

# タイムアンドファシリティ マネジメント

—その具現化のための送液システム—

島 一己\*・奥田 修\*\*

サプライチェーンマネジメント (SCM) ということが昨今提唱されている。SCM は、製造から、物流、販売、最終消費者にいたるまでのプロセス全体を最適化しようとする活動であると定義されている<sup>1)</sup>。ここでは、デマンドサプライチェーンの同期化により、在庫を減らし、リードタイムを短くし、全体のスループットを高めることを目的としている。

一方、バッチ工場内でも、原料の受け入れから、製造、充填、在庫、出荷という一連の工程が形成されているわけで、そのようなデマンドサプライチェーンを工場総体として見つめなおし、全体のスループットを向上することが望まれる。そのようにしてバッチ工場は、絶え間ない社会の要請に応じて進化していく必要がある。

当社では、そのような目的にかなう考えを「タイムアンドファシリティマネジメント (TFM)」として提案している。それは「時間」と「設備」をトータルにマネジメントするということである。

この考えをバッチ工場で具体的に適用するために、当社では、

- ・設計段階ではシミュレーションの活用によるエン

지니어リングを行う。

- ・建設段階では TFM を具体化するために、インテリジェントな送液システム ILTS を実装することを提案している。

本報では、

- ・「TFM」の概要
- ・設計段階でのエンジニアリング手法
- ・具現化するためのツール；送液システム ILTS
- ・「TFM」に基づいて設計され、実際に設備化されて順調に稼働しているプラントの例を紹介する。

### 1. タイム アンド ファシリティ マネジメント (TFM)

SCM の考えにおけるキーポイントは、先に述べたように、上流下流工程の同期化を図り、迅速な処理により、全体のスループットを高めることである<sup>2)</sup>。

では工場レベルでのこのための解決策は何になるであろうか？

当社ではこのためには「時間」をうまく管理し「設備の能力」をうまく引き出すことではないかと考えている。この考えを、混合攪拌の工程により製品ができあがる潤滑油ブレンド工場を例にとって説明する。

さて、潤滑油を使う側の立場から見た時に、どのような潤滑油に魅力を感じるかを考えてみると、当然のことながら、高い品質、低いコスト、そして手に入り

\* Kazumi SHIMA；産業システム事業部 AIS 研究所 メカトロ技術リーダー

\*\* Osamu OKUDA；同上、システムプロジェクト部エンジニアリング担当 主管

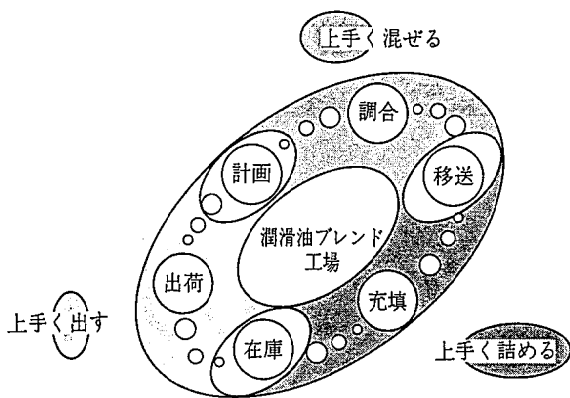


図1 戦略的ブレンドプラントの姿

やすいということになる。これらの要求を製造側は実現する必要がある。

高い品質を実現するためにもっとも大切なのは優れた処方である。ブレンド段階でいえば処方に合った正確な調合を行うことがこれに当たる。

価格については原材料の価格がもっとも大きい要素であり、これ自体は製造側としては関与できないところである。製造側で実現しえることは、労働集約的な容器への充填作業を効率よく行うことである。

手に入れやすさとは販売店での在庫切れをなくすことであり、タイムリーな出荷操作と迅速な在庫補充がこれに相当する。

つまり「正確な調合」「効率的な充填」「素早い出荷」を実現することが競争力強化につながると考えられる。

ところで、潤滑油ブレンド工場での業務は製造の流れに沿って、調合、移送、充填、在庫、出荷、計画という6つに整理できる(図1)。

このうち「調合」、「充填」、「出荷」は、上述の通り工場全体の付加価値増大に直接的に貢献する重要な工程となる。残りの「移送」、「在庫」、「計画」という業

務は、潤滑油製造に不可欠な業務でありながら、それだけでは付加価値を生まない、いわば「つなぎ作業」となる。

SCMの考えからして、これらの全工程を同期化して、工場全体を最適化することが望まれる。つまり、重要工程間を結ぶ「つなぎ」作業を、なるべく人手を掛けずに短時間で行うことは、付加価値を直接的に生む作業の稼働比率を上げることになり、利潤増大に貢献する。たとえば、原料や製品を移送する際にライン切替えを必要とすることが多々ある。この際に現場作業に時間を要せず、迅速に確実に、しかも、品質管理上も問題なく切替え作業が行えると好都合である。また、在庫管理、生産計画管理も素早く行える仕組みがあれば、状況を把握しやすく、種々の運用に伴う意思決定がスピーディに行える。この結果として、調合→充填→出荷→調合という生産サイクルが高速化し、処理バッチ数の増加を可能にする。このことが、最終的には製品の滞留時間を短くして中間在庫を減らすと共に、製品在庫補給間隔も短くなって製品在庫も減らすことができる。

以上に述べたような「つなぎ」作業をスムーズに短時間の間に行い、重要工程を含む工場全体の設備能力を上手に十分に引き出すような考え/方法論を、当社では「タイムアンドファシリティマネジメント(Time & Facility Management; TFM)」と称している。

このような考えは、潤滑油ブレンド設備だけではなく、広く液を送る設備では一般的な考え方といえる。

このことを実際に実現するためには、工場計画段階でのエンジニアリングが必要で、さらにこの目的のための実装しうるツールが肝要である(図2)。それらについて次に述べる。

考え方 TFM

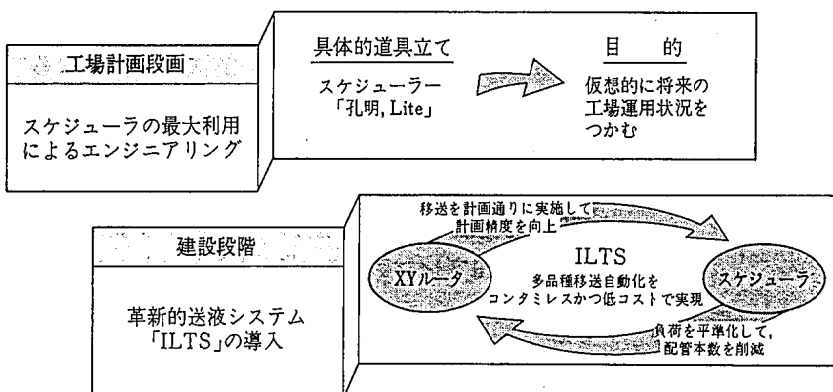


図2 TFMの具現化のためのツール

2. 工場計画段階でのエンジニアリング手法

工事計画段階で意志決定を合理的に行うことは、従来あまり行われていなかったように思える。というよりも、そのためのツールが不足していた。

新しい工場を計画する上では、たとえば、

- ・最適な設備の基数はいくらか
- ・必要な用役はどのくらいか
- ・排水はいくらか
- ・必要な作業員はどの程度か

- ・レイアウトはどうするか
- ・敷地はどのくらいの大きさか

などが意思決定のために必要である。この他に、パッチの生産工場においては、変動要因が多くあり、それに起因するいろいろな運転パターンがありえるわけで、それらを織り込んで計画する必要がある。

従来の計画段階では経験と勘に頼っていることが多いと思われ、事前にさまざまな運転パターンを想定して、合理的に判断することができにくい。たとえば、設備を増やさずにどこまで生産アップできるか。限られた人員ではどこまで生産が増やせるか。時間外や休日でも働いたらどうなるか。工程間で負荷にバラツキがないようにするにはどうしたらよいか。省人化、省エネはどのくらい可能か。

などなど、仮想的な工場の姿を事前に、種々に思い描くことは難しい。

しかし、スケジューラも最大利用したエンジニアリングは、いろいろな状況を事前に想定してその結果を得ることができるため、工場計画段階での意思決定が可能になる。具体的にいえば、次のようになる。まず、スケジューラの結果は、全設備の稼働状況が日割りで分かるガントチャートで示される。機器稼働率が分かると、基数を減らしても運転できるかどうかの見極めができよう。たとえば、充填ステーションでの稼働状況が分かると、充填ステーションの台数が最適かどうか分かる。設備コストが高い充填ステーションを無駄なく使うためには欠かせないことであろう。中間製品タンクでの在庫推移や状況がわかると、中間タンクの必要容量、必要基数の把握が容易になる。また、ユーティリティなどの消費状況が日割りで分かる「リソース消費グラフ」というのもできあがる。これにより、必要製造人員数（例えば、各セクション毎の必要人員数）、用役消費グラフ、排水量、必要電力などがわかることになる。

このような結果を容易にかつ迅速に得るためには、多様な運転パターンに対応可能で使い勝手のよいスケジューラが必要となる。パソコン上で使えるなど、手軽なものが望まれる。当社では、上記の目的に合うレベルのスケジューラを有しており、これを最大限に用いて、事前の計画を合理的に行うことが可能である。

このようなエンジニアリングは実際のところは、コンピュータを用いたシミュレーションとでもいふべき内容のものである。仮想的に設備、工場を構築し、運用シミュレーションを行い、新しい工場のイメージを事前に具現化することができる。

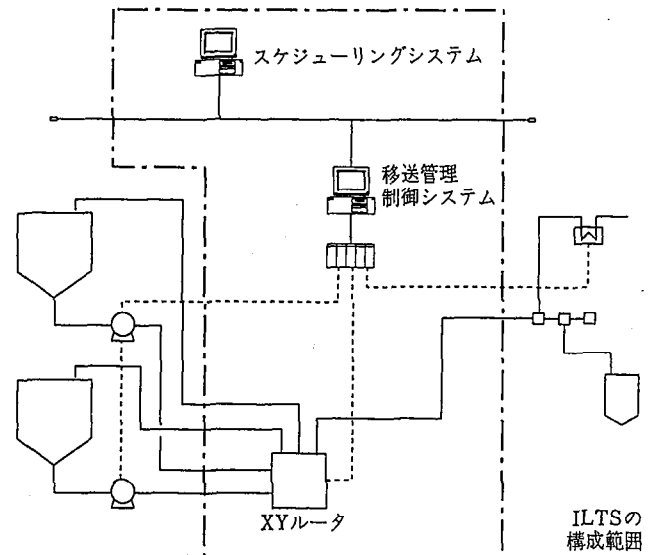


図3 ILTSの構成範囲

### 3. TFMを具体化する際のツール；インテリジェント送液システムILTS

TFMの考えを実際に行う仕組みとして、当社ではインテリジェント送液システムILTS (Intelligent Liquid Transfer System) を用意している (図3)。ILTSは3つの要素、すなわち生産の計画を行うスケジューリングシステム、移送管路制御システム、および複数の工程間をうまく切替えるための切替え装置から成り立っている。

ILTSは、前述した「つなぎ作業」の内の、計画、移送に照準を当てている。つまり、スケジューリングシステムが作業スケジュールを立て、製造ラインの割り付けをし、ライン全体の最適化を図る。その作業スケジュールに基づいて、移送管路制御システムが送液ラインを確実に制御管理していく。そして、切替え装置が送液の自動化を図り、液の切替え移送のスピードアップを図り、同時に品質安全性を確保する。このような3つを有機的に連携させることで、工場全体を効率的に運用できる。

#### 3-1. スケジューリングシステム「孔明®」

工場全体にわたる複数の設備、機器の能力を無駄なく最大限に引き出して、工場全体を効率よく運用し、稼働率を向上させる必要がある。このための道具としては、当社の多系列多工程スケジューラ「孔明」である。「孔明」は各工程のさまざまな制約条件を踏まえた上で、全体を最適化して、生産要求を各製造ラインへ割り付ける。このため、合理的で効率的な生産計画を立案できる。

先の説明で、重要工程の間に存在する「つなぎ作

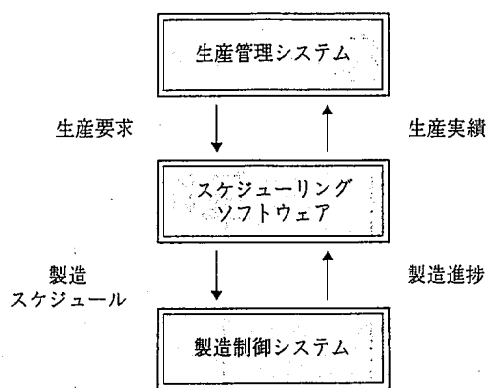


図4 生産計画

業」をうまく統率することで、全体が最適化されるということを述べた。一連の工程計画，製造日程計画を立案し，重要工程だけではなく，このようなつなぎ作業（移送作業）の作業タイミングを調整し，全体の稼働率の平準化を図ることができる。

工場管理システム全体の中での位置付けについては，図4を参照いただきたい。

工場での上位の生産管理システムと，スケジューリングシステムと，現場側での製造制御システムとを図のように階層化する。生産計画で起案した生産要求をスケジューラに落とし，そこで最適な製造スケジュールを確立して，その通りに製造を行わせるべく，製造制御システムに作業手順を送付する。その際には，前述の通り，いろいろな制約条件の中で，最適なスケジュールを見出す。あくまでも全体の最適を図ることが目的である。

製造側は，生産の実績として，その進捗を上位にフィードバックする。その結果が生産計画に反映される。

### 3-2. 移送管路制御システム

移送管路制御システムは，スケジューラで作成した作業順番に基づいて，「つなぎ作業」である移送操作の管理と制御を行う。同システムでは，切替え装置のどの経路が今使われており，どの経路があいているかを常時管理する。さらに後述する切替え装置への命令送付を行い，経路設定を実行する。

移送操作では，自動バルブの開閉制御，ポンプの起動停止の制御，タンクのレベル監視，温度制御を行う必要がある。この一連の操作をモジュール化したものは，各種提案されており，それらは全体システムに組み込まれている。移送管路制御システムはこれらと連動して作業を行う。

### 3-3. 切替え装置「YX ルータ®」

移送管路制御システムからの命令に従って配管の切替えを自動的に行うのが，当社の配管自動切替え装置

現場のニーズ	XY ルータ	バルブ ブロック	人手 ホース接続
操作の確実さ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
労働環境	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
自動運転	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
タイムリーな接続	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
コンタミ安全性	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
低い投資額	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
製品ロスがない	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
拡張性	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

図5 切替え方式比較表

「XYルータ」である。製造スケジューラの要求に応じて素早くラインの切替えを行い，段取りよく移送作業を行うことができる。この装置は，経路の組み合わせが自由に行える柔軟性を持ち，同時にヘッダー溜りがなく，またコンタミの心配がないので品質安全性を確保しながら，移送に伴う切替え作業を実現できる。

#### 3-3-1. 従来の切替え方法

ここで，話題を少し切替えシステムに転じてよう。

バッチ生産の要は切替えるということであり，各種の切替え方式が用いられてきている。例えばバルブを組み合わせで行うバルブブロックシステム，人手によるホース接続システムなどである。図5には，各方式の特徴をチェックリストとしてまとめたものである。チェックマークが付いている項目は優位性があることを示している。

バルブブロックは，自動バルブを組合せることにより自動運転が容易であり，操作は確実であるため，タイムリーな接続という点では有用である。また，自動でもあり，労働環境的にもよいという利点がある。一方，コストが高くなる，コンタミの不安がある，流路の枝分かれがある，ヘッダー内の液だまりが存在するなどの欠点もある。

人手によるホース接続システムは，都度につなぎ込むという点からコンタミに対する安全性が高く低コストである，ヘッダーがないことにより製品ロスがない，拡張性が高く必要ときにすぐにラインを増やせるなどの利点がある。一方，人手作業による接続ミスや作業の遅れがあること（自動運転ができにくいので），労働環境的にも問題があること，などの課題もある。

そこで，バルブブロックと人手ホース接続システムの利点を融合し，それぞれが持っていた課題を解消し

ようとしたものが、当社の配管自動切換え装置「XYルータ」である。

この方式は、実際に10 m<sup>3</sup>以上の大型タンクを用いる工場に適用され、コンタミの心配なく、素早く切替えられるシステムとして活用されている。もちろん、タンク容量が小さくても適用可能であり、また、タンク数（ライン数）にも実質的な制限はない。

### 3-3-2. XYルータの仕組み

本装置の構造などの詳細は、本誌に記事があるので参考にしてほしいが、概略は次の通りである<sup>2)</sup>。

図6をご覧ください。「XYルータ」を構成するのは、ホース、カプラー、それらを動かす移動ユニットである。移動ユニットは状況に応じて適宜選定される。

AとBのホースの先端にはそれぞれカプラーが付いており、X方向に動くAとY方向に動くBが交点の(X, Y)にて接続するようになっている。

それぞれのラインがX方向、Y方向の動きしかしないため、ホースが絡み合うことがない。このことが、XYルータの大きな特徴である。ホースは自由につながることができるために、とかく3次元的に取り扱うことが多いが、それだと自動的に扱うのは難しい。ホースの動きを1次元に限定して扱うので、自動化が容易になったわけである。

図にもあるように、ホースの本数分だけ並行して同時に液の移送が可能である。また、装置内に洗浄のためのライン（CIPライン）を設けておけば、送液が終了したらただちに洗浄に移れる。

装置のフレームをあらかじめ大きめに製作しておくことで、ホース部分を増やすことが容易にできる。このため、将来への拡張性もある。

このように必要なときだけラインをつなぎこむので、connection on demandを実現でき、コンタミが防止できる。

### 3-3-3. 必要な要素技術

カプラーは現在、複数の種類のものを用意している。用途、サービスに応じて使い分けされている。たとえば、潤滑油工場では送液の後にピグを通して洗浄を行うが、ピグ通過可能なカプラーも用意している。切り離しが行われるときに液が外部に出ないように内弁を持つタイプのものも用意されている。

ホースは、最近、材質的にも性能的にも各種の物が市販されてきている。洗浄のことを考えると内面平滑なタイプが好ましい。さらに、ホースと金具の部分で

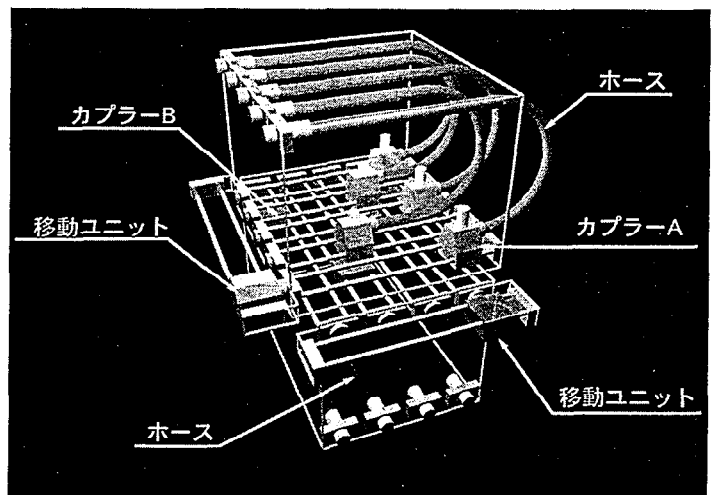


図6 XYルータ概念

液溜まりがないような構造を持つホースが好ましい。その他は、たとえばCIPなどで高温になるときがあるので、耐熱性が必要になることがある。

### 3-3-3. 装置形式

装置の形式としては、図6に紹介したのは両側にホースを用いるものであるが、これだけではなく片側を渡し配管としたタイプもある（潤滑油ブレンディング工場の例で紹介する）。また、ポンプサクションラインに用いることができるように背の低い形式のものもある。さらに、装置コストを考慮して、駆動装置を最小数にしたものなど各種のものが用意されている。

### 3-3-5. 要素技術と形式の組み合わせによる設計バリエーション

用いるコンポーネントとしてカプラーおよびホースがあるが、これらは用途に応じて複数用意されている。また装置形式として複数のタイプが用意されている。これらを組み合わせると、現場の状況に応じて、いろいろな規模、仕様のものが実現できる。このあたりは、モジュールデザインの考えが含まれている。

## 4. 潤滑油ブレンディング工場の内容

さて、今まで述べたような考え（TFM）に基づいて、計画段階ではスケジューラを多用したエンジニアリング手法が適用され、また建設段階では具体的なパッケージとしてのILTS（スケジューラ、XYルータなど）が導入された例として、潤滑油ブレンディング工場がある。これを以下に紹介しよう。

### 4-1. 潤滑油ブレンディング設備概要

本プラントは、設備増強により年間生産量14.5万klにスケールアップした比較的大型の潤滑油ブレンディング設備である。

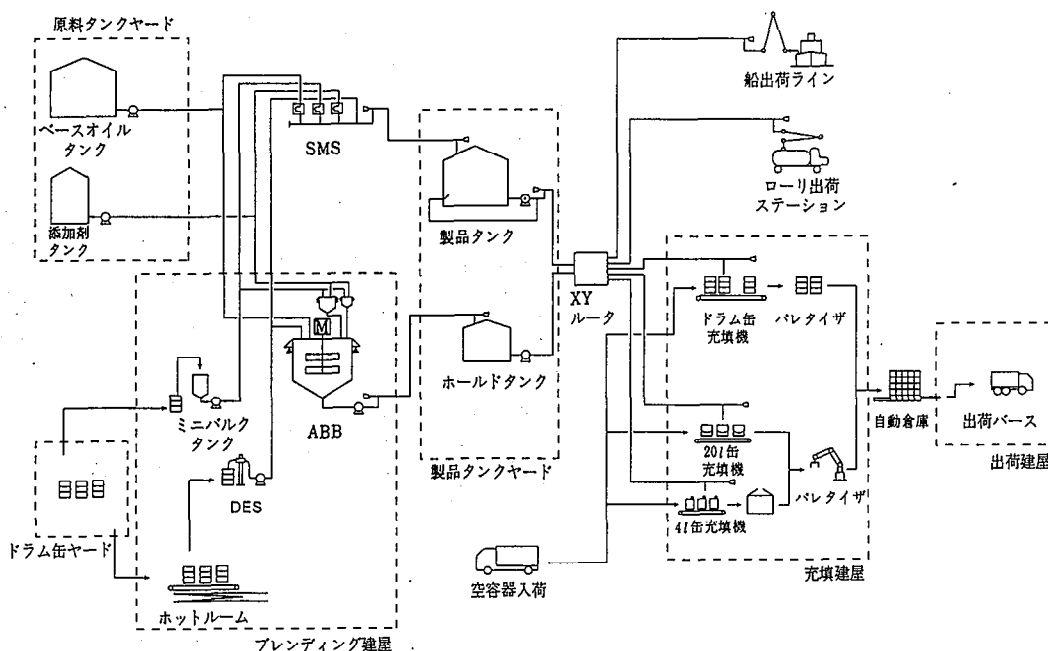


図7 潤滑油ブレンドプラントのプロセスフロー

製品が出荷されるまでの流れについて説明する(図7参照)。

ベースオイルは国内の精油所からタンカーあるいはタンクローリーで供給されて、ベースオイル貯蔵タンクに蓄えられる。添加剤はタンカー、タンクローリー、ドラム缶で供給されて、添加剤タンクに蓄えられるかドラム缶のまま貯蔵される。

ブレンドの方式は、バッチサイズにより異なる。バッチサイズが20kl以下の場合にはABB (Auto Batch Blending) を用いてバッチ調合されてホールドタンクに送られる。バッチサイズが20kl超の場合にはSMS (Simultaneous Metering System) を使って連続ブレンドされて製品タンクに送られ、製品タンクにて最終混合される。いずれの場合にも、次バッチの製品との混合を避けるために製品移送はピグを用いて行われる。

製品/ホールドタンクでの品質検査に合格したら充填/出荷作業になる。ホールドタンクと製品タンクからの配管は3方弁で集約されてXYルータに入り、そこで行き先を切替えられて各充填機と各バルク出荷先に送られる。この移送操作も製品間のコンタミ防止のためにピグが用いられる。

充填される容器の大きさには大小いろいろとあり、ドラム缶から4ℓ缶まで多岐にわたる。各種の容器に充填された製品は自動パレタイズの後、自動倉庫に搬入されて保管される。出荷はトラック毎にピッキング要求が出され、それに応じた単位でトラックバース近傍まで自動搬送されて、フォークリフトで積み込まれ

る。

#### 4-2. 計画段階でのスケジューラによるエンジニアリング

先に、計画段階では、スケジューラを最大限に用いて事前に工場の姿を知り、設備計画を行うことが重要であることを述べた。この潤滑油ブレンド工場での実例を紹介しよう。

今回の設備では、製品を貯蔵している合計70基の製品/ホールドタンクから合計15基の充填/出荷先に製品を移送する。

従来の切替え方式は、ゴムホースを人手でつないでいたが、ホースは3インチと太く作業も大変であった。また、ホースの残液が床に垂れたりするため、作業環境も悪かった。まれにはあるがホースのつなぎ間違いやホースが外れて油をかぶる事故があり、客先としては何としても自動化を実現したい箇所であった。そこで、その切替えシステムに当社独自開発の自動配管切替え装置「XYルータ」を提案した。

しかし、既設配管本数のままXYルータを適用すると入口本数が32本にもなり、敷地面積の制約上、また予算の制約等から現実的ではなく、既設配管の統合を検討することが必要となった。出荷先は15本であるから同時に使う入口本数も最大15本ではあるのだが、むやみに配管を統合しては出荷作業がかち合って作業時間内に移送が終われない可能性も出てくる。

そこで現実の出荷記録を元に綿密な生産シミュレーションを行った。その結果、スケジューラを用いて作業調整を行えば入口本数を14本に絞り込んでも出荷

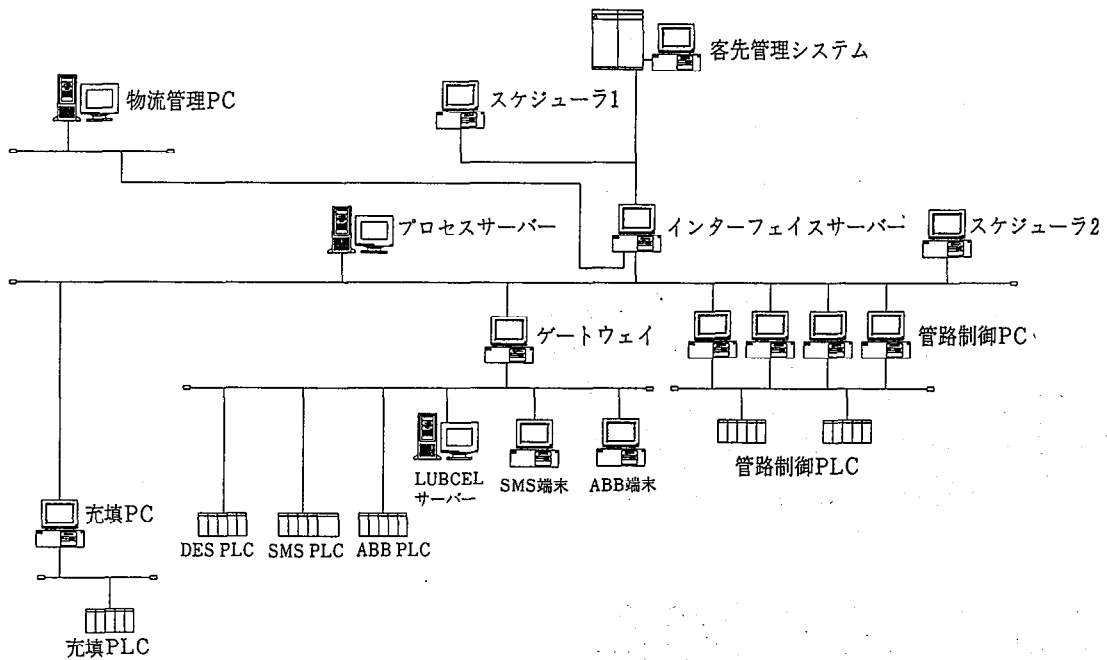


図8 システム構成図

作業に支障のないことが明らかになり、予算に合うXY ルータ 1 台での自動化が可能になった。最終的には、70 基のタンクは、油種グループ別の 29 本のピグラインに統合され、さらに出荷作業負荷を考慮しながら 3 方弁で 14 本に絞り込まれている。この入口側 14 本と、油種別にはなっていない出荷側 15 本のライン間の切替えを XY ルータで行っている。

#### 4-3. スケジューリングシステム「孔明」およびインターフェースシステム

「孔明」自体については、紹介記事を参考にしていただくと、詳細は割愛する<sup>3)</sup>。

本工場に装備されたスケジューリングシステム「孔明」は、潤滑油ブレンディング工場向けに種々の改善が施されたバージョンである。

「孔明」で作った計画データ（機器割りつけと作業時間）を使って工場の全工程を有機的に統合するために、インターフェースサーバーが設置された（図 8 参照）。このサーバーは孔明のフロントエンドとして上位の生産要求を孔明が理解できる形に翻訳し、また孔明の作成した計画データを他のシステム（ブレンド制御システム、充填制御システム）が読める形に変換し、それぞれのシステムにネットワーク経由で送信している。さらに自動倉庫と出荷バースを管理する物流管理システムに出荷要求を転送している。

「孔明」とインターフェースシステムで構成される管理伝達システムは「TFM」には欠くことのできないものであり、システム面での差別化に大きく貢献している。

#### 4-4. 配管切替え装置「XY ルータ」

まず装置の構成を説明する（図 9 参照）。先に説明した両側ホースタイプとは異なった形式のものを採用している。装置は大きく分けて上部セクションと下部セクションから成る。下部セクションは、移動可能な 14 本のホースエレメントと固定配管 15 本で構成され、上部セクションは 14 本の移動可能な配管エレメント（おのおの流通経路長さが異なる）とガントリークレーン、ロボットハンドで構成されている。

次に動きについて説明する（図 10 参照）。同図は、動きを説明するために用意したものであり、本数などは実際とは異なっている。その点を留意してほしい。

たとえば、製品側ライン D と充填側ライン 7 を接続するとする。

ガントリークレーンは上位からの指令により、配管 #4 をつかみ次に接続しようとする充填側ライン 7 の位置まで移動する。それと同時に、製品側ライン D も充填側ライン 7 の位置まで移動し、製品側ライン D、配管 #4、充填側ライン 7 を結合する。このように移動ホースと固定配管との間に渡し配管を置き、カプラ同士を結合することにより、ラインの構成および切替えを行うことができる（写真 1）。

この装置を設備するとき、将来に備えてフレームに余裕を持たせている。増設ラインを上下ともに 1 ラインとして、そのためのスペースを設けている。運転後に必要になったときに、ホースユニットまたは渡し配管ユニットを用意し、空いているラインに組み込めばよいようになっている。また、運転ソフトも、この

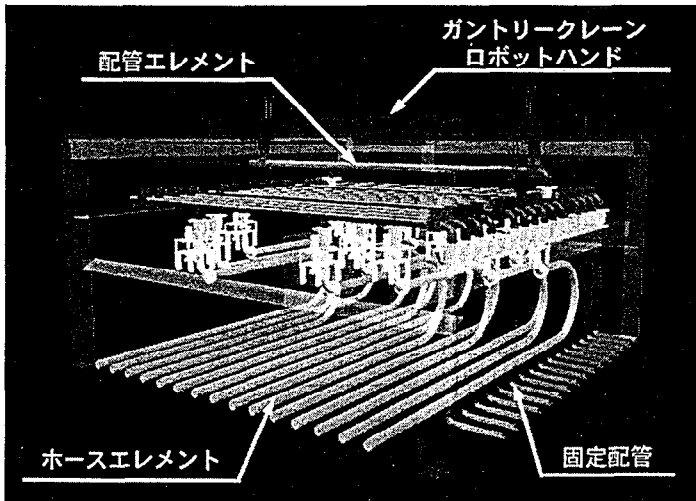


図9 装置構成図

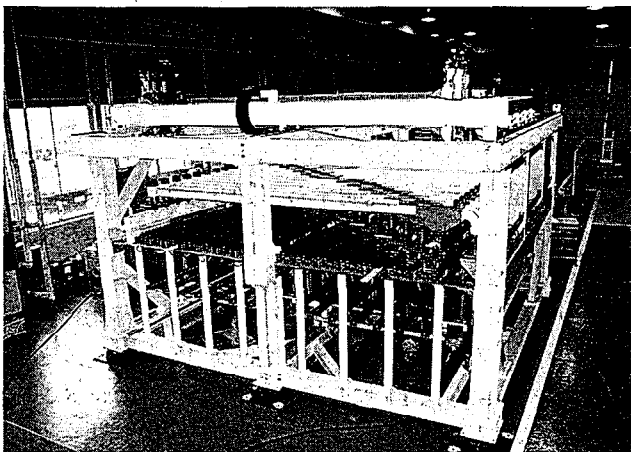


写真1 XYルータ

増設があっても変更が容易なように対応されている。

#### 4-5. ILTS などの導入による効果

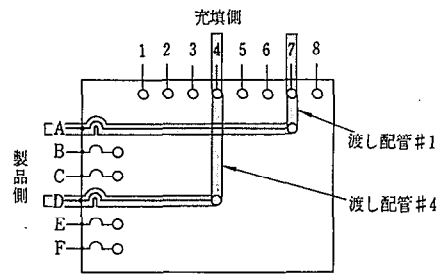
上記にあげたような ILTS と各種自動機器の導入により、本工場では画期的な労働環境の改善を実現している。具体的にいえば

- ・処理能力が工場全体で約 10% アップ
- ・送油工程の人員が従来の約 40% に削減
- ・製造リードタイムが従来の約 60% に短縮

当然のことながら、自動計量による正確な調合によって品質を安定化することができている。「XYルータ」の高い自由度は「孔明」による工程スケジューリングの自由度を大きくし、結果として中間在庫の削減、製造リードタイムの削減にも貢献している。合わせて人員削減も可能にしたことはいうまでもない。

本報では、当社が提案する、バッチ工場向けの生産システムの考え「タイムアンドファシリティマネジメント；TFM」、具体的なツールとしてのインテリジェ

オペレーションNo.1(接続ライン：A-7, D-4)



オペレーションNo.2(接続ライン：A-4, D-7)

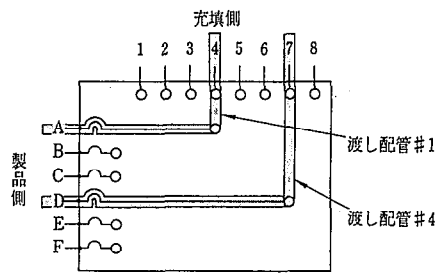


図10 動作方法

ント送液システム「ILTS」、およびその適用例について紹介した。

「TFM」の考えは、部分最適ではなく全体として最適化するという SCM の意図しているところをバッチ工場に適用したものといえる。時間と設備をトータルでマネジメントすることで、工場全体の最適化を図ることができる。

プラント建設計画時点では、スケジューラを最大限に活用したエンジニアリングを行うことで、仮想的に将来の工場を見ることができ、最適最善な意思決定を合理的に行える。

プラントに実装された ILTS は、プラントの送液を含む全工程を統合的にマネジメントすることができる。同時に、品質管理、安全管理の面も対応可能となる。

以上の考え、道具立てによってバッチ工場を進化することができる。読者諸兄の参考になれば幸いである。

最後に、本稿をまとめるに際して、西村明美氏の手をわずらわした。ここに記して感謝したい。

#### 参考文献

- 1) 今岡善次郎, サプライチェーンマネジメント, 工業調査会など
- 2) 島 一己, 奥田 修, サニタリーラインの新しい自動切替システム, 化学装置 1994 年 2 月号
- 3) 本田哲三, 渡辺哲弥, 本多章雄, 「スケジューリング孔明」の特徴と機能, 工場管理, Vol. 43, N 3.6