

JFE スチール 東日本製鉄所における生産管理業務改革 —お客様ニーズにおこたえする高度同期化操業の確立—

Innovation of Production Management in East Japan Works, JFE Steel —Establishment of Highly Synchronized Manufacturing Processes Responding to Customers' Demand—

黒川 克美 KUROKAWA Katsumi JFE スチール 東日本製鉄所 工務部生産管理技術室 主任部員(課長)
飛矢地雅也 HIYAJI Masaya JFE スチール IT改革推進部 主任部員(課長)
長岡 洋平 NAGAOKA Yohei JFE スチール 東日本製鉄所 工務部生産管理技術室 主任部員(課長)

要旨

JFE スチール 東日本製鉄所は、1999 年 11 月に千葉地区に生産管理業務改革プロジェクト「*JUST-Delivery*」を発足して、生産管理システムの再構築、製造体質強化を推進し、高度同期化操業、短納期製造、余剰在庫の削減などを達成した。その後、2003 年 4 月の経営統合を契機に、地区ごとにあった生産、物流の管理部門を統合し、製鉄所を一体として運営する組織体制とし、かつ、これを実効あるものとするべく「*Re-1*」プロジェクトを推進し、「*JUST-Delivery*」で開発した生産管理システムの京浜地区への適用により、両地区の生産管理業務を統合するためのシステム基盤を整備した。

Abstract:

In November 1999, JFE Steel East Japan Works launched a project called, *JUST-Delivery*, which has innovated production management in Chiba District and has obtained successful results, such as highly synchronized manufacturing processes, short lead-time production, and reduction of excess inventory, by reconstructing production management systems and strengthening production capabilities. Upon the consolidation of Kawasaki Steel and NKK in April 2003, JFE Steel East Japan Works reorganized the production control departments of Chiba and Keihin Districts into the one department. By the new project, *Re-1*, which applied the solutions developed by *JUST-Delivery*, to the production control systems in Keihin District, the foundation of production control systems for unification of production management at Chiba and Keihin Districts has been built.

1. はじめに

お客様ニーズの厳格化の流れを受けて、鉄鋼各社ともカスタマーロイヤルティ獲得に向けて個別オーダーごとのきめ細かなデリバリー管理および短納期製造への対応が強く求められていた。

JFE スチール 東日本製鉄所千葉地区(旧川崎製鉄 千葉製鉄所)では、これらのニーズにおこたえすべく、経営統合以前の 1999 年 11 月に多岐に渡る工程間の高度同期化操業を目指した生産管理業務改革プロジェクト「*JUST-Delivery*」を発足し、生産管理システムの再構築、製造体質強化を柱に業務改革を行った¹⁾。

生産管理システムの再構築では、高度同期化操業に対応

する計画システムの構築、短納期製造を支援する業務サイクル短縮、余剰在庫の削減などの業務課題に取り組むとともに、将来にわたり生産管理業務を支えていく情報システム基盤を整備すべく、従来各システム間で分断されていた個別情報の一元管理化、操業系システムとの連携を保証するための 24 時間連続稼働(無停止性の担保)などの課題にも取り組んだ。

2003 年 4 月 1 日、旧川崎製鉄 千葉製鉄所と、旧 NKK 京浜製鉄所とが一体となり JFE スチール 東日本製鉄所が発足した¹⁾。東日本製鉄所は、これを契機に、従来地区ごとにあった生産、物流の管理部門(工務部)を統合し、製鉄所を一体として運営管理する組織体制とし、さらに工務部の組織統合をより実効のあるものとするべく、千葉地区で開発した生産管理システムを京浜地区にも適用し、両地区

の生産管理業務を統合した。

本論文では、1999年以降の千葉地区での生産管理システムの再構築について述べるとともに、統合後の東日本製鉄所一体運営を念頭においた京浜地区への展開について述べる。

2. 生産管理システム再構築の課題

製鉄所における生産管理は、大量の情報処理が必須であり、早くからコンピュータ化の取り組みが行われてきた。千葉地区でも、従来のバッチ処理の代替としてオンラインシステム導入を1970年代半ば過ぎには完了し、1980年代半ばには大規模かつ当時としては画期的な計画システムへのリフレッシュを行ったが²⁾、多品種小ロット化、デリバリーの精度要求、短納期製造などのお客様ニーズが厳格化していく流れに対応するには、より高度な同期化操業が必要となってきた。

そこで、千葉地区では高度同期化操業を目指した生産管理業務改革のプロジェクトを発足し、その一環として、生産管理システムの再構築を実行した。以下、情報システム基盤を整備する上での、主な課題について述べる。

2.1 工場単位に分断されたシステム構成

Fig. 1 に千葉地区のシステム構成を示す。

操業系システムは、製造仕様命令の作成と工場に対する指示、製造実績管理、現品トラッキングなどの各生産ラインを稼働させるための機能を有している。設備の構成や特徴、歴史に大きく依存し、独自性が極めて高いため、各工場単位に1970年代から1980年代前半に開発されてきた。

一方、管理系システムは、製鉄所では操業系システムの上位に位置し、生産管理や品質管理などの機能、お客様や営業部門、経営管理者層との接点となる機能を有している。管理系システムは操業系システムと異なり、工場単位である必要はないが、操業系システムから発展してきた経緯もあり、開発効率や異常時のリスク分散の目的で、操業系システムと同様に分散配置されてきた³⁾。

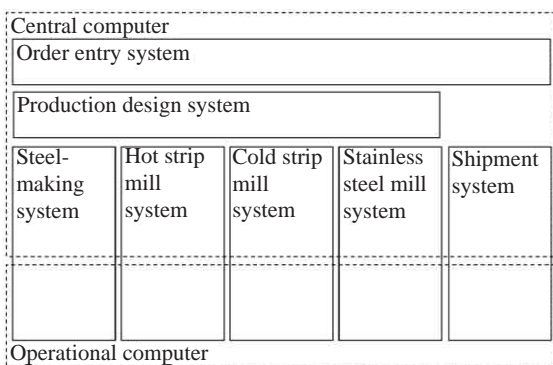


Fig. 1 Production management systems in Chiba District

このため、製鉄所内において、各システム間の定義差、タイミング差などによるデータの不整合が恒常的に発生していた。従来の業務の多くは単独システム内で完結していたが、本プロジェクトのように、高度同期化操業を指向すると、複数システム、複数工場に跨るような業務を行うことになり、システム間のデータ不整合が大きな阻害要因となることが想定された。

2.2 現品情報管理機能の不整合

お客様からのオーダーは多品種小ロットの傾向がますます強まり、製造単位に満たないケースもある。

そのため、千葉地区では製造設備、製造方法、能力、技術力に起因する種々制約条件の中で、スラブ内のオーダーの組み合わせや寸法などを設計する機能（以下、スラブ設計）、現品内の余剰部分に他のオーダーを引き当てる機能（以下、材料引当）、複数のオーダーが組み込まれている現品に対して分割など適切な製造命令を作成する機能（以下、装入命令）などを駆使して、製造単位となる現品内に複数のオーダーを組み込んでまとめて製造し下工程で作り分ける方法を積極的に指向してきた。

しかしながら、おのおのの機能は1980年代以降に独立に開発され、また極めて長期間に渡っておのおののメンテナンスが繰り返されてきた経緯などから、相互に不整合を発生してきた。たとえば、冷間圧延工場では1現品から2種類の板厚の鋼板を製造する技術があり、製造可能な板厚の組み合わせの制約条件を表すテーブル（以下、基準テーブル）を生産管理システム内で管理しているが²⁾、Fig. 2に示すようにスラブ設計、材料引当、装入命令といった機能ごとに管理していたがゆえの不整合が発生した。すなわち、スラブ設計段階では1.00 mm 差まで組み合わせても可としているが、材料引当や装入命令の段階では0.05 ~ 0.15 mm 差までの厳しい基準値で制約されており、製造不可能と判定し現品進捗を停止させてしまう。

上述のように現品進捗が停止した場合は、その理由にもよるが、短いものでも1~2日間滞留し、調査や処置が難しい場合や多くの部門間での調整が必要なものは、より長く滞留するようなケースもあり、製造リードタイム短縮

Thickness combination constraint of cold strip mill

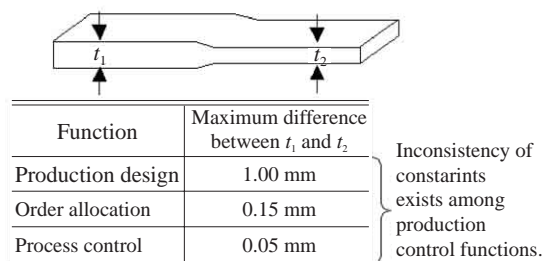


Fig. 2 Sample inconsistency of production control constraints

を図る上での阻害要因となることが想定された。

3. 生産管理システム再構築の考え方

3.1 管理系システム統合

3.1.1 管理系システム統合の構想

本プロジェクトでは、お客様ニーズの厳格化におこたえするために、リアル化、迅速化を志向した計画システムが必要と考えた。この必要性から、当初は既存システムに計画システム専用のサーバーを追加することを想定した。

しかしこの方法では当面は最小限の費用で業務変革を実現できるが、既存システムが工場ごとに分散配置されているという背景から、サーバーと既存システムとのインターフェースが非常に複雑となり、将来的にはメンテナンスをより困難にしていくというジレンマを抱えていた。

そこで、本プロジェクトを契機とし、工場単位に分断されている管理系システムを抜本的にリフレッシュして、プログラム資産およびデータベース (DB) を一元化するという、Fig. 3 に示すような管理系システム統合の構想を立てた。

統合の対象としたシステムは、製鋼、熱間圧延、熱延精整、冷間圧延、ステンレス、出荷の各システムであり、プログラムロジックの保有資産規模は 6 500 ksteps にも及んだ。全面リフレッシュするためには相当の期間とコストが必要であるが、そのための第一歩として本プロジェクトを位置付け、管理系システム統合後の姿を前提としてプラットフォームの選定や DB の設計を行った。

3.1.2 新管理系システムの構築

プラットフォームを選定するに際して留意した点を簡単に述べる。

(1) 処理能力

システム統合にともない、従来複数のシステム、DB に分散していた全トランザクションを一つの DB で処理する必要がある。さらに情報提供を迅速化し変化に即応できるようにするために、従来のバッチ中心型システムからオンライン中心型システムに変化させる必

要があり、その結果として増大するトランザクションを処理できることを大前提とした。

(2) 無停止性

製鉄所は通常 24 時間連続操業であり、従来はラインの定期保守に合わせて計算機や周辺機器の定期保守をしてきた。管理系統合時は全工場が対象となるためそのタイミングが合わず、より高い無停止性が要求される。

今回の新管理系コンピュータ導入に合わせて、Fig. 4 に示すように、既存の操業系、管理系コンピュータも含めて 2 台のメインフレーム上に再配置した。片側のマシン単独での縮退運転ができる構成とすることにより、無停止性が向上し、ハード関係 (CPU、ディスク装置など) の障害発生、更新工事の場合でも、ライン操業に影響を与えないことが可能となった。

(3) オープン系との接続性

従来、メインフレームとオープン系システムとでは接続性が悪く、オープン系の長所である汎用のアプリケーション開発ツールによる高い生産性、および、GUI (graphical user interface) による優れた操作性を享受するためには、メインフレーム側でバッチ的に編集したワークファイルを介した機能構成が必要であった。

これを回避しリアル更新された最新情報を元に計画業務を遂行するために、メインフレームに RDB (relational database) や ODBC (open database connectivity) を導入した。またオープン系連携機能を持つミドルウェアの導入により、オープン系システムをフロントエンドとした 3 階層クライアント・サーバー方式を併用し、ネットワーク負荷を軽減しつつプログラムの保守性を向上させるとともに、お客様 (商社、顧客) との直接的な取引も実現するための、Web をフロントエンドとしたオンラインシステムの環境も可能とした。

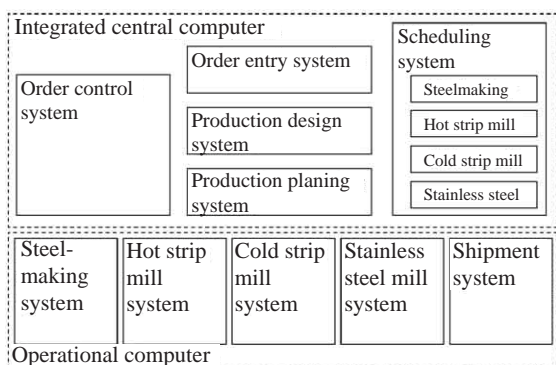


Fig. 3 Integration of central computers in Chiba District

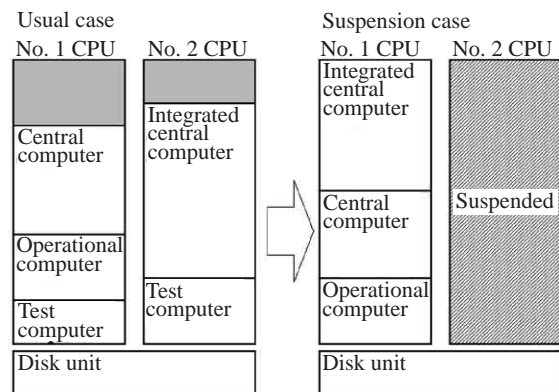


Fig. 4 Schematic illustration of non-stop computers

3.2 現品情報管理機能の改善

3.2.1 現品情報管理機能間の不整合解消

製鉄所の現品情報管理の主な機能には先に述べたように、スラブ設計、材料引当、装入命令がある。

これらの機能は基幹系システムの根幹をなすものであるが、全体を理解し整理するためには、生産管理業務、システム機能のみならず、製品知識や製造設備・技術に関する広範囲の知識と経験とが要求される。

そのため、千葉地区においても、これまで2.2節で述べた機能間の基準テーブル・ロジックの不整合という問題を認識しながらも、抜本的な対応を実施できなかった。そこで、今回のプロジェクトでは将来に向けたシステム情報基盤整備の観点から、この問題に取り組むこととした。

まず、専従メンバーを6ヶ月配置し、仕様書の読解、プログラムソースでの確認、実際の機能や現物の確認などの方法により、プログラムソース換算で約1100kstepsを対象にプログラムを解読し、その全容を明らかにした。

次に、1現品複数オーダー組み込み可否の判定条件について、機能ごとに保有する類似の制約条件を横断的に整理し、機能間の不整合を顕在化させたところ、多くは次の2種類に大別することができた。

- (1) 類似の基準テーブルやロジックが複数存在する不整合
 旧来の仕組みでは機能ごとに基準テーブルやロジックを有しており、長期間に渡る個別メンテナンスの結果、制約条件が少しずつ異なったものになっていた。暫定処置として、制約条件を生産管理面や製造面から見て適切な値に修正するとともに、恒久処置として、類似の基準テーブルおよびロジックを統合して、各機能で共有する構造とした。これにより、機能ごとに制約条件が異なるという不整合は本質的に解消され、将来におけるメンテナンス性も飛躍的に向上した。
- (2) 一部の機能のみに制約条件が存在する不整合
 スラブ設計、材料引当、装入命令の3機能は先に述べたとおり、本来は同一の制約条件にて制御されるべきであるが、一部の機能にのみ制約条件が付加されているケースがあった。

トラブルなどへの対応として応急的に付加されたような制約条件も存在したため、各制約条件の必要性について十分な吟味をし、不要であれば削除、必要ならば全機能に追加適用するという方式とした。

Table 1に今回見直した制約条件（基準テーブルやロジック）の数を示す。4000件弱の制約条件を対象とし、700件を廃止するとともに、500件以上の緩和により、制約条件の一元管理化が達成され、不整合のない現品情報管理機能を構築することができた。

3.2.2 現品情報管理機能改善の効果

現品情報管理機能の不整合を解消することで、以下に示

Table 1 Number of constraints investigated

Conclusion	Function				Total
	Order entry	Production design	Order allocation	Process control	
No change	13	1 783	424	53	2 273
Deregulation	27	47	556	111	741
Relaxation	8	116	343	78	545
Intensification	7	28	162	17	214
Total	55	1 974	1 485	259	3 773

す効果を得た。

(1) 余剰量削減

1現品内に複数オーダーを組み合わせる自由度が向上したことで、従来であればスラブ段階から現品内の一部を余剰として製造していたもの同士を、スラブ設計段階で組み合わせることが可能となり、スラブ内余剰量が従来比で半減した。

また、自動材料引当による余剰現品へのオーダー付けも改善し、たとえば、冷間圧延鋼板品種を一例にとると、従来比で約50倍の引当量を達成し、余剰量削減に寄与した。

(2) 製造リードタイムの短縮

情報不整合による現品進捗停止の発生頻度低減にも寄与しており、たとえば、酸洗工場の例では従来比70%の削減を実現した。これは、製造リードタイムに換算すると、3.2日の短縮に相当する効果であった。

3.3 計画システムの構築

プログラム資産およびDBを一元化した、新たに統合した管理系システムの元に、不整合のない現品情報管理機能の基盤を整備した。このシステム基盤の上に、リードタイム短縮を目的とした2つの計画システムを構築した。

3.3.1 月間計画～素材要求システム

従来は **Fig. 5** に示すように、製造開始（出鋼）対象の注文を選定する業務（以下、素材要求）を週に一度の頻度で行っていたが、日々変動する需要と操業の変化を迅速に生

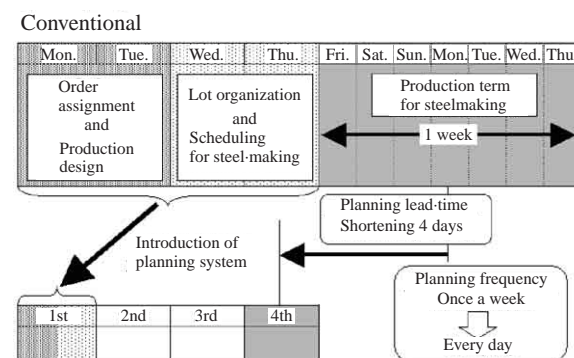


Fig.5 Effect of shortening planning lead-time

産計画に反映するため、毎日素材要求する方式に改め、これにより計画作業のリードタイムを約4日間短縮した。

また、従来は注文ごとの納期と標準的な製造リードタイムを元に素材要求していたが、1～2ヶ月先までの製鉄所全ラインのスケジュール（以下、月間計画）を立案の上で、出鋼のスケジュールを元に素材要求する方式としたので、ライン間の仕掛削減およびリードタイム短縮が可能となった。

月間計画立案のために TOC（theory of constraints：制約性理論）に基づいた計画システムを構築した。

各現品に通過工程数分のデータが必要であり、データ数は約20万件となった。この大量データを対象に、対話型にてラインや品種ごとに異なる複数の担当者が、同時に製造チャンスを動的に変更しつつシミュレーションし全体を最適化するために、高性能サーバーを適用するとともに、アルゴリズムへの工夫を施した。この計画システムは期待以上のレスポンスと作業性を実現し計画業務のレベルアップと作業時間の短縮に大きく寄与している。

3.3.2 週間計画～実行調整システム

スラブ以降の仕掛現品に対して、ライン固有の各種制約条件を考慮し、現品単位の操業順を決定し、各工場の操業系システムに対して指示する仕組みを構築した。

全製造ラインからオンラインでリアルに更新されるDBにより、現品の進捗状況をリアルタイムに把握できるので、従来型の分断されたDBでは実現不可能であった、異なる工場（システム）を跨ぐ同期化操業が可能となった。

3.4 生産管理業務改革効果のまとめ

現品情報管理機能の改善により、余剰現品の削減と現品進捗停止の発生頻度の低減を達成し、お客様のご要望に合わせた生産を行う上での阻害要因を低減した。また、計画システムの構築により、計画作業時間の短縮と同期化操業の立案・実行が可能となった。

これらの総合効果としてリードタイムの大幅な短縮を達成した。この強みを生かして、一部のお客様との間では短納期製造の実績を上げつつあり、高い評価を頂いている。

4. 所一体運営基盤の構築

東日本製鉄所は、従来地区ごとにあった生産、物流の管理部門（工程部）を統合し、製鉄所を一体として運営管理する組織体制としたが、さらに工程部の組織統合をより実効のあるものとすべく、千葉地区で *JUST-Delivery* プロジェクトにて開発した生産管理システムを京浜地区にも適用し、両地区の生産管理業務の統合を図る活動「Re-1」を展開した。

具体的には、Fig. 6 に示すように、千葉地区に新たに構築した管理系システムを東日本製鉄所の統合管理を担うシ

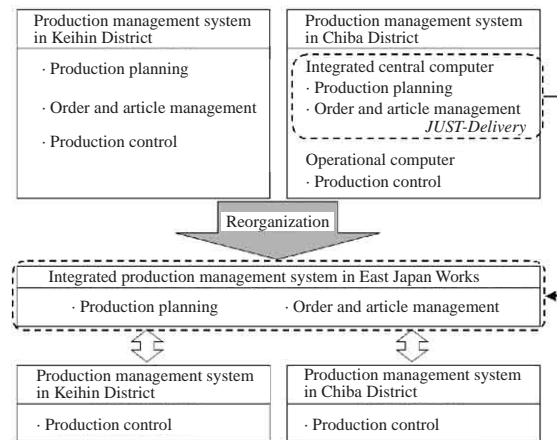


Fig. 6 Application of JUST-Delivery to Keihin District

ステムへと昇華させるとともに、千葉地区向けに構築した生産管理機能（スラブ設計、材料引当などの現品情報管理機能、および、月間計画、週間計画、キャスト編成などの計画機能）を京浜地区にも適用した。

Re-1 で開発した一部の機能についてはすでに本番移行を完了しており、京浜地区においても、スラブ内余剰の削減や計画リードタイムの削減などの効果を発揮し始めている。

5. おわりに

JFE スチール 東日本製鉄所は、高度同期化操業の確立を目標に、*JUST-Delivery*（千葉地区）、Re-1（京浜地区）の両プロジェクトを通して、生産管理業務改革に取り組んだ。その成果として、余剰量削減やリードタイム削減などを達成するとともに、一部のお客様との間では短納期製造の実績も上げつつある。お客様ニーズのさらなる変化に対しても、おこたえしていけるように、今回整備した情報基盤を元に、製鉄所を一体として運営管理できる利点を最大限に生かして、生産、物流の管理レベルを高めるための改革をさらに進めていく。

参考文献

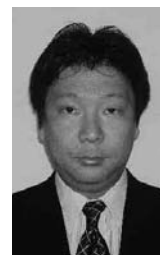
- 1) JFE 技報. vol. 1, 2003, p. 8.
- 2) 坂本彌ほか. 川崎製鉄技報. vol. 20, no. 2, 1988, p. 108.
- 3) 播本彰ほか. 川崎製鉄技報. vol. 20, no. 2, 1988, p. 95.



黒川 克美



飛矢地雅也



長岡 洋平