

化学プラント向け生産計画立案システムの テンプレート開発

Template of Production Planning System for Chemical Plant

化学プラント向け生産計画業務の計画変更作業では、業務特有のノウハウが多く、化学プラント特有の複雑な製造工程や生産順序などの多様な制約を考慮する必要がある。このため、システムが自動で計画変更を行ったのでは、計画担当者の意図する結果にならず、今までは、化学プラント向け生産計画業務に生産計画システムを適用しても十分な導入効果を得ることが困難であった。

(株)日立東日本ソリューションズでは、この課題に対して、ガントチャート上で計画担当者が対話を行いながら、半自動で生産計画を立案するソリューションを開発した。これが化学プラント向け生産計画立案システムのテンプレート（以下、ケミカルテンプレートと呼ぶ）である。

本報告では、化学プラントの生産計画の特徴を述べるとともに、(株)日立東日本ソリューションズが提供するケミカルテンプレートの機能と今後の展開について述べる。

大沼 寛紀 Onuma Hironori
佐藤 伸展 Satou Nobuhiro

1. はじめに

生産計画業務では、次のような市場や生産現場の変化に応じて、現在実行中の生産計画の見直し、変更が発生する。

- ・オーダーの追加や変更
- ・生産能力の変動
- ・生産現場の進捗のズレ
- ・装置のトラブル

これらの生産計画を変更する業務は、化学プラントの生産計画の場合、製造工程の複雑さによって変更箇所が多くなったり、生産順序などの多様な制約により変更できない作業が存在したりするなど、業種特有のノウハウが多く、全て自動で計画を立案するには限界がある。

これらの要因により、計画担当者への負担が多くなり、計画担当者の意図する生産計画の作成、見直し、変更業務に多大な時間を要している。

このような問題を解決するため、化学プラントの生産計画の特徴をマスタ DB（以降マスタと省略）で表現可能とし、マスタを定義するだけで、ガントチャート画面上で対話を行ないながら、計画担当者の意図する計画が

容易に立てられるケミカルテンプレートを開発した。

2. 化学プラントの生産計画の特徴

2.1 化学プラントの製造工程

生産計画テンプレートを開発する上で、まず定義しなければならないのが、生産計画対象の製造工程モデルである。

化学プラントの製造工程には、バッチ工程と連続工程がある。バッチ工程は、反応缶や装置毎に一定量の原料を投入して中間製品や最終製品を産出する工程である。一方、連続工程は、製造工程が連結され、中間製品や最終製品を連続的に産出する工程である。化学プラントの製造では、この2種類の工程を組み合わせ、バッチ工程で産出した中間製品を、一度タンクに入れてから、連続工程で最終製品を産出するという流れが一般的である。

例えば、合成ゴムの一般的な製造工程の流れである「仕込 重合 回収 調整 乾燥」において、仕込から回収までの工程はバッチ工程になっており、調整から乾燥までの工程が連続工程になっている（図1）。

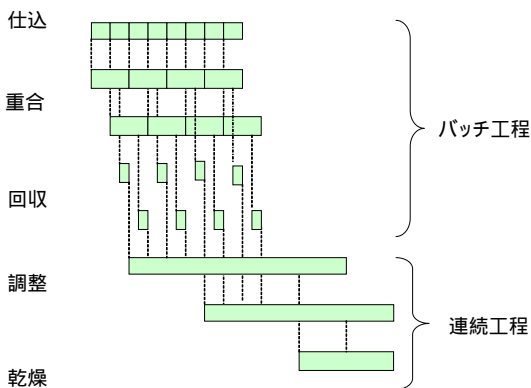


図1 バッチ工程と連続工程

ケミカルプレートでは、これらの化学プラント特有の製造工程をモデル化し、定義できるよう実装している。

2.2 作業と時間の関係

化学プラントの生産計画では、製造工程の特徴と製造品質確保のために、前後工程の関係や工程内作業の開始/終了時刻の定義が重要となる。

化学プラントの工程内作業は、工程の主となる作業以外に前工程からの受入、前調整、後調整、試験、次工程への移送などの作業で構成される。

作業の開始時間は、前工程の工程内作業に依存して決まる。作業の終了時間は、自工程の工程内作業時間の和で表現できる作業がほとんどであるが、他工程の工程内作業に依存して決まる作業も存在する。

例えば、調整工程の開始時間は、前工程の工程内作業である払出の開始時間で決まり、終了時間は、後工程である乾燥工程が調整工程の設備を占有するため、乾燥工程の終了時間で決まる（図2）。

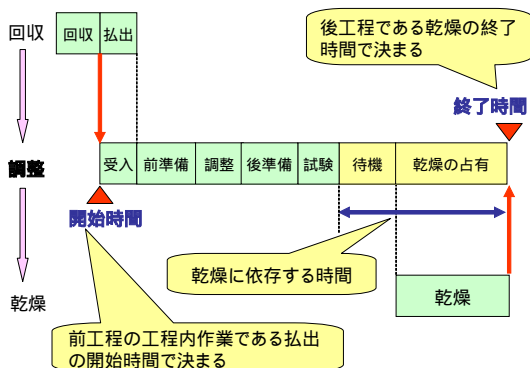


図2 作業と時間の関係

2.3 生産量の単位

化学プラントでは、固体の製品を液体に溶かしたり、液体の製品を乾燥して固体に変えたりするため、生産計画でも必要に応じて扱う製品の生産量を固体で扱ったり、液体で扱ったりする必要がある。

また、投入することでタンクが溢れないか否かを判断するために、生産量を容量に換算する必要がある。

2.4 タンク繰り問題

化学プラントでタンクを使用する製造工程において、タンクの容量やタンクの使用頻度などの制約条件を考慮しながら、いかにタンクを効率よく割当てることが、生産計画を作成する上で重要なポイントとなる。

また、タンクに中間製品が入った後で乾燥など次工程がある場合、次工程が始まるまで、何もしない時間（待機時間）が存在し、次工程の終了と共にタンクの占有を開放する。このため、タンクの占有時間は決めるためには、タンクを使用する前後の工程を決める必要がある。

2.5 中間製品のタンク在庫レベル調整

中間製品を原料として使用する製造の場合、一端中間製品を生産し、専用タンクへ入れ、その専用タンクから中間製品を原料として使用する。

専用タンクの在庫レベルは中間製品の生産するタイミングと中間製品を原料として使用するタイミングで決まる。生産計画では、専用タンクの使用率を考慮しながら在庫レベルを調整する必要がある。

2.6 制約条件

化学プラントでは生産計画を立案する上で考慮しなければならない制約条件が多数存在する。特に特徴的な制約について述べる。

(1) 装置の洗浄に関する制約

化学プラントでは、同じ装置を用いて異なる製品の製造を行なうため、装置の洗浄が必要になる。

洗浄方法は、切替直後の品名の組合せや、装置の使用回数と使用時間によっても異なる。

この洗浄は、品質確保のためには避けられない作業であり、適正な洗浄指示ができる生産計画を作成する必要がある。

(2) 生産順序に関する制約

生産順序によっては、化学反応により、有害な副産物が作られる場合などがあり、生産効率を考慮した制約は

外に生産順序に関する制約がある。

化学プラントの代表的な生産順序制約の種類を表1に示す。

表1 化学プラントの代表的な生産順序制約の種類

種類	内 容
順番	品名 A の次に必ず品名 B を生産する。 品名 A 品名 B 生産可
禁止	品名 A の次に品名 B を生産しない。 品名 A 品名 B 生産不可
挿入	品名 A の次に品名 B を生産する場合は、必ず品名 C を間に生産する。 品名 A→品名 B 品名 A→品名 C→品名 B
挟み込み	品名 C を生産する場合は、必ず品名 A と品名 B で挟む。 品名 C 品名 A→品名 C→品名 B

(3) 工程の作業数に関する制約

1日に行なえる作業が作業人員によって制限される工程など、工程の作業数に関する制約がある。

(4) 工程間の時間に関する制約

品質上の問題などから調整工程で添加物を投入してから5日以内に次の乾燥工程を開始する必要があるなど、工程間の時間に関する制約がある。

3. ケミカルテンプレートの特徴

前章で述べた化学プラントの生産計画の特徴を考慮し、(株)日立東日本ソリューションズで開発したケミカルテンプレートの特徴について述べる。

3.1 多様な工程パターンの表現が可能

化学プラント特有の工程パターン表現をケミカルテンプレート独自のテーブル表現で実現しており、化学プラントで扱う多様な工程パターンの表現が可能である。

工程パターンは、工程の工程内作業と工程の開始/終了を関連工程とその工程内作業で表現される。工程パターンの1つまたは2つの作業に対して作業開始時間を指定することにより、ケミカルテンプレートは、ガントチャート上に工程パターンに基づいて各工程の作業を表示する。

例えば、図3のように重合工程の作業に作業開始時間を指定すると、工程内作業の情報より占有時間が計算さ

れ、重合の作業が決まる。重合の作業が決まると、仕込の作業開始時間が決まり、仕込の作業が決まる。また、重合の作業より回収の作業開始時間も決まり、回収の作業が決まる。回収の作業が決まると、調整の作業開始時間が決まる。

次に乾燥工程の作業に作業開始時間を指定すると、乾燥の作業が決まる。乾燥の作業が決まると、調整の作業終了時間が決まり、調整の作業が決まり、1生産単位の工程パターンがガントチャート上に表示される。

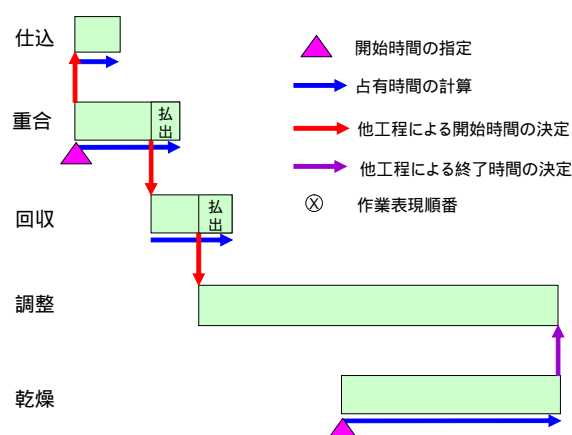


図3 工程パターンの表示フロー

3.2 生産計画立案システムの短期導入が可能

ケミカルテンプレートのプログラムの変更をすることなく、マスタを定義するだけで多様な工程パターン表現や制約条件の設定が行え、短期間で生産計画立案システムを導入可能である。

マスタは、工場に関連する情報を定義するマスタ、工程パターンを定義するマスタ、そして制約条件を定義するマスタに大きく分類される(図4)。

工程パターンはまた、各工程の収率、投入する構成品の量、バッチ基準量などをマスタとして定義する。

制約条件を定義するマスタは、第2章で述べた制約条件の定義が可能となっている。

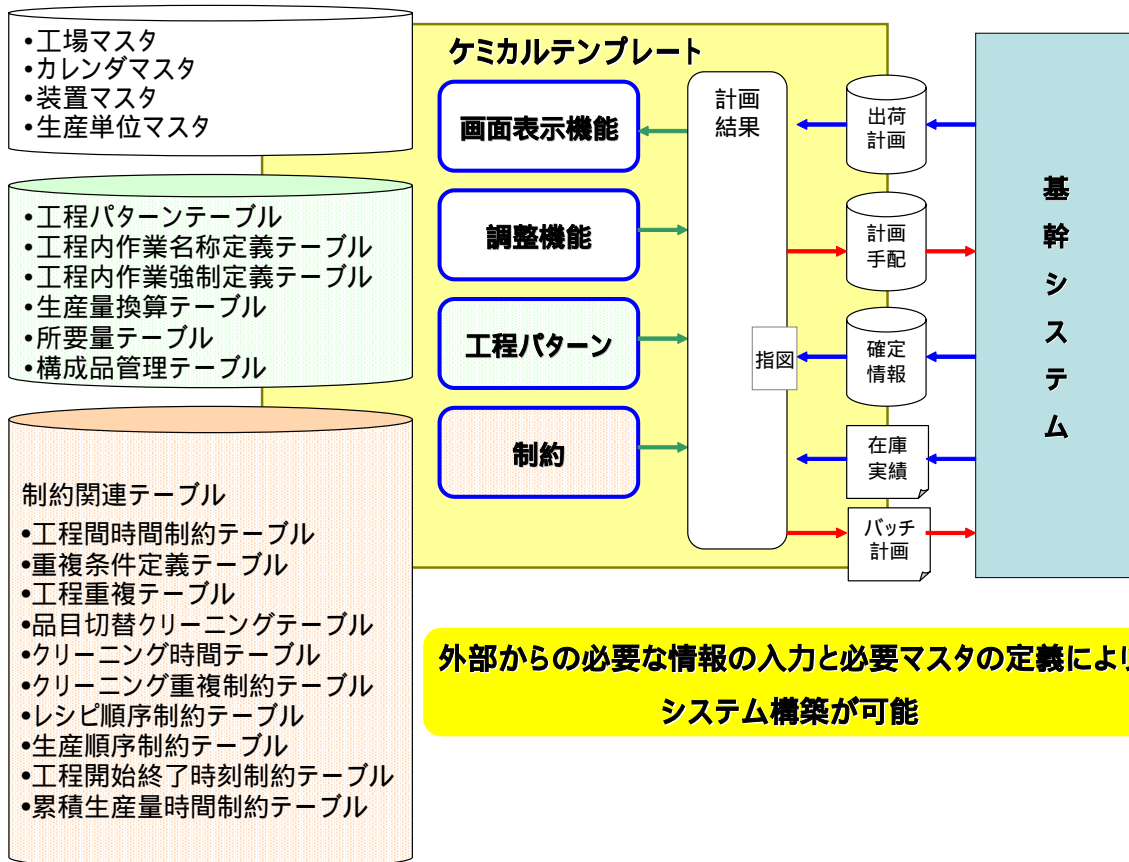


図4 システム構成

3.3 システムの半自動化による作業支援

生産計画作業を人が判断して操作する部分とシステムが判断して処理を行なう部分とに分担し、システムの半自動化による計画担当者の作業支援を行なう。

図5に計画作業の流れと作業分担を示す。計画担当者が生産計画の登録を行った後、システムは各工程の収率や構成品の所要量および生産する製品のバッチ基準量に基づき、各工程および最終製品の生産量を算出する。

計画担当者がガントチャート上で作業の開始時刻を指定した後、システムは指定された開始時刻からマスタで定義されている工程パターンに基づいて関連工程の段取り時間や設備の空き時間を探索し、開始時刻を指定した工程以外の関連工程をガントチャートへ自動展開する。

また、割当時、割当てる工程パターンを複数選択し、開始時刻を指定した場合、システムは割当順序の情報に従い、指定された開始時刻から順に、工程パターン毎に前詰でガントチャートへ自動展開する。

計画担当者がガントチャート上で対話を行ないながら計画のマニュアル調整を行った後、競合が発生しているタンクに対してシステムがタンクの再割当や回避を行なう。

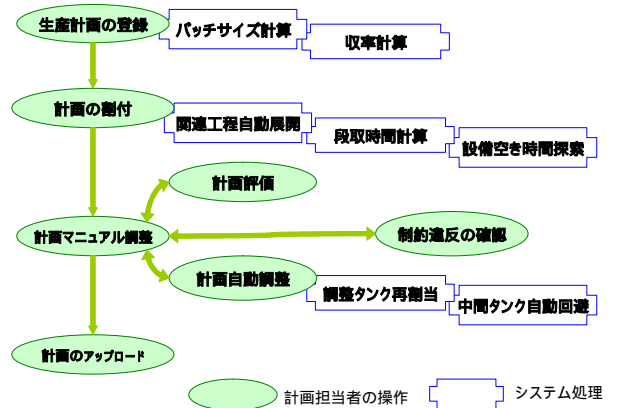


図5 計画作業の流れと作業分担

4. ケミカルテンプレートの機能

ケミカルテンプレートの特徴である半自動化による作業支援機能および外部インターフェース機能について述べる。

4.1 マニュアル調整

ガントチャート上で生産計画をマニュアルで調整する基本機能を表2に示す。

表2 マニュアル調整機能

機能	内容
移動	作業をマウスでドラックし、同一装置内や他の割当可能装置への移動を行なう。移動する際、工程パターンを保持するように、ドラックした作業に関連する工程も移動する。
入替	割当可能装置間で作業の入替を行なう。
玉突き	同一装置内で重なった作業を解消するために、指定した作業から後ろの作業が重ならないように作業を整列する。
前詰め	同一装置内で離れた作業や重なった作業を離れた作業を指定した範囲の作業を前詰めで整列する
バッチ追加	バッチ単位で生産量の追加を行う。
バッチ削除	バッチ単位で生産量の削除を行う。
タンク分配	バッチのタンク分配を変更する。
作業分割	タンク単位に異なった装置を用いて作業を行なうために、次工程の作業を分割する。
生産単位追加	緊急オーダーなどによって生産を追加する。
生産単位削除	計画で不要となった生産を削除する。
生産単位クリア	ガントチャート上に割当たっている生産単位を未割当状態にする。
属性変更	作業の属性である工程内作業の時間、レシピ、生産量、能力、レート、などを変更する。

4.2 タンクの競合解消機能

タンクの占有時間は、タンクを使用する前後の工程に依存する。生産計画の変更などにより、その前後の工程を移動させることにより、タンクの占有時間が伸び縮みし、別の生産で既に割当てられているタンクと占有時間が重なり、競合が発生する。この前後の工程の作業は、計画担当者が意図する位置に移動させることが多く、移動した作業を変更することなく、タンクの重なりを解消する必要がある。

ケミカルテンプレートでは、この重なりを解消するために、2つの競合解消機能を提供している(表3)。

表3 タンクの競合解消機能

機能	内容
タンクの再割当	タンクを使用している工程の前後の作業位置を固定にした状態で、タンクの競合が発生しないように再割当を行う。
中間タンクへの回避	競合しているタンク的一方を予備のタンクである中間タンクへ回避する。

4.3 タンク在庫レベル調整機能

中間製品の専用タンクの在庫推移は、中間製品を生産する作業や中間製品を原料として使用する作業を移動することにより、タンクが溢れたり、空になったりする。

ケミカルテンプレートでは、中間製品が入っている専用タンクの在庫推移グラフとガントチャート上の作業を連動させ、即座に移動した作業に対応した在庫推移グラフを表示する機能を提供している(図6)。

これにより、自動立案では困難な微妙なタンク在庫のレベル調整を視覚的に行うことを可能とした。

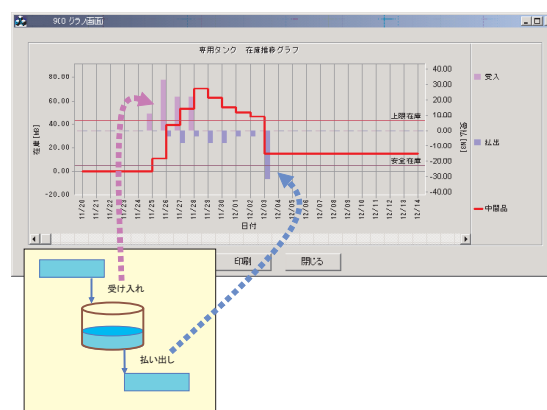


図6 在庫推移グラフ

4.4 制約条件チェック機能

第2章で述べた制約条件をマスタに定義するだけで、ケミカルテンプレートが制約条件を満たしているか否かを自動で判定する。

ケミカルテンプレートでは、計画担当者がガントチャートと対話を行ないながら生産計画を行うため、制約条件を満たさなくなるたびにアラートを表示していたのでは、計画担当者の作業効率が下がる。

このため、システムが自動的に制約条件に従った計画を作成する部分と計画担当者が計画結果に対して制約条件を満たしているか否かを判定する部分とに分けて制約条件のチェックを行なう。

前者は、計画担当者の作業の割当や移動に対してシステムが装置洗浄に関する制約に基づいて装置洗浄の計画を立て、ガントチャート上に表示する機能である。

後者は、生産計画が完了した段階で、生産計画に対してマスタで定義した制約条件通りに計画が立てられているかチェックを行ない、満たさないものを制約違反として一覧に表示する機能である。チェックする制約条件は、マスタに設定した制約条件がすべて対象となる。

4.5 基幹システムとの連携

基幹システムとの連携により、ケミカルテンプレートで計画した計画情報を基幹システムへ渡し、基幹システム上で指図になった作業情報を取得することで、ガントチャート上にガントバーの外枠を実績で表現し、実績管理を可能としている。

また、基幹システムとの連携で、ケミカルテンプレートでは、日単位の荷練り情報を参照することが可能となり、日々変化する荷練り情報に基づいて生産計画の変更が可能になっている。

5. ケミカルテンプレートの導入効果

ケミカルテンプレートは、2004年11月現在、2社5拠点に導入済みであり、6社に提案中である。

導入済みの顧客からは、週次の生産計画の作成に1日を要していたものが、半日で作成できるようになり生産計画作成の負荷が軽減されたとの評価を頂いている。

また、日次業務である計画見直しや変更業務においても、工数削減だけでなく、変更ミス削減に効果ありとの評価を頂いている。

システム構築面においても、マスタの定義と顧客特有の工程パターンをケミカルテンプレートに実装することにより、従来のシステム構築より、短期間で安価に構築できるようになった。

6. 今後の展開

ケミカルテンプレートは、大手化学メーカーに採用され稼働している。この実績をもとに、化学メーカーおよびケミカルテンプレートが適用可能なプロセス製造業に多くの顧客を持つ販売パートナーと協力して拡販を進めていく。施策としては、販売パートナーと共同で個別セミナーの開催、展示会での展示、社外ホームページでのケミカルテンプレートの紹介と事例紹介を行っていく。

7. おわりに

化学プラントの生産計画の特徴を考慮し、計画担当者が意図した通りに計画を作成できるように、ガントチャート上で対話を行ないながら、半自動で生産計画を作成するテンプレートを開発した。

現状では、化学プラントに特化した分野でのソリューションとなっているが、今後はプロセス製造業向け生産計画に関するノウハウの蓄積を行ない、プロセス製造業分野をターゲットにソリューションを展開していく所存である。

参考文献

- 1) 尾張勝弘, 他: 製薬業向け生産計画立案システムの特徴, 日立 TO 技報第 9 号, pp.18-23, 2003



大沼 寛紀 1988年入社
産業第1システムセンター
製造業に対する生産計画システムの
システム・エンジニアリング

onuma@hitachi-to.co.jp



佐藤 伸展 1988年入社
ビジネスソリューション営業センター
製造業に対する生産計画システムの
セールス・エンジニアリング

nobuhi@hitachi-to.co.jp