

多品種化学プロセスにおける統合生産計画最適化

01507425 三菱化学 *藤田 薫 FUJITA Kaoru
01207015 三菱化学 佐中俊哉 SANAKA Toshiya
三菱化学 竹下聡彦 TAKESHITA Toshihiko

1. はじめに

今日の化学産業は、近年のユーザーズの多様化に対応し、様々な品質の機能性素材を効率良く生産し、タイムリーに顧客へ供給する使命を担っている。

このような多品種生産の化学プロセスにおいては、複雑化した生産計画立案業務を支援し、操業を効率化することが要求されていることは言うまでもないが、加えて、限られた経営資源のもとで最大限の経営効率を発揮するための事業戦略上の意思決定を定量的に支援するためのシステム化が大いに期待されている。

今回、総合化学メーカーである弊社の多品種生産プロセスにおいて、中長期の戦略支援から、月次の生産計画および日々のスケジューリングに亘る統合生産計画最適化システムを開発したので、その適用事例について紹介する。

2. 統合生産計画最適化システムの概要

2.1 対象プロセス

今回の対象プロセスは、原料、用役をもとに機能性素材を製造する多品種生産プロセスであり、生産拠点を国内に2拠点、それぞれに8系列、4系列の製造設備を有し、製造された様々な銘柄の製品を日本全国に位置する顧客に供給している。このようなサプライチェーンの概要を図1に示す。

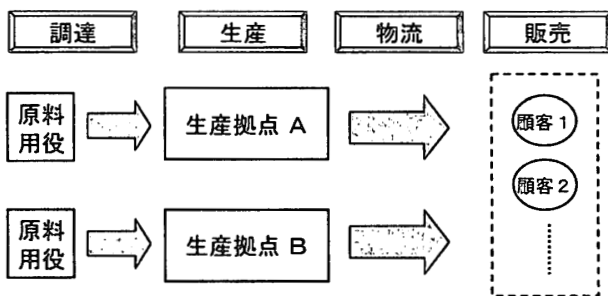


図1. サプライチェーン概要

両生産拠点における製造プロセスは、図2のように、前工程における反応炉、および後工程における後処理

設備からなる。反応炉は24時間連続運転で多品種を切替生産している。その製造処方、および後処理設備による2次処理の方法により様々な銘柄の製品を製造する。生産銘柄数は約200であるが、最終製品は、さらに多様な荷姿で出荷される。また、後工程の設備を共有する銘柄もあり、同時には生産出来ないという制約も存在する。

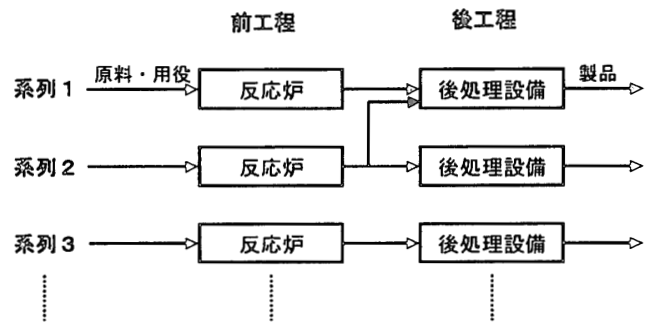


図2. 製造プロセスの概要

2.2 全体システムの概要

今回開発したシステムは、図3に示すように階層構造をとっており、中長期計画における意思決定を支援する「戦略プランニングシステム」、および販売計画に基づいた月次生産計画を支援する「生産計画システム」、さらに運転指示を行うための詳細な生産スケジュールを立案する「生産スケジューリングシステム」からなる。次節より、それぞれの概要について述べる。

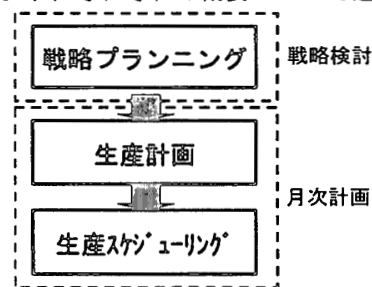


図3. 統合生産計画最適化システムの階層図

2.3 戦略プランニング

戦略プランニングシステムは、中長期的戦略に関する意思決定を支援するためのものであり、コストペー

スの数理モデルに基づいた最適解を瞬時に算出することができる。本モデルで考慮した主な制約条件は以下の通りである。

- 1) 複数の生産拠点、生産系列を有する設備での生産により、銘柄毎の需要を満たす。
- 2) 銘柄毎に生産可能な生産系列の制約があり、それらの生産能力も銘柄毎に異なる。
- 3) 最適化対象期間において、系列毎に稼働可能日数の制約がある。
- 4) 複数の系列間で設備を共用する銘柄が存在するので、この場合は当該設備を同時には使用できない。

このような制約条件のもとで、次のような目的関数である総利益を最大化する問題に定式化し、線形計画法を用いて最適解を求めている。

Maximize 総利益 = Σ 販売額 - Σ 生産・物流コスト

ここで、 Σ は銘柄毎の総和をあらわす記号

生産・物流コストは銘柄毎の変動費

本モデルは、銘柄毎の生産拠点、生産系列への最適配分を決定するものであるが、このモデルを活用し種々のケーススタディーを実施することで戦略レベルの意思決定を支援することができる。

例えば、拠点間での生産シフト、製品の値下げ・値上げの総利益に与える影響および最適生産体制、製造プロセスの改造や増産時の意思決定などの検討に有効である。

数理計画モデリングツールとして米国 GAMS Development 社の GAMS を使い、ソルバとして CPLEX を採用した。利用者が手軽に利用できるように条件設定や結果表示には表計算ソフト EXCEL を用いた。

2.4 生産計画・スケジューリング

多品種切替生産のプロセスであるため、生産能力の制約、生産に要するリードタイムなどを考慮すると見込み生産にならざるを得ない。

生産計画システムにおいては、銘柄毎、荷姿毎の販売見込量をベースに実績の在庫量を勘案し、月間の必要生産量を決定する。

月間の必要生産量が決めれば、次に、生産スケジューリングシステムにおいて、銘柄間の切替制約も考慮し、月間の生産すべき銘柄を各系列にどのような順序で割り付けるかを決定する。

この時、納期を遵守し、かつ以下のような制約を考慮したスケジュールを立案する。

- 1) 将来の在庫を予測し在庫を切らさないように、また、サイロ在庫をあふれさせないようにする。
- 2) 出来るだけ品質が類似の銘柄を連続して生産する。
- 3) 連続して生産できない銘柄の組合せが存在する。

- 4) 銘柄切替回数が出来るだけ少なくなるようにする。
- 5) 複数の系列間で設備を共用する銘柄が存在するので、この場合は当該設備を同時には使用できない。

以上のような複雑な制約を考慮した上で、短時間で効率的なスケジュールを立案することは、従来困難であった。大規模な組合せ問題となり、かつ数理計画法による定式化が困難であることから、今回、ILOG 社の ILOG Scheduler、ILOG Solver をソフトコンポーネントとして利用し、制約プログラミングの手法を用いたスケジューリングシステムを構築した。図4にそのシステムの画面の一部を示す。

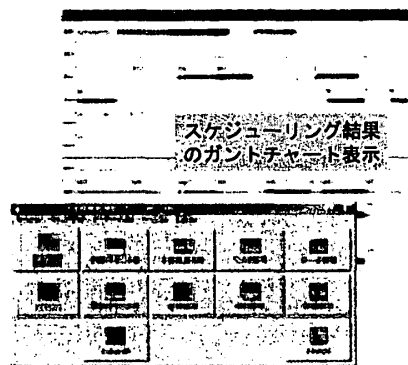


図4. 生産計画・スケジューリングシステム画面例

3. おわりに

数理計画法や制約プログラミングなどのOR技法をコア技術として活用し、多品種化学プロセスに対する戦略レベルから計画、運用レベルに亘る統合生産計画最適化システムを、弊社の当該事業部・製造部関係者、情報システム部門との連携により開発した。

日々の生産計画業務支援に加えて、戦略支援システムを活用することで、戦略的な意思決定を定量的に支援することができるようになった。もちろん、ビジネス上の戦略を検討する利用者の知恵や発想が重要な鍵であることは言うまでもない。今後、本システムをその他多くの事業にも展開して行く予定である。

参考文献

- [1] 藤田, 日本, 竹下, 佐中: 化学産業における最適化技術の適用, オペレーションズ・リサーチ, 48 巻, 8 号, pp549-554, (2003)
- [2] 竹下, 森山, 藤田: 化学プロセスへの生産スケジューリングシステムの適用事例, スケジューリング・シンポジウム 2004 講演論文集, pp89-92, (2004)
- [3] Brooke A., D.Kendrick and A.Meeraus: GAMS a user's guide, (1998)
- [4] ILOG SA: ILOG Scheduler 6.0 User's Manual (2003)