
富士通グローバルサーバーを利用した 製鉄所生産管理システムの再構築

川崎製鉄株式会社 千葉製鉄所
川鉄情報システム株式会社 千葉事業所

■ 執筆者 Profile ■



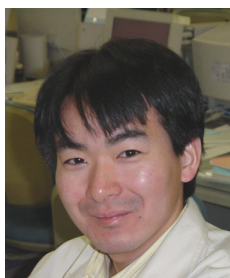
西 圭一郎

1992年 川崎製鉄（株）入社
水島製鉄所熱間圧延部
1997年 千葉製鉄所熱間圧延部
1999年 現在 工務部生産管理技術室所属
千葉製鉄所生産管理システム開発担当



金 谷 哲 郎

1981年 川崎製鉄（株）入社
千葉製鉄所熱間圧延部
1987年 新事業本部特品事業推進部
1990年 千葉製鉄所第一冷間圧延部
1994年 工務部生産管理技術室
1997年 工務部ステンレス工程課長
1999年 現在 生産管理技術室長



曾 根 久 詩

1986年 川崎製鉄（株）入社 千葉製鉄所システム部
1988年 川鉄システム開発（株）
（現川鉄情報システム（株））出向
1999年 現在 千葉事業所開発グループ所属
川崎製鉄千葉製鉄所生産管理システム開発担当



船 尾 哲 也

1983年 川崎製鉄（株）入社
千葉製鉄所システム部 冷延システム開発担当
1988年 川鉄システム開発（株）
（現川鉄情報システム（株））出向
1998年 川崎製鉄知多製造所生産管理システム開発担当
2002年 現在千葉事業所開発グループ長
川崎製鉄千葉製鉄所生産管理システム開発担当

■ 論文要旨 ■

川崎製鉄千葉製鉄所では、リードタイム短縮、納期達成率向上などの市場ニーズに応えるため、1999年11月に生産管理システム再構築を目的としたプロジェクトを発足させた。まず第一にブラックボックス化されつつある古い基盤機能の解説や、システム間に跨る機能・データの不整合解消に着手し、生産管理の基盤機能を再整備した。次に、設備や生產品種毎に分離していた管理系システムを、高いトランザクション処理能力、無停止性、資産継承性等の観点で基幹プラットフォームに相応しい特長を持つ富士通グローバルサーバ上に統合した。その結果、製鉄所規模におけるデータの一元性が確保され、生産管理基盤機能の一層の精度向上と、効率的な全所統合スケジューリングシステムの構築に成功した。これらにより製造リードタイム3日短縮、製造ロット5%アップ、余剰現品発生量の50%減少などの大きな効果が既に得られている。

■ 論文目次 ■

1. はじめに	《 5》
1. 1 当社概要	
1. 2 製鉄所の生産管理システムの特徴	
2. 生産管理システムリフレッシュのニーズ	《 5》
2. 1 短リードタイム化などのデリバリーサービス向上	
2. 2 レガシーシステムのブラックボックス化解消	
2. 3 生産能力向上, 製造コスト削減	
3. 千葉製鉄所の現状と課題	《 6》
3. 1 計画, スケジューリング系レガシーシステムの陳腐化	
3. 2 現品管理系機能の不整合によるリードタイムの長大化	
3. 3 生産工場単位に分断された管理系システム構成	
4. 生産管理システムの再構築	《 7》
4. 1 管理系システム統合	
4. 1. 1 管理系システム統合の構想	
4. 1. 2 新管理系プラットフォームの選定	
4. 1. 3 新管理系システムの構築	
4. 2 現品管理系機能の不整合解消	
4. 3 スケジューリングシステムの構築	
5. 現品管理系機能改善の効果	《 12》
5. 1 製造ロットの拡大効果	
5. 2 余剰在庫の削減効果	
5. 3 製造リードタイムの短縮効果	
6. 今後の課題	《 14》
7. おわりに	《 14》

■ 図表一覧 ■

図 1	製鉄所生産管理システムの基本的な構造	《 6》
図 2	1 現品複数オーダー組込の不整合事例	《 7》
図 3	富士通グローバルハブを中心とした新しい生産管理システム構成図	《 9》
図 4	現品管理系各システムの解説	《 10》
図 5	システム毎に基準やロジックを有しているシステム	《 11》
図 6	類似制約基準やロジックの共有化	《 11》
図 7	スラブ単重とスラブ内余剰率の推移	《 13》
図 8	余剰現品にオーダーを自動で引当した量の推移	《 13》
図 9	情報不整合により進捗が停止した現品の発生頻度推移	《 14》
表 1	現品管理系機能の解説ボリューム	《 10》
表 2	見直しを行った制約基準, ロジック数	《 11》

1. はじめに

1. 1 当社概要

川崎製鉄株式会社は 1950 年に創立された、高炉製鉄メーカーであり、年間粗鋼生産量は 1000 万トンを超える。2003 年春には NKK と経営統合を行い、鉄鋼部門は世界最大級の生産規模の JFE スチールとなる。千葉製鉄所は 1951 年に、戦後わが国で初めて建設された銑鋼一貫の臨海製鉄所であり、現在主に熱延鋼板、冷延鋼板、ステンレス鋼板などの薄板鋼板を中心に生産している。

川鉄情報システム株式会社は 1983 年に川崎製鉄株式会社のシステム開発部門が分離、独立して設立された。以後、製鉄所システムの構築、運用、保守はもとより、その技術力と経験を生かしてグループ会社内外で多くのシステム開発に携わっている。

1. 2 製鉄所の生産管理システムの特徴

製鉄所のシステムは大きく、操業系システムと管理系システムに分類される。

操業系システムは、各生産ラインを稼働させるためのもので、設備に密接に関連したものである。その設備の構成や特徴、歴史に大きく依存し、独自性が極めて高い。生産ラインに対して製造仕様命令指示、製造実績管理、現品トラッキングなどが主な機能である。

管理系システムは生産管理や品質管理等の、製鉄所内では操業の上位に位置するシステムであり、お客様や営業部門、経営管理者層との接点となるものである。

製鉄所の生産管理システムの特徴を端的に表現すれば、次の 3 点に集約される。

- ① 歴史が古い
- ② 規模が大きい
- ③ 24 時間、365 日フル稼働

千葉製鉄所の例で言えば、そのシステム化の歴史は製鉄所設立以来 50 年間に渡るものであり、生産管理に関わる部分だけでもその資産規模は 650 万 Steps にも及ぶものである。更に製鉄所の特徴として、多くの生産工場が 24 時間、365 日間連続操業しているため、必然的にそれに対応できるだけの厳しい安定性や無停止性が要求される。

2. 生産管理システムリフレッシュのニーズ

2. 1 短リードタイム化などのデリバリーサービス向上

鉄鋼業も他の産業と同様に、お客さま、市場、ビジネスの変化に迅速に対応することが求められている。特に近年は注文を頂いてから納品するまでの総合リードタイムの短縮が大きな課題であり、SCM や ERP などを含めたトータルの生産管理システム改革が各社で行われている。図 1 は基本的な製鉄所の生産管理システムの構造を示しているが、上半分のスケジューリング管理系は製鉄所内のリードタイム短縮の鍵となるシステムである。

2. 2 レガシーシステムのブラックボックス化解消

基幹系のシステムは歴史が古く、規模が大きいということから、抜本的な開発やメンテナンスの機会が少なく、その一部は既にブラックボックスに近くなってきていた。その結果、開発効率やメンテナンス効率の著しい低下を招き、更には市場変化に迅速に対応したシステム改造の障害にすらなり始めている。

特に、**図1**の下半分で示される現品管理系は、製鉄所に関わる現品（製品、半製品）とオーダーを司る基幹部であるがため大きな改造のチャンスが少なく、上記の傾向は強い。

2.3 生産能力向上，製造コスト削減

製鉄所のような巨大な設備産業においては、製造ロットや、生産スケジュールによって、生産能力や製造コストは大きく変動する。このため生産管理システムのレベルアップによるこれらの改善は強いニーズがある。

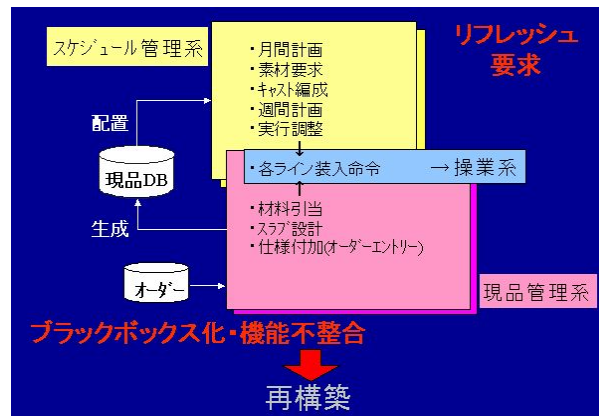


図1 製鉄所生産管理システムの基本的な構造

3. 千葉製鉄所の現状と課題

3.1 計画，スケジューリング系レガシーシステムの陳腐化

千葉製鉄所の計画，スケジューリング系システムは、10年以上過去において、大規模かつ当時としては画期的なリフレッシュを行った。しかしながらそれ以降においては、急激な市場要求の変化に対応する本質的なシステム対応ができておらず、担当者の手作業に委ねる部分が大きくなっていった。

3.2 現品管理系機能の不整合によるリードタイムの長大化

製鉄所での最小製造単位は、溶鋼の段階では転炉単位に成分を調整するため数百トン、固体となった半製品以降でも数十トンと大きなものである。一方でお客様からの注文は多品種少ロットの傾向が益々強く、ある程度の経済的な製造ロットを確保するために、一般的に以下の方法をとる。

- ① 1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
- ② 余剰品として製造を行い、製品在庫を保有して、将来のオーダーに充当

②の方法は大量の在庫を保有すること、必ずしも将来のオーダーの保証が無いこと、などからデメリットやリスクが大きい。そこで千葉製鉄所では製造設備，製造方法，能力，技術力に従った制約の中で，①の方法を積極的に指向している。溶鋼を固めて製造の開始となる半製品（スラブ）の設計機能（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（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（装入命令）等で①の実現を計っている。しかしながら、

各々の機能は独立に開発され、また極めて長期間に渡って独自にメンテナンスされてきた経緯などから、相互に不整合を発生してきた。図2はその不整合の一例を示すものである。(数値は参考値。) 圧延工場において1現品から2種類の板厚の鋼板を製造する技術があるが、その作り分ける板厚の組合せ基準の不整合事例である。スラブ設計の段階では1.00mm 差まで組合せ可としているが、材料引当や装入命令の段階では0.05~0.15mm 差までの厳しい基準で制約されており、製造不可能と判定し現品進捗を停止させてしまう。

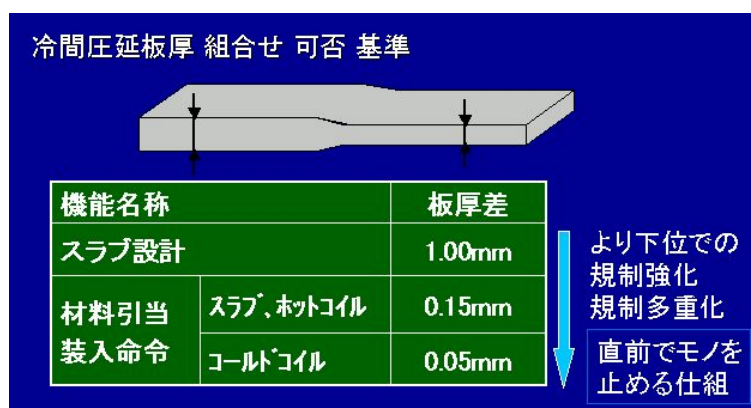


図2 1 現品複数オーダー組込の不整合事例

上述のような現品進捗停止の滞留日数は、その理由にもよるが、短いもので1~2日間、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平均20日間も滞留するようなケースもあり、製造リードタイム長大化の一因となっている。

3. 3 生産工場単位に分断された管理系システム構成

製鉄所のシステムは、各製造工場単位に操業支援システムとして開発されてきた。操業系システムから発展してきた管理系システムも同様に、開発効率や異常時のリスク分散の目的で、設備や製造品種単位に分散配置されている。このため、システム間の定義差、タイミング差などによるデータ不整合が不可避免的に発生している。単体工場規模でのシステムであれば誤差として扱える程度の不整合であるが、複数システム、複数工場にまたがるような大規模システム開発においては大きな障害になってきている。

簡易的にサーバーなどを用意して各システムから必要なデータのみを採取し、外付けで多システムにまたがる機能を構築する場合もあるが、これ自身がまた新たな分断された仕組であり、不整合を拡大していく結果となっている。

4. 生産管理システムの再構築

4. 1 管理系システム統合

4. 1. 1 管理系システム統合の構想

当社は短リードタイム化、多品種少ロット化等の市場ニーズに応えるため、1999年11月に生産管理システム再構築を目的としたプロジェクトを製鉄所内に発足させた。当初プロジェクトでは、スケジューリング系システムを中心とした業務要件から、従来の基幹シ

システムにスケジューリング専用のサーバを追加することを想定してスタートした。しかしこの方法は当面は最小限の費用で実現できるが、既存システムが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方向となるというジレンマを抱えていた。

そこで当プロジェクトを契機として、生産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、資産およびデータベースを一元化するという、管理系システム統合の構想を打ち立てた。

統合の対象としたシステムは、製鋼、熱圧、熱仕、冷延、ステンレスの5システムであり、資産規模は650万stepにもおよぶ。これらを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当プロジェクトを位置付け、管理系統合時の姿を前提としてプラットフォームの選定やデータベースの設計を行った。

4. 1. 2 新管理系プラットフォームの選定

プラットフォームの選定に当たっては、下記(1)～(5)を評価ポイントとし、各社の製品を比較検討したが、最終的に富士通グローバルサーバを採用した。

(1) 大量トランザクション処理能力

システム統合にともない、従来複数のシステム、DBに分散され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が大前提となる。ただしこの点ではオープン系もメインフレームも大差なく、コストパフォーマンスを考慮するとオープン系に軍配が上がる。

(2) 無停止性

製鉄所は通常24時間連続操業であるが、従来はラインの定期保守にあわせて計算機や周辺機器の定期保守をしてきた。しかし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。そこで今回の新管理系コンピュータ導入に合わせて、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。片側のマシンに切り替えて縮退運転できる構成とすることにより、既存システムも含めて無停止性が向上し、ライン操業に影響を与えずに定期保守が可能となる。

(3) 安定性

新管理系システムでは、当然ながら従来のメインフレームと同等以上の安定性が求められる。近年はオープン系も安定性が向上してきているが、まだメインフレームには及ばない。これは直接的にはハードやOSの安定性に対するコストのかけ方が違うためであるが、一般的にサードベンダーに比べて、メインフレームの方が障害発生時の原因究明やバグ修正などの対応レベルが優れている。この障害に対するベンダーの姿勢の違いを評価した。

(4) 資産継承性

生産管理の基幹システムは 10 年～20 年スパンでの保守を求められる。オープン系では機器の劣化更新の際にはバージョンアップに伴う非互換対応を余儀なくされ、その結果、無用なリスクとコストが定期的かつ広範囲に発生する。また新管理系への移行負荷を最小限とできることもメインフレームを採用とした理由の一つである。

(5) 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は、利用者にとっても開発者にとっても別物というイメージがあった。しかし現在ではメインフレームに RDB および ODBC を導入することにより、PowerBuilder による高い生産性や GUI による優れた操作性といったオープン系の長所を取り込める。また INTERSTAGE を導入することにより、PowerBuilder をフロントエンドとした 3 階層クラサバ方式を併用し、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ことも可能である。また商社、顧客とのダイレクトな取引も実現するために、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なっている。

4. 1. 3 新管理系システムの構築

図 3 に富士通グローバルサーバーを中心とした千葉製鉄所の新しい生産管理システムの構成図を示す。

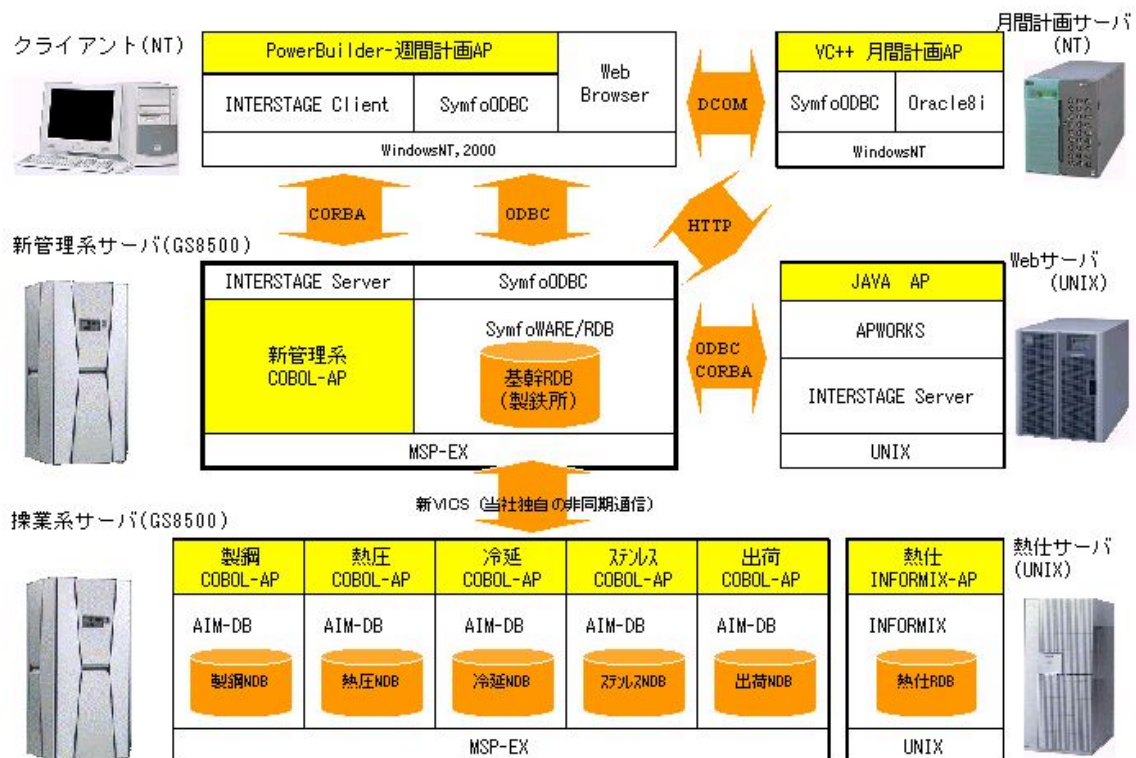


図 3 富士通グローバルサーバーを中心とした新しい生産管理システム構成図

4. 2 現品管理系機能の不整合解消と機能レベル向上

現品管理系機能は3. 2で述べたように、

- ・ 溶鋼を固めて製造の開始となる半製品（スラブ）の寸法設計機能（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（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の適切な製造命令を作成する機能（装入命令）

が主な機能である。

これらの機能は基幹系システムの更に根幹の部分となすものであり、理解し整理するためには、生産管理面、システムのみならず、製品知識や製造設備・技術に関するような非常に広範囲の知識と経験が要求される。

これまでこの分野において、多くの問題が認識、指摘されていながらも、抜本的な対応が取れなかったのは、その規模の大きさと問題領域の広さによるものである。いわゆる「レガシー」故の課題である。今回のプロジェクトでは製鉄所の全力をあげてこの問題に取り組むこととした。

しかしながらこれらは、古くかつ巨大なシステムであり、その全容を知っている人間もおらず、中身の解読は仕様書の読解とプログラムソースでの確認、という原始的な方法に頼らざるを得ない。専従メンバーで対象としたボリュームを表1に示す。これに加えて実際の機能や現物の確認を行い、その全容を明らかにした。

表1 現品管理系機能の解読ボリューム

解読期間	6ヶ月
解読した仕様書	A4パイプファイル 50冊
解読した仕様書のソース換算	約1100ksteps

全体機能を理解した上で、図4に示すように各システムの制約条件（1現品複数オーダー一組込可否の判定条件）を解読、整理し、類似の制約を横断的に整理することによってシステム間の不整合を顕在化させた。その結果、多くは次の2種類に大別することが出来る。

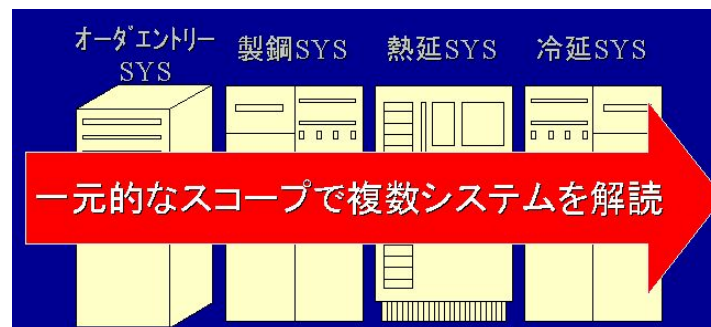


図4 現品管理系各システムの解読

(1) 類似の基準やロジックが複数存在する不整合

図5はシステム毎に基準やロジックを有している旧来のシステムを示す。各基準やロジックをメンテナンスする際に、長い歴史の中でその中身が少しずつ異なったものになっていた。暫定的な処置として、制約の中身を生産管理面や製造面から見て適切な

値に修正した。恒久的な処置として、**図6**に示すように類似制約の基準やロジックは1つにして、各システムで共有させる構造とした。これによって、システムによって制約が異なるという現象は本質的に解消され、メンテナンス性も飛躍的に向上した。

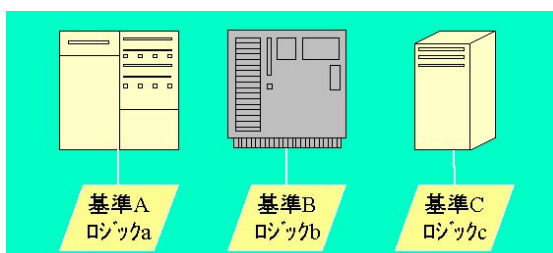


図5 システム毎に基準やロジックを有しているシステム

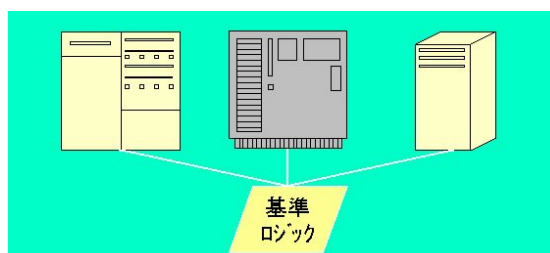


図6 類似制約基準やロジックの共有化

(2) 一部の機能のみを制約する基準やロジックが存在する不整合

その制約の必要性判断をまず最初に行い、必要であれば全システムに追加、展開していく。不要であれば一切を削除するという方式をとった。過去のトラブル対応などにおいて応急的に付加されたような制約も存在し、その制約値自身の正当性についても十分な吟味を行った。これによって、制約が一元化された、基準不整合のない現品管理系システムを構築することができた。**表2**に今回見直した制約基準やロジックの数を示す。4000件弱の制約を対象とし、700件以上を廃止、500件以上を緩和するなど大規模な規制緩和も同時に達成した。これらの具体的な改善効果は5章で述べる。

表2 見直しを行った制約基準、ロジック数

機能 処置	仕様付加	スラブ設計	材料引当	装入命令	合計
現状維持	13	1783	424	53	2273
制約廃止	27	47	556	111	741
制約緩和	8	116	343	78	545
制約追加	7	28	162	17	214
合計	55	1974	1485	259	3773

4.3 スケジューリングシステムの構築

富士通グローバルサーバを利用した一元的な管理系システムをもとに、不整合の無いベースの現品管理系システムが完成した。最後に製造リードタイム短縮を目的としたスケジューリングシステムの構築を行った。これには大きく分けて以下の2種類のゾーンがある。

(1) 月間計画～素材要求ゾーン

お客さまの注文を納期どおりに生産するために、1～2ヶ月先までの製鉄所全体のライン操業計画を立案し、連鑄工場に対してどのような素材（スラブ）をいつ供給すれば良いかを指示する。

(2) 週間計画～実行調整ゾーン

スラブ以降の仕掛現品に対して、ライン固有の各種制約を考慮し、現品単位の作業順までをスケジューリングする。同時に現品の進捗状況をリアルタイムに把握しながら、各工場の作業系システムに対して作業指示する。

(1)について

TOC (Theory of Constraints:制約性理論) に基づいたスケジューリングシステムである。従来はこのゾーンは 1 週間単位に素材要求する方式であったが、日々変動する需要と作業の変化を迅速に生産計画に反映させるため、毎日スケジューリングして素材要求する方式に改めた。これにより計画作業のリードタイムを約 3 日間短縮した。

現品データは現品×通過工程で約 20 万件と大量であり、対話型にてシミュレーションして適切な解を得るためには、高性能サーバと洗練されたアルゴリズムで瞬時に処理することが要求される。各社の提案を検討した結果、この分野について多くの実績とノウハウのある富士通中部殿と共同で開発を行った。その結果、期待以上のレスポンスと作業性を実現したシステムを構築することができた。ラインや品種ごとに異なる複数の担当者が、同時にサイクル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できるという大きな特長を持つ。

(2)について

全製造ラインからオンラインでリアルに更新されるデータベースを基盤にしてスケジューリングを行う。従来型の分断されたデータベースでは到底実現不可能であった、異なる工場（システム）間を跨る同期化作業を可能とした。

データベースを完全に一元化、正規化しているため、DBMS にとってかなり重い処理といえるが、SymfoWARE の性能を最大限に引き出すための工夫を随所に凝らしている。また PowerBuilder を採用することにより、GUI で効率的に行えるようにした。

5. 現品管理系機能改善の効果

現品管理系機能については、2001 年 7 月にはほぼ全てが稼働し、具体的な改善効果が発揮されている。

5. 1 製造ロットの拡大効果

図 7 は半製品であるスラブ単重（1 個あたり平均重量）の推移を示したものである。従来比+1ton 程度の単重アップが実現した。同時にスラブ内余剰が従来比半減していることからわかるように、1 現品複数オーダー組合せの拡大による効果である。製造単位が大きくなることにより、各生産設備の生産能率が向上し、生産能力のアップや製造コストの低減に寄与するものである。

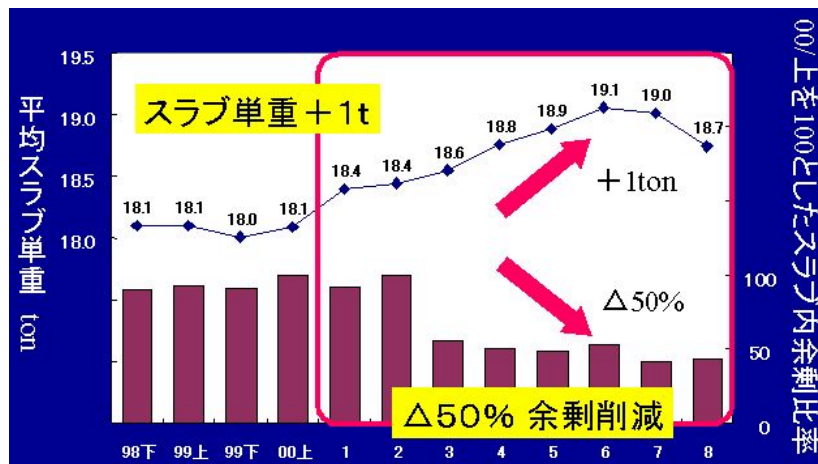


図7 スラブ単重とスラブ内余剰率の推移

5.2 余剰在庫の削減効果

図8はある冷延鋼板品種について、自動材料引当機能によって余剰現品にオーダー付けされた量の推移である。つまり不良資産である余剰在庫のコンピュータシステムによる削減量を意味する。1現品複数オーダー組込の拡大効果などにより、従来比約50倍もの余剰在庫削減を実現することが出来た。これはROA改善のみならず、大幅な売上、収益拡大につながるものである。

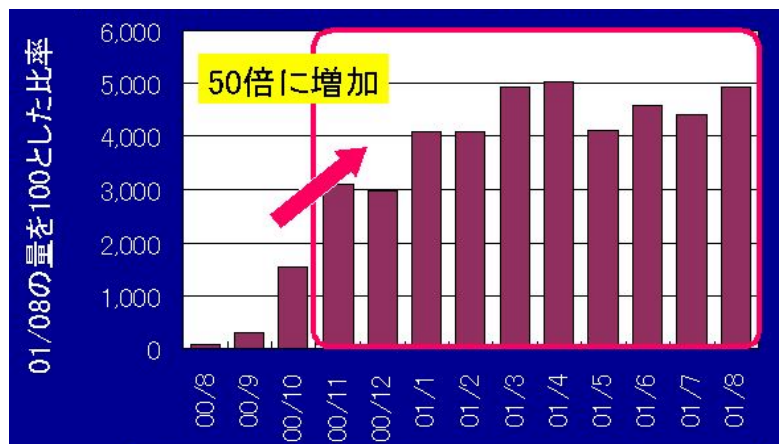


図8 余剰現品にオーダーを自動で引当した量の推移

5.3 製造リードタイムの短縮効果

図9は酸洗工場において情報不整合により現品進捗が停止した現品の発生頻度の推移である。これも従来比70%の削減を実現できた。これは製造リードタイムに換算して3.2日の短縮に相当する効果である。

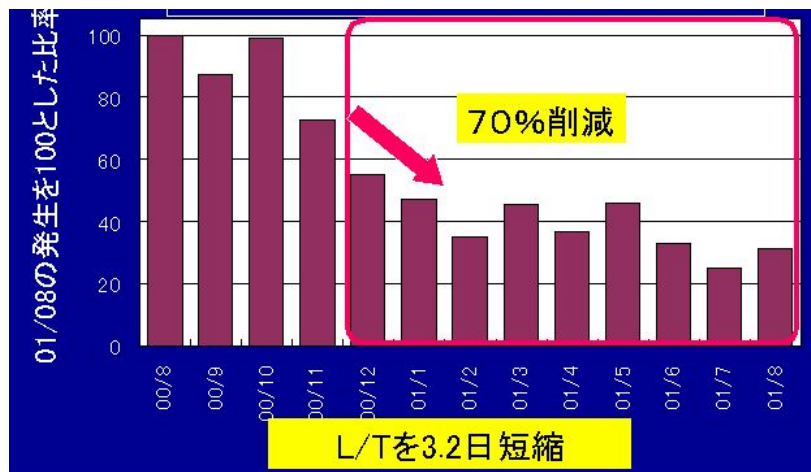


図9 情報不整合により進捗が停止した現品の発生頻度推移

6. 今後の課題

今回の報告では、千葉製鉄所の生産管理システムリフレッシュのスタート、基盤部分のものについて記した。強固たるデータベースを構築し、不整合の無い現品管理システムを整備した。その中で期待以上の大きな効果が出たことも事実ではあるが、この基盤システムの上にこれから何を構築し、どのように利用していくかがより重要になってくる。いくつかのSCM関連システムについては既に稼働、あるいは開発を進めているが、更に市場の変化や要求に迅速に対応した生産管理体制を築いていきたいと考えている。

7. おわりに

本報の千葉製鉄所でのシステムリフレッシュ事例は、大きく分類すると昨今流行のSCM, CRMの一形態である。しかしながら多くの会社の事例報告に見られるような、既存システム上にパッケージソフトを被せた類のものや、システム全体を更新するといった類のものとは一線を画しており、レガシーシステムの本質的な整備(modernize)と最新のIT技術を用いたSCMアプリケーションの両立という点で、特徴付けられるものである。

多くの分野で基幹系システムに優秀なパッケージソフトが適用されてきている現在において、その企業の経営ソフト面での競争力の源泉となるものは一体何か、ということを考える。それはやはり、その企業独自の基盤システム、いわゆるレガシーシステムではないか。計算機システムは改善の手が止まった瞬間からレガシー(遺産)となる。適切なメンテナンスを実施することによって、それは極めて優良な資産になるということを体感したプロジェクトであった。

参考文献

- [1] 足立芳寛ほか：“鉄鋼業の競争力強化と将来展望”，ふえらむ，Vol. 7(2002), NO. 6, PP408-412