

サッポロビール株式会社静岡工場向け

ビール製造設備計算機制御システム

Computer Control System for Brewery Plant Supplied to Shizuoka Brewery, Sapporo Breweries Ltd.

サッポロビール株式会社では、従来から一部の製造工程にシーケンサ、マイクロコンピュータなどを導入し自動化の推進を図ってきたが、最近の生産規模の増大、生産の効率化及び省力化・省エネルギー化の徹底に対応するために、工場全体の総合管理・制御システムの導入が不可欠となってきた。

本稿では、サッポロビール株式会社静岡工場に導入したビール製造設備計算機制御システムについて、ビール製造工場の概要、システムの目的・機能・特長について紹介し、合わせて現在までの稼動実績をもとにしたシステムの評価を行なった。

松浦 宏*	Hiroshi Matsuura
玉木 輝夫**	Teruo Tamaki
五十嵐治男***	Haruo Igarashi
渋谷 正昭***	Masaaki Shibui
四元 弘志****	Hiroshi Yotsumoto

1 緒 言

日本国内のビール消費量は、年々とみに増加している。この急増する国内の需要に対応するため、サッポロビール株式会社では静岡県焼津市に新たに静岡工場を完成させた。

ビール製造工程は、原料である麦芽の粉碎に始まり、仕込発酵・貯酒・汙過・瓶詰という幾つものプロセスに分かれるが、この複雑な生産工程をいかに効率よく制御するかが、ビール製造工場で省力化を進める上での課題であった。

静岡工場に導入された日立制御用コンピュータHIDIC 80(以下、H-80と略す。)は、これらの工程を集中自動制御するだけでなく、ボイラ、冷凍機などのパワープラントシステムも管理しており、原料の受入れから製品の出荷までに至る全工程の自動化、税務帳簿など膨大な帳票の自動作成による運転実績管理の一元化及び製品の履歴管理による徹底した品質管理を目指したシステムである。

本稿では、ビール製造工場の概要と計算機制御システムの目的、機能、特長及びシステムの評価について述べる。

2 計算機導入の過程

静岡工場は、サッポロビール株式会社の第10番目の工場として誕生し、生ビール製造の主力工場としてシェアの拡大に威力を発揮している。当社では既に、仙台工場を筆頭に各工場では自動化・省力化が図られているが、この静岡工場はそれらの実績を踏まえ、最新技術を駆使した世界有数の制御システムを目指して検討が進められた。

従来の自動化とは複数の工程単位の自動化であり、それは主としてシーケンサなどによって実現されている。限られたある工程の中では十分な自動化を達成し、マンマシンもカラーディスプレイなどの適用により飛躍的に向上している。しかし、工場全体としてみたとき、まだ次に述べるような問題点があり効果が上がっていない。

(1) 各工程の制御が非同期に動くので、オペレータの予測を外れた工程相互の遅れが発生し、待ち時間が多かったり、そのために余計なエネルギーを消費したりする。特に、食品製造工業独特の殺菌処理などの付帯作業が途中で割り込み、そ

の段取りや切換時のロスが大きい。

(2) 各工程間にデータの流がないので、前工程の運転実績が次工程の運転条件として生かされないために、最適な操業が行なわれず、原材料やユーティリティの浪費が多い。

(3) 各工程単位にオペレータが散在し、個別にレポート処理などを行なうため、多くのマンパワーを要しながらも経営的付加価値の高いデータが得られない。

これらの問題点を念頭に、この計算機システムの導入目的は、究極的には生産性向上、経費節減及び保守性向上の3大目標に至るが、具体的には図1に示す「ロス」の低減をその主目的とした。これらを達成するために、計装システム全体としての自動化の在り方を考察し、その結果を自動化しやすいプラントとして設備面での改革へと発展させた。これはいづれの産業についても言えることであるが、従来、制御システムはプラントに付随するものとして位置づけられていた。これに対しプラントを制御システムの一部としてとらえて計画されたところに同工場の自動化に対するユニーク性がある。制御システムの検討過程では、シーケンサやマイクロコンピュータの分散システムなど、種々の制御方式を検討した。図2に従来のシーケンサ分散形システムと今回の集中管理形システムの概要を示す。

ビール製造プロセスはバッチプロセスと連続プロセスとの複合プロセスであり、なおかつ食品産業独特の複雑な処理が入り組んでいる。集中管理形制御システムは、工程歩進時の時間的ロス、物的ロスあるいは人的ロスなどの問題を、各工程の情報を1箇所に集約することにより効率良く処理し、分散形システムではできない究極的な管理・制御を果たすことができる。ビール製造の工程では、原料の入力から製品の出力までが一つのプロセスである。この間のデータを一元管理することが最も効率の良い管理を行なうことであり、逆にデータを分散することは、処理の連続性を損なうロスの多い管理になるとの結論を得て、本制御システムの計算機は集中管理形とした。

オペレーションは中央集中形でパネルレスを指向し、従来

* サッポロビール株式会社工作部 ** サッポロビール株式会社恵比寿工場 *** 日立製作所大みか工場
**** 株式会社日立コントロールシステムズ

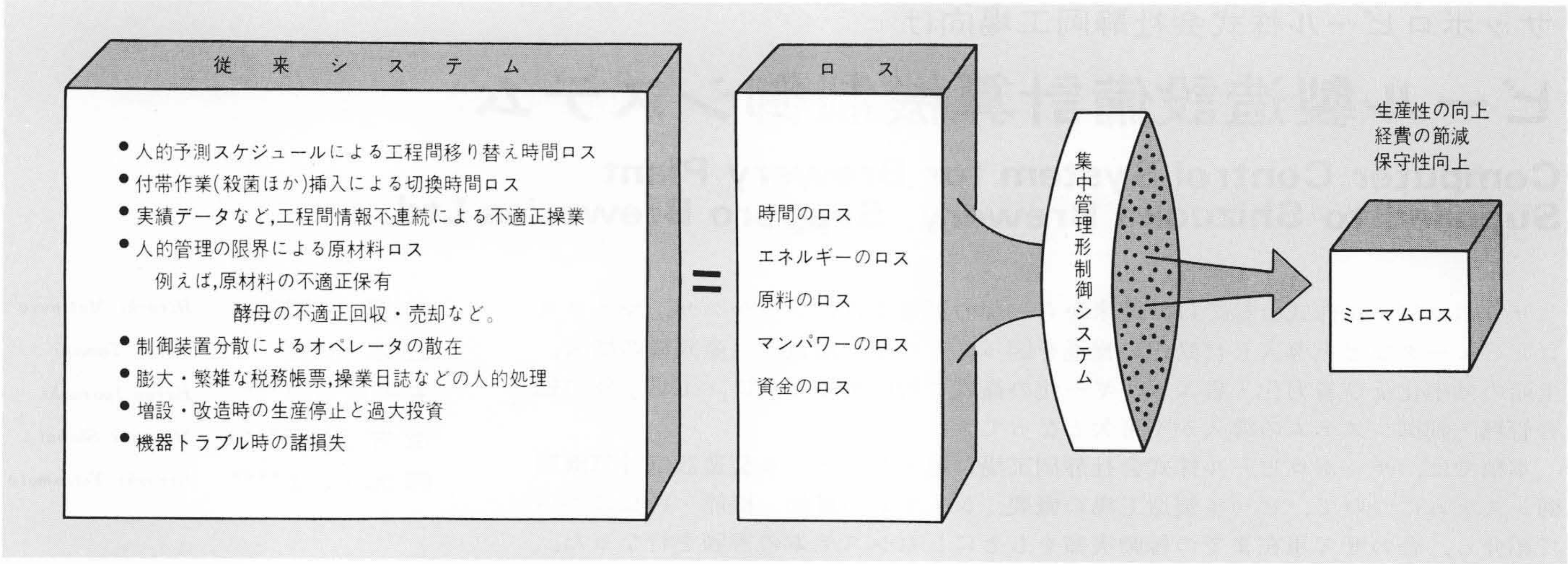


図1 計算機導入の目的 集中管理形とすることにより、種々のロスを最少にすることができる。

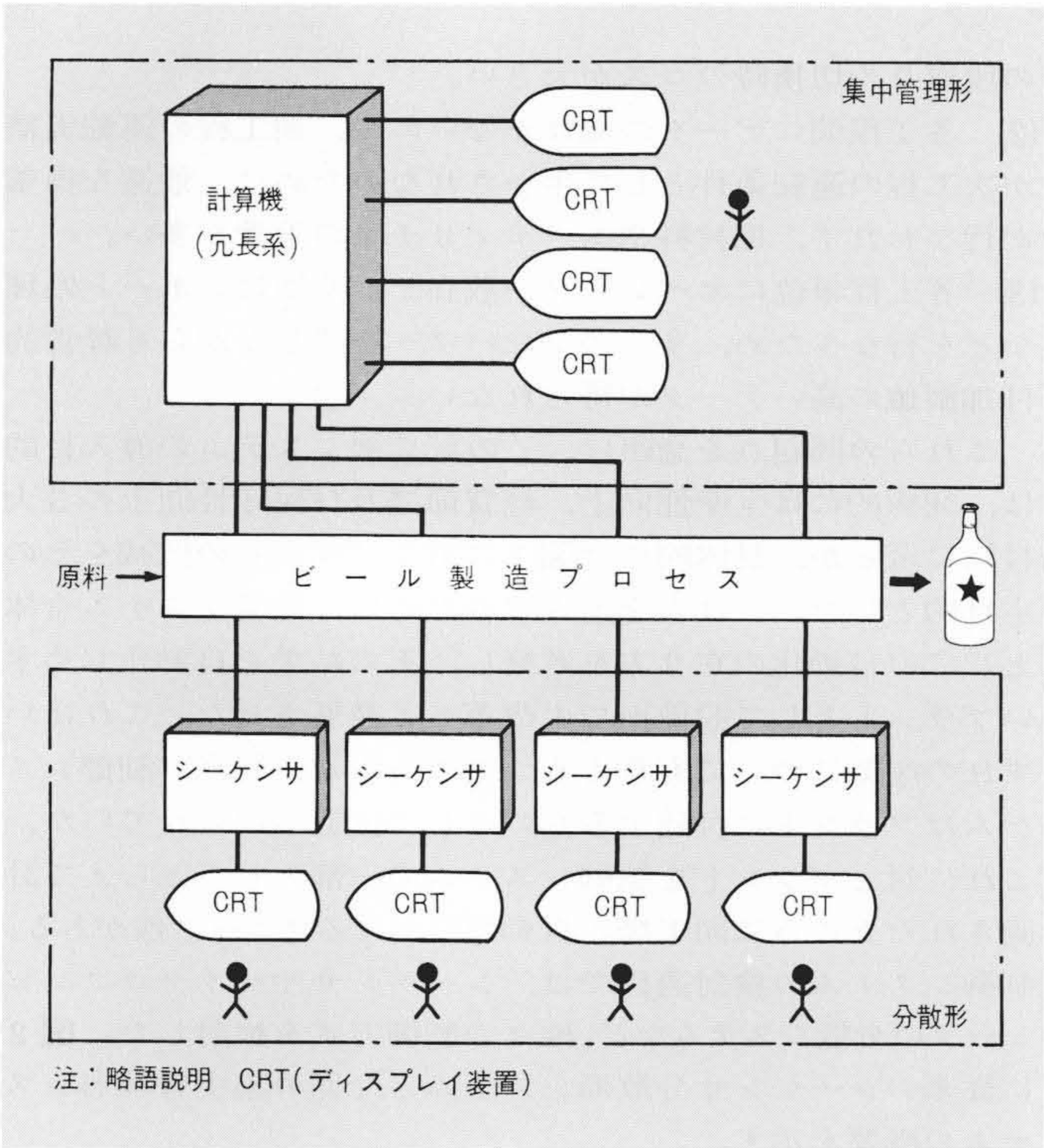


図2 シーケンサ分散形システムと集中管理形システムの概要
分散形は情報だけでなく保守員オペレータも分散してしまう。原料から製品まで一貫したプラントは、大きくとも一つの制御システムで集中管理するのが望ましい。

のグラフィックパネルは全廃した。このため、計算機に対する依存比重が極端に増加したが、この負担への対応として本制御システムでは、アナログバックアップ装置の強化に走らず、逆に徹底的に簡素化し、アナログバックアップ装置の故障率を下げる一方、計算機の冗長化を図り、あくまでも計算機で運転する制御システムであることを重要視した。

3 ビール製造工程の概要

ビール製造工程の概要を図3に示す。製造工程は麦芽と呼ばれる原料の受入れに始まり、最終製品である瓶詰まで大きく6工程に分けることができる。

(1) 原料工程

主原料である麦芽、副原料である米、コーングリッツ、コーンスターチが計量され、ジロと呼ばれるサイロに受け入れられる。このジロの受払は、産地、商社など原料の情報管理、及び粉体であるため計量時の制御に特殊な考慮が必要となる。

(2) 仕込工程

仕込計画に沿って払い出された原料は、定められた仕込方法に従って仕込がま、槽で加熱され、タンパク質やデンプンが分解される。これを汙過して得た透明な麦汁は、ホップにより苦味がつけられ冷却されて発酵タンクへ送られる。仕込工程はビールの品質を決めるうえでの重要な工程であるため品質を安定させる必要があり、従来から自動化が進められてきた。しかし、一部の作業、特に麦汁汙過作業中の攪拌機の操作、撒湯逆洗操作などは差圧、流量、麦芽エキス、レベル及び濁度に影響され、シーケンサレベルの制御では難しく

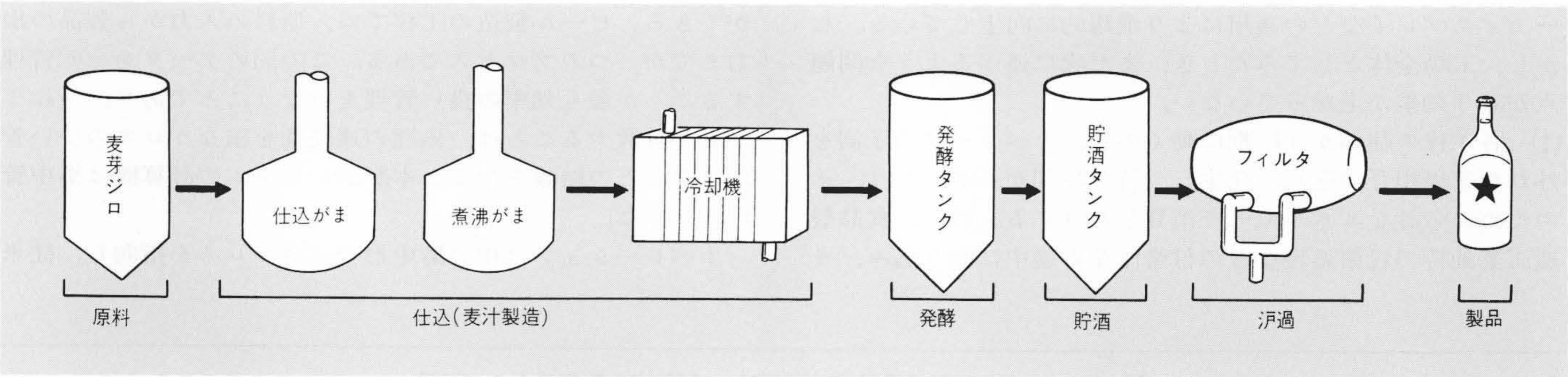


図3 ビール製造工程の概要 原料受入れから製品出荷までのビール製造工程の概要を示す。

熟練者による手操作に頼っていた。本システムではこれらの要因を解析し、制御手段を検討して自動化を図っている。

(3) 発酵工程

純粋培養された酵母が冷却された麦汁に加えられ、糖分が分解されてアルコールと炭酸ガスになる。この工程は前発酵と呼ばれ、低温で8～10日間が費やされる。発酵の温度は従来、人手又はプログラムコントローラによって温度だけ制御していたが、計算機導入に伴いより高度な麦芽エキスによる自動制御を実施した。麦汁はこの発酵で若ビールとなり、後発酵と呼ばれる貯酒工程に送られる。

(4) 貯酒工程

発酵タンクの若ビールはブレンドされて貯酒タンクに集められ、0℃に近い状態で数箇月間貯蔵され静かに発酵を続けながら味の熟成が行なわれる。

(5) 汙過工程

熟成が完了した貯酒タンクのビールは、フィルタを通して酵母の除去が行なわれる。ビール汙過工程は従来からシーケンサによりフィルタ回りが自動化されていたが、汙過助剤の制御による高効率化、濁度及び溶存酸素管理を加味した汙過品質の安定化をも加え、総合的な汙過制御を今回実現させた。

(6) 製品工程

出来上がったビールは、市場へ出荷するために、瓶詰、たる詰、缶詰などが行なわれる。

4 システムの構成と特長

4.1 システム構成

4.1.1 ハードウェア構成

図4に静岡工場でのハードウェア構成を示す。各CPU(中央処理装置)は、プラントごとに負荷分担を行っており、ロードシェアマルチシステムを構成している。

各々のCPUは、制御系として仕込プラント用に1台、汙過プラント用に2台が割り付けられており、また、パワープラント監視及び制御系CPU故障時のバックアップ用として1台が割り付けられている。

補助記憶装置は、高速用にグローバルメモリ、中速用に磁気ドラム、低速用にカートリッジディスクが用意されており、すべて二重化構成とすることで高信頼化を図っている。

4.1.2 システムの機能

ビール製造工場での計算機制御システムの機能は図5に示すように、運転計画、運転実績のファイルをもとに、制御機能、帳票機能、マンマシンインタフェース機能と計算機システムとしての保全機能の四つから構成される。

原料受払いコンベヤ制御にはじまる制御機能は、オペレータによって与えられた運転計画及び運転条件をもとに実行に移され、その結果は運転実績としてファイルに保存される。また、工程間の制御は特にオペレータの指示がない限り、順

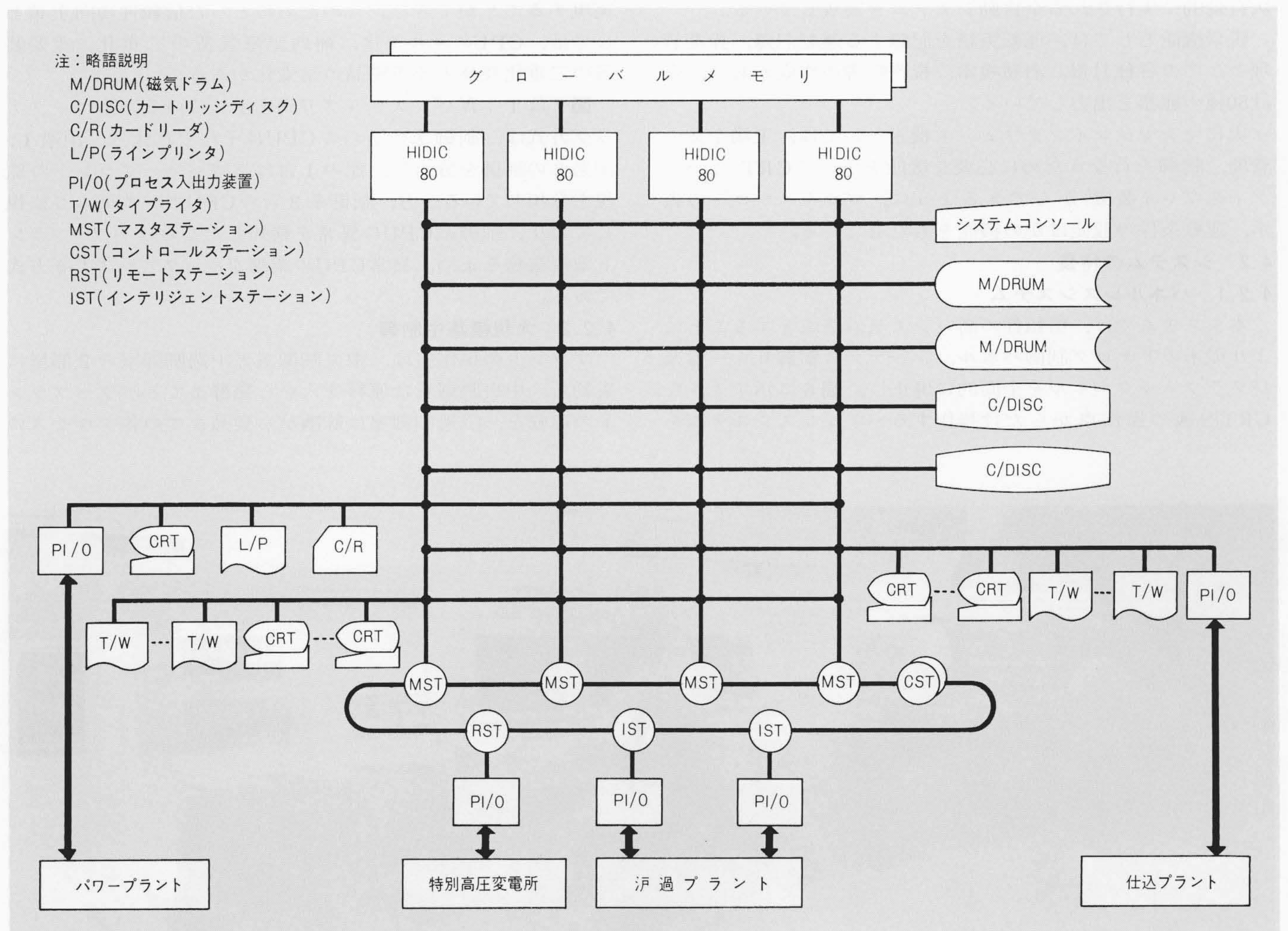


図4 ハードウェア構成図 4台のHIDIC 80によるロードシェアマルチシステムである。パワープラントを分担しているHIDIC 80で他の3台のHIDIC 80をバックアップする1:Nバックアップシステムにより高信頼化を実現している。

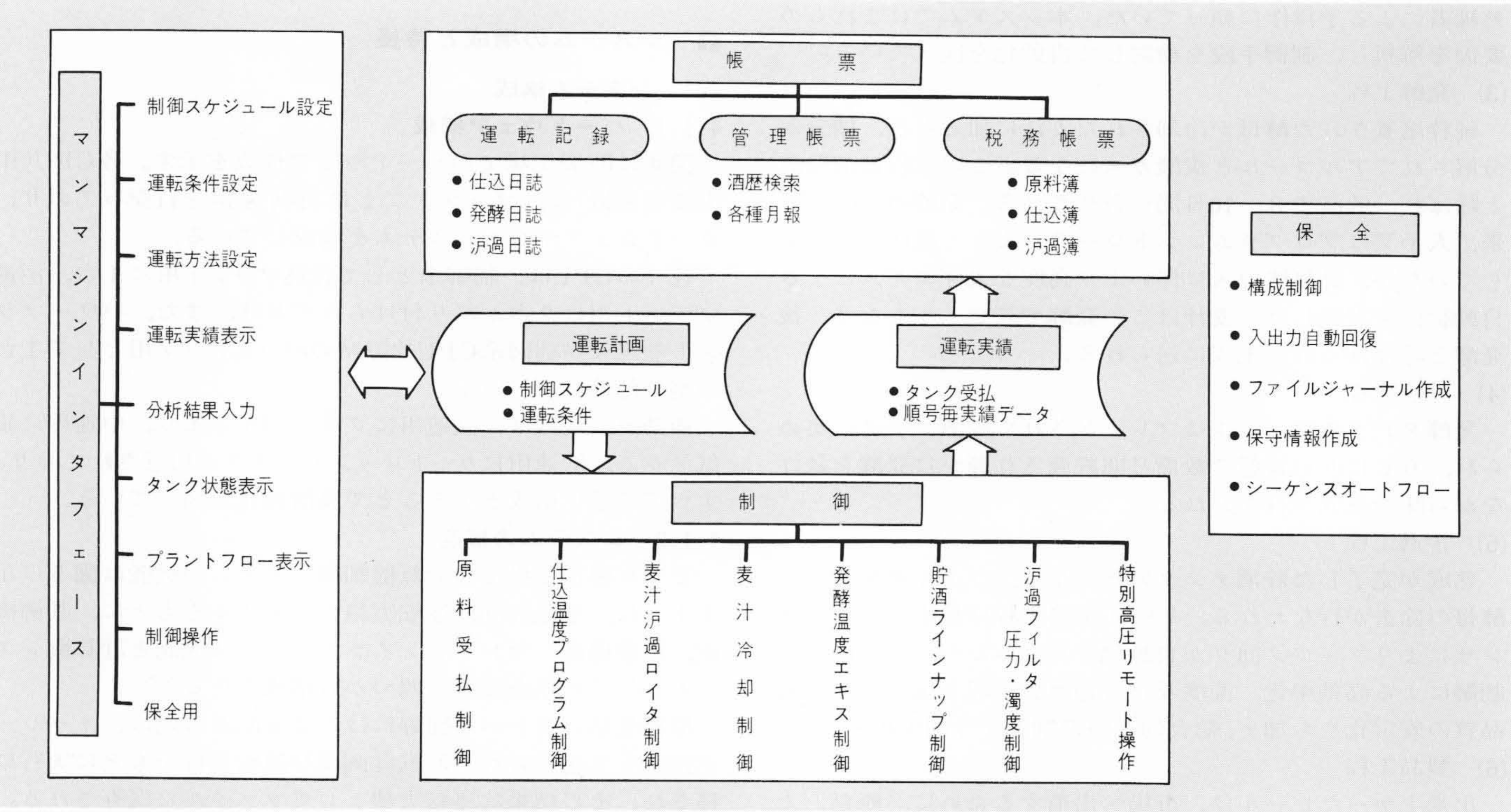


図5 システム機能構成図 制御を中心にファイル処理、帳票処理、マンマシン処理及び保全用などの機能により構成される。

次自動的に実行される全自動システムを実現している。
帳票機能としては、運転実績を記録する運転記録、操業管理としての各種月報、酒歴検索、税務帳簿の作成があり、合計50種の帳票を出力している。

次にマンマシンインタフェース機能としては、工場全体の管理、制御を行なうために必要な機能をすべてCRT(カラーディスプレイ装置)からできるように、プロセスフローの表示、運転条件の設定ほかの機能をもたせている。

4.2 システムの特長

4.2.1 パネルレスシステム

本システムでは、信頼性の高いシステム構成とすることにより従来のアナログ制御パネル、シーケンス制御リレー盤及びグラフィックパネルを全面的に廃止し、図6に示すようなCRT内蔵の操作卓からだけ操作するパネルレスシステムを

実現することができた。このためにとった信頼性の向上策としては、CPUのマルチ化、補助記憶装置の二重化、重要装置の二重化及び主要予備品の常備化がある。

図7は1:Nバックアップ方式を示している。本バックアップ方式は、制御系の3台のCPUはそれぞれ仕込、汙過1、汙過2の制御を分担し、他の1台は常時パワープラントの監視を分担している一方、制御系3台のCPUのシステムも監視しており、制御系CPUに異常を検知したならばパワープラント監視業務を止め、異常CPUの業務をバックアップする方式である。

4.2.2 大規模集中制御

プラントの操作室は、中央制御室と汙過制御室の2部屋に集約し、中央制御室は原料受入から発酵までとパワープラントの運転を、汙過制御室は貯酒から製品までの各プロセスの

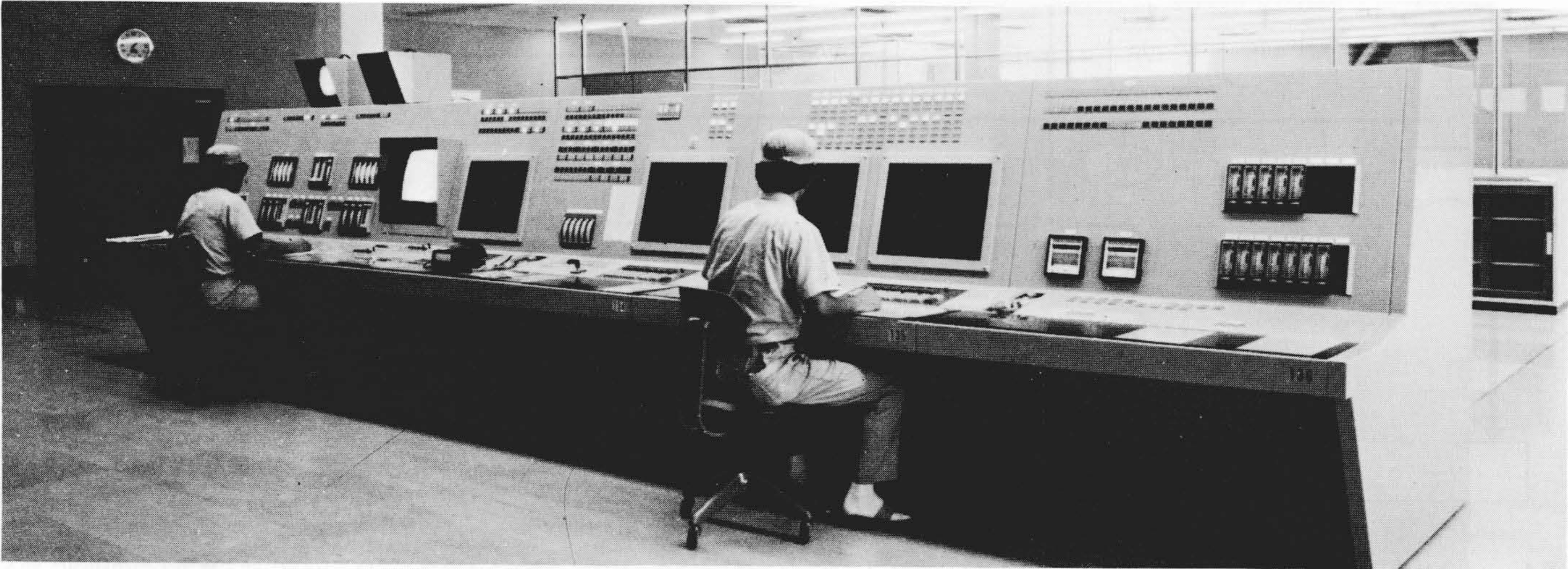


図6 中央制御室の操作卓 カラーCRTを埋め込んだ操作卓により、工場全体の集中監視制御指令を中央制御室から行なう。

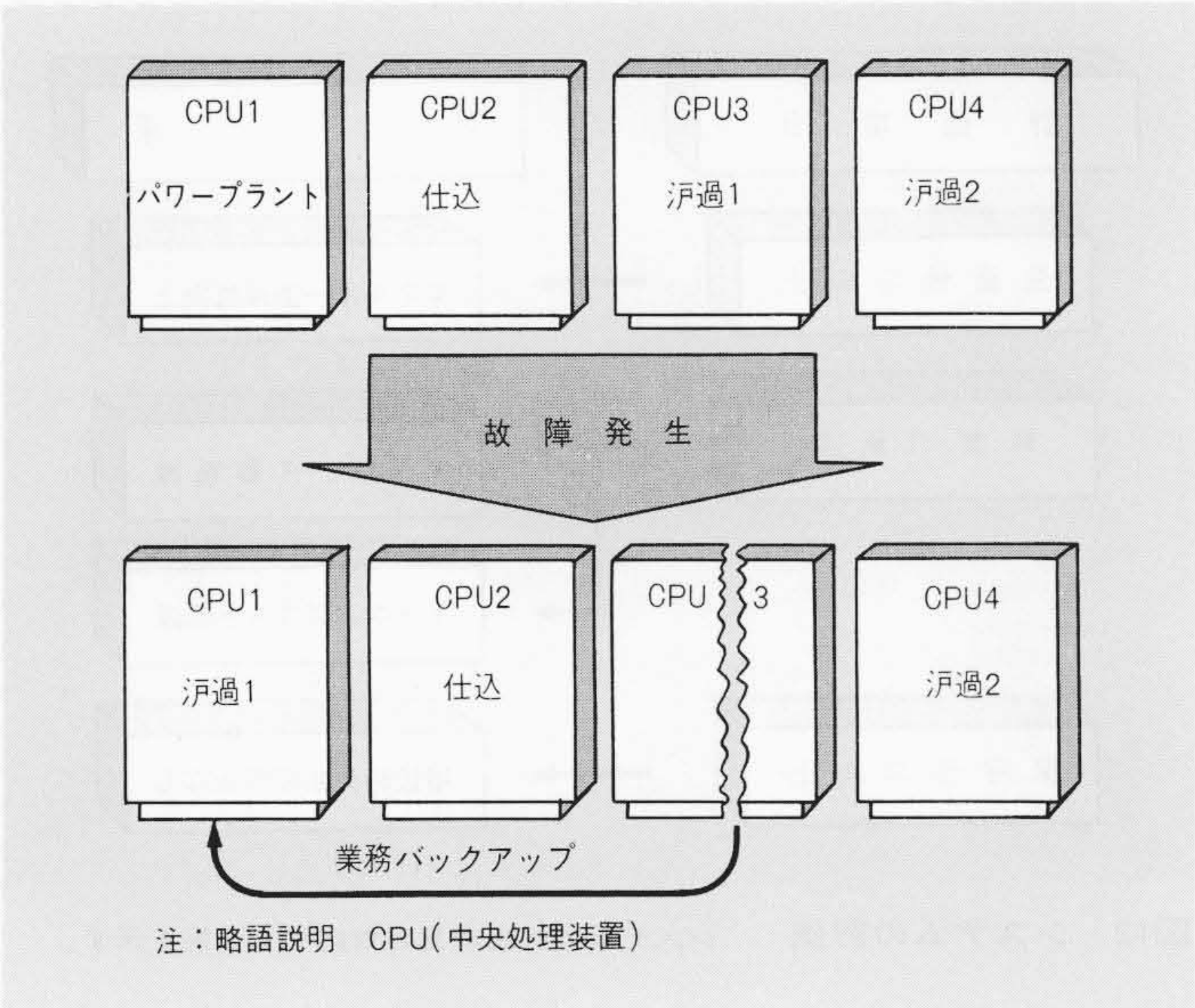


図7 1：Nバックアップ方式 プラントを制御する3台のCPUは、そのうちの1台が故障しても、パワープラント監視用CPUがその業務をバックアップし、制御の継続を図る。

運転を分担している。中央制御室にCRT4台、ろ過制御室にCRT3台を設置し、約1万4,000点の入出力点をもつ大規模なビール製造工場の運転、及び管理を行なっている。各工程ごとの制御規模及び集中管理を行なうための運転条件と帳票を図8に示す。

図9はプラント運転時に表示する工程状況表示画面の例である。機器は動作状態により、タンク、配管は内容流体により色替表示し、更にタンクについては、内容物のレベルを表示させている。このようにして稼働中の工程状況が制御室で一目で把握できるように考慮されており、2箇所の制御室からこの大規模プラントの集中制御ができるようになっている。

4.2.3 製品履歴検索

ビールの製造工程は、原料、仕込、発酵、貯酒と進むが、

一つの仕込には複数の原料が使われ、幾つかの仕込(バッチ)が1本の発酵タンクへゆき、更に幾つかの発酵タンクから複数の貯酒タンクへと分かれる。このため、例えば図10の製品に着目すれば、同図中の1本のビールに対して太線で示される製造履歴(以下、酒歴と呼ぶ。)をもつことになる。この酒歴の検索は品質管理上重要であるが、従来は検索方法がやや煩雑であり、また、長期間データの保存が必要であるため多大なマンパワーを要していた。本システムでは、ビール製造履歴情報を工程ごとに関連づけしたファイル構成として保存することにより、ビールの製造年月日だけを指定し、必要な酒歴の情報を帳票として作成することができる。

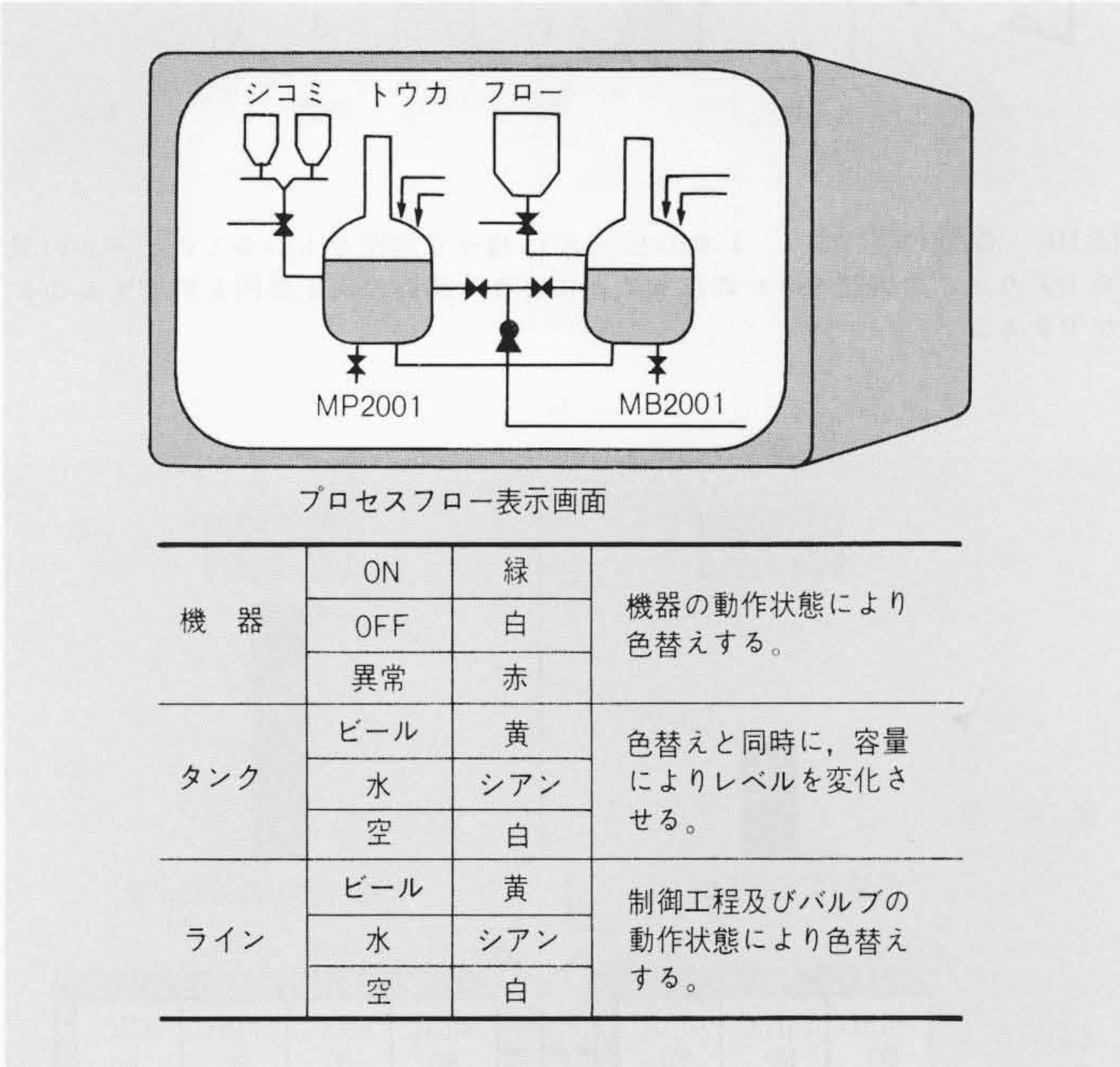


図9 工程状況表示例 プロセスフローの表示は、色替条件に従い機器、タンク、ライン共に色を変化させて表示する。

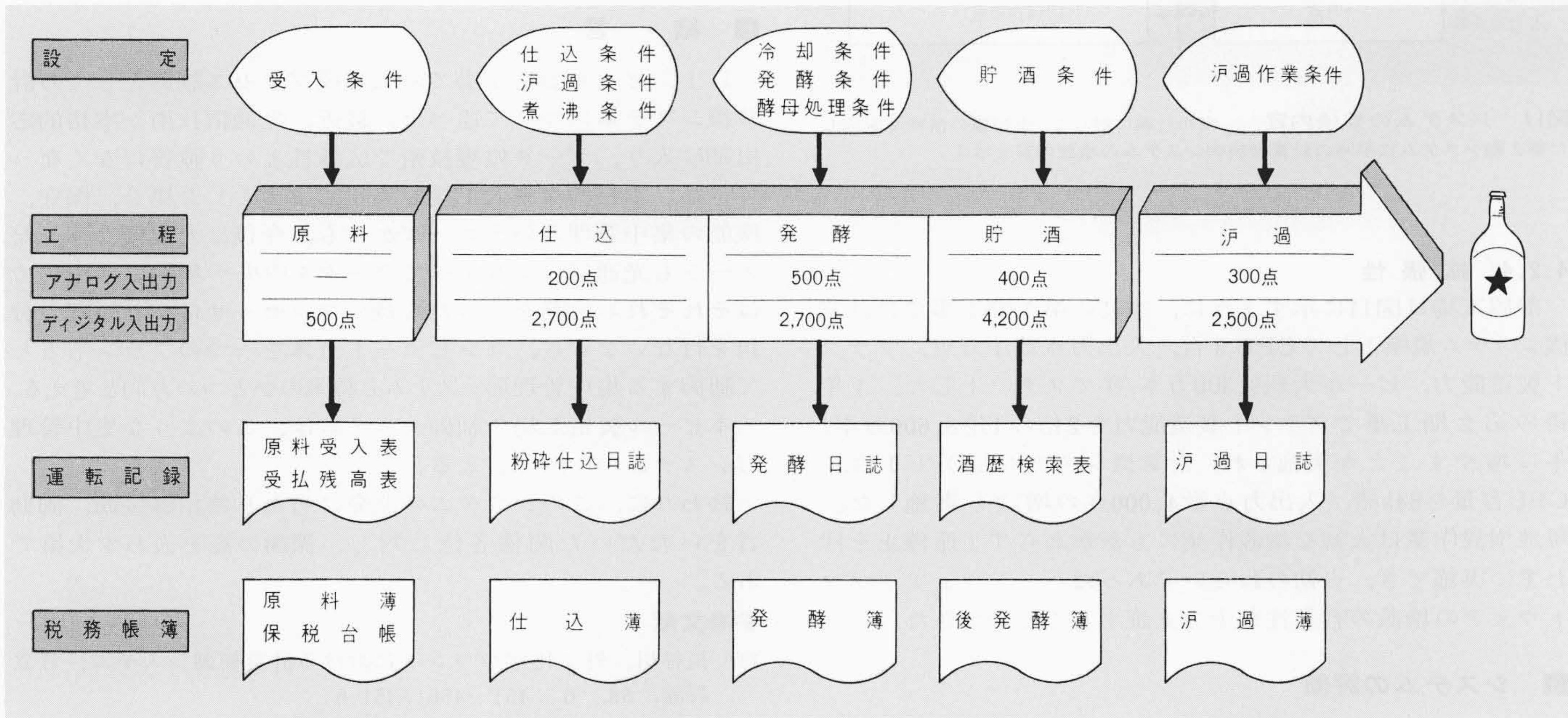


図8 大規模プラントの集中管理 1万4,000点に及ぶ大規模プラントも、中央制御室のCRTから運転条件を設定すればすべて自動で制御され、更にその運転記録などのレポート類も自動的に出力される。

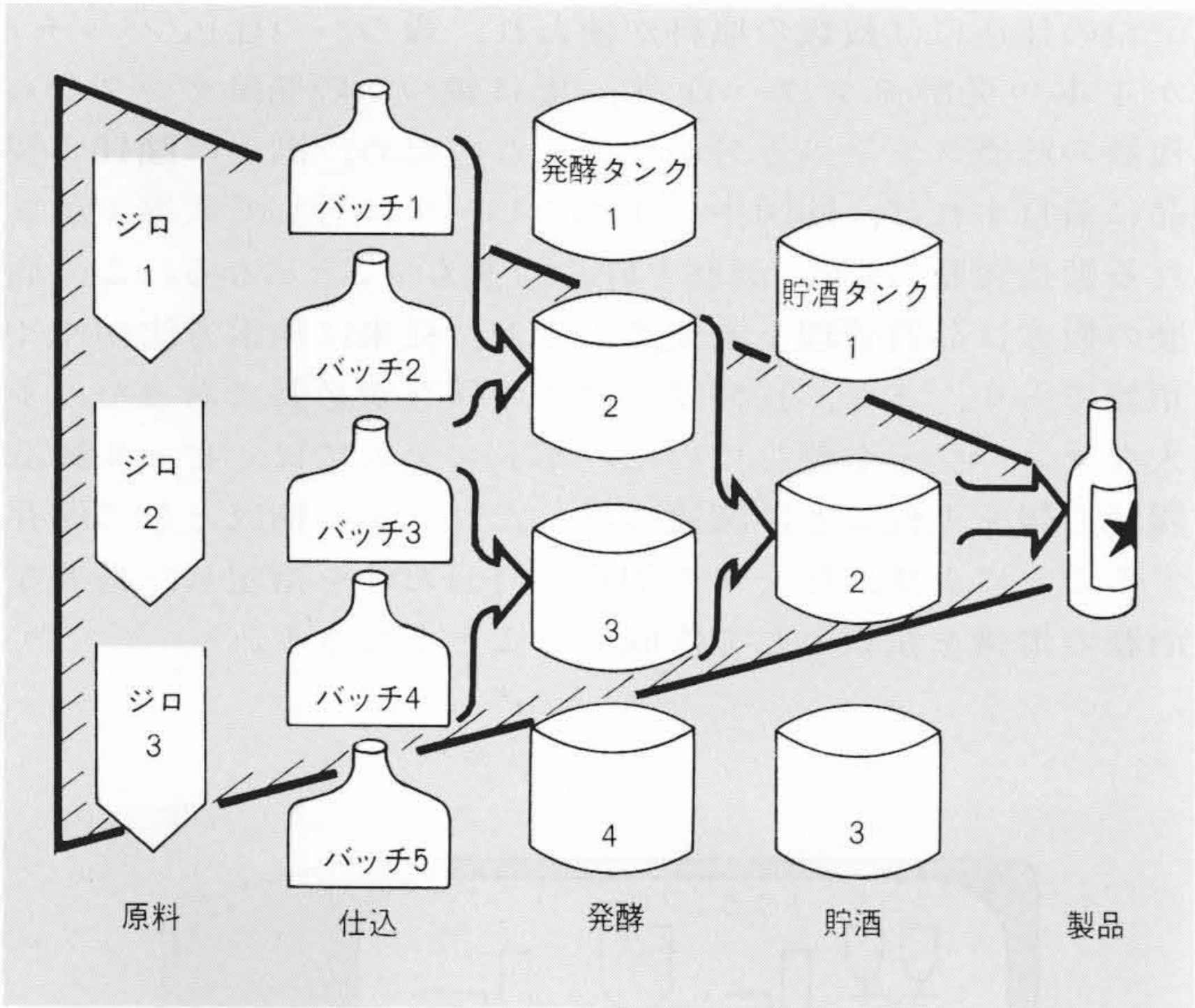


図10 酒歴検索図 1本のビールは様々な経歴をもつ多くのビールの混合であり、この経歴をさかのぼることにより、品質の決定要因を解明することができる。

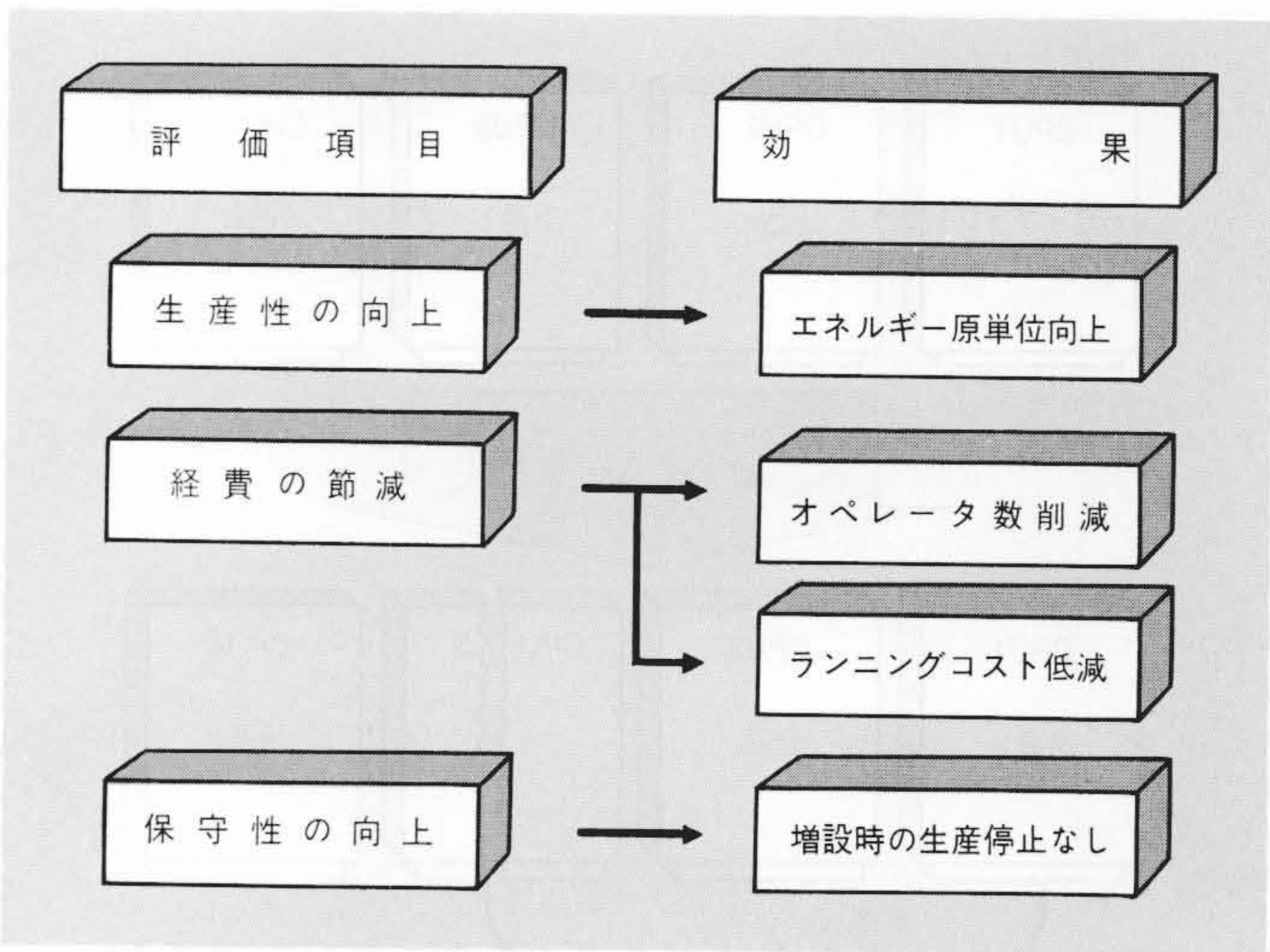


図12 システムの評価 システムの評価項目と対応する効果を示す。

システムの目的として当初設定した生産性の向上、経費の節減、保守性の向上について各々の効果を図12に示す。

(1) 生産性の向上

工程単位のシーケンスの自動化に加えて、仕込作業時間及び条件の最適管理、汙過条件の最適化、タンク割当てスケジュールの展開などにより、ロス最小化を図ることができ、生産性の向上を実現することができた。

(2) 経費の節減

工場全体を集中管理、制御することにより同規模の工場と比べ、70%の人員で操業可能となった。また、設備の効率的運用、きめ細かなユーティリティ管理を行なうことによりランニングコストの低減を図ることができた。

(3) 保守性の向上

システム計画の当初からハードウェア、ソフトウェアについて、保守性を含めた拡張性の検討を行なっており、第2期システム拡張時は生産停止を伴わずに生産量の倍増に対応することができた。

6 結 言

以上、ビール製造工場での大規模プロセス制御としての計算機システムについて述べた。最近、光通信技術が本格的応用期に入り、データ処理技術で広域性という障害はなくなってきた。本格的な無人工場を実現しようとした場合、保守、機能の集中管理というニーズからも、今後は大規模なコンビナートも光通信によりすべてデータを中央へ集約し、中央ではそれぞれの役務を担った複数のプロセッサにより処理の分担を行ないながら、コンビナート全体を一つのプラントとして制御する集中管理形システムも将来のひとつの方向と考える。

本ビール製造工場の制御システムは、このような集中管理形システムの一例と言える。

終わりに、このシステムの開発に当たり終始御援助、御助言をいただいた関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 長谷川、外：化学プラントにおける計算制御システム、日立評論、58、6、451～456(昭51-6)
- 2) 温井、外：都市ガス工場計算機制御システム、日立評論、60、7、493～498(昭53-7)

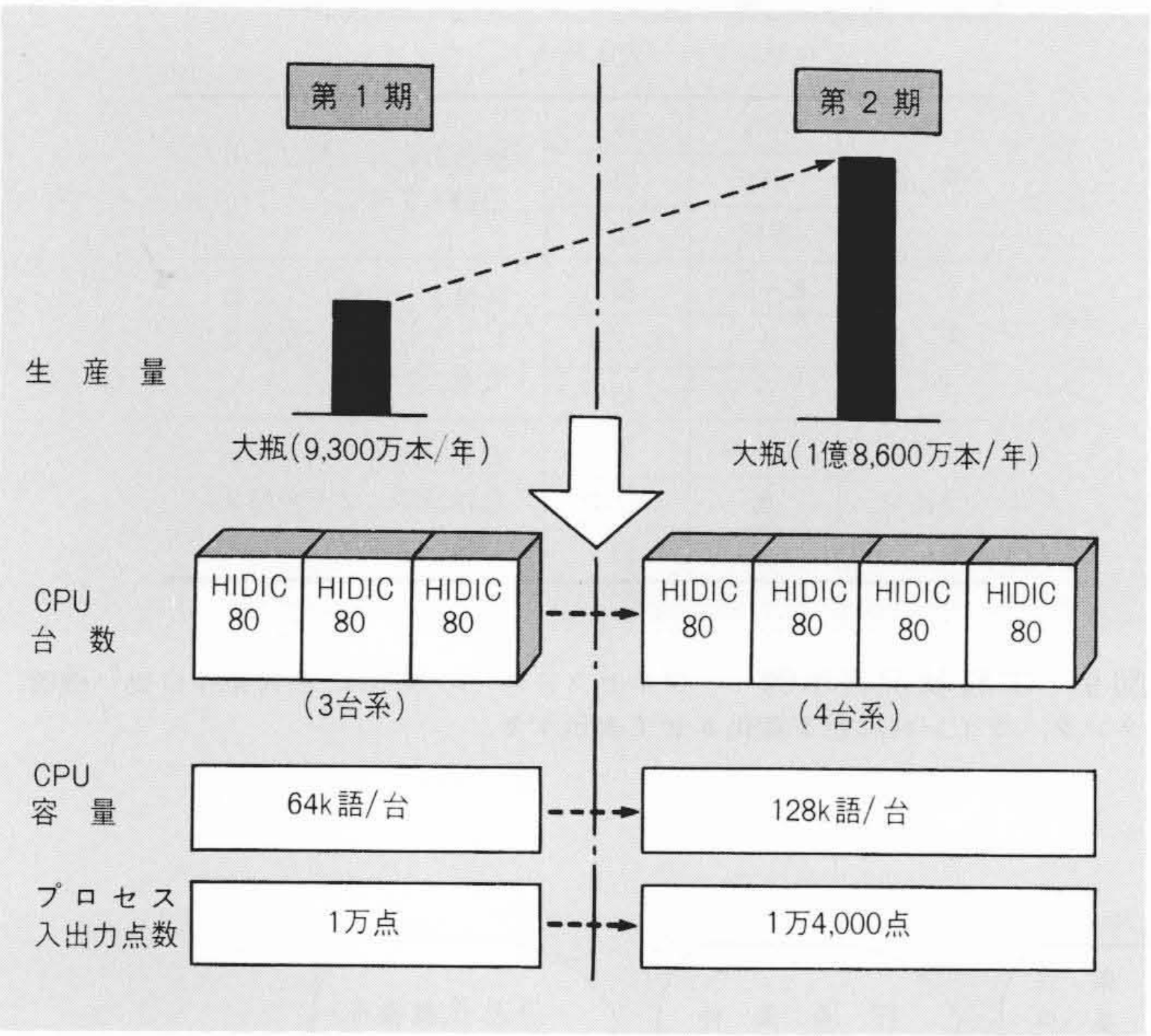


図11 システムの拡張内容 当初計画に対して、生産量の倍増を実施した第2期システム拡張時の計算機制御システムの増設内容を示す。

4.2.4 拡張性

静岡工場は図11に示すように、当初の第1期工事では計算機システム規模としてCPU 3台、入出力点数1万点、プラント製造能力、ビール大瓶9,300万本/年でスタートした。1年後の第2期工事でプラント製造能力を2倍の1億8,600万本/年に増やすことが実施され、計算機システムもCPU 4台、CPU容量を64k語、入出力点数4,000点の増設を実施した。現地増設作業は大幅な増設作業にもかかわらず生産停止を伴わずに実施でき、当初のねらいであったハードウェア、ソフトウェアの増設の容易性を十分立証することができた。

5 システムの評価

このシステムは、昭和55年4月に第1期として操業に入り、以降第2期のシステム拡張を経て現在順調に稼動している。