Hiroshi Yokoi

1 緒 言

たばこ工場は、原料葉たばこに各種処理を加え、銘柄特有の喫味(きつみ)に調整した後、紙巻たばこに仕上げの一貫した生産ラインと、それらの運転に必要な、電力、水、蒸気といったユーティリティを提供する付帯設備から成る。

従来、このような設備に対し運転及び監視の自動化を逐次導入してきた。しかし、近年のエネルギー需給不安、人件費の高騰など、生産環境の悪化とたばこに対するニーズの変化(嗜好の多様化、マイルドな喫味が好まれる傾向)から、従来にも増して、より加工精度が高く、省力化が可能な、省エネルギー指向の工場を建設することが急がれていた。

日本専売公社関西工場は、こうした機運の高まりの中で、関西地区旧3工場に代わる新工場として誕生したものである。

関西工場に今回導入したシステムは、原料倉庫制御システム、刻(きざみ)貯蔵工程制御システムにHIDIC 80(以下、H-80と略記)を各1台、原加(原料加工工程)計装制御・中央監視システムにHIDIC 80-E(以下、H-80Eと略記)を2台、計4台のHIDICシリーズ制御用計算機で構成される総合FA(Factory Automation)システムであり、昭和57年9月に完成し、現在順調に稼働している。

本稿では、たばこ工場の概要と、総合FAシステムである本システムの機能、特徴及び成果について述べる。

2 システムの概要

2.1 たばこ工場の概要

たばこ工場の概要を図1に示す。各工程の主な機能は次のとおりである。

(1) 原料供給工程

原料工場で処理された国内産葉や各種の外国産葉は、いったん原料倉庫に格納される。原料倉庫からは製造する銘柄によって必要な葉たばこが取り出され、原料加工工程に供給される。

(2) 原料調湿加香工程

たばこの原料には国内産の黄色種、在来種、バーレー種と

輸入される米国産の黄色種、オリエント葉などがあり、これらの組合せによって銘柄特有の味や香り、うまみが生まれる。原料調湿加香工程では、各原料葉たばこを調湿、加香処理するとともに、サイロでブレンドする。

(3) 裁刻工程

サイロでブレンドされた葉たばこを裁刻機で裁刻し刻とする。

(4) 乾燥加香工程

刻を適度の水分に乾燥、冷却し、その後第2加香機で銘柄特有の味つけが行なわれ、更に刻ブレンドサイロでブレンドする。図2は以上の原料加工工程の一部を示すものである。

(5) 刻ラック・刻供給工程

ブレンドされた刻は一定量ごとに箱形の容器に入れ、刻ラック倉庫に収容する。刻ラック倉庫からの出庫は製品工程からの要求に基づき、供給機を介して巻上機(たばこを巻く機械)へ風送される。

(6) 巻上工程

巻上機は刻を紙に巻く部分、フィルタを付ける部分、でき上がった巻を取り出す部分の三つの機構から成る。1台の巻上機では、毎分約4,000本の紙巻たばこが製造される。

(7) 包装工程

20本ずつアルミはく、包装紙、封かん紙、セロファン紙の順に包装し1箱の製品とされていく。更に、10箱単位にパーセル包装される。

(8) 段ボール箱詰工程

パーセル包装された製品は段ボール箱に自動的に詰められ、コンベヤで送られたのち自動的にパレットに積み込まれる。

(9) 製品倉庫

パレットに積まれた段ボール詰品は製品倉庫に入庫され、出荷待ちとなる。

2.2 システム導入の過程

従来の工場では、シーケンスコントローラを中心としたローカル制御機能と、中央監視、倉庫管理といった限られた範囲の独立システムとして計算機が導入されていた。これらの

* 日本専売公社関西工場 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立製作所関西支店 **** 日立製作所システム事業部

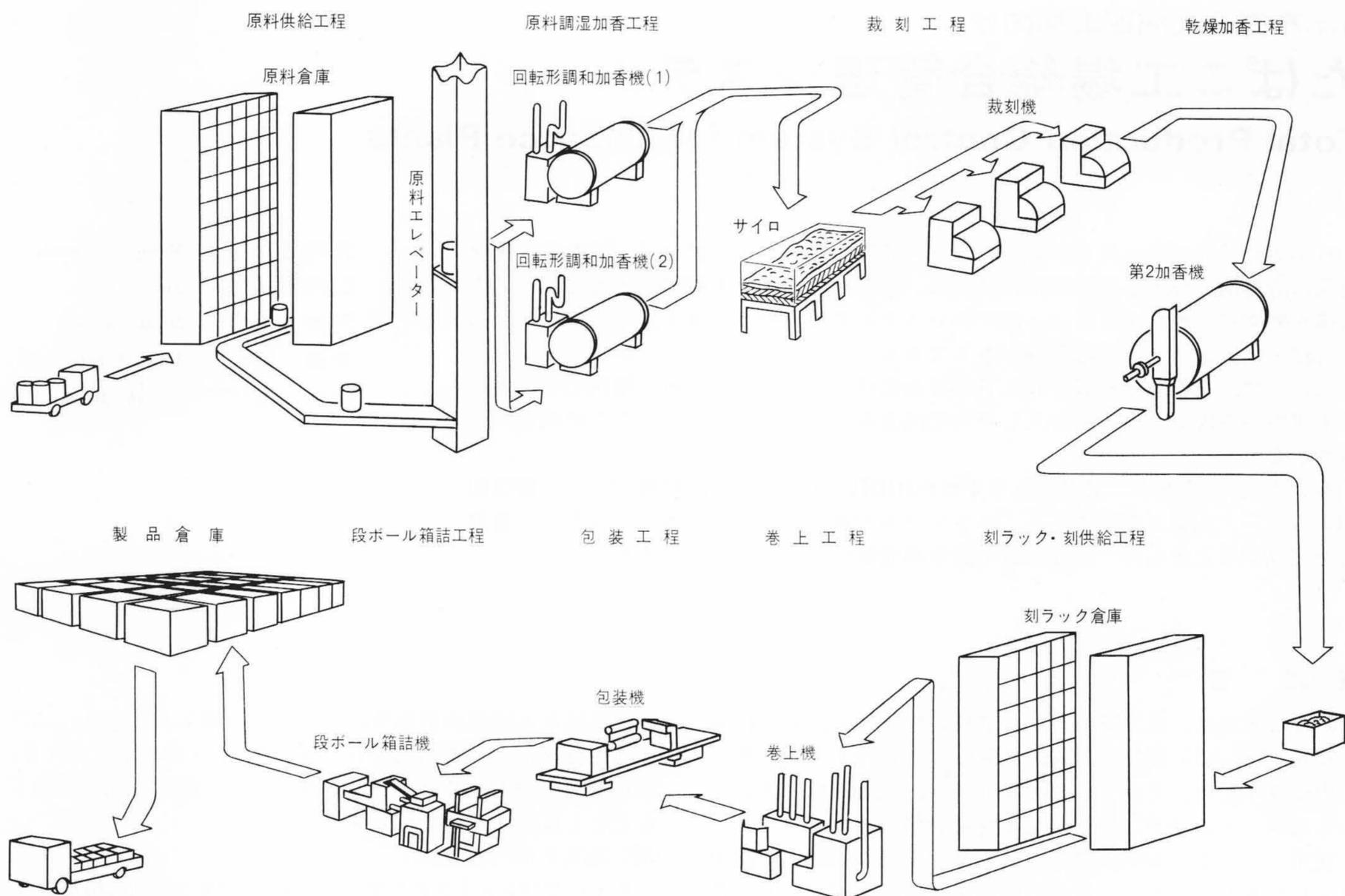


図1 たばこ工場の概要 原料受入から原料加工、製品巻上げ、包装などの各工程を経て発送される。

機器又は計算機システムは、制御対象範囲の自動化、省力化に著実に貢献してきている。しかし、設備間の関連が密となり、それに伴う運用が複雑化するにつれ、以下に述べるような問題点について検討する必要がある。

- (1) 各設備、工程の情報が膨大なため、適時に管理情報をフィードバックすることが難しく、全工場的な見地から運転計画を修正していくことが困難であること。
- (2) 実績の収集、集計を人手に頼っていることから、省力化、

管理精度向上の面で限界があること。

- (3) 設備の運転操作を人手で行なうことなどから、省力化の面で問題があるとともに、誤操作の危険があること。
- (4) 工程に流れる原料の切換えに伴う制御条件変更を、人的操作に頼っていることから、品質を高水準に安定させるには限界があること。など

こうした諸問題を解決するには、工場全体を一つのシステムとしてとらえ総合的に管理する、たばこ工場総合生産管理システムを導入する必要がある¹⁾。

日本専売公社関西工場ではこれを実現するため、以下に掲げる5項目の目標を定めて、これをシステム導入の目的とした。

- (1) 集中監視制御によって、監視体制の充実、精度の向上及び誤操作防止により、安全性の向上を図る。
- (2) 情報の集中化を図り、適時、精度の高い管理情報のフィードバックを可能とする。
- (3) 設備のスケジュール発停、空調始動時刻制御、作業用ファン類の自動発停制御などによって省エネルギー運転を可能とする。
- (4) 力率制御、デマンド監視による電力システムの効率的な運用を図り、電力単価を低減する。
- (5) 原料加工工程の原料移動と同期したDDC(Direct Digital Control), SPC(Set Point Control)制御を行ない、品質の高位安定化を図るとともに、多銘柄、高効率生産を可能とする。など

2.3 システムの位置付け

本システムは、図3に示すように、相互に結合された三つの計算機システムから構成されている。現場機器とは、ロー

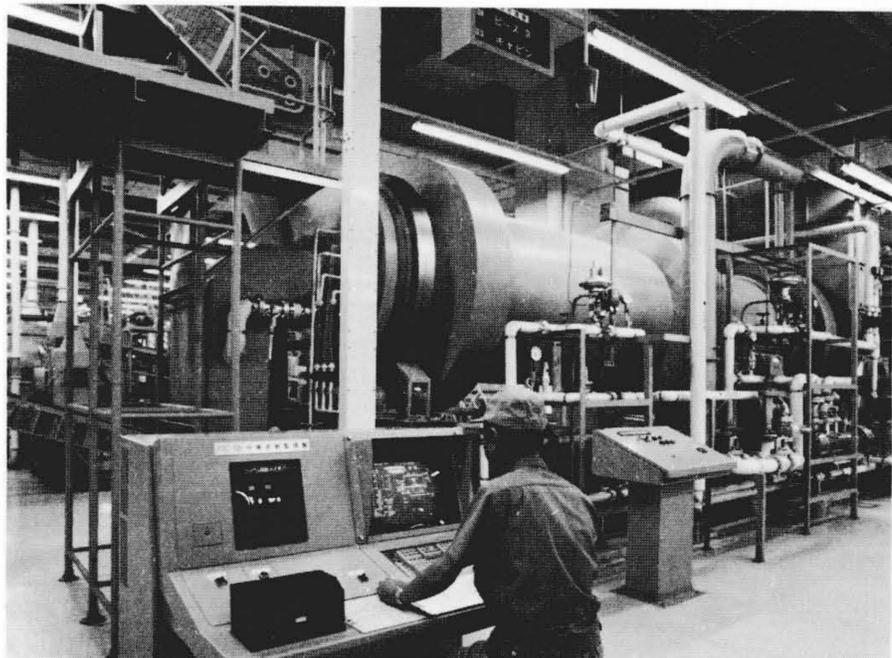


図2 原料加工工程 原料加工工程は、加工機と呼ばれる回転するシリンダ、コンベヤ群、サイロなどから構成される。

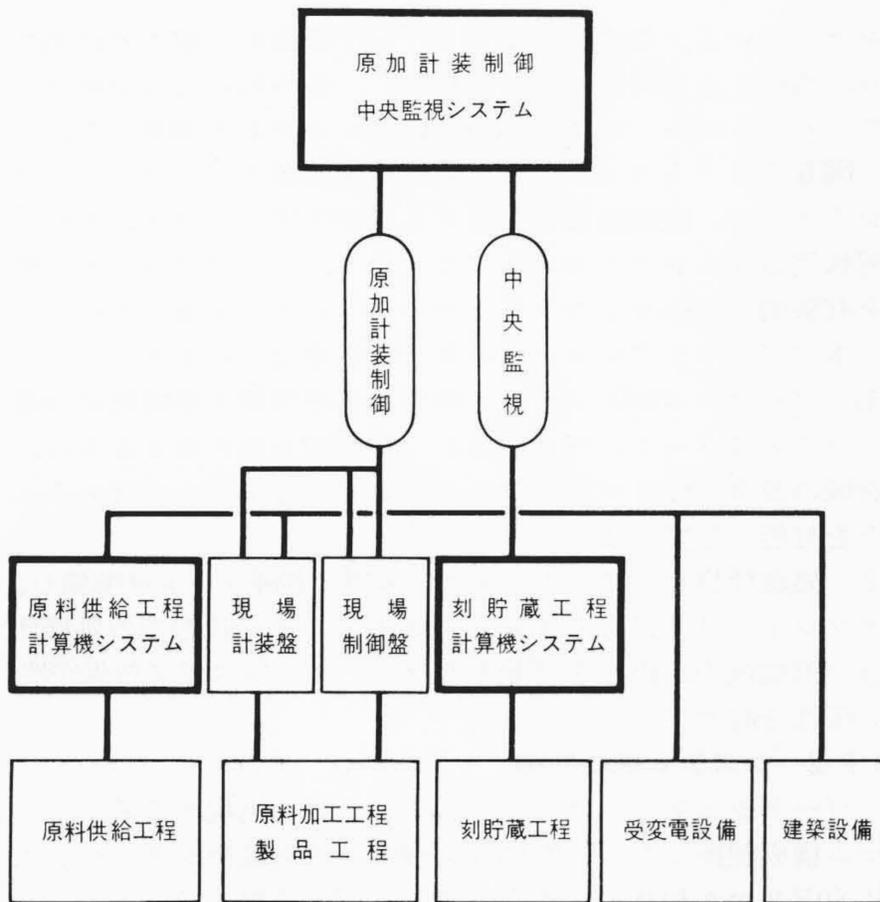


図3 システムの位置付け 各計算機システムは、各種設備と有機的に結合され、相互に情報交換を行なう。

カル制御盤，入出力盤，現場計装盤を介して，直接，間接に接続され情報交換を行なう構成となっている。

3 システムの構成と特徴

3.1 ハードウェア

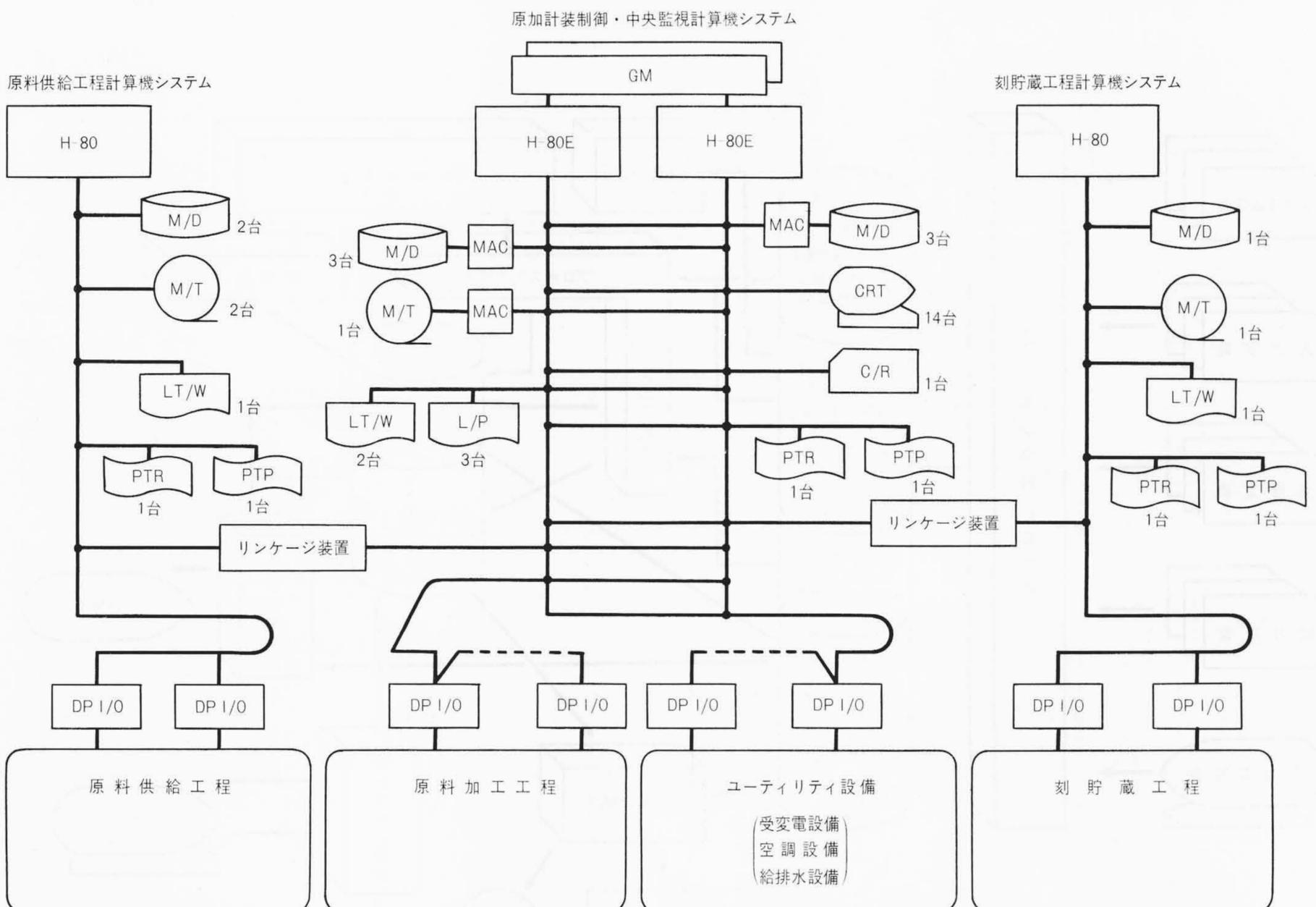
ハードウェアの構成は、重要機能を担う部分は高信頼性を確保するために、HIDICの特徴を最大限に生かした二重化システムとした。また、二重化が必ずしも要求されない部分については、バックアップなどの手段を講じ、システム全体として信頼性の向上を達成している。また、部分的な障害でシステム全体のダウンに直結しないように危険分散に配慮したシステムとしている。図4にハードウェア構成を示す。

3.1.1 ロードシェアデュプレックスシステム

図5の原加計装制御・中央監視システムは、監視機能とSPC・DDCなどの計装制御機能を各1台の計算機に負荷分担するロードシェアシステムであり、片系障害時には残りの系で全機能を遂行するデュプレックスシステムとしている。

3.1.2 危険分散

入出力バス，入出力機器は可能な限り，相互バックアップできる構成とし，監視，制御点数が約1万点にも及ぶプロセス入出力装置については，危険分散と配線工事費の低減を目的としDPI/O(分散形プロセス入出力装置)を採用した。



注：略語説明 GM〔グローバルメモリ(共有メモリ)〕 L/P(ラインプリンタ) PTP(紙テープせん孔機) CRT(カラーディスプレイ装置)
 M/D(磁気ディスク装置) LT/W(ログングタイプライタ) PTR(紙テープリーダ) H-80E(HIDIC 80-E)
 MAC(多重アクセスコントローラ) C/R(カードリーダ) DP I/O(分散形プロセス入出力装置) H-80(HIDIC 80)
 M/T(磁気テープ装置)

図4 ハードウェア構成図 中枢となる原加計装制御・中央監視計算機システムはH-80E 2台によるロードシェアマルチシステムとし、信頼性の向上を図っている。



図5 原加計装制御・中央監視システム 工場全体の監視を中央監視室で行なう。

3.2 ソフトウェア

3.2.1 標準化指向のソフトウェア構成

本システムの中核である原加計装制御・中央監視システムは、集中監視制御から原料加工工程の計装制御、生産実績収集、各種マンマシン処理に至る広範なアプリケーション機能

を含んでいる。このためソフトウェア構成を決定するに当たり、徹底した目的機能分析を行ない、最終的に七つのサブシステムから成るたばこ工場向け標準システムを開発した。

図6にソフトウェアシステム構成図を示す。ソフトウェアシステムは、機能仕様を規定する処理仕様テーブル、それを解釈実行するサブシステムプログラム、及びサブシステム間を有機的に結合するプラントデータベースから成っている。

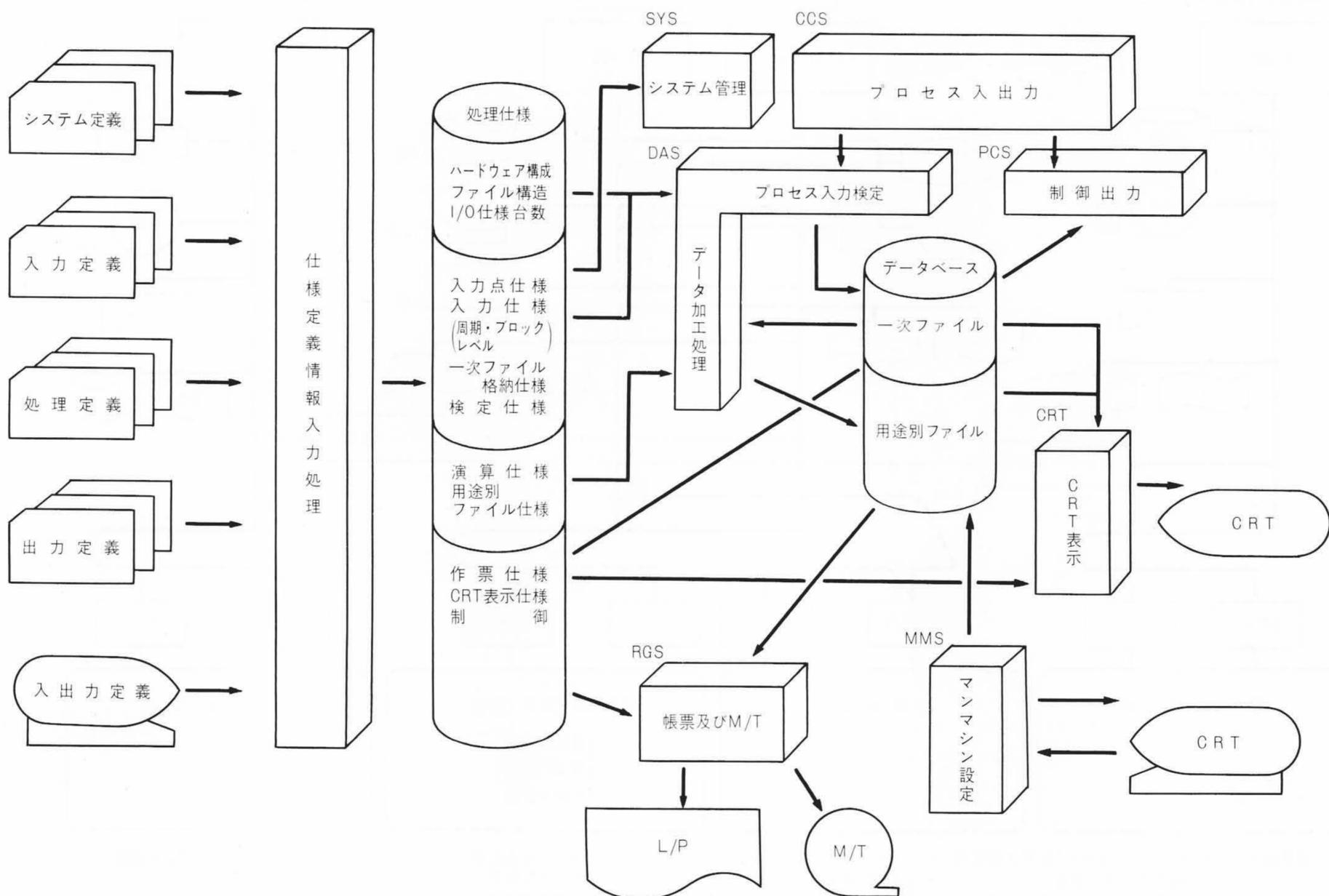
本ソフトウェアシステムの主な特長を以下に示す。

- (1) プログラムからプラント固有の処理情報を徹底的に分離したことによって、プログラムの可搬性を高めるとともに、設備の改変に伴うプログラムの変更量を最小限にとどめることを可能としている。
- (2) 処理仕様テーブルメンテナンス用に各種ツールを準備し、オフライン状態はもとより、一部オンライン状態での処理仕様の追加削除、修正を可能としたことで、システムの保守性、拡張性を高めている。

3.2.2 システム構成制御

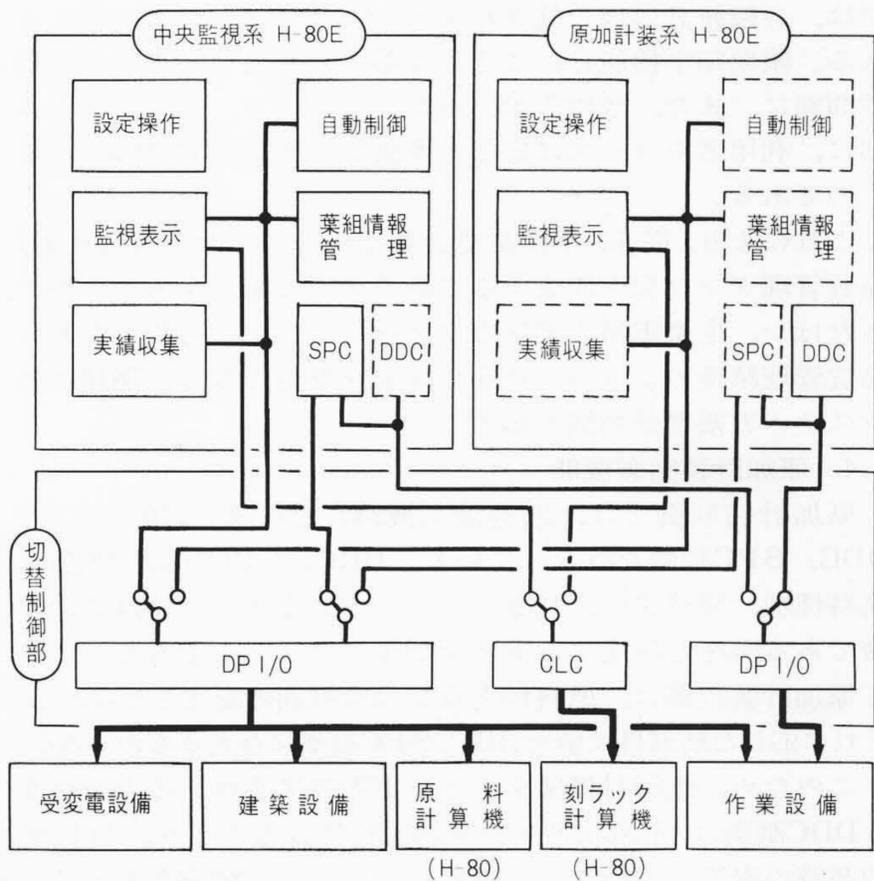
ロードシェアデュプレックスシステムを実現するのがシステム構成制御である。原加計装制御・中央監視システムでは、H-80E 2台が相互に相手系の運転状態を監視している。こうしたなかで、いずれか1台のCPU(中央処理装置)が停止すると、残ったCPUの構成制御処理がこれを検知し、システムを1台運転可能な形態に再構成する。図7にその概念図を示す。

CPU 2台運転時は、それぞれのCPUが同図中の実線で示す



注：略語説明 SYS(システム管理サブシステム), DAS(データ管理サブシステム), CCS(通信制御サブシステム), PCS(プロセス制御サブシステム), CRT(CRT表示サブシステム), MMS(マンマシンコミュニケーションサブシステム), RGS(帳票印字サブシステム)

図6 ソフトウェア構成図 各種機能仕様をテーブル化し、柔軟性に富むソフトウェア構成とした。



注：略語説明
 SPC[Set Point Control (設定値制御)]
 DDC[Direct Digital Control (直接計数制御)]
 CLC[Communication Linkage Controller (通信制御装置)]

図7 システム構成制御概念図 常時はCPU 2台で運転し、1台のCPUが停止した場合、他のCPU 1台で運転可能な状態に再構成する。

機能を分担しているが、1台が停止すると、停止したCPUに接続されていた入出力機器を残ったCPUに接続し直し、同時に停止した系の機能(破線部)を残ったCPU内で再開させる。

CPUの停止を検知してから1台運転に切り替わるまでの所要時間は、DDC制御周期の2周期(2秒)以内と高速であり、

バンプレスなシステム切替を可能としている。

また、1台運転となった場合にもシステムの全機能を満足する構成であることから、マンマシン系の応答性能が一部低下する点を除き、通常どおりの監視及び制御を行なえるものである。

4 システムの機能

本システムの機能は、原料供給工程計算機システム、刻貯蔵工程計算機システムの両倉庫管理システム²⁾、及び工場全体の管理、制御を行なう原加計装制御・中央監視システムに大別される。本章ではこのうち、総合FAシステムとしての機能を備えた原加計装制御・中央監視システムの機能について説明する。

図8に原加計装制御・中央監視システムの機能構成図を示す。省エネルギー、省力化、多銘柄少量生産の高効率化、品質の安定向上など多様な要求にこたえるため、目的に応じた多岐にわたる機能を備えている。

4.1 集中監視制御機能

建屋総面積13万7,700m²にも及ぶ広大なたばこ工場の各所に分散された諸設備の集中監視、自動発停制御を行なうほか、受変電設備の力率制御、デマンド監視などを行なっている。すべての監視制御は、中央監視室内に設置されたCRT(カラーディスプレイ装置)に表示される約100種の監視画面で行なうことができる。

このようなCRTによる集中監視制御を全面的に採用したことによって、監視体制を充実しながら省力化が可能となったほか、監視用グラフィックパネルやアナログ記録計なども一部を除き廃止することができた。

4.2 空調設備最適始動制御

たばこ工場は、作業場内の厳密な温湿度管理が必要とされる。このため、日本専売公社関西工場では大形ターボ冷凍機(1,200USRT)4台、空調機11台から成る空調床面積7万m²

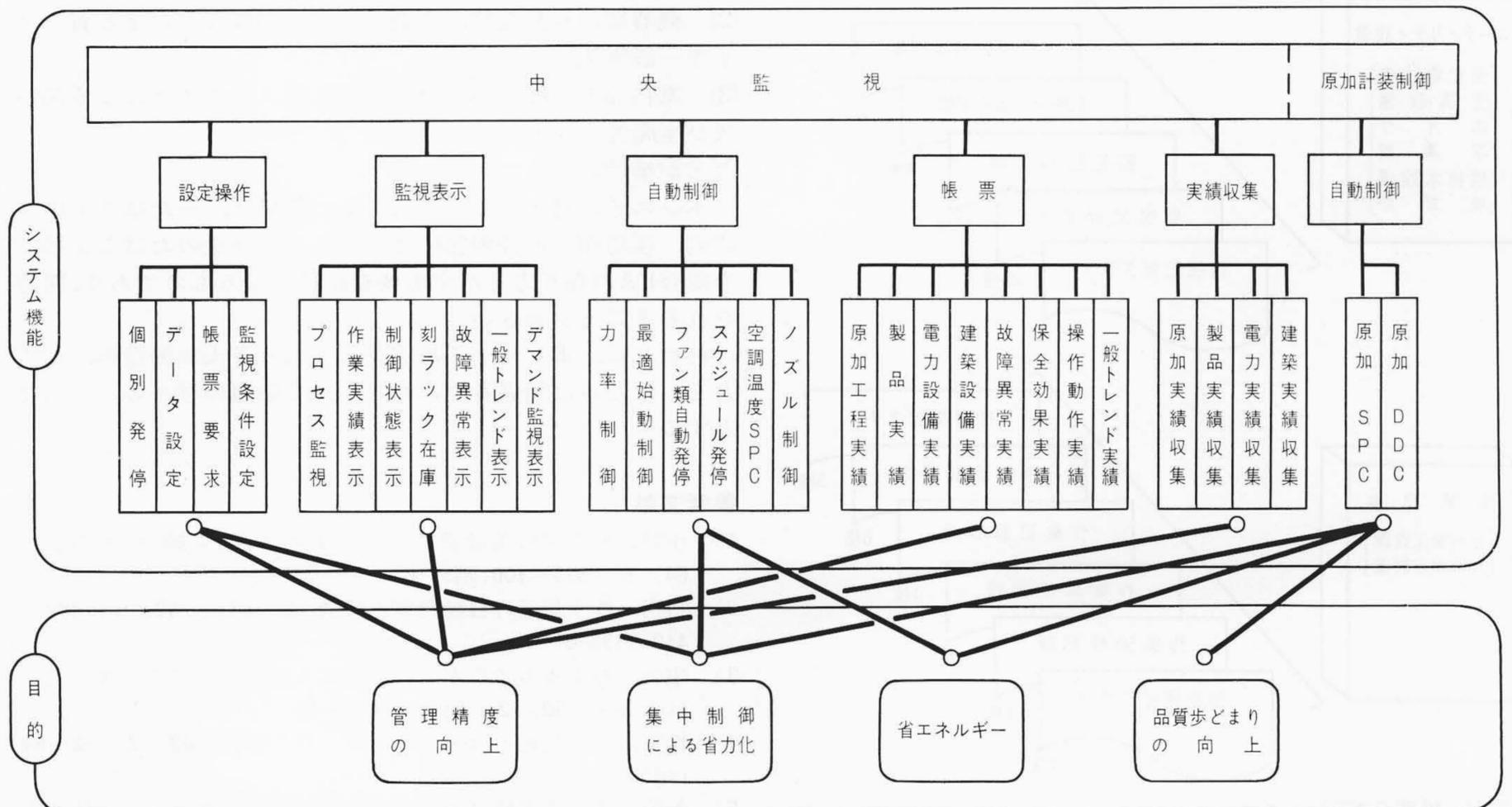


図8 システム機能構成図 工場全体の総合管理・制御システムとして広範な機能を備えている。

相当の大規模な空調設備を備えており、これら機器の消費電力は数メガボルトアンペアにも達する。

最適始動制御は、空調設備のウォーミングアップ運転時間(場内の温湿度を作業に適した値に制御するに要する時間)を予測計算によって求め、これを最短とすることによる省エネルギー効果をねらった制御である³⁾。

予測計算は、空気のエンタルピー、空調機能力などを用いた初期計算に、季節変動などの学習計算結果を加味した適中精度の高い方式を採用している。

図9は、製品棟の空調系統画面例である。本制御では、空調系統別のきめ細かい始動制御を行なっている。

4.3 帳票印字機能

ユーティリティ設備、作業設備から時々刻々得られるデー

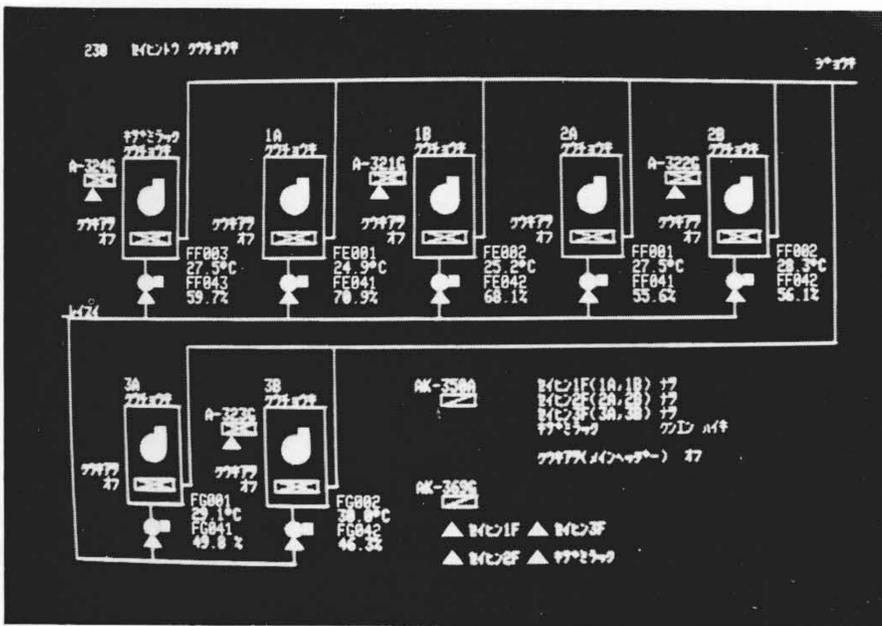


図9 空調機系統画面例 各空調エリアごとの温湿度を測定して、空調機始動時刻を予測決定する。エリアごとに温湿度がばらついていても目標時刻には適温適湿に制御される。

タは、各種統計処理を施されプラントデータベースに蓄えられる。帳票印字機能は、こうして蓄えられたデータを、管理期間別に、また、数値表示、トレンドグラフ、ヒストグラム別に、利用者のニーズに応じた多面的な表現様式で印字するものである。

これにより、従来、手作業で計算作成していた各種管理表、品質管理グラフ類を作成する工数を大幅に縮減することができたほか、生産実績の迅速なフィードバックが可能となり、品質管理精度のよりいっそうの向上が期待できる。図10に本システムの帳票分類図を示す。

4.4 原加計装制御機能

原加計装制御では、原料加工機24台を対象に140ループのDDC、SPC制御を行なっている。DDC、SPC制御目標値は、原料種別、製造銘柄、制御ループごとに定まり、たばこの生命である喫味を決定する重要な制御パラメータである。

原加計装制御は、原料種別及び原料種別の変化をとらえて、それに適した制御目標値をDDC、SPC制御に与えるものである。

このため、制御目標値をもとに実際のアナログ出力を行なうDDC制御は、定常状態での制御安定性はもとより、目標値切替時の過度応答特性を改善することが強く要求されることとなった。

これを解決する手段として、通常のフィードバック制御のほかに、一部の加工機械には、フィードフォワード制御、ON-OFF時間制御(ステップ状出力の絶対値と出力時間の制御)などを機械の運転状態に応じて、ダイナミックに切り替えながら組み合わせて使用する総合的な計装制御を採用している⁴⁾。

5 結 言

以上、日本専売公社関西工場に導入した、たばこ工場総合FAシステムについて述べた。本システムは、昭和57年9月に営業運転を開始し、現在順調に稼働中であり、実操業状態での導入効果が検証されている。

その主なものとして、

- (1) 集中監視制御による監視体制の充実及び省力化
 - (2) 機器類の自動発停、空調最適始動制御などによる省エネルギー設備化
 - (3) 原料加工工程へ総合計装制御を導入したことによる品質及び生産性の向上
- などが挙げられる。

本システム導入によって得られた成果は、一たばこ工場の設備、運用面での合理化にとどまらず、今後のたばこ工場での総合FAの在り方を示す重要な指標となるものであり、期待されるところが大きい。

終わりに、本システムの開発に当たり多大な御指導、御協力をいただいた関係各位に対し、深く感謝の意を表わし結びとする。

参考文献

- 1) 小野, 外: 制御用計算機のアプリケーション動向, 日立評論, 64, 6, 395~400(昭57-6)
- 2) 古宿, 外: 最近の自動倉庫の特徴, 日立評論, 62, 6, 439~442(昭55-6)
- 3) 中村, 外: 省エネルギーのためビル空調制御ソフトウェア, 日立評論, 62, 2, 93~98(昭55-2)
- 4) 松家, 外: 最近の計装システム, 日立評論, 63, 2, 82~84(昭56-2)
- 5) 矢崎: たばこ工場における総合監視制御システム, 計装(83/6月号)

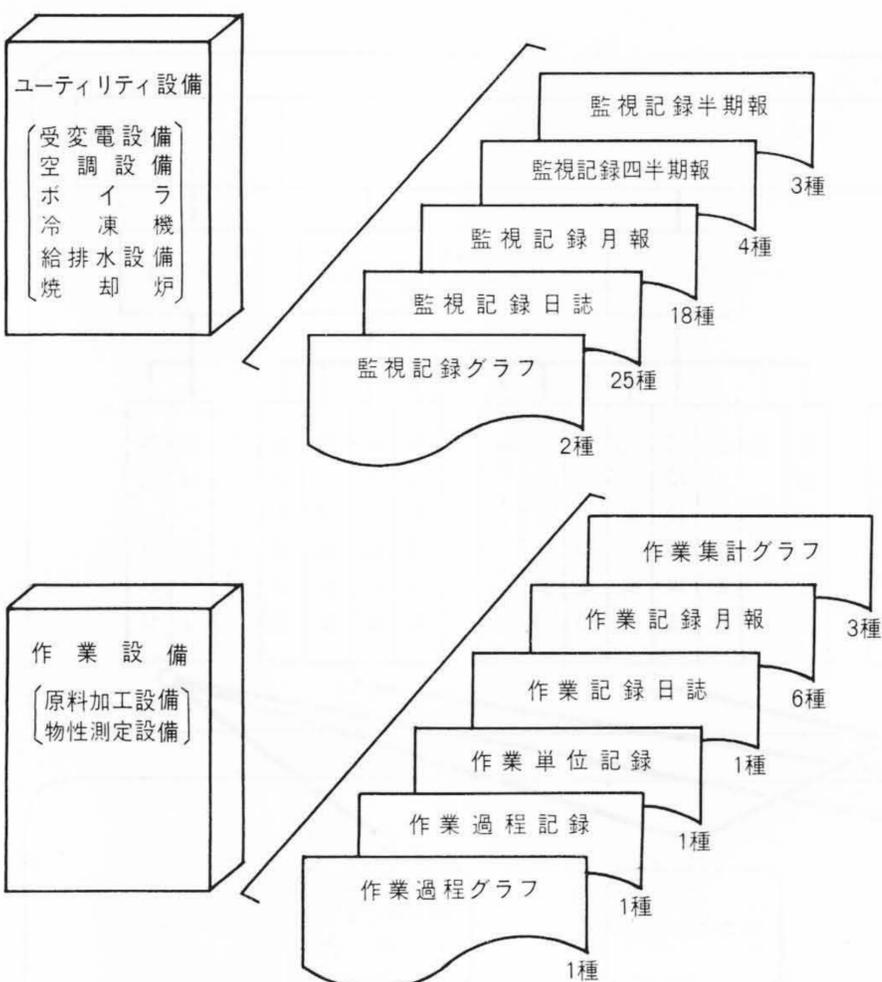


図10 帳票分類図 監視制御の結果得られたデータは、管理期間ごと、設備種別ごとに集計印字され、きめ細かな管理に役立っている。