

生産管理業務におけるDXの概要と展望について

Summary and Prospects of Digital Transformation for Production Management

田中博之*
Hiroyuki TANAKA森田幾太郎
Ikutaro MORITA小幡恭平
Kyohei OBATA吾郷正俊
Masatoshi AGO

抄 録

鉄鋼生産プロセスは、多品種で小ロットの注文を、各工程の大ロット化（生産性最大化、品質安定化、コストミニマム化）を指向しつつ、注文一品単位の製品仕様と納期を満足するように天然の原料から製品を作り分けるプロセスである。昨今の激しく変動する市場環境下においても、素早かつ確に全体最適となる生産計画の策定を支援するシステムとして、統合生産計画プラットフォーム、一貫生産計画シミュレータ、鋼圧スケジュールリングシステムを開発、それらシステムの機能概要と展望について述べる。

Abstract

In the steel production process, we aim to achieve large-lot production in each process (maximization of productivity, quality stabilization, and minimization of cost) for small-lot orders of a wide variety of products, while satisfying product specifications and delivery dates for each order. It is a process of making different products from natural raw materials. We have developed an integrated production planning platform, an integrated production planning simulator, and a steelmaking and rolling scheduling system as systems that support the formulation of production plans that are quick and accurate, and are optimal overall, even in today's rapidly changing market environment. This paper describes the functional overview and prospects.

1. 緒 言

素材産業の1つである鉄鋼業における生産プロセスは、鉄鉱石や石炭など数種類の原料から、自動車・造船・橋梁・家電など様々な鉄鋼製品を作り分けて製造するという特徴がある。製品仕様は、強度・靱性などの材質や、鋼材表面および内部の品位、厚みや幅といったサイズなど製品用途に応じた非常に多くの条件から成り、その数は品種にもよるが数千から数万種にも及ぶ。また、そういった顧客の要望に応じた製品品質を造り込むための製造条件は、製鋼工程における溶鋼成分や、熱間圧延以降での工程における圧延サイズ・焼鈍温度・めっき種などの組み合わせから成り、製品仕様に準ずる規模の多様性を持つ。

一方で、それら各製造工程においては、それぞれの生産能力を最大限に発揮するためや、高品質製品を造り込むため、コストを低く抑えるため、などといった理由から、大ロット化・連続処理できるようにグルーピングし、更なるグルーピング内の処理順も決定する必要がある。また、このグルーピングは、製造工程ごとにキー項目が全く異なり、それぞ

れ異なるグルーピングにする必要がある。

図1に素材から製品を製造する生産計画のイメージを示す。素材から製品に至る全ての工程を通じて、注文の納期を守りながらグルーピングや処理順を最適化すること、つまり品質・コスト・納期などの様々な評価指標を考慮した総合的な判断をその時々状況変化に応じて迅速に行い、一貫工程における生産スケジュールを策定することが生産

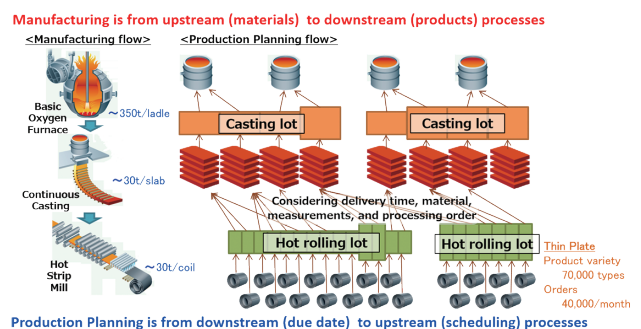


図1 製造プロセスと生産計画立案の基本概念図
Basic concept of manufacturing process and production planning

* デジタル改革推進部 部長代理 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071

計画の主要業務の1つであるが、前述したように製品の製造条件は工程により異なり、納期も異なるという大規模かつ複雑な生産工程のため、生産計画・スケジューリング業務の負荷は高く、昨今の激しい市場環境変化に対しての素早的確な対応・判断や、技能伝承や少子化といった課題を見据えた中でも情報システム技術による支援ニーズは非常に大きなものとなっている。

計算機技術面では、計算機本体の能力向上に加え、数理最適ソルバーに代表される様々な計算アルゴリズムも進歩しており、従来は実用化が困難であった領域のシステム支援が可能になってきている。

このような背景のもと、日本製鉄(株)における DX 戦略の基幹的な施策の位置づけとして、生産計画・スケジューリング業務での意思決定を支援する最適化アルゴリズムを開発し、全社での実運用・高度活用化を進めている。2章では、受注～生産～納入までの一貫生産・出荷物流管理に及ぶ全範囲における全体最適方針判断を、全社共通のデータベース上にて迅速に意思決定・共有化するための統合生産計画プラットフォームについて、3章では、その中でも注文量・生産状況の変動に迅速に対応可能な一貫生産計画シミュレータについて、4章では、製品造り込みの起点と言える製鋼～熱間圧延におけるスケジュール最適化技術について紹介する。

2. 統合生産計画プラットフォーム

2.1 統合生産計画プラットフォーム構築の背景

エネルギー・資源価格や鋼材需要といった事業環境が激しくかつ大きく変動する中でも素早的確に対応し、原料調達～製造～出荷・物流一貫での製品製造・供給体制を最適化するには、受注から製品出荷までのリードタイムを最大限短縮し、短サイクルかつタイムリーに実行できる業務プロセスを構築する必要がある。リードタイム短縮にあたっては、実際のモノの流れにかかる時間を短縮することに加え、計画の策定に要する時間を短縮することも重要となる。一方、計画の策定において、納期・材質などの様々な条件

を有機的に情報連携させ、最適な計画を導いていくためには、人手による検討や、Excel 資料の送付や口頭伝達などによるバケツリレー方式での情報伝達では、多大な労力と時間が必要であり、前述のように大きな事業環境変化に対してタイムリーに適応することは困難である。

このように生産管理業務に求められる要求・必要性が高度化する中、日本製鉄では凡そ以下のように生産計画の立案・生産管理を行っている。

- ①営業活動・需要予測に基づく注文量と、各工程の能力諸元(工事計画含む)を反映した販売計画・方針の策定
- ②販売計画を受けた製鉄所ごと・製造工程ごとの生産計画立案・調整・指示
- ③各製鉄所・各製造工程における生産実績・注文納期に対する進捗管理
- ④顧客・中継地への出荷管理および、それに関わる置き場・物流管理

従来それぞれの業務は、計算機能力・ネットワーク技術の制約により、業務ごと・製鉄所ごとに専用のシステムを用いて実行されてきた。また、情報についてもシステムごとに粒度(キー情報)が異なり、そのため、各業務間での情報連携は、人手作業による負荷がかかり、所要・操業の変動に迅速に対応できない、という課題があった。そこで、これらの情報を同一の最小粒度で全て“つなげ”、全社共通データベース・全社共通プラットフォームとして構築したうえで、生産計画のシミュレーション・影響評価の全社共有化・可視化を可能としたものが統合生産計画プラットフォームである。

2.2 統合生産計画プラットフォームの概要

統合生産計画プラットフォームは、前述の生産計画・生産管理業務における主に4つの業務機能と、これら業務機能に必要な各種諸元を管理する機能から構成される。

その概要を図2に示す。

1つ目は、販売計画・方針の策定を支える仕組みである。各営業部門の営業活動情報を元にした需要家・製品種別な

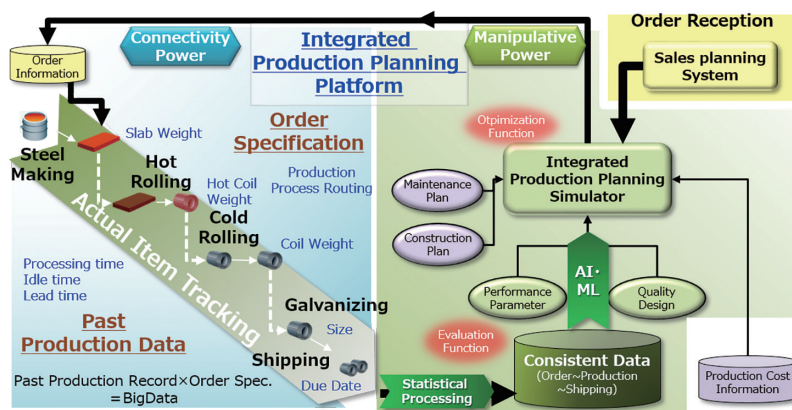


図2 統合生産計画プラットフォーム概念図
Concept of integrated production planning platform

ど主要な製品仕様と注引量・注文納期を保有したデータを集約・共有が可能である。また、需要家・品種・製品仕様などにより、製鉄所・製造工程に一定の制約があるため、これら注引量と注文構成に応じた生産量の見通しを元に、生産可能なバランスとなっているかシミュレーションを行い、販売計画・方針の策定を可能とする機能を持っている。

2つ目は、販売計画を受けた製鉄所ごと・製造工程ごとの生産計画立案・調整・指示を行うための一貫生産計画シミュレーション機能である。本機能は、統合生産計画プラットフォームのコアとなる機能であり、内容は3章、4章にて詳述することとし、本章では概要のみ述べる。当シミュレーション機能は、製品仕様造り込みの起点となる製鋼工程から、素材を加工し材質・サイズ・品質などを造り込み、製品を出荷できる状態に梱包する最終工程までの一貫した全社・全製造工程における全注文の生産バランス・生産タイミングをシミュレーションし、決定することが可能な機能を持っている。前章にて述べたように各製造工程の最適グループ条件、つまり、最適製造ロット条件は異なっているため、各製造工程単独の大ロット化は上下工程間での生産タイミングの同期化を阻害し、仕掛在庫の増大や製造工期のばらつき、納期割れなどの影響に繋がる。そこで、一貫生産計画シミュレータでは、最終工程の納期を起点として、各製造工程のロットを最大化・最適化しつつ、納期を遵守できるように生産単位であるスラブやコイル（以降、現品と呼ぶ）ごとに各製造工程の製造予定日を決定していく。その際には、各製鉄所での製造進捗・現品の仕掛実績情報も取り込み、各製造工程の工事計画や、現品ごとに異なる生産能率・製造工期なども考慮したうえで、全製造工程の生産量および全現品の製造タイミングを決定していく。

上工程ほど生産ロットが大きくなるという鉄鋼生産プロセスにおいて、最適解を効率的に導出するために当シミュレータは上工程と下工程それぞれに適した生産計画を立案できるように大きく2つのシミュレータから構成される。1つは、下工程である熱間圧延以降の連続ラインや付帯工程を中心とした工程における一貫生産計画シミュレータであり第3章にて述べる。もう1つは、上工程である製鋼・熱間圧延工程の最適スケジューリングシステムである鋼圧スケジューラである。製鋼工程では、数百トンの溶鋼鍋から連続铸造機へ連続的に溶鋼を注ぎ铸造していくため、同一または類似の成分・サイズ仕様である現品を適切に組み合わせることでロットを編成することが重要であり、更に一部品種では铸込んだ後直ぐに熱間圧延を行わなければならない制約なども考慮する必要がある。4章に記載するような数理最適化と呼ばれる技術を用いたシミュレーション機能を具備している。

3つ目は、顧客要望の注文納期と、その注文向けの素材・製品の製造進捗を管理する機能である。一貫生産計画シ

ミュレータにて立案した各現品単位の製造予定を元に、需要家や注文単位ごとに製造状況を把握することが可能となる。

4つ目は、製品を顧客の要望に沿った期日に現品を輸送するための配船・バース（岸壁）の一括管理システムである。一貫生産計画シミュレータにより、製品の出荷可能となる予定日（計上日という）が算出されるため、その計上日に合わせて配船を行うことにより計上後の出荷待ち工期を短縮することが可能となる。また、このために必要な中継地の在庫状況、各船のリアルタイム動向、バース利用状況などを管理・コントロールする機能も持っている。

最後に、これら主に4つの機能において一貫生産計画を立案するために必要な前提条件となる生産能率諸元や工事休止計画を管理する仕組みについて述べる。各製造工程では、一定周期でのメンテナンスや、機能向上を目指した設備改造などを行うために計画的に休止する。この工事休止は、一貫注文製造能力の機会損失が最小となるタイミングや、施工要員・資材調達の観点から事前に計画しており、これら各製造工程の稼働・休止タイミングを考慮して在庫積みも含めた生産計画を立案することとなる。また、各製鉄所の各製造工程においては、製造品種やサイズなどにより、生産能率諸元や通過工程比率・工程間工期などが異なるため、これらを考慮することによって、精緻な出荷可能日の予測が可能となる。

以上のような機能群を、適切なデータ粒度で繋ぎ、顧客からの注文内容や原料調達環境の変化、各製造工程の操業変動などに応じて、適切な頻度で迅速に生産計画の再立案、影響評価、計画修正を行うことで、柔軟で最適な製品供給を行うことが可能となり、加えて、ベテラン人材の暗黙知・ノウハウで支えられた業務からの脱却も実現可能となった。これら機能を実現するためのシステムには、従来から進めてきた各業務を支援するシステムの標準化に加え、近年の進歩したデジタル技術とシステム開発手法を活用している。

次章では、当プラットフォームの中心的な機能である一貫生産計画シミュレーション機能の詳細を述べる。

3. 一貫生産計画シミュレータ

3.1 一貫生産計画立案における課題

日本製鉄では数万種類に及ぶ製品を、それぞれの注文要求品位を満たす製品仕様となるように、数工程～十数工程を経て製造する構造となっており、高品質な製品を納期までに製造しつつ、各製造工程における生産量最大化、品質安定化、コストミニマム化など様々な評価指標を満足する一貫生産計画を立案する必要がある。従来の生産計画立案のやり方は、約1か月分の注文に対して、上工程から下工程それぞれの工場・工程の制約条件や特徴を理解した担当者で分担、情報を受け渡ししながら作業を行っていた。注

文ごとの納期、需要家までの輸送工期などを踏まえて、最終工程製造完了期日を決定し、その最終工程製造完了期日を起点として、最終工程から上工程側に上っていきながら、工程間の輸送工期や製造段取り工期も考慮して、製品ごとに各製造工程の製造完了期日を決定していく。この業務を最上流工程まで実施した後、今度は最上流工程のグルーピングや処理順の制約を踏まえて、各製造工程の生産スケジュールを調整する。この業務を最下流工程まで実施して初めて、一貫生産計画として完成する。

また、それぞれの工場・工程担当者は、各製造工程の特徴に応じたグルーピングや処理順を考慮しながらスケジュールを立案していくが、例えば板厚、板巾、成分値などが異なるグループは数十通りあり、1グループ内の処理順は冷延工程を例に挙げると、最低でも 3.0×10^4 程度の組み合わせ数がある。更には、前後工程との関連も担保させる必要があるため、人手で実施するには非常に複雑で負荷の高い業務であることが容易に想像できる。

これまでも生産計画・スケジューリング業務の効率化、高度化を目的として、視覚的・直観的なユーザーインターフェースの導入や、グループ内の処理順決定機能の開発・導入などを進めてきた。しかし、従来のシステム基盤、開発スタイルでは激しい環境変化への追従が十分ではなく、依然としてベテランのノウハウに依存する部分も多く残っており、一貫生産計画の立案には膨大な時間・負荷を要し、タイムリーな意思決定・対応が十分ではない状況にあった。

3.2 一貫生産計画シミュレータの開発

前述の課題を解決するためには、一貫工程における生産計画を短時間で立案することが求められるが、全社の長期間のデータを注文に応じた現品粒度で扱うため、従来の数十倍のデータ量を扱う必要があり、シミュレーションにあたっては十分な計算機能力が必要となる。一方、常時シミュレーションを行う必要はないため、適時、計算資源を増強可能であることが望ましい。そのため、クラウド基盤上に一貫生産計画シミュレータを構築し、高性能 CPU・大容量メモリなどを適時使用し、並列処理を可能とすることで、短時間でのシミュレーションを実現した。

また、各製鉄所の固有設備に起因する特殊な条件が多数あり、それらが複雑に絡み合っているため、従来のウォーターフォール型のシステム検討のように全ての条件を事前に整理し、意図したシミュレーション結果を得るためのシステム仕様を事前に確定することが難しい。そこで今回は、ベースとなるシミュレーション機能を構築、そのうえで順次、システム仕様を追加、精度評価を行うことを繰り返すアジャイル的手法を採用した。頻回なプログラムの修正リリース、プログラム構成の見直しを効率的に行うために、コンテナ技術（アプリケーションおよび実行に必要な環境をひとまとめにする技術。環境構築の容易化・迅速化が可

能）を活用することで、クラウド環境におけるアジャイル開発を支援し、必要なシミュレーション機能の実現を果たした。

開発した一貫生産計画シミュレータは全製鉄所の製造工程を対象として、自動で各製造工程の数多くある特殊な条件や、製造工程間での複雑な条件制約を考慮した一貫生産計画の立案が可能となっており、以下の3機能で構成されている。まずはスケジュールの対象となる注文・販売情報に基づいた現品ごとの詳細製品仕様情報と、全社全工程の工事休止計画および生産能率諸元全てを集約する前処理機能である。現品それぞれの製品仕様に加えて、通過工程や各製造工程処理時間、各製造工程間工期なども決定する。次に、これら全現品情報と各製造工程の稼働・休止計画、それぞれに応じた生産能率諸元を用いて、納期やロットなどを考慮した自動スケジュール機能で全工程のスケジュールを立案する。このスケジュール結果は、納期・コスト・生産性などの指標において全体最適を満足したものになっているか複数の指標で定量的に評価される。更に、人の意志・判断により全社全工程のスケジュールパターンの変更・調整も可能とする機能を具備している。各機能の詳細について以下にまとめる。

(1) スケジュール前処理機能

- 1) スケジュール策定の対象となる全現品について、品種や数量・納期といった基本情報、製品仕様情報を集約・格納する
- 2) 全社全工程の工事休止計画および生産能率諸元値の全てを集約・管理する
- 3) 現品それぞれの仕様ごとに通過工程や各工程処理時間、各工程間工期などを決定する

(2) スケジュールエンジン

- 1) 全現品の製品仕様情報と各製造工程の稼働・休止計画、それぞれに応じた生産能率諸元を用いて、注文ごとの納期や各製造工程の最適グルーピング・処理順序などを考慮して、自動で全工程のスケジュールを立案する

(3) ユーザーインターフェース

- 1) 上記で決定した各製造工程の製造スケジュール（製造予定日など）を視覚的・直観的な形で表示、自動立案結果の修正が可能
- 2) 画面から製造設備工事休止、各製造工程グルーピング、グループ配置順の修正や、品質・コスト優先モードなどの設定変更が可能
- 3) セルフ BI ツール（データを分析・見える化し、業務に役立てるソフトウェア）を活用することで、様々な状況変化・スケジュールパターンに追従した切り口にて一貫生産計画の出来栄評価結果について確認可能
これらの機能により、全製鉄所における製造現品レベルでの一貫生産計画を短時間で立案することを実現した。

3.3 一貫生産計画シミュレータの効果

従来ベテランでも多大な負荷をかけて立案していた一貫生産計画が短時間で立案可能となることで、その時々状況に応じて、設備稼働前提や優先する指標を変えてシミュレーションを行い、その中から最適な計画を選択可能となり、また先のスケジュールに対しての課題検討など、より高次の検討へマンパワー・時間を割くことが可能となる。

その他の活用例と効果について以下に3例を紹介する。

- (1) ベテランの経験・ノウハウ・暗黙知を形式知化できることにより、業務経験の浅い若手担当者でもベテランと同等並み以上に最適な計画立案が可能となり、計画立案担当者の世代交代が円滑に行えるようになる
- (2) 工事休止配置を変更することで、全体にどのような影響を及ぼすか短時間でシミュレーション・検証確認が可能となることで、全社工事計画休止の配置最適化検討業務の効率化が可能
- (3) 注文構成が大きく変化した場合の全社影響をシミュレーション・検証確認が可能となることで、販売受注計画の検討における評価指標として活用し、その時々環境に適応した販売受注計画の策定が可能となる

4. 鋼圧スケジューラの開発

4.1 鋼圧スケジューリングにおける課題

製鋼工程は高炉から供給された溶銑に対して転炉、二次精錬設備において成分調整を施し、連続铸造機において半製品である鑄片を製造する工程である。転炉で成分調整を終えた溶鋼は取鍋と呼ばれる搬送容器に注入され二次精錬工程を経由して連続铸造機へ搬送される。この取鍋1杯分の溶鋼をチャージと呼ぶ。また、連続铸造機において連続して铸造する複数チャージのまとまりをキャストと呼ぶ。製鋼工場における成分調整はチャージ単位で施されるため、同様の成分、製品サイズの注文を集約して製造ロットを大きくすることが望ましい。またチャージは決められた重量単位で生産するため、集約した注文がチャージ重量に満たない場合は、注文との紐付きがない余材として生産することになる。この余材は新たな注文と引き当てられるまでは在庫置き場に保管され置き場逼迫や製造リードタイムの長時間化を招く要因となるため、可能な限り余材量を減らすことが求められる。製鋼工場の次工程である熱間圧延工程では、連続铸造機で製造されたスラブを加熱炉にて再加熱して、1本ずつ圧延して製品サイズへ造り込む工程である。製鋼工程にて铸造されたスラブは時間の経過とともに徐々に冷えるため、可能な限り铸造後、短時間で圧延することで加熱炉における再加熱にかかるコストを最小化することが望まれる。また1回の圧延スケジュールでは幅広から幅狭のスラブへ順番に圧延する、いわゆるコフィン制約を考慮する必要がある。

このように製鋼・熱間圧延工程における計画業務は、各

製造に関する様々な制約条件を考慮したうえで、温度ロスの最小化、製造ロット最大化、納期遵守などのトレードオフを考慮する必要がある、これまで熟練者に頼って計画立案を行ってきた。しかしながら、熟練者の操業知識や経験に基づいても計画立案に数時間を要するため、所要や操業変動に対しての迅速な対応が困難などという課題があった。そこで、製鋼、熱間圧延工程における計画業務の立案支援/自動化を目的に最適化技術に基づく鋼圧スケジューラの開発について取り組んでいる。鋼圧スケジューラは、複数のエンジンから構成され、各エンジンには熟練者が有する操業上の制約条件、ノウハウなどの暗黙知を組み込むことにより、非熟練者であっても高速に熟練者と同等レベルの計画を立案することが可能となり、業務の高度化、短時間化、および、操業変動時におけるスケジュール変更対応力の強化を図っている。

次節では、鋼圧スケジューラを構成する1つであるキャスト枠設計エンジンに関する取り組み内容について紹介する。

4.2 週間出鋼計画業務

週間出鋼計画業務では、製造が予定されているスラブをキャスト単位にまとめ、各キャストを製造する連続铸造機と出鋼日時を決定する。このうちスラブをキャスト枠単位にまとめる業務をキャスト枠設計問題として捉えてエンジン開発に取り組んだ。本エンジンが考慮すべき代表的な制約条件を以下に示す。

- 同一キャスト枠に含めるスラブは、連続铸造機が铸造可能な範囲に収める。
- キャストを構成するチャージ数の上下限より、同一キャスト枠に含めることができるスラブの総重量について制約がある。
- 各スラブは鋼種が予め決められており、同じ鋼種同士のスラブをチャージとして集約することが可能である。

またキャスト枠設計における評価項目としては、キャスト枠数の最小化、納期集約、余材量の最小化などがあげられる。

4.3 キャスト枠設計エンジンの開発

計画対象として与えられたスラブから1つずつキャスト枠を作っていくアプローチを取ると、幅広や幅狭などキャスト枠を組み難いスラブが残ることが多く、残りのスラブで高評価なキャスト枠が編成できない、或いは、キャスト枠を編成することができずスラブが組余りとなることから、このキャスト枠設計問題の難しさである。このような貪欲法的手法では全体最適を指向した結果を得ることが難しいため、本取り組みではキャスト枠設計問題を集合分割問題として定式化した。集合分割問題とは、全体集合の任意の部分集合が、コストを持つ際に、コスト和が最小となる

ように、重複および漏れなく、全体集合を部分集合に分割する問題である。キャスト枠設計問題においては、全体集合は計画対象のスラブの集合に対応する。部分集合はスラブを集約したキャスト枠候補に対応する。コストは、各キャスト枠候補について評価項目により算出される。集合分割問題による解法では、列挙したキャスト枠候補からキャスト枠を選択する際に、可能な限り組余りとなるスラブを最小化しつつ、かつ、全体最適となるような解を求めることが可能である。集合分割問題を高精度に求解するためには、高評価となる部分集合、つまり、キャスト枠候補を多数列挙する必要がある。しかしながら、本問題においては計画対象を約 1000 スラブとすると、部分集合の組み合わせ数は 10 の 300 乗に及び、現実的な計算時間で全ての組み合わせを列挙することは不可能である。そこで、事前に製造条件が似通ったスラブをグルーピングすることで、全体集合の要素数を 100 程度までに減らし、列挙すべきキャスト枠候補の組み合わせを大幅に削減した。スラブをグループに集約する際には、エンジンが出力する解の最適性をできる限り損なわないようにするため、最終的に同じキャスト枠に取り込まれる可能性が高いスラブが同じグループになるように、鋼種、サイズ、納期などが近いスラブを集約した。また操業実績に基づいたキャスト枠候補の組み合わせ数の削減にも取り組んだ。人が決定する計画にはある程度パターンがあり、それに近い計画をエンジンが出力する方が人に受け入れられ易い。そこで過去の膨大な操業実績データを集計して、過去にない操業パターンを列挙候補から除外することで計算時間の短縮を試みた。また、目的関数についても同様に、過去に操業したパターンほど最適解として採用されやすくなるよう目的関数を設計した。

4.4 キャスト枠設計エンジンの効果

開発した手法を用いたキャスト枠設計エンジンを実操業に適用開始しているが、従来の担当者が立案した計画と比較してより高精度な計画を立案することが可能となり、継ぎ目部分の屑量を 10% 程度削減できることを確認した。また、最適化問題の目的関数を構成する生産性やコストの重み係数を調整することで、重視する指標を変更した計画を立案することができ、操業環境に適した計画を採用することも可能である。最適化に要する計算時間は計画対象とするスラブの数や注文構成に依存するが数秒から数分のオーダーで完了することから、担当者が 1 つ 1 つキャスト枠をハンドで計画するより圧倒的に高速となり、エンジン結果に対して至急材の位置適正化などの修正時間を考慮しても、週間出鋼計画に要する立案時間を 70% 程度短縮することが可能となり、複数計画の比較と計画造り込みにより最適性を追求することや、早期に関係部門に週間計画を共有して部門間を跨る調整に時間を費やすことができるようになった。また計画業務に要する時間を短縮することで操業

トラブルにより変動が生じた場合でも、再度エンジンを実行して計画を作り直すことで迅速に通常操業へ復旧することが可能となった。また熟練者が有するノウハウを形式知化してエンジンに組み込むことで、比較的経験の浅い担当者でも熟練者相当の計画の立案が可能となった。

4.5 鋼圧スケジューラのみとめ

キャスト枠設計エンジンは適用 1st ミルとして東日本製鉄所君津地区を対象にプロトタイプ開発を完了し、現在は週間出鋼計画の定常業務に実活用しており、前述の効果を発揮中である。また開発時から他製鉄所への展開も見据えて共通して必要な機能の実装にも取り組んできており、現在、他の製鉄所への横展開導入の検討を進めている。このようなエンジンを業務で継続して活用するためには、エンジンが有するパラメータを適切に調整して計画精度を維持することが重要である。市況や操業条件に照らし合わせ生産性優先やコスト優先など人の意思を反映した計画立案を実現するために、各パラメータチューニングを容易に可能とする画面、機能も併せて開発・実機化しており、人とシステムが協調して生産をコントロール可能なシステム環境を整備した。また前述したように鋼圧スケジューラは複数のエンジンで構成されており、現在、他のエンジンについても実機化を推進中である。将来的には各エンジンを連動して実行することで、製鋼、熱間圧延工程全体の操業スケジュールを常に最新化して操業変動への対応を可能とするとともに、スラブ置き場逼迫や在庫不足による稼働休止などのリスクを事前に回避するなど鋼圧全体の操業実力の向上を図っていく。更には製鉄所個別の部分最適から脱却して製鉄所間含む全体最適を実現するため、前述の一貫生産計画シミュレータとも連動して、統合生産計画プラットフォーム全体で最適方針を迅速に意思決定可能なシステム体制を構築中である。

5. 結 言

鉄鋼生産プロセスは、多品種小ロット注文を、各製造工程の大ロット化(生産性最大化)を指向しつつ、注文一品単位の製品仕様と納期を満足するように天然の原料から製品を作り分ける V 型ジョブショップ型の生産プロセスである。また、各製造工程では製品品質やコストの観点から多くの製造制約条件や評価指標を考慮した生産スケジュールを立案する必要があり、工程ごとであってもその立案には熟練ノウハウが必要である。

本稿では、これらの計画立案業務について、激しく条件が変動する環境下においても素早かつ確に支援し、リードタイム短縮等の実効果を発揮するための取り組みとして、統合生産計画プラットフォームの構築、一貫生産計画シミュレータの開発、鋼圧スケジューリングシステムの開発について述べた。更に、人とシステムが高度に連携するこ

とで、人だけ、或いはシステムだけではなし得ないレベルの生産計画を立案する仕組みについて述べた。

この統合生産計画プラットフォームを基軸とした質の高い膨大なデータ資産を有機的に活用し、人に気づきを与え迅速・適切的確に意思決定判断を可能とすることにより、業務プロセス全体を変革し、大幅な業務負荷削減および業務時間・業務サイクル短縮を図るとともに、相互にフィードバックすることで、日本製鉄における鉄鋼ビジネスプロセス全体の最適化を図っていき、引き続き世界を牽引する先進企業として、新たな技術開発への挑戦も含めて邁進していきたい。



田中博之 Hiroyuki TANAKA
デジタル改革推進部 部長代理
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



小幡恭平 Kyohei OBATA
情報システム部 情報システム企画第二室
生産管理アプリケーション課 主査



森田幾太郎 Ikutaro MORITA
デジタル改革推進部 主幹



吾郷正俊 Masatoshi AGO
プロセス研究所
インテリジェントアルゴリズム研究センター
生産マネジメント研究室 研究第一課
上席主幹研究員