会員研究例会レポート

石油精製業におけるMIS

── 短期生産計画の事例 ──

興亜石油株式会社
専務取締役　野　口　照　雄

1968-6-20 VOL.2

日本電子計算開発協会

目　　次

はじめに

従来、企業組織内各部門において、個々に開発されて来た、最適化システム、データ・プロセスなどを、企業全体の見地より有機的に結合、総合化し、全社的最適システム作成を指向する動きが顕著である。換言すれば、コンピューターによる情報の集中管理、それに基礎をおく、企業内各要素、たとえば、資金、設備、原材料、人力などすべてのアクティヴィティを最適化システムに投入することにより、総合的最適化を企てる傾向は、ここ数年来、各企業の目標として来たところである。

一方、企業組織の複雑化に伴い、日常活動における経営の意志決定は、益益困難の度を加えるが、近年急速に発達した数学的処理を中心とする、高度の経営科学的手法が、従来困難とされていた、これら経営の意志決定の分野に利用されるに至り、[1),2)] コンピューターの利用と相俟つて、迅速かつ精度の高い、計画、管理資料の作成を可能とし、当事者の意志決定、行動に大いに寄与することとなつた。

石油資源の殆んどすべてを海外に依存するわが国において、また、石油精製を主業務とし、隣接する石油化学コンビナートに多量の原料安定供給を義務づけられる当社においては、将来の設備計画の最適化と同時に、短期生産計画の最適化、ならびにそれに附随する一連の各種業務の遂行を迅速かつ円滑に実施することが急務である。

当社では早くから、生産計画におけるリニアー・プログラミングなど数理計画手法の利用を行つており、それらを中核とした、一連の生産計画、実行管理などにおけるマネージメント・インフォーメイション・システムの可能性を追求その確立に努力を重ねているが、その概略を記述する。

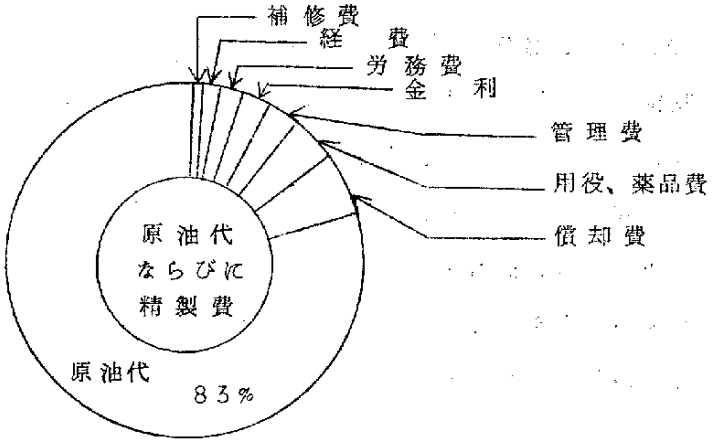
1. システム開発の背景

コンピューターの利用を効果的な次元で行なうとすれば、企業の経営活動を経済的、機能的に分析し、どの部分の計画もしくは管理に主眼を注ぐべきかを明かにする必要がある。その結果得られる、コスト節減、利潤増大に関する定量的資料、もしくはその他の定性的資料にもとづき、種々検討を重ね、精製活動――つまり、生産計画ならびにそれに附随した主要実行管理を抱括するシステムが対象となり、その確立の必要性が指摘された。精製活動を主業務とする企業にとつては当然の帰結である。

この際のシステムの必要性は下記３点である。

(1) 経済的評価

精製活動におけるコスト分析の結果は、図―１に示すごとく、原油代金の占める割合は８０％以上にも達し、そのコントロールの重要性が認識される。当然、償却、金利などに関連した長期設備計画も、将来における利益獲得能力を左右する点で同等に重要性を失わないが、ここでは、前者すなわち、日常の精製活動の管理が問題として取り上げられたわけである。



図―１　原油代、精製費の内別け

(2) 精製活動の複雑性

精製活動における生産活動が、多変数、多制約式を有する、複雑なシステムであり、リニアー・プログラミングが、その解析にきわめて有効であることは、古くから知られ、実際活動への利用も近年常識化しているのは衆知の事実である。(リニアー・プログラミング自体については、すでにすぐれた文献[3] も多いので、ここでは省略する)。精製部門にかぎつても原油の選択、設備の選定、製品分布の決定など、複雑な配分計画を可能にし、その効用は多くが認めるところである。しかし計画の評価自体は、その計画の目標に対する達成度で左右される。計画達成の過程における外界の条件変動に対処し、計画の再検討、そのもとにおける実行、さらにまた、計画と実行の差異の修正動作など諸問題が山積する。

最適計画が立案されても、それを実行と結びつけるためのつなぎ、すなわち、細部の日程計画は、従来最も弱点とされていた部分である。

(3) 情報の流れ

リニアー・プログラミングなど、シミュレーション・モデルの効用は、モデルが現象を如何に忠実にシミュレートするかにかかり、それに投入される諸情報——たとえば、原油のコスト、製品価格、原油の性状など具体的な数字のほかに、数学モデル作成上の諸情報を含めて————を迅速かつ正確に、収集、投入し、意志決定の資料を作成する必要がある。情報システムを効果的に形成することは、生産計画システムを支える基礎であり、各サブ・システム間の情報の流れ、すなわち、その発生と利用———を管理していくことの重要性は、総合システム内の情報の有機的関連という必要性からも充分認識することができよう。さらにこれらシステムの形成は、精製活動の機能自体の情報の流れを明確にする上できわめて有意義なものである。

以上、三つの要点は、精製活動における総合システム(Management I-

nformation System for Refining Activities)追求の理由となるものである。要約すれば、本システムは、短期生産計画において、それを最適化し、実行管理していくことを目的として、それに必要な諸情報の流れを有機的に統合するようなシステムを指す。

2. システムの概要

2—1 システム全般

当然のことながら、本システムの初期における機能すなわち計画部門は、主として中央における権限であり、実行もしくは、管理は、製油所すなわち、地方における権限に属すが、計画と実行を結ぶ諸段階において、これら両者の間には、必要な情報のフイード・バック・サイクルが存在する。中央もしくは地方における権限の範囲は、より実質的な面、すなわち利益最大という行動目標をいつも脱しないように設定されるべきである。

一口に云つて、これから述べようとする短期生産計画のためのシステムは、

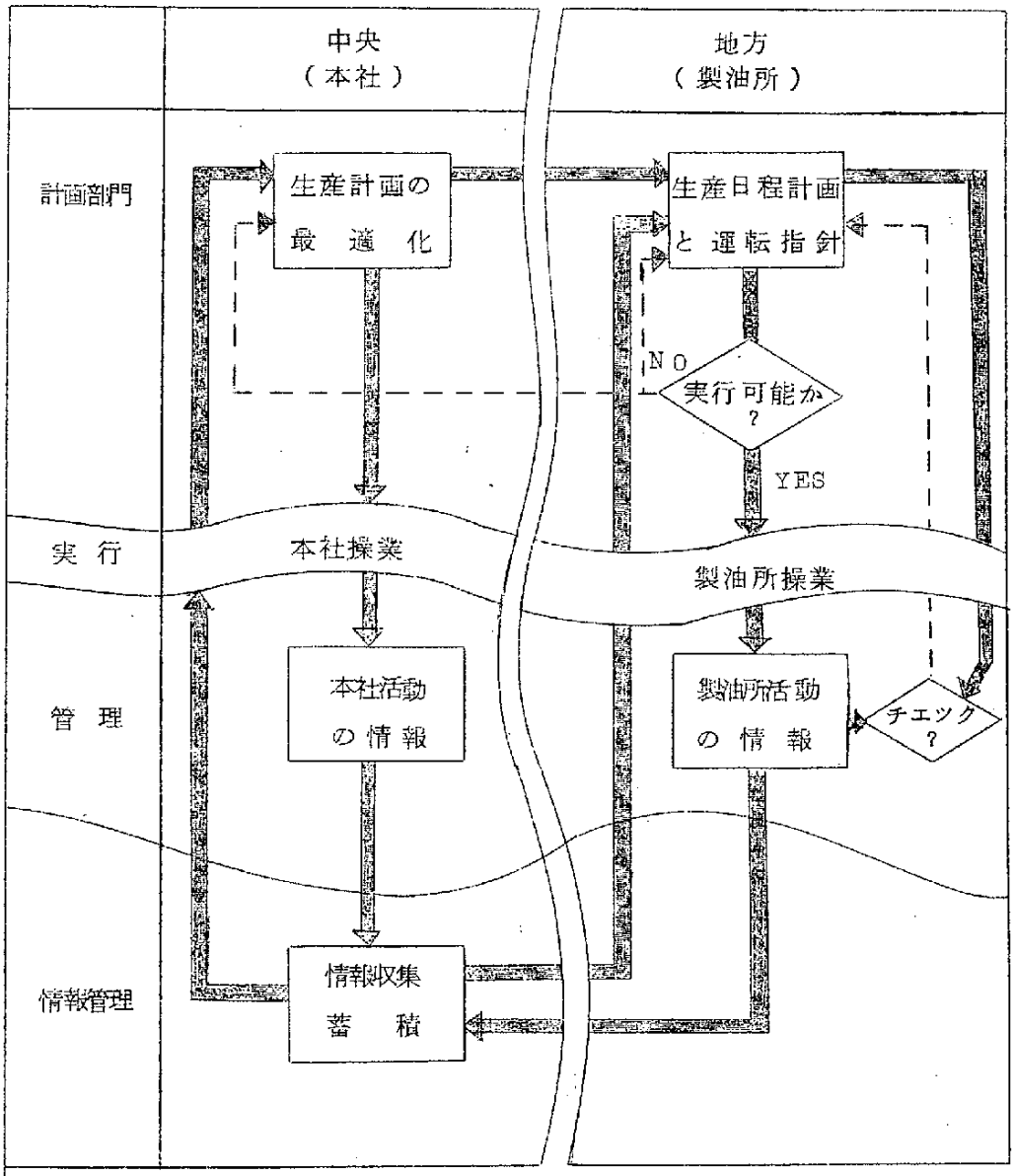
(a) 最適化ならびに生産日程計画などを含む計画部門

(b) 実行結果の処理と計画との対比を行なう実行管理部門

(c) 実行管理部門その他からの情報を収集更新して、計画部門に提供する情報管理部門

の3つの主要部門をもつて構成される。ここに、短期生産計画とは、1年以内に生ずる生産計画を指すが、通常、1期すなわち半年、もしくは、1ケ月単位の計画を取り上げる方が頻度としても高く、より現実的である。いずれにせよ、1ケ月もしくは数ケ月という時間と、実行時における短かい時間を、時間的推移のなかに、計画と実行をいかに結合するか、また、中央と地方の計画、実施の結合をどうするかにシステム形成の努力が払われた。

図—2は、各部門と、本社、製油所といつた地域的な機能の情報の流れを示すものである。



図－2　計画－実行管理の情報の流れ簡略図

2－2 各部門概略

(1) 計画部門

最適化技法を主体とした本社における主要計画とそれにもとづいて作成される生産日程計画など製油所における従的計画より成るが、後者は本来前者にガイドされたものでなければならない。要するに、高いレベルの最適化を実行に移すための結びと同時に、低いレベルの最適化、管理技法により、さらに細部のコントロールを行なうのが、これら一連の計画部門の使命である。

この部門自体、いくつかのサブ・システムより形成される。すなわち、同部門作業は通常、半年間の原油処理決定モデルにより、季節変動を考慮して、毎月の原油処理を決定することから出発する。

月毎に配分された原油処理を基礎にして、詳細モデルにより、各月原油選択の最適化を実行する。原油処理直前には、同一モデルを用いて、より具体的与件下での最適生産計画が決定される。すなわち実行段階におけるＬＰモデルの処理が行なわれるが、これより得られる諸情報は、ついで、生産日程計画用シミュレーターに投入され、配分用ＬＰの決定し得ない、スケジュールの決定に使用される。本シミュレーターは、各装置ごとの運転日程計画、溜出油バランス、混合などのスケジュールを決定するほか、詳細な物資収支をも提供する。

各装置運転計画にしたがつて、主要装置運転の最適化指針がオフ・ラインもしくはオン・ラインによりそれらの装置に伝えられる。

以上が、計画に関連した各サブ・システムの概要であるが、これらと併行して、製油所内、用役バランスの最適化や対象期間内の利益予想が算出される。

(2) 実行管理部門

計画が目標通り行なわれなければ、それが如何にすぐれていても存在価値は薄れる。

詳細計画に基づき精製活動を実施する際、実行結果が計画された行動基準から外れているかいないかの管理を行なうためには、行動の結果に関する情報を提供する部門が必要となる。

複雑な操業結果は迅速に報告され、以後の調整動作や、次期計画への指針とされる。

(3) 情報管理部門

本システムにおいて発生した諸情報のほか、本システムに必要な情報を収集、蓄積、更新する情報管理部門は、ベーシックな機能とはいいながら、極めて重要な役割を演ずる。これより入手できる諸情報は、必要に応じて加工され、計画部門への入力として使用される。

3. 各サブ・システムの紹介

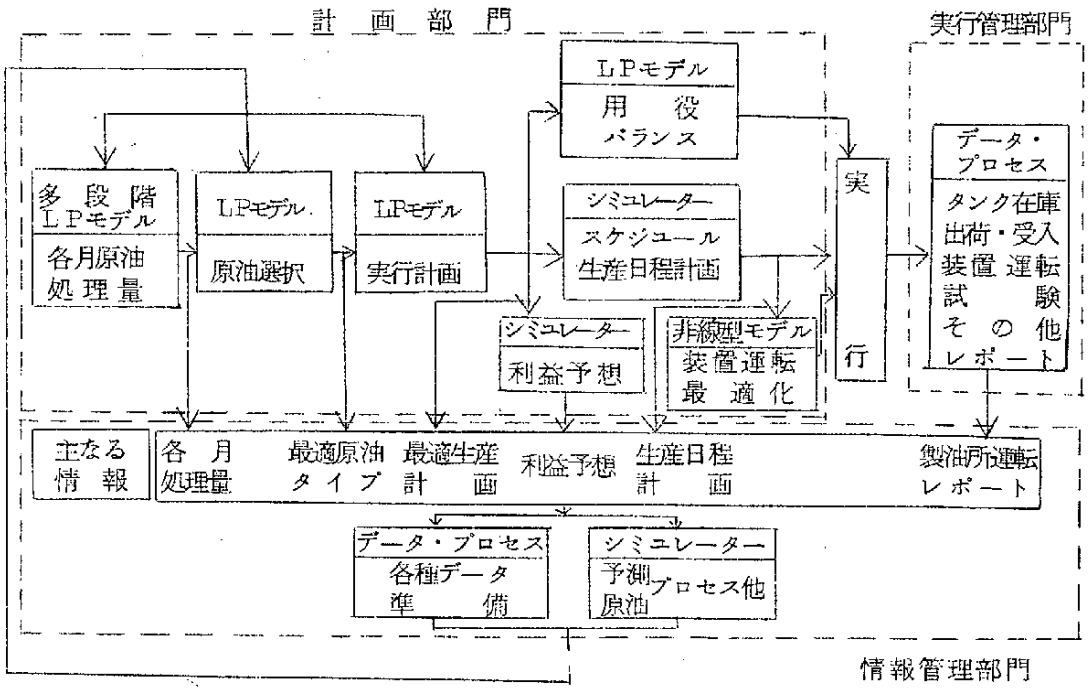
短期生産活動のための情報システムが計画、実行管理、情報管理の三部門より成ることは前述のとおりである。それぞれの部門はまたいくつかのサブ・システムより成り、各サブ・システム間の主な情報の流れは、図－3に示すとおりである。勿論、現実には、さらに複雑な、情報の往復がみられることは云うまでもない。

以下、各サブ・システムの概要を説明する。

3－1 計画部門

計画部門は、精製活動の中心をなす、主として最適化システムと、生産日程計画などスケジュール決定用のシミュレーターなどから成るシステムである。

図－3 短期生産活動のための情報システム



(1) 各月原油処理量決定のためのダイナミック・モデル

通常1年もしくは半年を単位とした多段階ＬＰモデルにより、各月ごとの最適処理量の配分計画をたてる。

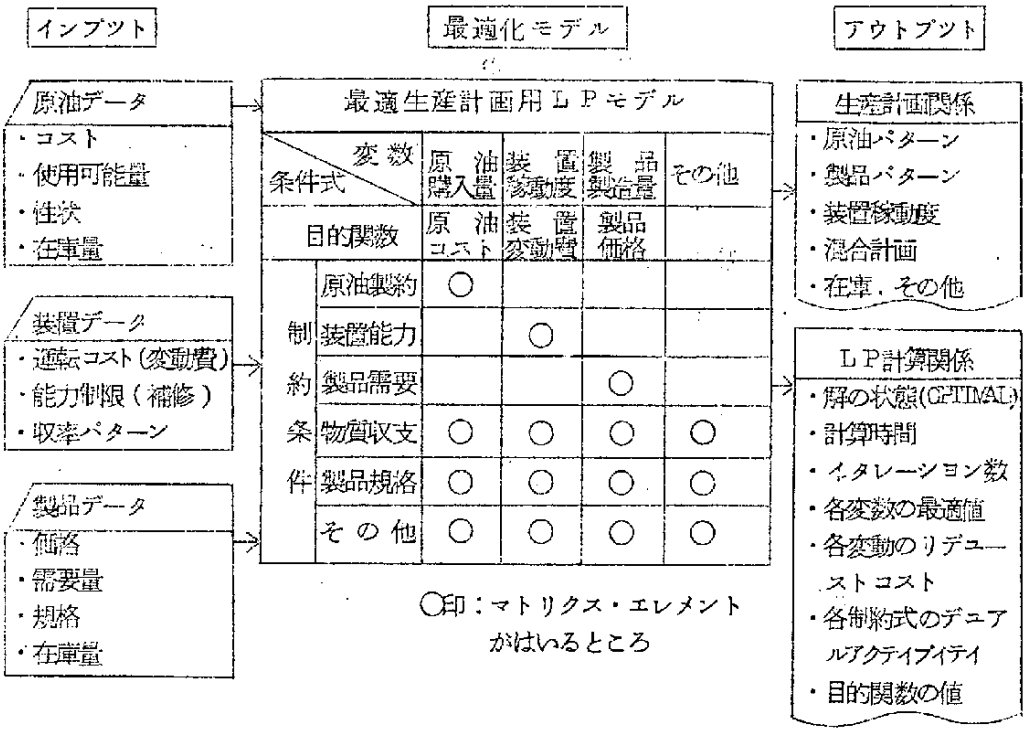
この際、各製品需要は、過去の季節もしくは、時系列解析の結果に基礎を置くが、計画自体の主目的が各月の原油処理量決定にあり、また半年間の多段階のＬＰモデルの形式をとるため、モデル・サイズの膨脹を抑える意味で、可能な限りモデルの簡略化を行なう必要がある。

多段階のＬＰモデルは、同一形式をもつ各月のサブ　ＬＰと、対象期間全体をカバーするマスターＬＰより成り、後者は期間内原油処理量、在庫、繰越しなどの制約式を含むことは明らかである。本モデルにより決定される各月原油処理量は、つぎの原油選択モデルのインプットに使用される。

(2) 原油選択ならびに実行計画用ＬＰモデル

本モデルは、前の多段階モデルにガイドされるもので、システムの中核を成し、主要製品、半製品、原油等の在庫、繰越し、装置補修期間など、できるだけ詳細な要素をとり入れ、モデル作成を行なつている。対象期間内に発生すべき製品別需要の指定を行ない、生産能力の制約を考慮して、さきに作成されたダイナミック・モデルを修正し、より現実的生産活動を設定する。

定常的には、原油発注前と実際処理の２段階についてのＬＰ計算を実施すれば足りる。前者は主として、原油選択用の最適化計画であり、後者はそれら原油が実際に処理される、より具体的な条件下、すなわち実行段階における最適化計画である。２つの最適化計画は同一モデルによるが、計算時点の数十日間の差は、それが後者の場合、与件に対するより具体性を与えられることとなる。



図－4　生産計画ＬＰモデルをとりまく情報

レポート作成にはレポート・ライター用プログラムが大巾に利用され、各担当レベルに応じたレポートが作成される。

図－4は、本サブ・システムに利用されるＬＰモデルをとりまく諸情報を関係づけたものである。

(3) 生産日程計画シミュレーター

生産開始に先立ち実施された上記最適配分計画にもとづき、対象期間内の詳細かつ具体的な生産活動の予定表を作成するシミュレーターであり、ＬＰによる最適計画を実施するに当つての各段階における行動基準を与えるものに外ならない。

ＬＰは本質的に配分決定の管理技法であり、スケジュールの決定には効果的ではない。換言すれば、一定期間内の配分問題を解くことにより、

期間内平均計画を与えるが、それらが現実の時間への推移のなかにあつて、常に実行可能となる保証を与えるものではない。一方、混合原料の張込み（その混合比が、最適化計算の結果決定されるべき性質の場合）で表現されるような、いわゆる「RATIO PROBLEM」、あるいはまた各溜分のCutの決定など、非線型要素についてもLPによる接近は充分ではない。以上LPのもつ欠陥を補ない、かつ最適計画を実施に移すための行動指針を次々に伝達していくシステムとして、スケジュール・シミュレーションの必要性が浮び上る。

本シミュレーターは、生産計画実行に当つての、詳細な諸条件を考慮しモデル化を行ない、下記のごとき機能を包含する。

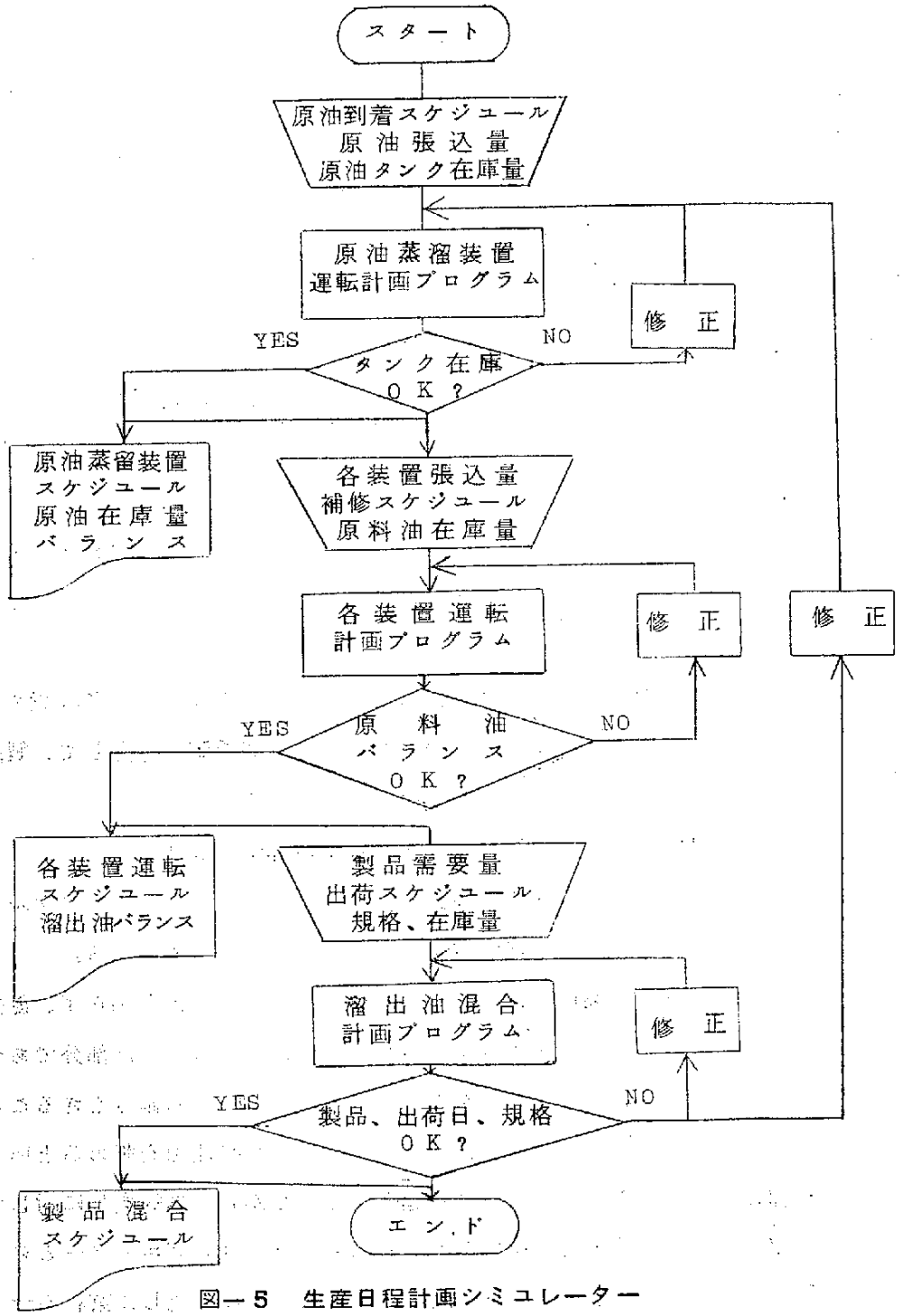
(a) 各装置の原料別、オペレーション別の日程計画の設定： たとえば原油蒸溜装置では、タンカー到着、タンク能力、タンク在庫、出荷予定、シャット・ダウン・スケジュールなど詳細な条件を考慮し、装置別、原油別、処理計画を決定する。

(b) 各製品出荷計画に伴なう、混合スケジュールの決定： 各装置スケジュールにもとずく溜出油のバランスと出荷予定を考慮して、製品混合の最適化を計る。

(c) 対象期間を通じての製油所内物質収支の算定その他。

図―5は、本シミュレーターの機能を示すフロー・チャートのスケルトンであるが、実際は、非常に複雑かつ膨大なプログラムである。

スケジュール決定業務は、正確かつ迅速を必要とするにも拘らず、従来熟達者の経験や勘に依存するところが多く、標準化の遅れた部分であつた。この事実は、スケジュールのもつ理論的構造の不明確さもさることながら、刻々変動する外因が、スケジュールの存在理由を薄めるという一種の迷信に支えられたことにも起因する。しかし、外的変動に対して迅速かつ適切に修正動作を行なわせるためには、コンピューターとシミュレーターの力を借りずには、所詮不可能なほど複雑化した業務の一つ



図—5　生産日程計画シミュレーター

であることは明らかである。

このスケジュールが決定されると、計画は製造現場に指示され、原油処理が実施される。処理期間内における与件の変動——たとえば、装置の小事故、タンカーの遅れ、製品出荷量、時期——は現実には不可能であり、必要な情報にもとずく修正動作を続けることにより、目標への収束を計つていく。

(4) 各装置運転の最適化

前記、スケジュール・シミュレーターの提供する装置別運転計画を与件として、各装置運転の最適化を行なうための各数学モデルを開発する。主要装置のうち、あるものはオン・ラインによる最適化を行なうが、大部分は非線型プログラム[4)] を用いての、オフ・ラインのスタデイ結果を、夫々運転指針として各装置に返すようにする。

(5) その他のサブ・システム

前記数ケのサブ・システムのほかに、用役消費、とくに代替性のある蒸気、電力など動力系統の各消費部門へ配分を最適化する目的で作成された用役配分最適化システムが利用されるが、そのレベルから判断して、スケジューリング決定までは行なわない。

利益予想システムは、主要な情報のほとんどをこのシステムに依存し、対象期間内の収益の予想を可能とする。

この機能は(1)最適計画にもとずく収益の予想(2)楽観的、悲観的条件下など、各ケースにおける収益の変動パターンの研究(3)過去の収益の予想値と実行値とのチエックとそれのフイード・バックなどを挙げることができる。

3－2 実行管理部門[5)]

複合システムを有機的に運営する必須の条件は、正確な情報の円滑な流通であろう。計画と管理においても情報は一つのサイクルを描き、実行の結果は、計画と比較評価され、計画の修正への意志決定もしくは、次期計画への情報といつた形でフィード・バックされる。すなわち実行結果が計画に合致するものであるかどうかが、実行結果に対する評価であり、実績と計画との差を解析することは、それが制御可能な要因によるものかどうか、あるいは、その事態に、どのような動作をとつたかなどといつた点を究明することから始められよう。

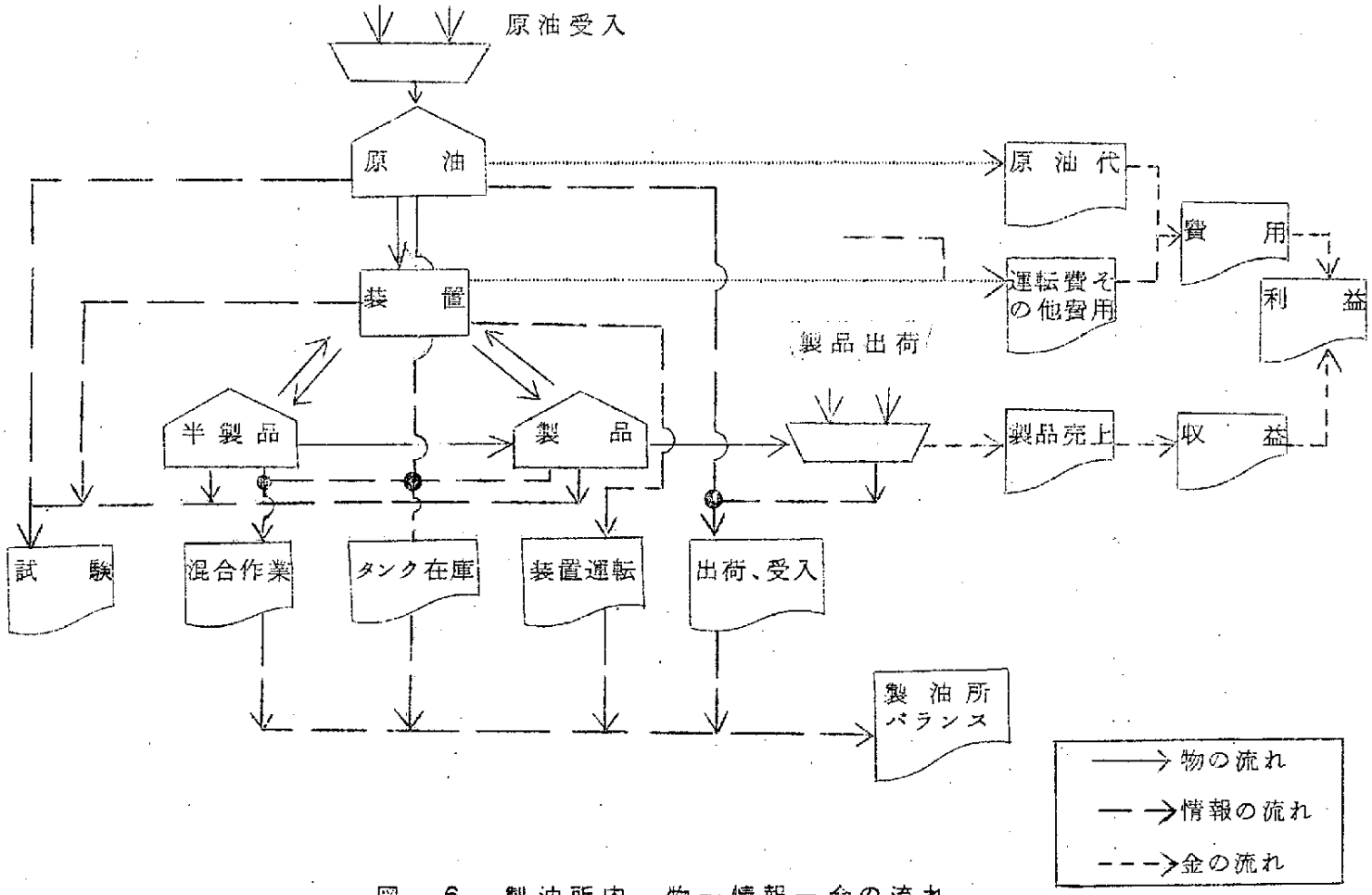
ここで述べるシステムは、製油所内において計画実施時に生ずる諸活動に関する日々の結果を、迅速に管理者もしくは計画、実行担当者に、情報として流すことにより、現状の認識、すなわち計画の達成度、問題点などを適確にし、必要な調整動作を速かに実現させることを目的とする。また、諸情報は、新しい予測、スケジュールに利用されるばかりでなく、広く情報管理システムに貯えられ、諸計画に利用される。

製油所の活動に関する諸情報は図－6に示すとおりであるが、ここでは主な項目について触れておこう。

(1) タンク在庫レポート

各タンクよりの温度、比重、S＆W、レベルなどの必要データを収集、各タンク在庫量を算出し、在庫の確認とともに、タンク利用スケジュールの計画に利用する。

ここでレポートされる諸項目は、タンク番号、油種コード、油種名、温度、比重、レベル、油量、S＆W、タンク能力、UNAVAILABL－E VOLUME などである。



図－6　製油所内、物－情報－金の流れ

(2) 装置運転レポート

主要装置における各ストリームの流量、温度、比重、圧力などを収集、装置廻りのネットワークのバランス計算により、装置への張込油、生成油など、装置運転レポートを作成する。

このレポートは、装置名、原料油ならびに生成油の重量(比)、容量(比)、それらの主要性状、主要運転条件、用役消費などのほか、生産に関する目標と実績の差、各種生成油やロスの評価額による金額への換算など、各種データを包含する。要するに、ロスの管理など装置の物質収支とともに、運転計画と実績との評価に重点が置かれる。

(3) 試験レポート

一日に発生する試験データは、予め設計されたインプット・データ・シートに記入され、試験レポートとして集約される。製品、半製品の規格外れについては、厳密にチエックされ、必要に応じてリマークがつけられる。

ここにおける重要機能の一つは、重油、ガソリンなど混合用データの収集ならびに、それにもとづく混合比などの設定に関することである。

(4) 出荷受入レポート

原油、製品、半製品の受入れならびに出荷など、24時間の動きを示すレポートで、月始めからの積算値、それと目標値との差を示す。

(5) 混合作業レポート

ガソリン、重油など、主要製品についての日々の混合作業の結果をレポートし、出荷、受入れ、在庫量の調整を行なつて、混合基材、製品の現在量を確定すると同時に、それらの主要性状も併せてレポートする。

3—3 情報管理部門

企業活動において、有形無形の情報を収集整理し、企業モデルに反映させていくが、活動が複雑多岐に亘るほど、支える情報の比重は増大し、その精度が問題となる。ある経営計画モデルが、現象を忠実に表現するか否かはモデルの精確さ、すなわちそのなかに投入される情報に依存するところが大きい。かつて、われわれが犯した過誤、たとえば、モデルを数分ないし数十分で解き、データ収集にその数十倍の時間を費すことなどは、基本的には、情報管理に欠陥もしくは、弱点が存在したからに外ならない。

(1) 情報の重要性

情報の重要性はつぎの3点に集約できよう。

(a) 正確な情報による正確な行動：如何に立派なモデルを開発しても、それに投入される情報の信頼性が低ければ、その結果の信頼性は当然低いものであり、それにもとづく意志決定も誤る可能性が大きい。

(b) 迅速な情報：コンピューターによる計算時間の短縮も、インプットとなるべき諸情報の収集に時間を費しては、その威力を激減させるだけでなく、意志決定、行動をも阻害しかねない。

(c) 加工された新しい情報：生のデータの重要性は云うまでもないが、システムのインプットとして直接利用できることは少ない。データに統計的処理、ないしはより高度の加工をほどこすことにより、質的に向上した、常時使用可能な情報を準備せねばならない。

情報管理の要点には、情報の時間的要素を考慮すること、さらに情報自身のもつ重要性の分類が挙げられよう。たえず流動的に運営を続ける活動体において、意志決定の速度は、情報の速度に依存するといつても過言ではない。計画はつねに最新の情報を要求するし、その計画から出さ

れる諸情報は、さらに新しい意志決定を生む。

情報の時間的変化の著しくないものについては、収集の頻度を省くことも可能であるが、変化の著しいものについては、綿密に収集するとともに、何らかの統計的処理が効果的な場合が多い。

情報の質に関しては、計画を支える――モデルを支える――諸量は、システムの複雑化とともに急激に増加するが、ごく限られた支配的因子への重点的管理を行なえばよいであろう。どれが、クリテイカルな情報であるかを、過去における解析の経験により判断することは、それほど困難ではない。たとえば、ＬＰモデルに投入される情報量は2,０００～3,０００程度に及ぶが、ＳＨＡＤＯＷ　ＰＲＩＣＥの大きな式には重点をおき、ＲＥＤＵＣＥＤ　ＣＯＳＴの大きい変数には重点を置かないなどといった一般ルールも参考にすることはできる。常に新しい情報を手もとに持ち、どの情報が重要であるかの認識を持つことにより、確実な意志決定への道が拓けるというものであろう。

ＬＰモデルなど、計画システムのインプットに使用される情報の加工方法ならびにその程度は、システムの要求により一様ではない。需要の予測、価格予測などある種の予測技術に支えられるものもあれば、原油性状決定のための原油シミュレーター、装置の特性を決定するプロセス・シミュレーターなど、高度の加工を必要とするものもある。こうした機能は、情報管理部門に包括するよりはむしろ、計画のインプット・データ処理の分野に属するものであるが、広義には、全システムのデータ準備部門としての機能を持つため、情報管理部門の一環として取り扱えよう。

（２）情報検索の概念

短期生産計画のＭＩＳを迅速かつ効果的に活用する基本は、したがつてこの情報管理部門にあり、ここでは、情報検索の概念が巾広く摂取され

ている。情報検索が

(a) 情報の収集とそれの維持更新

(b) 情報の検索

(c) 情報による解析

といつた基本的諸機能を持つことは衆知の事実であるが、これはあくまで考え方であつて、一定方式が存在するわけではないから、目標に応じた管理システムの設計が必要である。図—7はそれらの機能を図示したものである。

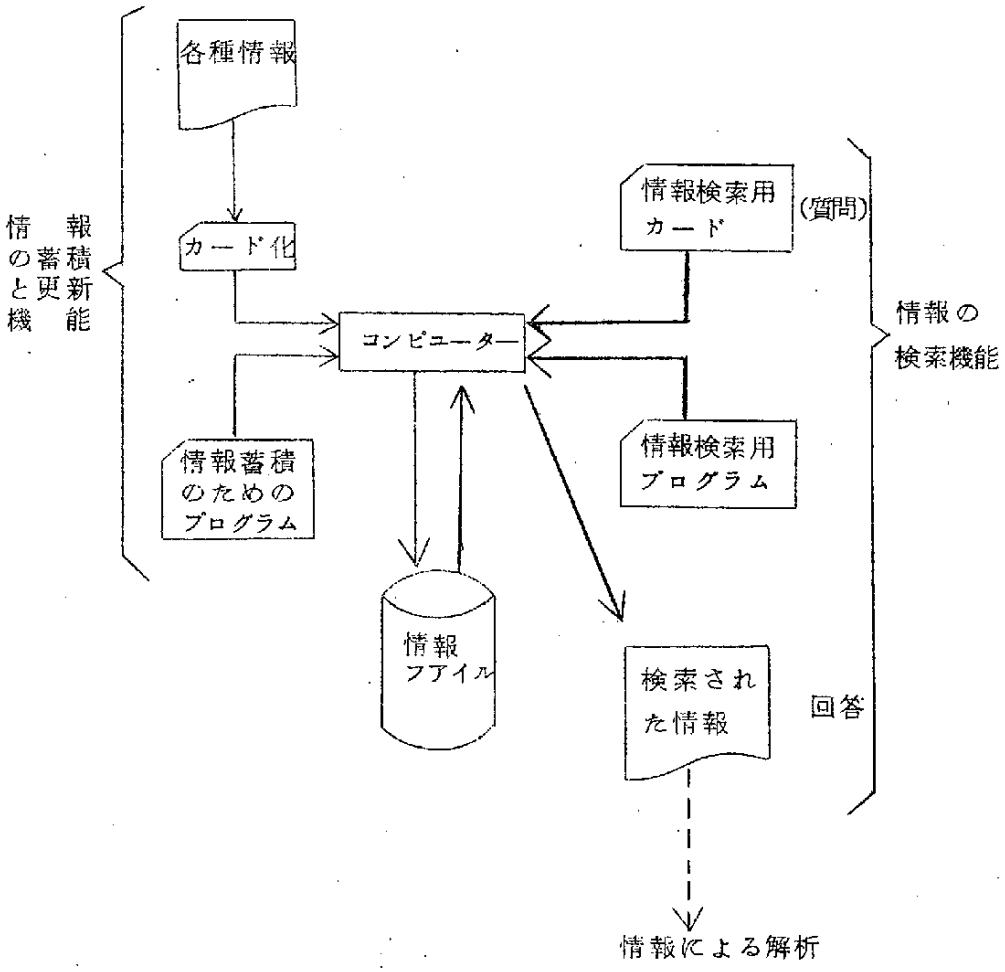


図 — 7　情報検索の機能

このシステムにおいては、計画部門におけるＬＰモデルだけをみても、原油、製品、装置などに関する諸情報たとえば、原油コスト、原油の使用可能量、性状、製品の価格、需要、性状規格、装置運転条件と運転費や収率の関係などが必要であり、これらは過去の情報の集積、もしくは種々のルートから収集され更新される。

4. システムの効用

本システムの効用を高めるためには、システム自体さらに将来の改良が期待されるし、システムの効用自体を充分受けとめるには、さらに時間を待たねばならない。しかし、現時点でのそれらを、要約すれば、下記数項目に評価することができるであろう。

(a) 経済性

(b) 計算効率と速度の向上

(c) 情報の質的向上

(d) 教育的効果

(e) 標準化への寄与

4—1 経済性

まず第一に、ＬＰモデルを中核としたこの種のシステムは、たとえばそれが総合システムの形態をとらないにしても、企業に対して経済的に寄与する事実は屢々報告されており、この場合も例外ではない。短期生産計画では主として、原油選択の最適化において、コンピューターのラン費用を充分補償して余りあることを示している。勿論、これらＬＰによる最適計画の実現には、実行面での最新の配慮が必要であり、本システムの存在理由も、そこに大きい。図—８は、当社における原油平均単価の推移を示すものである。

4—2 計算効率と速度の向上

迅速な計算と、多数のケース・スタディにより、巾広い情報が短時間で得られるため、仕事の能率が向上する。従来の手計算は、多かれ少なかれ、試行錯誤の連続であり、最適化やスケジュール、シミュレーターとの距離

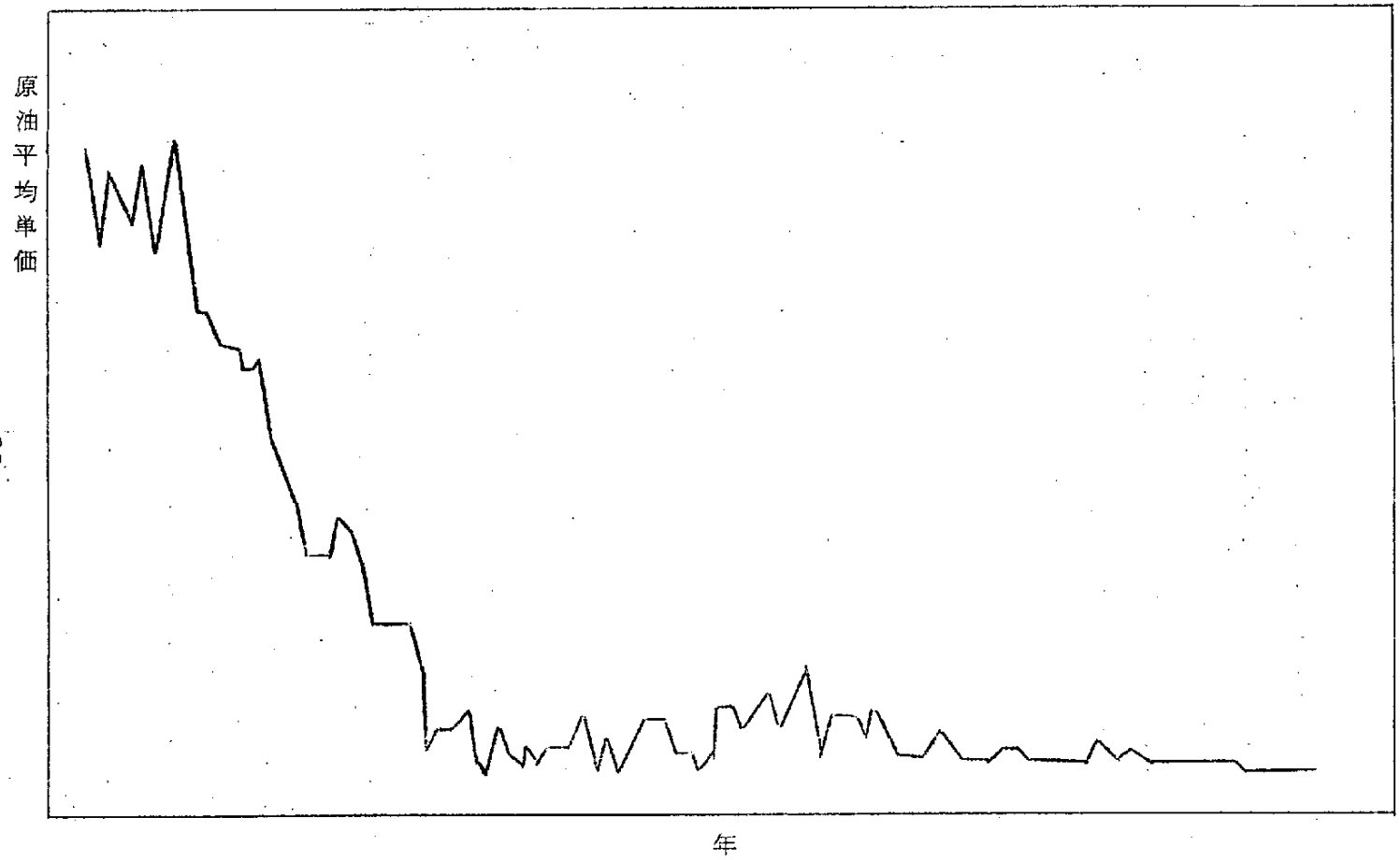


図 一 8　原油平均単価の推移

も小さくなかつた。

さらに数多くのケース・スタディという点では、本システムの計画部門とコンピューターに頼る以外にないし、各種条件変動にたいして、迅速かつ容易に解を得、修正動作に移行し得る利点がある。また、計画の追査に関しても、実行管理部門の確立される場合には、各必要レポートが迅速に集められ、事後の調整に当り得る。また、これら諸データを貯蔵、加工し、計画の速度や精度を高めるための情報管理部門も、意志決定の能率向上に寄与する。

4—3 情報の質的向上

従来人手でなし得なかつた、もしくは簡略化していたものが、システムとコンピューターの力により、正確に処理できるとすれば、提供される情報の質的向上があるはずである。たとえば、前述の情報検索による情報管理は、情報の収集方法、検索機能などを通して、過去の精度を大きく改良したと思われるし、最適化、シミュレーションの各モデルからは、シャドー・プライスやリデュースト・コストなど、数多くの定量的指針が提供され、より高度の解析に利用できる。

4—4 教育的効果

ＬＰ、その他、本システム内に含まれる各サブ・システムのもたらす豊富な情報を充分解析することにより、優れた解析力、柔軟性に富んだ洞察力を養成できる事実は、要員育成の見地からも大きな意義を持つ。

たとえば、製油所活動を構成する各種制約のうち、どの部分に重点を置くべきか、あるいは各種外界の変動が、どの程度の影響を与え、それにたいしどう行動を起すか、といつた問題は、前記シャドー・プライスやリデュースト・コストなどの意味を教育することにより、新人にも定量的に把握することが可能なはずである。

4—5 標準化への寄与

本システムの採用により、業務内の情報の流れが明確になり、同時に作業の標準化が促進される。システムの分析を通じ、複雑な精製活動の全ぼうが明確になり、新人の従事も可能となる。これは、システムによる作業の標準化が進み、かつてのその分野での「神様的存在」が薄れることを意味する。

お　わ　り　に

本論文は、石油精製における生産活動のうち、とくに短期生産活動における計画立案と、実行管理の結合、ならびに、それらを支える情報管理システムを統一した、マネージメント・インフォーメイション・システムについて述べたものである。

従来、製油所単位で実施されていたＭＩＳを広く本社機能も含めた生産活動の体系のなかに包含した形、すなわち、より高いレベルのＭＩＳの実現を試みた。このＭＩＳを中核として、さらに全社的なＴＯＴＡＬ　ＳＹＳＴＥＭへの道程がひらけることは改めて述べるまでもない。

引　用　文　献

1) Conway, F.M., Contributions of Linear Programming to Management Planning and Control, Paper presented at Sixth World Petroleum Congress in Frankfurt, Germany, 1963

2) Kahle, R.V., Corporate Planning using Mathematical Techniques, Paper presented at Sixth World Petroleum Congress in Frankfurt, Germany, 1963

3) Linear Programming and Extensions. George B. Dantzig. New Jersey, Princeton University Press, 1963

4) A Process Optimization Program for Nonlinear System. H.V. Smith. Houston, IBM Corporation, 1964

5) Management Information System for Process Plants. Unpublished Paper, IBM Corporation, 1965