

# 討15 大分製鐵所における直結プロセスVの生産管理

新日本製鐵(株) 大分製鐵所

工程業務部 ○吉村 浩

製鋼部 中島 敏明

システム部 藤沢 博

圧延部 赤毛 勇

## 1. 緒言

大分製鐵所は、省エネ・省資源・省力・品質向上を目的として、直結プロセスV<sup>1)~4)</sup>を55年12月に稼働させた。同プロセスは、複数の連鑄機と連続熱延、厚板両ミルを直結したもので、稼働以来、操業成績も逐年向上し、極めて高いHCR率・装入温度を安定して達成している。

安定した好成績を支えている直結化技術の一つに、高炉から圧延に至る多段・バッチ型プロセスが、あたかも1プロセスであるかの如く、円滑な一貫物流を保証している生産管制システムがある。

本稿では、直結プロセスVの生産管制システムを中心に生産管理全般について概要を紹介する。

## 2. 物流の特徴

新プロセスを構成している各設備の物流特性指数を第1表に示した。

Table 1 Material flow characteristic indices of steps of direct-linked process V

	Blast furnace	Torpedo car	BOF	RH vacuum units	Continuous caster	Sizing mill	Slab yard	Hot strip mill	Plate mill
Number of equipment	2	8/24	2/3	2	2+(1)	1		1	1
Production rate (t/h)	750	—	600 - 1,200	600 - 1,200	600 or 1,200	800 - 1,500	—	600 - 800	200
Operating time (h/month)	680	(4,000)†			670	700	(9,000)†	670	700
Lot size	600 to 800 t/tap	600 t/car or less	320 to 350 t/heat	320 to 350 t/heat	1 to 15 heats/tundish	28 to 120 t/mother slab	120t or less	600 to 3,500 t/unit	3,000 to 4,000 t/unit

Numbers in parentheses are maximum capacity of stock of torpedo cars and slab yard, respectively

物流上の特徴は、連鑄機から広幅一定

断面の超大型母スラブを出片し、サイジングミルで圧延工程の要求するスラブ断面に変換し、シャーでスラブに小切りして圧延ミルへ直送することである。

本プロセスでは、サイジングミルが物流上の生命である。即ち、同ミルは、連鑄～連熱及び連鑄～厚板の2系列の物流が競合すること、母スラブを極大化してミル能率を高く保持し、かつ、4ストランドからの出片条件とミル能率を整合させる必要のあることなど、物流の要となる管理要因が多い。

## 3. 開発の基本理念

**3.1 ニーズ** 従来の物流管理は、高炉～製鋼系と品種別圧延系がそれぞれ独立し、両系間は、バッファーとして大量のスラブ在庫を保有する日単位の作業命令指示方法であった。直結化により両系間の物流速度が、日単位から分単位に大幅に高速化した。その中で高温スラブ一つ一つの圧延待ちを極小化して、1℃でも高い状態で加熱炉へ装入する必要がある。同時にHCR操業を優先させて、高炉～製鋼系内の溶銑・溶鋼の物流と温度管理に悪影響を及ぼすようなことがあってはならない。

かかる観点から、高炉～圧延の全工程にわたって、時々刻々の物流が生産機会損失を惹起することなく調和し、かつ、直結化の目的関数を極大化できる物流管理方法が新たに必要となった。

**3.2 開発方針** 上記ニーズを踏まえて、下記の開発方針で取り組むこととした。

- (開発の範囲) (1) 高炉から圧延に至る全工程  
 (2) P D C A の全管理体系 (旬計画, 日計画, 実行管制, 診断解析, 統計など)
- (開発の力点) (3) 高炉～圧延間物流のトータル管理方法の開発  
 (4) 徹底した良い物流計画の立案方法の開発 (複数工程の同時最適化)  
 (5) 計画の高い実行達成を支援する管制方法の開発

**3.3 基本要件** 直結化の成果水準は、物流管理方法の良さに大きく依存しているとの認識に基づいて、全方位的な思考を展開し、環境整備も含めて基本的な要件を下記のように整理した。

- (良い計画作り) (1) 設備稼働の同期化 定修の同期化、点検休止等の計画的同期化

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| (2) 物流制約の顕在化         | 物流計画に反映する必要のある制約の明確化    |
| (3) 一貫ロットの設計         | キャストと圧延単位を結合させた一貫ロットの作成 |
| (4) 物流の時刻管理          | 一貫ロット群を高速列車群に見たダイヤ管理    |
| (高い実行達成) (5) 操業信頼性向上 | 設備の信頼性目標と品質直行率目標の設定及び管理 |
| (6) 損失極小の異常措置        | 物流異常の即時検知と俯瞰的視点での措置機能   |
| (7) 即時リスケジュール        | 良い計画を常に保持できる随時リスケジュール機能 |
| (8) 品質判定の即時化         | 高温スラブの品質判定すべての自動化と即時化機能 |

上記要件の中から他責任事項(1)(2)(5)は主管部門に改善を促し、自責任事項(1)(3)(4)(6)(7)(8)について開発方針に基づいて対応策を企画し、実現した。

#### 4. 生産管理機能の構成

新しく構築した生産管理機能を第1図に示した。要約すると

① 旬計画前に計画前提条件の最適化を図る。

② 10日間(旬)の最有利物流計画を作成する。

③ 旬計画をもとに毎日作業命令をオンラインへ登録する。

④ オンラインで定時ダイヤ計画を作成し各工程へ指示する。

⑤ ダイヤ計画の進行を監視し物流異常を即時に検知する。

異常措置とダイヤを即時にリスケジュールする。

⑥ 操業実績の評価と非直行原因系を解析する。⑦ オンラインでスラブ品質を即時に判定する。

⑧ 会議体でダイヤ計画の合意形成、実行結果の反省、改善課題の認識などを行う。

以上の管理機能は、すべて高炉から圧延に至る全工程を対象としている。④⑤を生産管制機能として位置つけた。

#### 5. コンピューターシステム構造

既存のバッチ、オンライン、プロコンの各システム系からなるハイラーキー構造のもとで、一貫ロット設計はバッチシステム系に、ダイヤ計画(定時、リスケジュールとも)、集中監視、異常措置の各機能を統合して生産管制機能としオンラインシステム系に、それぞれ担当させた。診断、解析機能は既存の生産技術情報データベース(iDFS)を補強した。

生産管制システム(DiAS)を中心としたシステム構造概要を第2図に示す。

#### 6. 管理体制と装備

**6.1 管理体制** 生産管制掛を新設し、製鋼部長直属のもとで生産管制業務(高炉～圧延)を主管させた。生産管制員は作業長以下3名×4直の配置である。

旬計画と一貫ロット設計は計画部門が担当し、その陣容

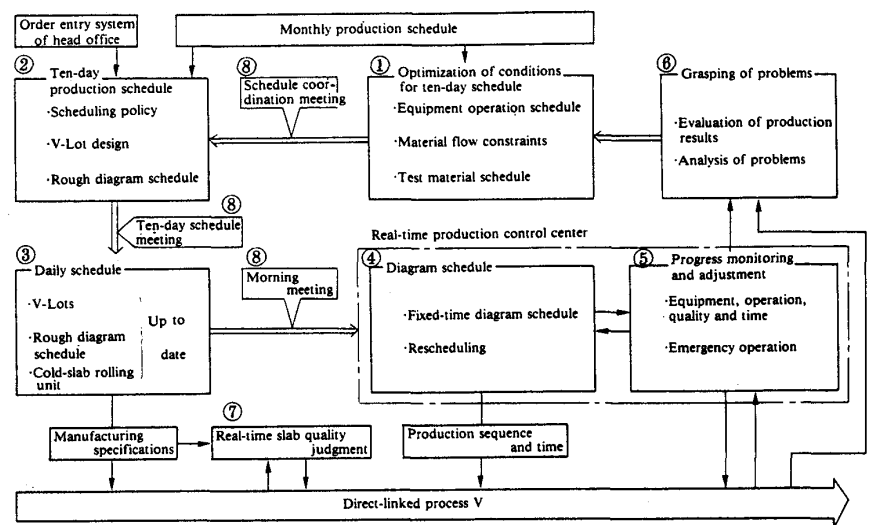


Fig.1 Concept of production control system

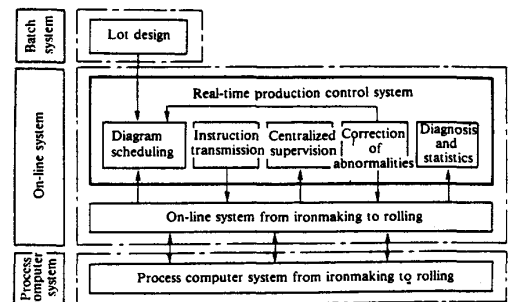


Fig.2 DiAS system

を強化した。又、整備部門も3交代の布陣を強化し、生産管制掛と連携して設備故障の迅速な修復と修復時刻予測及び信頼性向上が図れる体制を敷いた。さらに、会議体も拡充して生産・工程政策の徹底と部門間の一糸乱れぬコンセンサス形成、及び業務連携強化の場とした。

**6.2 装 備** 生産管制センターを直結プロセスの中央位置に新設し、生産管制機器（CPU端末、iTV、特殊通信設備など）を装備した。又、各工程の運転室にはGD端末を増設し、生産管制センターをキーステーションとする情報通信ネットワークを敷いた。

**7. 管理技術の事例**

**7.1 一貫ロット設計システム**

一貫ロット（Vロットと呼ぶ）とは、キャストと圧延単位の固有制約及び目的関数を同時に保証し一体化したもので、連鋳からの出片順と圧延順を最大限に整合化してある。

以下、連熱系の例を述べる。

Vロットの基本型を第3図に示す。mとnは常に極小化する。設計手順は、注文集合を製鋼制約（鋼種）と圧延制約（単位種別）から定まる同属グループに層別し、T/CHの整数倍（上限<CCC制限）と圧延単位の上限量（延べ長さ制限）から、VロットのN数を決める。次に、同属グループの該当注文をN個のVロットへ最適配分する。次に、Vロットごとにスラブ設計を行い、圧延順を整えて圧延単位を、母スラブ設計とストランド割付け及び出片順と圧延順を整合させてキャストを、同時に完成させる。

Vロットの設計は、基本設計を夜間自動処理で、改良設計を会話型処理で行う。設計の前提となる鋼種と圧延単位種別及び組み込み制限などは、最大限の制約緩和を図った。

**7.2 生産管制システム**

**7.2.1 ダイヤ計画システム**

ダイヤ計画とは、Vロットの工程ごと処理時刻を定めた近未来48時間の物流計画のことである。作成手順は、製造指示されたVロットを設備ごとに配列・割り付けを行い、連鋳～圧延間のリードタイムの極小化と在鉄量推移の下限への平準化を、同時に最適化する。ダイヤ計画

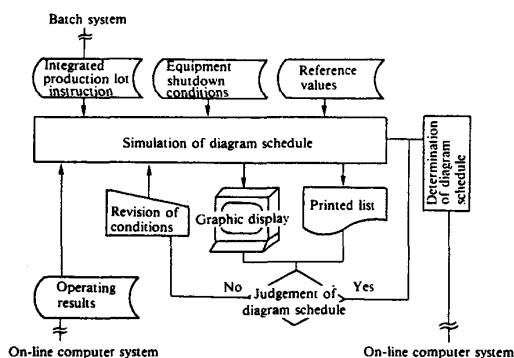


Fig.5 Diagram scheduling system

のモデルを第4図に、ダイヤ計画システム機能概念図を第5図に示す。ダイヤ計画は、高応答性の会話型処理で、自動的に作成する。ダイヤ計画の前提となる物流制約はすべて管理下にある。

**7.2.2 集中監視及び異常措置システム**

集中監視システムは、全工程の操業状態（設備、操業、品質、時刻）を監視し、その情報を一元的に

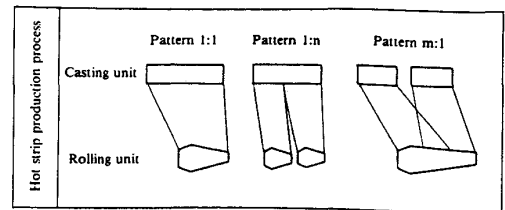


Fig.3 Basic patterns of V-lot

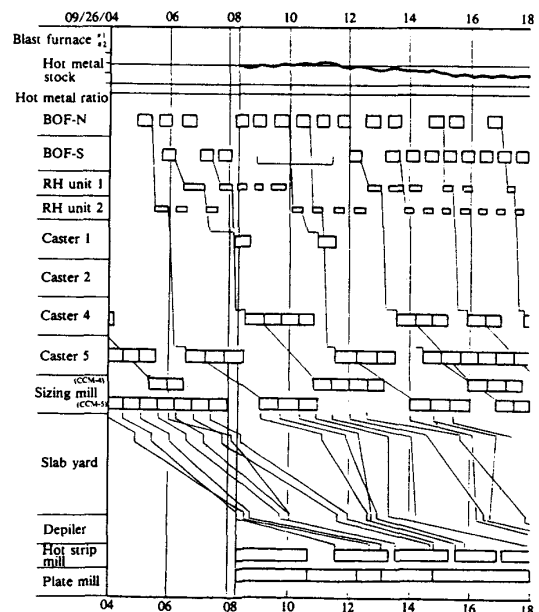


Fig.4 Graphic display of diagram schedule

集約してGD画面に出力する。物流状態の俯瞰的認識が、iTVによる臨場情報と合わせて視覚で容易にできる。異常発生時には、即時にGD画面と音声で警報する。異常措置は、予想される例外ケースすべての対応策を標準化し、複数選択肢は優先順位を決めてある。

7.2.3 診断・解析システム

物流実績情報は、既存の生産技術データベース(iDFS)に格納し、随時解析可能である。HCR直行率, リードタイム, 装入温度, 非直行原因系などが、共通定義のもとで各部門の端末に出力できる。

7.3 リアルタイム品質判定システム

高温スラブの品質保証は品質の造り込みを第1義とするものの、上工程操業実績情報と品質検査情報をもとに、リアルタイムに自動品質判定を行って保証する。システム機能概念図を第6図に示した。

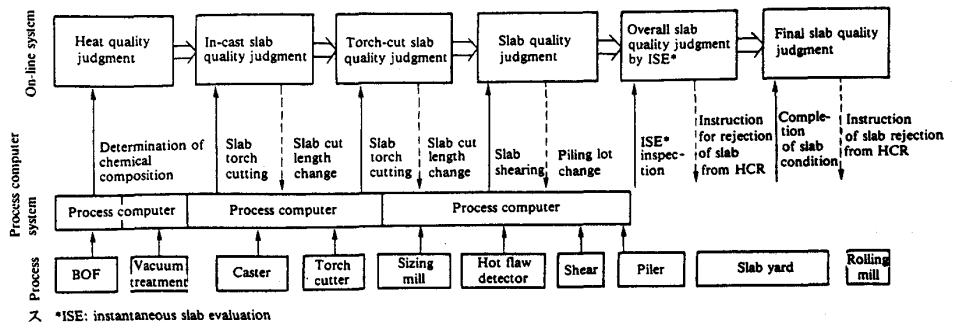


Fig.6 Real-time quality judgment system

8. 開発スケジュール

直結化にかかわるコンピューターシステムの開発は、2年間、延べ1800人月に及ぶ大規模なものであった。なかでも、DiASシステムは16ヶ月(130人月)の短工期で開発した。

9. 最近の操業成績

DiASシステムは、最有利な物流時刻マッチングの実現が狙いである。その成果の一例として、Vロットの鑄造開始及び圧延開始時刻のダイヤ計画に対する達成状況を第7図に示した。極めて高精度な管理状態にあるといえる。

最近のHCR操業成績は、HCR率は連熟・厚板両ミルとも80%(圧延ミル長期工事休止は除く)を超え、装入温度は、連熟 $\bar{x} = 855^{\circ}\text{C}$ , 厚板 $\bar{x} = 840^{\circ}\text{C}$ を維持している。

10. 結言

直結プロセスの生産管理は、分散する設備群と固有技術群を有機的に結びつけた総合技術であるといえる。その役割は、直結プロセスの頭脳と神経となって、物流の最有利化を図ることである。大分製鐵所で開発した生産管制システムは、物流の制御原理を単純明解に組み立ててあり、ダイヤ計画のビジュアルな図形化と相俟って所期の目的機能を十分に発揮して、メリットの享受に大きく寄与している。

又、工程直結化は、物流の高速化と広域一元管理にかかわる多くのソフトウェアを創出し、大きな進歩をもたらした。又、培われた基盤は、発展性も具備しており、すでにダイヤ計画と連結したエネルギー需給管制システムの開発を完了し、多大な効果をあげている。

今後は、確立できた基盤をさらに活かして新たなメリットの創出を目指したい。

参考文献 1) 原田慎三ほか 鉄と鋼 第68号(1982) S213  
 2) 桑原達朗ほか 鉄と鋼 第68号(1982) S214  
 3) 竹内正博ほか 鉄と鋼 第68号(1982) S355  
 4) 竹村洋三ほか 製鉄研究 第310号(1982)

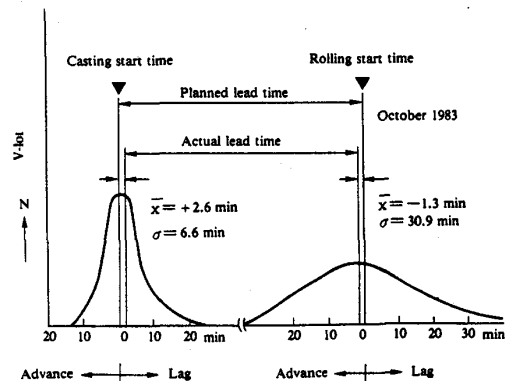


Fig.7 Achievement rate of diagram schedule