

5.2 広域化する情報システム

この10年間の鉄鋼における情報技術は、メインフレーム（セントラルコンピュータ、オンラインコンピュータ、ホストコンピュータなどと言われている情報系の大型コンピュータ）の大規模・高速処理の特性を生かした製鉄所の生産システムや本社基幹システムの流れと、パソコン(PC)、ワークステーション(WS)、LAN¹⁾などの単体としては小規模だが、コンピュータ利用技術のパラダイムシフトに寄与した、オープンシステムの二つの流れに分けられる。計算機の発展の歴史を振り返ると、初期のカリキュレータとしてのスタートから制御・情報処理システムを経て、いまや思考支援やコミュニケーションメディアとして現在に至っている。後半5年間は、むしろPC、WS、LANを核にしたオープンシステムの高度利用技術が、主流になっている。その結果、情報処理の対象やアプリケーション領域は、1980年代のバッチ処理とかオンライン処理といった、基幹システムや生産管理システムの従来の枠組から、個々のスタッフの業務や広域に分散する顧客、さらには移動する船舶にまで拡大されるに至っている。本節では、メインフレームの大規模情報処理の特性を生かし複合生産プロセスの結合による 1) 連続化・同期化プロセスの実現 PC/WS/LAN を、思考支援やグループ間通信メディアとしてのその特性を生かした 2) 製鉄所スタッフの業務支援システム。オープンシステム技術の生産システムへの応用として 3) 広域物流システム。最後に顧客との情報交信のための 4) EDI²⁾の動向。について論じる。これらを通じて鉄鋼において、情報システム技術が、「工場単独から複合工場へ」、「個人からグループへ」、「製鉄所単独から全国物流へ」、「製鉄会社単独から顧客も含めて」どのように進化していったか紹介する。最近10年間の鉄鋼業界の情報システ

ムと情報技術の傾向を Fig. 5.1 にまとめた。アプリケーション開発においては、生産管理、営業、物流の各システムを中心に、リフレッシュと合理化を強力に推進した時期と言える。情報技術で言えば新しいテクノロジーが、1990年以降特に顕著に出現した。従来の工場を中心にしたシステム化から、ホワイトの生産性や企業全体の改革を実現する、新たな情報技術の取り組みが求められる状況になっている。

5.2.1 工場単独から複合工場へ

鉄鋼プロセスは、本来バッチプロセスであり各生産ラインは、その生産方式はもちろん、生産能力も歴史的な発展の経緯も異なっている。そのため各プロセスは、入り側に多くの原料（または素材）在庫をかかえて操業していた。連続プロセスとして有名な連続鋳造(CC)や連続焼鈍(CAL)は、冶金、凝固、金属学などの物理側面からプロセスの集約（または省略）と連続化に寄与し、日本の鉄鋼業に革新的進歩をもたらした。一方、昭和55年頃から、素材生産工程（製鋼→連続→圧延）の連続化が日本の鉄鋼業に大きなインパクトを与えた。いわゆる、ホット・チャージプロセス(HCR)やホット・ダイレクト・ローリング・プロセス(HDR)である。すでに確立したプロセスレイアウトと、異なる設備能力を前提として、自動車を始め電機、パイプなどの薄板製品品種の多様化ニーズに応えながら、連続化・同期化プロセスの達成という矛盾する問題の解決である。この製鋼(CCを含む)～熱延間の連続プロセスの実現は、熱原単位、場内在庫、自動化による省力を大幅に達成させた。連続化・同期化プロセスの開発は、今までのCC、CALの開発とは全く質の異なるアプローチである。それまでの局所的な生産管理システムを廃して、

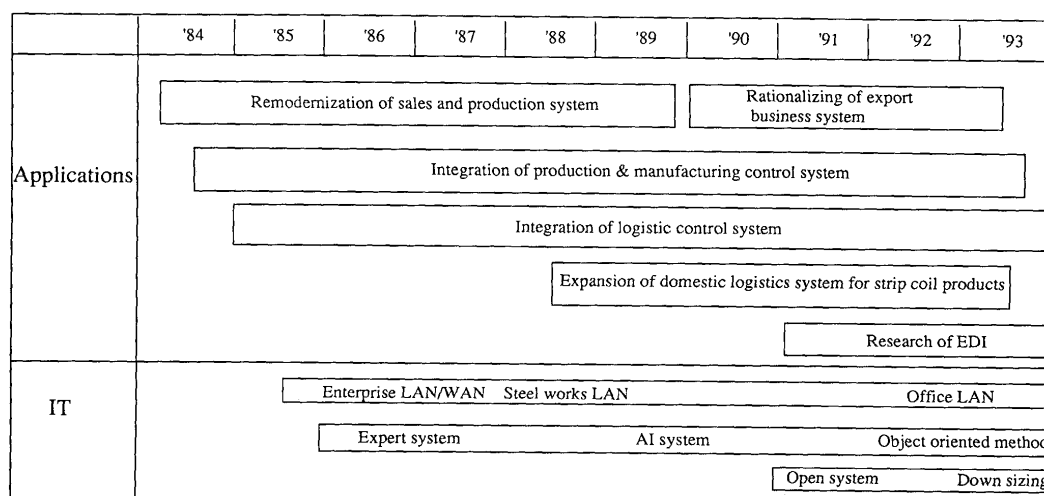


Fig. 5.1. Trend of applications development and information technology (IT) in Japanese steel industry.

¹⁾ LAN: Local Area Network.

²⁾ EDI: Electronic Data Interchange.

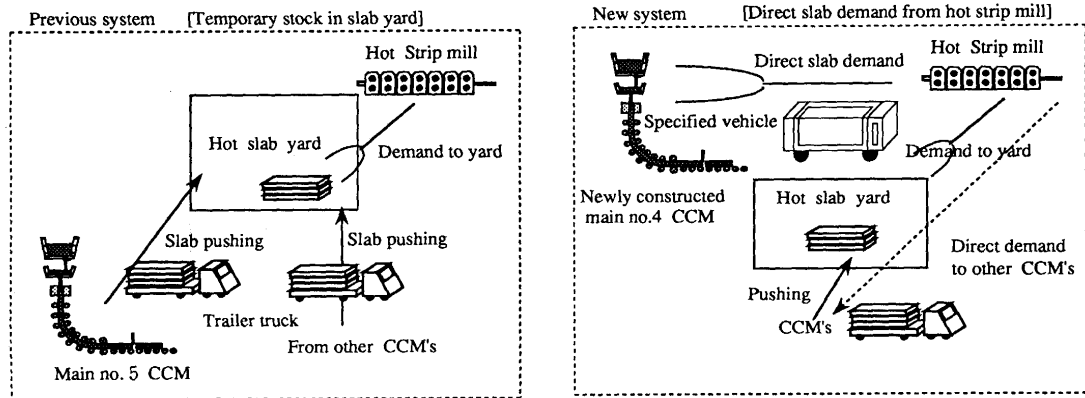


Fig. 5.2. Schedule planning concept between CCM and hot strip mill.

情報処理の大局的観点から、素材生産プロセス全体を統合する複合生産システムを実現した。これは、横の広がりを感じ、情報処理技術を生かした技術革新であったと言える。以下に川崎製鉄(株)水島を中心に技術の進化を見る。

(1) 直近 10 年間の川崎製鉄(株)水島の動き

a. 薄板総合計画 (P2) システムの稼働

昭和 61 年 10 月に薄板の納期達成率の向上を目的に P2 と称されるシステムが稼働した。当システムはオーダーを 5 日分プールして週間計画を作成するという計画指向のシステムであり、さまざまなオーダー情報をセントラルコンピューターで集中処理をする大量情報処理のスタートと言える。

b. DHCR³⁾ 操業の開始

昭和 63 年 4 月に連铸～熱延ミルの熱メリットの追求を主な目的にして DHCR 操業を開始した。設備としては加熱炉装入側の改造を行ったが、連铸～熱延ミル間のスケジュール作成方法は従来どおり上工程より作成し、その結果を受けて直装入可能なものを、DHCR 命令として作成する形であった。

c. 溶銑予備処理の量の拡大

昭和 60 年より操業を開始した溶銑予備処理 (以下 PTC⁴⁾ と略記) は、その後処理量が拡大するとともに PTC 指定材の出現により製銑の操業変動が下工程に及ぼす影響は増大した。したがって計画作成時の PTC 能力の過不足チェックが重要となった。

d. 第 4 連铸機の稼働

平成 5 年 1 月に第 4 連铸機が操業を開始した。当連铸機は、冷延用素材を中心とした高品質鋼の溶製を目的とするとともに、次工程の要求に柔軟な対応が可能な設備としている。熱延ミルとの同期化向上と製造リードタイムの短縮を目指したものであった。

(2) 4 連铸システムの特徴

上述のように同期化について改善がなされてきたが、4 連铸システム以前のスケジュール作成は、連铸決定後、熱延ミルを決定する押し出し方式であった。そのため DHCR 率に

限界があり、DHCR を実施する場合にも仮置きによる温度低下が発生していた。この状況を改善すべく 4 連铸システムでは、熱延ミル優先型を指向した。熱延ミル優先型を達成するために解決すべき課題としては、(a) 熱延の要求が連铸の制約を満たすこと、(b) 川崎製鉄(株)水島という複合製鉄所の中で全処理量の約 6 割を占める熱延の要求が他ミルへの影響を極小化することの考慮が必要であった。以下これらの課題への取組について述べる。

a. 熱延ミル優先型のスケジュール作成

具体的な手順としては、

- (a) 連铸制約を満たすべく成分、铸造幅を考慮したオーダーグループの作成
- (b) 連铸の設備制約が多かつ他の熱間ミルとの競合の有る 4 連铸以外の連铸の仮決め
- (c) 上記スケジュールの内、熱延の加熱・圧延制約の大きいものを消化するゾーンの設定
- (d) 各ゾーンに応じた 4 連铸用のオーダーグループのスケジュールリング

以上のように連铸～熱延間の制約を満足させる形として熱延からの直接スラブ請求方式とした (Fig. 5.2)。

b. 連铸～熱延ミル間のミクロの同期化システム

上記のオーダーグループを作成する場合には、(a) 連铸での切断順=圧延順となるよう自動で鋼片順決定を行う (b) 要手入材などの非直行材が存在する場合に鋼片の供給平滑化のため分散させるなど、鋼片単位での同期化を考慮している。

c. 製銑工程まで遡った調整システム

熱延ミルから連铸に遡ったスケジュール作成をするに当たり、全体の溶銑および PTC の需給バランスの調整が必要となった。このため高炉の操業予測データを元に溶銑の量および PTC の供給バランスのチェックシステムを開発した。このシステムは (a) 週間計画作成用の粗いチェック (b) 刻々と更新される高炉のデータを反映した日々の操業調整用の精度の高いチェックの二つから構成されている。

以上のように連铸～熱延間の連続化、同期化プロセスは、製鉄所全域を包含するメインフレームと基幹 LAN の大量・

³⁾ DHCR: Direct Hot Charge Roll.

⁴⁾ PTC: Pre-Treatment Center.

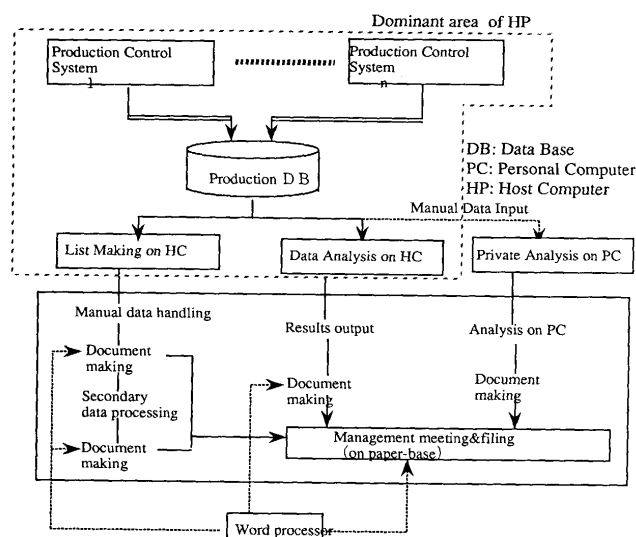


Fig. 5.3. Data and information flow in steel works in case of previous host computer system.

高速処理の機能を最大限に生かした、素材生産のための複合プロセスと言える。

5.2.2 個人からグループへ

川崎製鉄(株)水島の「スタッフ支援システム」と新日本製鉄(株)大分の「製鉄所運営システム」を通じて、いかに情報技術が、思考支援やグループコミュニケーションの面から、製鉄所のマネジメントと知識の共有化に寄与しているかを示す。Fig. 5.3 は一般的な製鉄所における、情報加工と共有化のフローを示している。メインフレームのデータ、そのデータを用いた解析作業、報告資料の作成はいずれも情報処理的には連携していない。昭和 50 年頃からメインフレームに蓄積されたプロセスデータを末端のユーザ自身が、容易に有効活用するために、エンドユーザプログラミング言語や管理解析ツールがメインフレームに導入され始めた。このような解析はメインフレームの大規模データベース (DB) を使って、スタッフがコンピュータ知識なしで FOCUS⁵⁾ などの簡易言語を使って解析を可能にするものであった。現在のエンドユーザコンピューティング (EUC) の先がけである。しかし、アウトプットは紙でありメインフレームの閉じた世界で作成され解析結果と、ワープロ文書が同じ情報空間上で結合されることはなく、資料作成は糊とハサミの作業であった。また端末の設置台数の制約や、占有可能なメモリの制約から情報の共有や蓄積も紙ベースであった。一方、半導体の進歩、中でもマイクロプロセッサの出現によってもたらされた PC や、廉価に高速処理を可能にした RISC⁶⁾ を応用した WS などの小型コンピュータの進歩や、通信技術の世界的な標準化、さらには「オープン化」と言う、メインフレームでは考えられないような、新しいこれらの統合化技術の普及により、計算機を個人が独占し、グループ内外とコミュニケー

⁵⁾ FOCUS: マイネーション・ビルダーズ社のエンドユーザ向けの第四世代言語。

⁶⁾ RISC: Reduced Instruction Set Computer.

	[Before]		[After]
Data gathering & processing	22.3%	Standardizing of daily stuff work	10.0%
Thinking & judgment (including improvement and development work)	25.6%		50.0%
Document making and reporting	27.7%	Improvement of data base	15.0%
Arrangement and others	24.4%		25.0%

October in 1990

December in 1992

Fig. 5.4. Increase of intellectual productivity of hot-rolling mill department engineers in Mizushima Works.

ションする環境が、1990 年以降急速に整備されていった。また 1980 年前半に出現した、スプレッドシートによる表計算ソフトの普及も製鉄所のスタッフの解析環境の充実に大いに寄与した。1985 年以降からは、これらのハードソフトを総合的に組み合わせた分散コンピューティング技術が、UNIX⁷⁾ の基本ソフトを核にして導入研究が始まり、1990 年以降、製鉄所や本社の一部の基幹システムでも適用され始めた。その一つの応用形態が、クライアントサーバモデル (CS) で、鉄鋼の情報処理分野にもそのパフォーマンスのよさが評価され、積極的に本社のビジネス分野や、生産ラインにも適用されていった。それまでの製鉄所の情報処理は、メインフレームと呼ばれる大規模集中型システムと、それと全く独立した文書作成のためのワープロがスタッフ業務を支配していた。CS をスタッフの業務支援に適用することにより、快適な解析環境を提供することが可能になった。Fig. 5.4 は水島の熱延におけるメインフレームでの作業と、CS での作業の時間配分を分析したものである。この時のシステムは、クライアントとして MAC⁸⁾ を利用し、2 人/1 台の導入条件である。またドキュメントの一元管理も行い、熱延部門内の情報共有化も CS の情報空間上で図られている。また熱延事務所内には、LAN にリンクされた大型プロジェクトが設置されて、部門会議のペーパーレスを実現している。これによりスタッフの情報収集や文書作成時間を半減させ、思考判断時間を倍増させる効果を生み出している。

新日本製鉄(株)大分では、このような部門レベルの情報共有化の枠を、製鉄所全体のレベルまで拡大した製鉄所運営支援システムを平成 4 年に稼働させている (Fig. 5.5)。製鉄所のそれまで蓄積した、ワープロ OASYS⁹⁾ 文書も一元管理を図り、文書作成業務の効率化を、全所で行う発想のシステム

⁷⁾ UNIX: UNIX System Lab. Inc. が開発しライセンスしている OS 基本ソフト。

⁸⁾ MAC: Apple 社が発売しているパーソナルコンピュータ。

⁹⁾ OASYS: 富士通が発売しているワープロ。

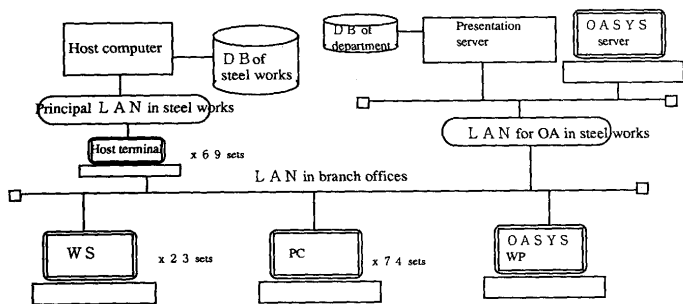


Fig. 5.5. Management support system in Oita Works.

である。本システムは、製鉄所のマネジメント会議もサポートし、会議のペーパーレスも実現している。製鉄所のトップから各管理者層にまで、PC 端末が配布されており、組織の水平的な運営と、製鉄所各層の情報共有化が実現できている。

5.2.3 製鉄所単独から全国物流へ

鉄鋼製品の場外輸送の大半を占める内航船輸送は特に情報システムによるサポートが遅れていた分野であった。

その理由の一つは、考慮すべき要因の多様性にある。各工場の倉庫から出庫された多様な製品を工場岸壁で荷役し、内航船にて顧客の指定する全国に分散した流通基地に運搬し、流通基地にて保管後、顧客の要求に応じて最終目的地に要求どおりに届けるためには、工場での入庫状況、工場沿岸の荷役作業状況、船舶の運行管理状況、流通基地での沿岸荷役状況/在庫状況/出庫状況、さらには気象/海象情報を的確に把握し、判断する必要がある。

従来の情報システムは、工場内の生産管理システム、工場出荷システム、船舶運行管理システム、流通基地システムとそれぞれ独立したシステムが成立しており、上記システムを一貫整合的に繋ぎ合わせるシステムが無かったばかりか、特に船舶運行管理に関しては、船舶の動静情報をリアルタイムに把握する手段がなかったために、工場・船舶・流通基地間の調整業務や、作業計画立案業務は人間作業に頼る部分が多かった。

一方で昨今の経済情勢から、製造原価の約 1 割を占める物流コストは抜本的改善を要求されており、内航船輸送に関しても運航効率の向上による大幅なコスト削減の必要性が認識されていた。

以上のような状況下に鉄鋼各社は、昭和 62 年から内航船運行管理システムのリフレッシュを行ってきた。以下において、川崎製鉄(株)の「内航物流一貫計画システム」(ZEUS)の概要を紹介する。

ZEUS は Fig. 5.6 に示すように以下の諸点を骨格としている。

(1) 内航センターの設置

内航船の運行管理のポイントは積地・船・揚地の一貫整合的管理であるという観点から、3 者ばらばらで行われていた

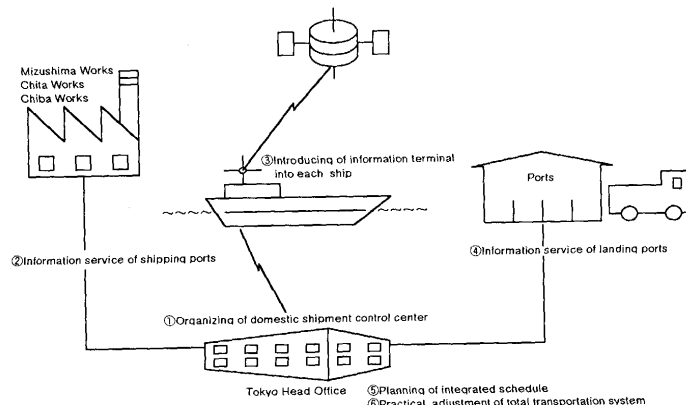


Fig. 5.6. Conceptual constitution of integrated planning system of domestic shipment.

管理業務を機能集約し、本社内に新たに内航センターを設置した。

(2) 積地情報の提供

工場における荷役動静情報をリアルタイムに把握し、EWS 上にビジュアルに表示する。

(3) 船舶動静把握

内航船約 100 隻に GPS¹⁰⁾を搭載したパソコンを設置し、それをホストコンピュータと接続させることにより、船舶の位置情報を自動的にかつリアルタイムに把握する。

(4) 揚地情報の提供

揚地での水切～出庫作業にバーコードシステムを導入し、作業の効率化を図るとともに、作業の進捗をタイムリーに把握する。

(5) 一貫計画の作成

上記(2)～(4)の情報を内航センターにて一元的に把握/管理し、AIにて積荷ロット編成～積/揚バースプラン～船名決定までを包含する一貫計画を作成する。

(6) 全社実行調整

上記一貫計画の実行調整業務を内航センターを中心として全社的に WS にて行う。

すなわち、当システムは工場出荷システム、船舶運航管理システム、流通基地システム、という積地と船舶と揚地のシステムを有機的に結合し、その上で3者を一貫整合する計画を作成し実行調整することにより、内航船輸送の抜本的な効率化を図ったものである。

5.2.4 製鉄会社単独から顧客も含めて

(1) 企業内システムから企業間システムへの展開

販売・生産および物流分野のシステム化は、昭和 40 年代から本社営業部門と製鉄所のオンライン接続をはじめ本格的な取り組みを行ってきた。

鉄鋼の製品は、Fig. 5.7 に示すように、商社経由で販売されるものがほとんどである。しかし、製品の大半は顧客ごと

¹⁰⁾ GPS: Global Positioning System.

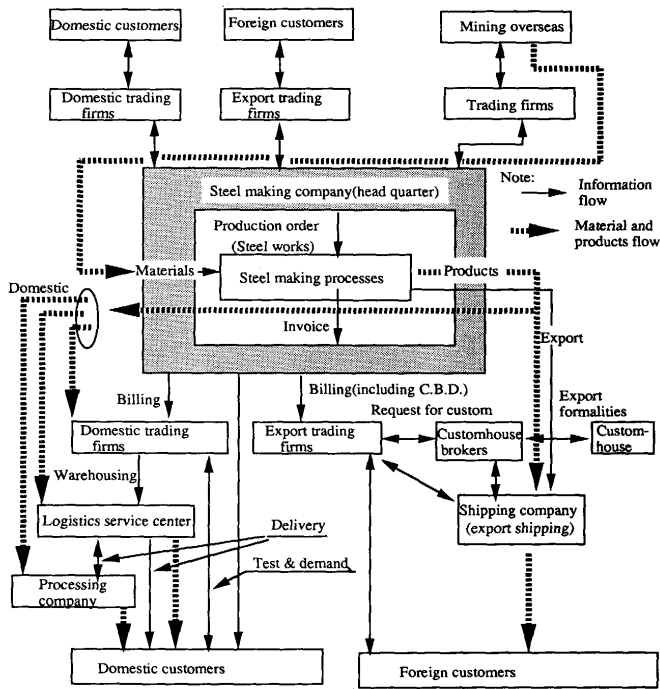


Fig. 5.7. Production, sales, and logistics flow of steel products.

の細かな指定仕様に基づいて発注/生産される受注生産方式が主流である。その種類は、寸法や成分・機械的性質などの違いから何万にも及んでいる。

一方、製品の流通/デリバリーは、鉄鋼メーカーや商社をはじめ輸送/流通基地など物流業者、さらに鋼材加工業者など各々の機能の総合力によって成り立っている。近年、顧客からの厳格な納入要請への対応などから、デリバリー機能の充実、流通分野の効率化とそれを支える情報システムの健全な発展が、鉄鋼業界にとって重要な課題となっている。

このような状況下で、各社は昭和50年代後半から商社や流通基地とのオンライン・ネットワークを順次構築し、企業間業務の効率化・迅速化および正確化などを図った。商社との間では、輸出商談(引合～乙波～成約)、受発注契約(発注～受注)および代金請求業務におけるペーパーレス化や工程進捗、輸出船積などデリバリー情報をオンライン化し、さらに、流通基地・コイルセンターとの物流ネットワークを構築してきた。近年では、商社と輸出通関業者間、通関業者と税関の間で通関依頼や輸出申告業務分野でのオンライン化が進展している。

(2) 鉄鋼業界における EDI の取組

高炉メーカーと商社間の取引情報に関する標準化は、鋼材倶楽部・帳票コード専門委員会(現「鉄鋼流通情報化委員会」)の下に、昭和43年、まず、『注文書、送状』記載項目の統一・標準化から着手した。引き続き、送状兼請求明細データのフォーマットの標準化、請求単価・金額の算出方法および鋼材単質(単重)・質量(重量)計算方法など事務処理ルールの標準化、さらに、輸出商談システムの標準化などを進めてきた。これらの成果を基盤として、高炉メーカーと商社と

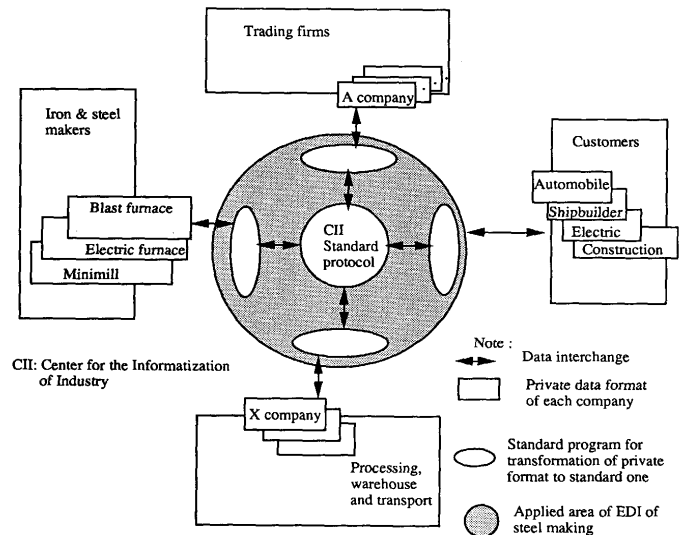


Fig. 5.8. EDI communication concept between steel-making and customers' companies.

の取引に関する情報のほとんどが伝送化されている。

しかしながら、鋼材の最終顧客である自動車、造船、電機や建設業界など近年、国内外での産業界における情報化は急速に進展してきており、鉄鋼業界に対しても納入現品情報、品質関連情報などの電子データ化や現品ラベルへのバーコード表示などの要請が日常化している。このような環境変化と対象の急増に対し、各社がそれぞれ個別に対応していくには、互換性欠如によるハードウェアの重複投資や社内情報システムの多重開発、あるいはデータ交換ルール決定までの膨大な時間と労力などの浪費を招くことが容易に予測される。

高炉メーカー(新日本製鐵(株)、NKK、川崎製鉄(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株))と商社(伊藤忠商事、住友商事、トーマン、日商岩井、丸紅、三井物産、三菱商事)は、通商産業省(鉄鋼業務課、製鉄課)の呼び掛けで平成2年に『鉄鋼ネットワーク研究会』を設立し、鉄鋼の販売物流分野において『EDI化が実施されるだろう領域で、広くEDI当事者が共通に使用することで合意されるデータ交換規約(ルール)作り』に取り組んだ。

鉄鋼ネットワーク研究会は、平成4年に『鉄鋼EDI取組の考え方(基本構想)』を取りまとめた。翌年には産業情報化推進センター(CII)が推奨する『CIIシNTAXスルール』の採用による標準メッセージと製品の標準バーコードラベルを骨格とした『鉄鋼EDI標準(原案)』を制定、公開した(Fig. 5.8)。

平成5年から、コイルセンター業界や倉庫業界をはじめ自動車工業会や造船工業会などの業際間において、『鉄鋼EDI標準(原案)』の実用標準化と普及に向けた共同研究を本格的に開始するとともに、造船各社との間では出荷情報や発注情報を中心とした業際間EDIを順次導入しつつある。また、通産省『業際EDIパイロットモデル』の一環として、コイルセンター/商社/高炉メーカーとの間で出荷現品情報や入庫情

報などを主要な対象として具体的な研究を進めており、1994年から関係各社間による EDI が開始されている。

このように、『鉄鋼 EDI』は研究・構想期から実施フェーズへと進展してきたことから、鉄鋼ネットワーク研究会では、平成6年1月、これまでの研究会組織を発展的に改組、鋼材倶楽部・鉄鋼流通情報化委員会の下に『鉄鋼 EDI センター』を設置し、標準の整備・普及と鉄鋼 EDI の促進に努めている。

5.2.5 今後の展望

鉄鋼における情報技術は、生産管理や本社の基幹系の業務に積極的に生かされ、鉄鋼生産技術進歩の一翼を担い、他の産業界にも少なからぬ貢献をしてきた。しかし、これは工場生産に直接・間接に関わる情報処理分野であり、マネジメン

ト層やスタッフの業務改革に積極的に貢献するシステムには残念ながら至っていないように思う。1992年頃から BPR¹¹⁾ がアメリカから言われ始めた。一方鉄鋼業界全体も業務改革が各社進行している。このことは、生産プロセスの生産性は世界最先端をいくが、スタッフも含めた生産性は、今後大いに改善の余地があることを意味している。そのためには、情報技術が、生産だけでなくスタッフの業務系にも高度に適用されるべきであろう。鉄鋼が、これまで得意とした生産管理や基幹システムなどの分野から、コンピュータの新しい利用形態(思考支援、グループ・コミュニケーション、DB 高度利用など)へ今後さらに展開していくものと思われる。

¹¹⁾ BPR: Business Process Reengineering.

5.3 定着化する AI 技術

5.3.1 AI 技術のトレンド

「知識は力なり」—1980年代のいわゆる「AI ブーム」は、E. Feigenbaum (Stanford 大学) のこの言葉から始まったといってもよいであろう。それまでの「人工知能」は、「論理計算」や「探索」など、どちらかと言えば理論的な領域にとどまっていた。しかし、「人工知能」を実用的な技術にするためには、適用分野の「知識」をコンピュータに集積することこそが重要だ、との主張のもとに「知識工学」という新しい技術領域も生み出された。それに伴い、数多くのエキスパートシステム開発のためのソフトウェアツール (AI ツール) や、推論や知識表現に関する各種の手法が提案された。

鉄鋼業を初めとする生産現場には多くの「ノウハウ」が存在する。物理モデルやアルゴリズムにより十分にモデル化できない部分については、熟練した人間が最終的な調整、介入を行う—このような現実が、「人工知能」あるいは「知識工学」に対する人々の期待を大きなものにした。そして、鉄鋼のみならず、さまざまな分野で数多くのエキスパートシステムの開発が試みられた。

AI ブームからほぼ10年たった今、「エキスパートシステム」は、問題をたちどころに解決する「魔法の技術」ではなく、むしろ、知識を見だし、検証し、記録し、整理・体系化し、そして標準化する、といった地道な「知識獲得」プロセスを支援するための技術である、との見方が広まりつつある。近年では、「知識ベースの開発」を効率的に行うための機械学習あるいは知識獲得支援技術への関心が高まっている。

一方、「AI」は、従来避けられていた「不良構造的」な問題の解決方法に関する研究の動機づけにもなり、エキスパートシステムに加え、ニューラルネット、ファジィ推論などの新技術の適用が積極的に行われた。例えば、制御においては、

これまで線形モデルに基づく線形制御が主流であったが、「AI 制御」あるいは「インテリジェント制御」と呼ばれる分野では、制御対象の非線形特性や非定常といった、従来の理論的枠組みでは捉えにくいような問題に対して、AI 技術の適用が試みられた。例えば、多層ニューラルネットワークやファジィ推論を用いた非線形特性のモデリングや制御に関する研究が関心を集めた。これらの方法は、従来の線形制御では対応が不十分であった課題に対する解決方法として注目され、高炉、焼結、圧延などの多様な分野で実用性の検証が行われている。また、工程計画における「組み合わせ最適化問題」のような、多大な計算が要求される問題を現実的な計算時間で解くために、遺伝子的アルゴリズム (GA) やシミュレーテッドアニーリング (SA) 法といった新しい手法の適用が試みられている。

5.3.2 鉄鋼における AI 技術の適用

鉄鋼製造プロセスにおいて、1980年代中ごろから急速に AI 技術の開発、実用化が進んだ。その要因は、以下のように大別される。

① マイクロプロセッサの発展と相俟って、高速・高性能の計算機が登場し、生産現場における AI 利用の環境が整備された。

② エキスパートシステムとともにファジィ推論、ニューラルネットワーク技術の進展によって製鋼や圧延工程を中心に知識ベースシステムの応用、適用範囲が拡大した。

③ 高炉などの複雑なシステムの操業支援や系の非線形性を考慮した制御技術として AI 手法が製鉄、製鋼、圧延プロセスなどに適用され、安定操業、品質・歩留り向上に寄与した。また、製鋼、圧延工程などの大規模な工程計画問題にも適用され、短時間でこれらの工程計画が作成されるように