

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.5 (1973) No.4

水島製鉄所第2製鋼工場におけるコンピュータシステム

Computer System of No.2 Steel Making Plant at Mizushima Works

大森 尚(Hisashi Omori) 前田 瑞夫(Mizuo Maeda) 中村 昭夫(Akio Nakamura)
小川 正勝(Masakatsu Ogawa) 三浦 洋(Hiroshi Miura) 前田 隆平(Ryuhei
Maeda)

要旨：

水島製鉄所には2つの製鋼工場があり、粗鋼年産12,000,000tの能力を有する。1969年第2製鋼工場の建設にあたり計算機システムの開発を開始し、1971年末稼働した。当システムは従来の転炉制御に加えて溶銑からインゴットまでの生産管理を行い、機能的に、(1)命令サブシステム、(2)転炉サブシステム、(3)造塊サブシステム、(4)鋳型定盤管理サブシステムの4つのサブシステムから構成される。当システムは信頼性向上のため2台の計算機から構成されており、これら2台の計算機は通常それぞれの機能を遂行するが、1台が故障した場合、他の1台が主要機能をバックアップできるようになっている。当システムは生産性向上、歩止向上、品質改善、原単位低下等の効果をもたらしている。

Synopsis：

Mizushima Works has two steel-making plants capable of producing 12,000,000 metric tons of crude steel annually. At the construction of No.2 steel-making plant in 1969, Mizushima Works started to develop an advanced computer control system. In the winter of 1971, this system was commissioned. It covers the production control from hot metal to ingot in addition to the existing LD process control. This system consists of four sub-systems: (1) scheduling and instructing, (2) LD process control, (3) data gathering of the ingot-making process, (4) data processing of ingot mold and stool. For realizing high availability, this system features two computers. These two computers share each function regularly, and in the case of troubles with either one, the other one supplements. This system has been bringing about a great deal of substantial benefits such as the improved productivity, the improved yield of slabbing, the improved ingot quality and reduced cost.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

水島製鉄所第2製鋼工場におけるコンピューターシステム

Computer System of No. 2 Steel Making Plant at Mizushima Works

大森 尚*

Hisashi Omori

前田 瑞夫**

Mizuo Maeda

中村 昭夫***

Akio Nakamura

小川 正勝****

Masakatsu Ogawa

三浦 洋****

Hiroshi Miura

前田 隆平*****

Ryuhei Maeda

Synopsis:

Mizushima Works has two steel-making plants capable of producing 12,000,000 metric tons of crude steel annually. At the construction of No. 2 steel-making plant in 1969, Mizushima Works started to develop an advanced computer control system. In the winter of 1971, this system was commissioned. It covers the production control from hot metal to ingot in addition to the existing LD process control. This system consists of four sub-systems; (1) scheduling and instructing, (2) LD process control, (3) data gathering of the ingot-making process, (4) data processing of ingot mold and stool. For realizing high availability, this system features two computers. These two computers share each function regularly, and in the case of troubles with either one, the other one supplements.

This system has been bringing about a great deal of substantial benefits such as the improved productivity, the improved yield of slabbing, the improved ingot quality and reduced cost.

1. 緒 言

水島製鉄所には、それぞれ3基の転炉を有する2つの製鋼工場があり、粗鋼年産12,000,000tの能力がある。従来製鋼工場における計算機システムの導入は、主として転炉制御に重点がおかれ、特に吹錬制御の開発は古くから進められており、当社においても千葉製鉄所以来その開発を進めて

きた。しかし製鋼工場の生産管理あるいは製鋼工場の最終成品であるインゴットの品質および歩止りを最終的に決定する造塊工程のデータ処理については、転炉制御のそれに比してきわめて遅れているといわざるをえない。製鋼部門での品質は、最終圧延製品の品質の限界を決定するもので、品質面において、圧延部門が製鋼部門を補うことは不可能なことである。したがって製鋼部門における技術管理および作業管理はきわめて重要なもの

* 水島製鉄所製鋼部建設班班長

*** 水島製鉄所製鋼部製鋼管理課

***** 水島製鉄所工務部計画課長

** 水島製鉄所製鋼部建設班

**** 水島製鉄所システム部計測課

で、厳しく管理されなければならない、と同時に品質改善のための努力もなされなければならない。

一方転炉製鋼における技術革新および最終成品の多種多様化に伴い、製鋼作業はきわめて複雑化し、さらに生産体制は急速に変る。

生産管理の目的は生産計画によってそのプラントに課せられた目標を遂行するために個々の現場での詳細な作業スケジュールに従って生産が行なわれるようにするものである。したがって製鋼工場の個々の現場で非常に多くの情報を扱わなければならないようになってきた。一方品質向上、歩止向上のためには技術管理がきわめて重要であり、そのためには各工程からの豊富な情報を必要とするが、これらを管理するには多大な労力を要する。したがって技術管理の自動化は、技術管理の質を高めるうえでも必要であるが、管理者および技術者を日常定形業務から解放し、より高度な業務への余裕を与えることにも意味がある。

1969年、第2製鋼工場の建設に当り、転炉制御の向上、品質および歩止の向上、技術管理の自動化、さらには省力化を目指し、従来からの転炉制御だけにとどまらず、溶銑管理からインゴットまでの生産管理と鑄型定盤管理をも含めた製鋼工場情報処理システムを開発し、1971年末よりその運転を開始した。

システム的に、プロセス制御の分野と工程管理の分野との両方を包含しているため、機能的にもハードウェア的にも種々の特徴を有したユニークな構成をとっている。

2. 導入の目的と完成までの経過

2.1 計算機導入の目的

計算機システムの導入の目的は数多くあげられるがここでは主たる目的を列記する。

(1) 生産管理システムへの迅速かつ正確な情報の供給

当所のように最終製品の種類が多い一貫総合製鉄所の場合、生産計画が能率を大きく左右する。

生産計画には広い範囲の製品、品質、多くの工

程等の要素があるため非常に多くの情報を扱わなければならない。また生産体制は急速に変化するので計画の成功は、情報がフィードバックされるスピードにかかっている。

(2) 作業性の向上

高炉出銑からインゴット生産までの製鋼工程で発生する情報を有効に活かし、各現場において必要な作業指示をリアルタイムに適切かつ迅速に与えることにより、作業性の向上を図るとともに生産計画に基づいた生産管理を実施する。

(3) 操業の安定化による品質および生産性の向上

転炉の吹錬時間は、15~20min程度ときわめて短時間であるため正しく制御することは品質および生産性向上の上から最も重要なことである。吹錬操業の難しさには、(i)主原料である溶銑の成分および温度がチャージごとに異なる。(ii)吹錬鋼種がチャージごとに異なるという大要因があり、計算機による吹錬制御が必要である。計算機による吹錬制御の効果の一面は、吹錬作業の標準化すなわち作業を安定化させ吹錬者の個人差を無くすることにあり、吹錬に対する熟練度を要求しなくなる点にある。

(4) 鑄型・定盤の的確な管理による品質および歩止の向上

鋼塊生産のための鑄型・定盤は、成品の品質および歩止りの点でその管理は重要である。鑄型・定盤の数は、9,000を下らない。これを管理するには、多くの労力を要するために鑄型の品質データを鋼塊に結びつけることは人力ではほとんど不可能に近い。そこで計算機によりリアルタイムに鑄型・定盤の管理を遂行し、鋼塊の表面品質の向上、分塊歩止りの向上および省力化を図る。

2.2 完成までの経過

転炉制御についてはすでに当所第1製鋼工場の実績があり、これをベースに進めた。他は当時の作業の標準化ベースからスタートし、企画変更も度重なったが、当システムに適応したハードウェアおよびソフトウェアの開発というメーカ側の努力も加わり、目標を達成することができた。手動入力の多い造塊システムでは、オペータへのオペレーション教育および予期されなかった誤操作等

表 1 製鋼設備仕様

	1 製 鋼		2 製 鋼	
転 炉 容 量	180 t /チャージ	3 基	250 t /チャージ	3 基
溶 銑 輸 送	混 銑 車		混 銑 車	
溶 銑 秤 量 機	300 t	2 基	400 t	2 基
ス ク ラ ッ プ 秤 量 機	100 t	3 基	120 t	3 基
副 原 料 秤 量 機	炉上ホップスケール	4 台	炉上ホップスケール	4 台
合 金 鉄 秤 量 機	炉上ホップスケール	4 台	炉上ホップスケール	4 台
造 塊 ヤ ー ド	3 ヤード		2 ヤード	

実施上の問題があったが、1971年末実運転に入った。

以下にその経過を示す。

- 1969年 1月 導入計画開始
 4月 大略仕様決定
 8月 機種決定
 (三菱MELCOM350-30)
 12月 ハードウェア仕様確定
 1971年 4月 計算機搬入
 8月 リアルテスト開始
 12月 実運転開始

3. 計算機システム概要

3.1 製鋼設備概要

当製鉄所には、第1製鋼工場と第2製鋼工場とがあり粗鋼年産12,000,000 tの能力を有する。

両工場の主な仕様は表1のとおりである。

両工場とも設備全般について省力化、高能率化に十分留意して設計されており、特に計算機システムを組み込んだ自動化を図っている。

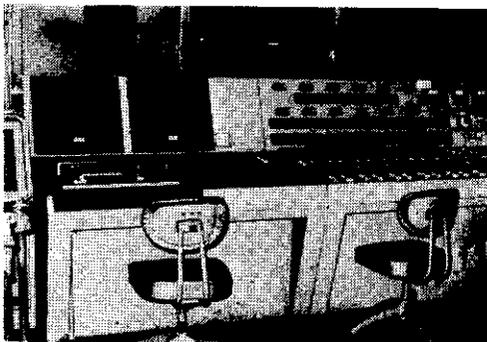


写真1 転炉中央操作室の運転デスク

写真1は、転炉中央操作室の運転デスクであり転炉吹錬操作が集中化されている。両工場とも中央管理室を備えており、それぞれ工場の生産管理を遂行している。

3.2 計算機システムの概要

第1製鋼工場では、転炉吹錬制御を主体とした転炉制御用計算機システムがすでに稼動し実績をあげている。当システムは、この第1製鋼計算機システムを一種のサテライトシステムとして、両工場の溶銑管理からインゴットまでの生産管理および鋳型定盤管理までを包含する製鋼工場の総合制御システムを構成している。当システムは機能上

- (1) 命令サブシステム、
- (2) 転炉サブシステム、
- (3) 造塊サブシステム、
- (4) 鋳型定盤管理サブシステム、

の4つのサブシステムから構成されている。

図1は当システムを中心とした情報の流れ図である。

製鋼命令は、中央の生産管理用計算機(U-494)により毎日パンチカードにて出力される。当システムではこの命令は鋳型、造塊、脱ガス、連鋳、分塊の各プロセスの状況に応じて、リアルタイムの情報により、最適な吹錬計画に組み直されるようになっている、と同時にこれらの命令は具体的な作業指示、たとえば準備すべき鋳型の種類と数量、すなわち鋳型段取指令に変換できる。これらの作業指示はCRT、あるいはタイプライタによって各作業現場に伝達される。

鋳型・定盤の段取結果が入力されると、各チャージごとの造塊作業指示がタイプライタにより出

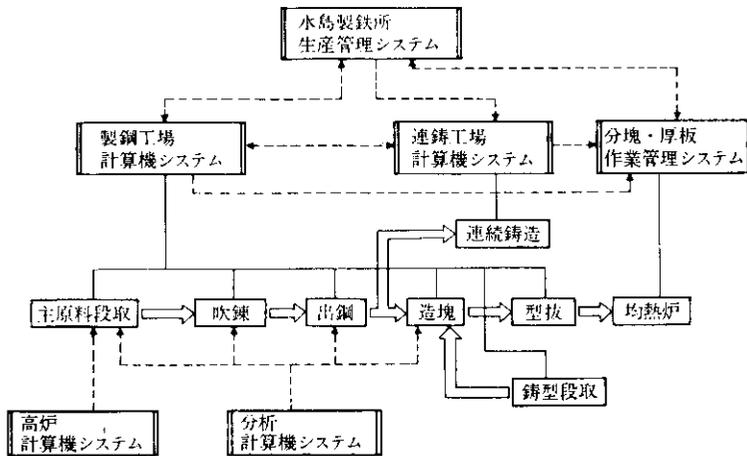


図 1 情報系統図

力される。これにはクレーンスケールによって管理されるインゴットの目標重量が含まれている。一方この目標インゴット重量は、分塊歩止向上のために、鑄型・定盤の管理データからの該当鑄型のりれきに依りて自動的に修正される。同時にこの結果を直ちに主原料段取計算に補正值として入れ、製鋼歩止の向上を図っている。造塊作業はこの詳細な作業指示書に基づいて実施され、いくつかの観測データがCRTにより手動入力される。これらのインゴットデータは直ちに次の分塊プロセスへ伝送される。

以上が当システムの命令、造塊サブシステムの概略機能であるが、このように製鋼工場全体を管理しているのでシステムの信頼性は工場の生産性を大いに左右する。したがってシステムの信頼性向上を図り、高いシステム稼働率を実現するために当システムでは2台の計算機による相互バックアップシステムを採用している。すなわち2台のCPUと8台のドラムを有し、この8台のドラムはいずれのCPUからもアクセス可能である。また数多くの端末機器は制御装置を介していずれのCPUにも接続可能である。2台の計算機は通常おのおのの機能を果たすが、一方が故障した場合には他の1台が主要機能をバックアップできるようになっている。

4. ハードウェア

当システムは、三菱電機の中型プロセス計算機MELCOM350-30により構成されている。2台のCPUの機能分担を、前記の4つのサブシステムで行なうには、バックアップ時を考慮したソフトに困難があるので、ソフト上無理の比較的少ない方法として、リアルタイム処理系と比較的バッチの色彩の強い帳票出力を主体とした半バッチ処理系とに分割した。

図2にシステム構成を、図3に端末配置を、また表2にMELCOM350-30の機能を示す。図2においてCPU1系がリアルタイム処理系、CPU2系が半バッチ処理系であり、両者のバックアップ運転時の接続も示している。

以下にこのハードウェアの特徴を述べる。

(1) ドラムのデュアルアクセス

1台のドラムメモリを2台のCPUが共有することが可能である。鑄型、定盤管理データのように過去のりれきを扱う重要なデータは常時ダブルに保有している。

(2) バックアップシステム

バックアップの対象としては、CPU故障のようなシステムダウンと、各制御装置レベル以降の故障があるが、前者は前記のとおり異常CPU側

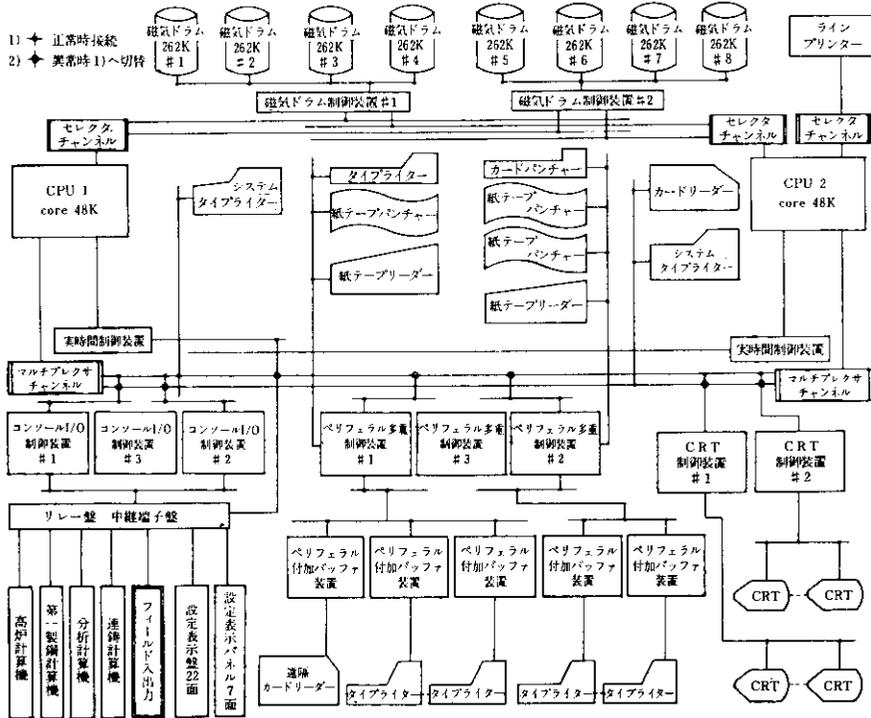


図 2 第2製鋼計算機システム構成

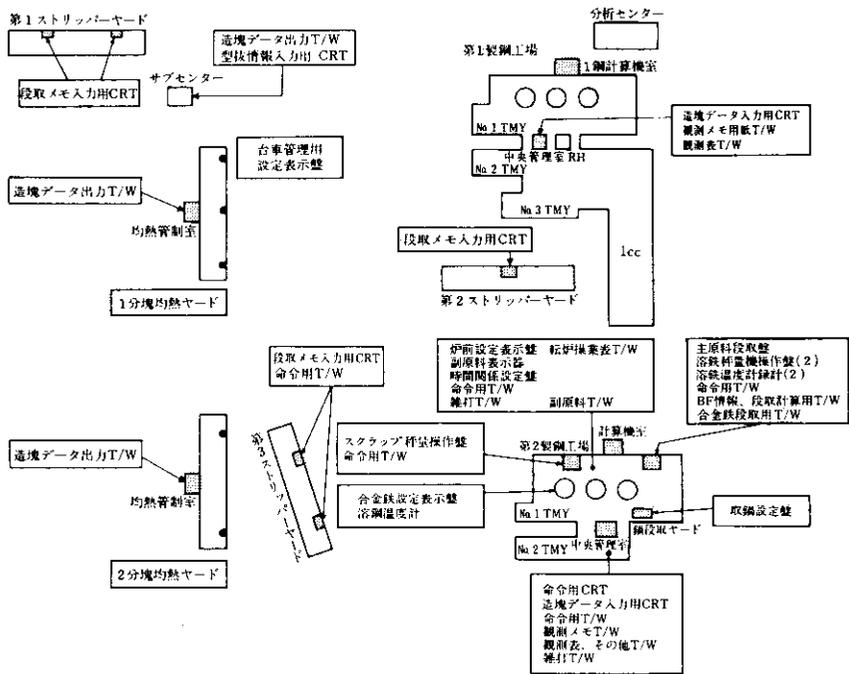


図 3 2製鋼計算機システム端末配置

表 2 MELCOM 350-30 機能

メモリーモジュール	
コアサイクルタイム	0.8 μ s 16ビット+パリティ
メモリーアドレッシング	ワードおよびバイト
メモリー容量	4kW~65kW (8k~131kバイト) [48kW]
メモリープロテクション	512語単位 ブロック単位2ビットの保護ロックと実行プロ中2ビットのキーの比較により行なう
プロセッシングモジュール	
回路素子	モノリシック集積回路
演算方式命令	2進並列 93命令
汎用レジスタ	6個
演算時間	$\pm 2.4\mu s \times 9.0\mu s \div 10.0\mu s$
アドレスマッピング	マッピングレジスタ使用、ダイナミックリロケーション
インタラプト	(1) マシンチェック (H/W の故障による内部割込) (2) エアージェンシイチェック (電源、温度上昇、WDT) (3) プログラムチェック (不正アドレス、不正命令) (4) スーパーバイザコール (内部割込) (5) 入出力 (チャンネル装置) (6) ダイレクトコントロール (プロセス入出力 5レベル) (7) 外部 (計算機インタフェイス etc.) (8) プログラムデバッグ (トレイス)
入出力チャンネル	
ダイレクトコントロール チャンネル	8トランク (0トランク~CPU, 1~7トランク~プロセスI/O)
マルチプレキサチャンネル	64サブチャンネル (現状は8サブチャンネル) [8 subch]
セレクトタチャンネル	4チャンネル [2 ch]
磁気ドラム	
平均アクセスタイム	8.3ms
容量	262kW/台 4台/セレクトタチャンネル [4台, 4台]
プロセス入出力	
アナログ入力	32点単位 最大 2048点 50, 100, 200点/秒 符号+10ビット 精度 0.1% [80点]
デジタル入力	2048点 (16点単位) [13W]
デジタル出力	2048点 (16点単位) [13W]
パルス入力	シングルビット、マルチビット、マトリックス、モメンタリ 高速 16点 低速 256点 [9点]
パルス幅出力	256点
コンソール入出力	マルチプレキサチャンネルの1サブチャンネルに接続 16点/グループ、255グループ/コンソール入出力制御装置 入力速度 200グループ/s 100グループ/s 出力速度 200グループ/s 100グループ/s 10グループ/s

([] 内は本システムでの値)

に接続されている制御装置を、正常CPU側へ切替えることにより主要機能を遂行できる。この操作は、計算機室内の切替操作卓上の押ボタン操作

により可能である。後者の場合は、個々のバックアップ装置に切替えればよい。

(3) インプットマシン (CRT)

転炉サブシステムにおいては、ほとんどのデータが自動的に入力されるが、造塊サブシステムの場合、作業自体に人間の介入する割合が大きく、データのインプットの自動化はまだまだ困難であり、手動入力に頼らざるをえない。

データの信頼性がシステムの成否を決定する重要なファクタであることから、できる限りミスの発生しにくい入力機器を選択しなければならない。インプットの自由度が大きく、視覚に訴える要素が大きいため、設定ミスを引き起こしにくい利点を持ってCRTを主要入力機器とした。

(4) CRTとITV網の結合

製鋼工場内における各作業の状況、出鋼順位の表示等、各作業現場で共通に必要な情報がある。当システムに採用したCRTへの出力信号は、普通のテレビジョンと同一のビデオ信号であるので、計算機システムからのビデオ信号を工業用テレビ網(ITV網)と結合し、これら共通の情報をITVにより工場内の各作業現場へ伝達している。

(5) コンソール入出力装置

転炉サブシステムには、機能的に固定した設定表示盤が多く、これらをコンソール入出力制御装置で制御し、CPUの負荷を軽減している。すなわち設定表示盤のインプットおよびアウトプットは、サイクルスチールで行なわれ、従来の実時間制御装置の場合よりCPUの負荷を軽減している。

5. システムの機能

5.1 命令サブシステム

現有の設備を最大限に生かし、最小の人員で最大の生産能率をあげるように、計算機を用いて最適の出鋼順位を組み、各現場にタイプライター、CRTを用いて伝達する。

製鋼命令はU-494を通してカードで出されるが、このカードを第2製鋼中央管理室のカードリーダーに読み込ませて、出鋼順位、注入デッキ、およびストリップヤード等をその時点の現場の状況に応じて決定し、各現場に伝達する。その後現

場の状況の変化があれば命令変更を行い、また再吹錬不可材等において種々の要因により再吹錬を余儀なくされた場合は炉内変更処理を行なう。

5.1.1 命令カード

命令カードには整理No. (チャージのインデックス)、吹止目標温度、出鋼目標温度、注入目標温度、目標成分および鋼塊重量等の項目があり、主原料段取計算、合金鉄計算、吹錬計算および造塊作業指示等にとって必須のデータが含まれている。

5.1.2 出鋼順位決定システム

予定出鋼順位は、実際に出鋼する時点ではかならずしも最適とはいえないので、その時点における各現場の状況にふさわしい形に出鋼順位を並べ変えてやる必要がある。しかしこの場合に、時々刻々と現場の状況は変化していくので、大量のチャージを決定しても無意味である。ここでは吹錬中を含めて10チャージ分の出鋼順位を決定し、順位を表示するようにしている。1チャージ出鋼開始すると順位は順次上に上がり、出鋼順位の未決定群より新たに10番目の出鋼チャージを決定する。この出鋼順位決定の手順を以下に列記する。

- (1) まず新チャージの出鋼予定時刻を推定する。
- (2) 注入台車有無のチェックを行なう。
- (3) 注入デッキと予定ストリップヤードを決定する。
- (4) 分塊能力をチェックする。
- (5) 定盤換えのチェックを行なう。
- (6) 定盤の有無をチェックする。
- (7) 鑄型の有無のチェックを行なう。

以上の手順により最適の命令、すなわち10チャージ目に出鋼するチャージの整理No.、注入台車グループNo.、注入デッキおよび段取ストリップヤードが決定される。この新たな命令は命令ITVに表示されると同時に帳票に出力される。

5.1.3 命令変更システム

出鋼順位決定システムにて出鋼順位が決定したチャージについて、各現場の状況の変化、事故あるいは再吹錬不可材を再吹錬したときなどは命令

変更しなければならない。命令変更は大きく分けて、出鋼順位決定後吹止前までの変更と吹止後の変更（炉内変更）の2種類がある。

(1) 吹止前までの命令変更には次の要因がある。

- (a) 分塊の都合
- (b) 注入台車無し
- (c) ストリッパーヤードの都合
- (d) 定盤無し
- (e) 鋳型無し
- (f) 炉の都合
- (g) 原料の都合
- (h) 注入デッキの都合
- (i) 出鋼時刻指定
- (j) 脱ガスの都合
- (k) 連鑄の都合

(2) 吹止後の命令変更の要因としては、次のようなものがある。

- (a) 注入デッキの都合
- (b) 脱ガスの都合
- (c) 連鑄の都合
- (d) 転炉操作の都合

ランス事故、炉傾動関係故障、受鋼台車故障、ノロ鍋事故等のため出鋼できなくなったとき、あるいは吹止後品質上の問題で炉内変更しなければならないとき等を意味する。

5-1-4 出鋼順位手動決定および手動変更システム

出鋼順位決定の自動化には種々の問題があるので手動設定機能が必要である。命令システムの管理は第2製鋼中央管理室の命令CRTより計算機にインプットを行なう。手動設定機能としては次のようなものがある。

- (a) 新出鋼順位の決定
- (b) 決定済みで未出鋼命令の出鋼順位変更
- (c) 決定済みの出鋼順位の削除

5-1-5 命令関係の情報の流れ

製鋼命令はU-494より出力され、第2製鋼中央管理室のカードリーダーより計算機に入力され、命令ファイルに登録される。命令の修正機能として、製鋼命令カードを修正する場合と、命令用C

RTから計算機に入力して命令ファイルを直接修正する場合の2方法がある。図4に命令関係の

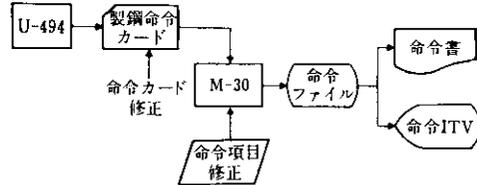


図4 命令関係の情報のフロー

情報の流れを示す。

5-1-6 命令の伝達表示システム

命令の伝達表示システムとしては、タイプライターおよびITVを使用し、場所により表示内容を変えている。

命令タイプライターは、図3に示すように各現場に設置されているが、このタイプライターには命令および命令変更以外の内容はタイプアウトしない。出力タイミングは、出鋼順位決定時、命令変更時で自動出力する。また手動リクエストも可能である。

ラインプリンターは、製鋼命令カードを第2製鋼中央管理室で読み込ませた後、計算機室でその内容を再編成したフォーマットで出力する。

命令用ITVは、出鋼順位決定時、命令変更時、出鋼開始時等に表示内容が変化し、各現場にその旨伝達する最も重要な機能もっている。

このITVは、計算機出力のビデオ信号を表示しており、未出鋼分を主体としたフォーマットと出鋼済み分を主体としたフォーマットがある。図5に未出鋼分主体のフォーマットを示す。炉号Fの下2桁は、出鋼済みは鍋番の下2桁を、未出鋼分は命令ノズルコードを示す。2桁目はNノズル、1桁目はSノズルを表わす。鍋番LNは、鍋情報設定盤より入力されたものが表示される。出鋼時刻YJIはXX・X時の単位で示す。未出鋼は予定、出鋼済みは実績値を示す。炉前状態表示コードR、造塊状態表示コードZは、表3に示したとおりであり、炉前状態表示は排滓終了でクリア、造塊は注入台車ストリッパー着でクリアする。

	5	10	15	20	25	30	35
1	×××××	× ××	×××××	×× ××	×××	×× ××	××× ××
2	×××××	× ××	×××××	×× ××	×××	×× ××	××× ××
3	NOSNO	K	KIKAKU	SC ZC	F	LN ST	YJI DG RZ
4	×××××	× ××	×××××	×× ××	×××	×× ××	××× ××
5	×××××	× ××	×××××	×× ××	×××	×× ××	××× ××
6							
7							
8			以下同上				
9							
10							
11							
12							

NO : 出鋼順位
 SNO : 整理番号
 K : 鋼種コードの頭1桁
 KIKAKU : 規格
 SC : 処理コード
 ZC : 造塊コード
 F : 炉号
 LN : 鍋番
 S : ストリッパーヤード
 T : 注入デッキ
 YJI : 出鋼時刻
 DG : 台車グループナンバー
 R : 炉前状態表示
 Z : 造塊状態表示

ここで1, 2行は出鋼済チャージ4行目以降は未出鋼チャージを表わす。

図5 ITVフォーマット

表3 炉前造塊状態表示コード

コード	R (炉前状態表示)	Z (造塊状態表示)
0	主原料段取計算完	台車ストリッパー着
1	スクラップ積み込み完	鑄型段取開始
2	充鍋完	鑄型段取終了
3	主原料段取完	造塊出鋼処理完了
4		注入開始
5	装入開始	注入終了
6		熱塊ストリッパー着
7	吹錬開始	型抜開始
8	吹止	型抜終了
9	出鋼開始	均熱装入完

5.2 転炉サブシステム

溶銑管理, 主原料段取計算, 溶銑秤量, スクラップ秤量, 合金鉄処理, 副原料処理, 吹錬計算, 各種フィールド入出力, バンカーレベル制御等を行なう。これらの処理を行なうために, 高炉計算機 (F-30), 分析計算機 (STAC), 連鑄計算機 (F-25) とのインタフェイスをとっている。これらの機能関係をブロック図にしたものが, 図6である。

5.2.1 インタフェイス

本計算機は, 他の多くの計算機とインタフェイスをもち, 直接に計算機間の情報の送信, 受信を行なっている。高炉計算機と送受するデータは, 出銑情報, トビード秤量情報, トビードの移動情

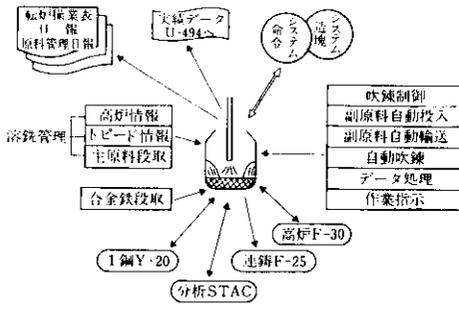


図6 転炉機能構成

報等である。第1製鋼計算機と授受するデータは、出銑情報、トビード情報、造塊情報、連続情報、第1製鋼の吹煉情報等である。連続計算機と授受するデータは、第1製鋼出鋼情報、造塊情報等である。分析計算機と授受するデータは、命令情報、各種分析値等である。

5.2.2 溶銑管理

出銑情報の入力により、過去10チャージの平均(tap~tap)時間より溶銑の在庫量が消費される時間を計算し、次の溶銑を第1製鋼に送るべきか、第2製鋼に送るべきか判断させ結果を、各高炉の出口にある表示器に出力する。(tap~tap)時間は、通常は計算機が常に更新をしているが、手動設定も可能である。この結果に従って各溶銑の行先が決定される。この行先に関しても手動設定可能である。

溶銑管理の機能構成図を 図7 に示す。

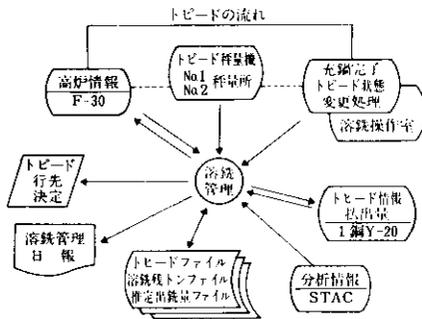


図7 溶銑管理機能構成

また高炉計算機へ、トビード秤量結果およびトビード移動返送情報を伝送し、これにより高炉計

算機はトビードの盈車、空車の状況および場所の管理を行なう。

5.2.3 主原料システム

(1) 主原料段取計算

製鋼命令に従って主原料段取り計算を行なう。この計算のフローを 図8 に示す。計算は溶銑秤量機室の主原料段取盤で行ない、結果を溶銑秤量機室、スクラップ秤量機、転炉操作室に表示するとともに溶銑秤量機室、転炉操作室の雑打タイプライターにタイプアウトする。また一部の重要なデータは後の時点に出力する転炉作業表に残す。

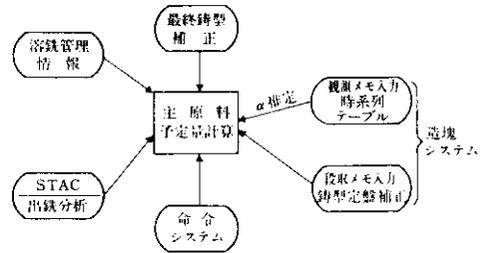


図8 主原料子定最計算

(2) 溶銑秤量システム

溶銑はピット内の秤量台車におかれた空の溶銑鍋内に1~3台のトビードより、段取り計算の結果に従って払出しを行なう。払出しが完了したら充鍋の秤量を行なって、ノロカキ後炉内に装入する。装入後空鍋秤量を行なって注銑量を決する。ピットは2個あり秤量機換えを行なって再秤量を行なうこともある。

またノロカキ後、再看することもできる。この結果を炉前操作室のCRTに表示するとともに炉前雑打タイプライターにも印字し、さらに日報、操業表等のデータを作成する。

(3) スクラップ秤量システム

段取り計算で本計算を行なった整理No.については、スクラップ操作盤で整理No.をセットすれば予定スクラップ量および予定冷銑量が表示される。この指示に従って、各銘柄のスクラップを積み終ると積み込み完の入力によりデータがフ

ファイルされる。この結果は、溶銑秤量システムと同様、炉前CRT、炉前雑打ち、日報、操業表等に出力される。

5-2-4 合金鉄処理

合金鉄段取計算は、あらかじめ溶銑秤量機室の合金鉄計算卓で行なわれる場合と、炉裏の合金鉄設定表示盤からのリクエストで行なわれる場合とがある。また吹止以後は、分析値入力、炉内変更のタイミングで自動的に再計算する。合金鉄段取計算は、命令から与えられた目標成分と吹止目標成分（分析値）、およびそのとき計算機が記憶している合金鉄歩止により技術標準に従って段取予定量を求める。段取予定量は、計算卓の場合には合金鉄段取表に出力し、設定表示盤の場合は表示器に出力し、さらに炉前CRTよりリクエストがあれば表示される。予定量および実績量は転炉操業表にタイプアウトされる。

5-2-5 副原料処理

副原料の投入時期は、前装入と後装入とに分かれる。また投入ステップは最大20ステップであり、その中で初めの2ステップは前装入と呼び、残りの3～20ステップを後装入という。この場合技術標準に基づいた投入パターンを表示し、さらに投入間隔を計算して酸素量で投入時期を指令し、重量設定値を計算機より計算出力して制御する。

5-2-6 バンカーレベル制御 (副原料自動輸送)

副原料および合金鉄を各炉上バンカーが空にならないように自動輸送する。すなわち輸送量および払出量から副原料バンカー内のレベルを計算し、輸送系へ空1、空2および緊急空の信号を出して輸送を促す。

5-2-7 転炉操作関係

転炉においては、主原料装入開始から排滓終了までの各タイミングでの処理、およびこの間での各種フィールド入出力データの収集が主なる機能である。これらの情報は、炉前CRTにて確認

し、さらに転炉運転の指針とされる。転炉制御に関しては各社により色々開発されているので省略するが、吹錬計算について少しふれてみる。

吹錬計算

現在は、スタティックモデル（C-8モデルの修正）で吹錬しているが、同様にスタティックではあるが新たに水島製鉄所第1次モデル（M-1）を検討中である。さらに並行してダイナミック制御として、シンカーによる温度制御、サブランスによる終点制御を開発中である。

現在使用中の仮計算は、主原料段取計算完、充鍋完、スクラップ積み込み完、溶銑分析入力および予定炉号の変更の各タイミングで自動的に行なわれる。完全に実績データがそろった時点で本計算が行なわれ副原料予定量、予定酸素量が決定する。炉前設定表示盤に結果を表示する。

5-3 造塊サブシステム

造塊サブシステムは、転炉サブシステムと異なり自動化困難な分野で、データの収集はほとんどCRT入力によるものが多い。そのため機能設計の段階では、操作手順の簡素化、オペレーションミスの防止等に重点を置いた。また技術標準に基づいて現場に観測メモ用紙を出力し作業指示書とした。

図9に造塊サブシステムの構成を示す。

5-3-1 造塊情報

造塊情報とは、炉前に必要な取鍋に関する情報と、造塊観測表に必要な取鍋関係の情報のこと

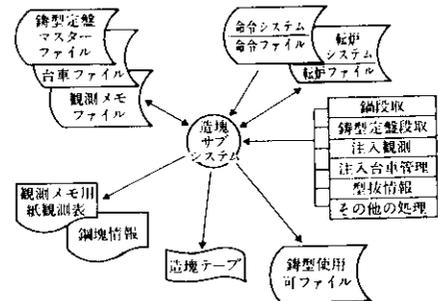


図9 造塊サブシステム構成

で、これらの情報は、取鍋デッキの取鍋設定盤より入力される。情報項目としては、鍋番、鍋回数、鍋付量、ノズル地金付等で、計算機はこの地金付量あるいは鍋サイクルタイムを計算し、吹止日標温度等の修正を行なって転炉サブシステムに伝達する。

5.3.2 段取システム

ストリッパーヤードにて段取した台車、定盤および鑄型をあらかじめ段取メモ用紙にとり、直ちにストリッパーヤードに設置した段取メモ入力用CRTを用いて入力し、その結果は該当整理No.の吹錬開始のタイミングで観測メモ用紙として中央管理室に出力する。また下注定盤張完了の入力、保温材セットの入力等の機能を持つ。このCRTで段取メモの入力が完了すれば、主原料段取計算の1項目である鑄型定盤補正を転炉サブシステムに渡す。また鑄型使用可ファイルの鑄型本数を更新して命令の自動決定に備える。その他、台車ファイルに段取定盤を、段取メモファイルに段取鑄型等を書き込む。この段取メモのCRT入力は鑄型、定盤の種類、番号等全項目手動入力のため、入力負荷の軽減、オペレーションミスに対するオペレーターへのアンサーバック等には十分な考慮が加えられている。

5.3.3 注入観測システム

通常吹錬開始のタイミングで中央管理室に観測メモ用紙が出力されるが、この出力は手動リクエストも可能である。この観測メモ用紙を命令と照合し、命令が指定する注入デッキに気送管にて送る。注入デッキの観測員はこの観測メモ用紙と命令とを再度比較チェックし、さらに実際の鑄型と一致しているかどうか確認する。その後注入観測をしながら観測メモ用紙に結果を記入し、注入が完了したら直ちに気送管にて中央管理室に返送する。

なお、注入デッキに到着後命令変更があった場合は、該当する整理No.の観測メモ用紙を出力して直ちに注入デッキに送る。観測メモが中央管理室に返送されると、オペレーターは確定の整理No.を入力して、CRTに観測メモ用紙の内容を

表示させる。そのときすでに入力されている命令関係、段取関係は表示され、観測関係はオール0で表示される。表示項目を観測メモと比較し、訂正の必要があれば訂正し、また0の項目は観測メモの内容を設定して入力する。また取鍋情報は鍋デッキの取鍋設定盤から入力されるが、このCRTで修正可能である。当システムにおいて台車ファイル、観測メモファイルがメンテナンスされ、造塊観測表のためのデータが作成されている。

5.3.4 型抜システム

中央管理室でCRTより注入観測結果を入力し終ると、必要な項目についてサブセンター（次工程）に鋼塊情報がタイプアウトされる。このとき型抜ストリッパーや、技術標準による型抜可能時刻も同時にタイプアウトされる。計画課はこれらの情報に基づいて、各ストリッパーについて型抜計画を組み、ストリッパーヤードへの型抜指令をトロリホーンにて行なう。型抜データおよび各種実績時刻は、ストリッパークレーンからトロリホーンを通じてサブセンターに連絡されるので、直ちにCRTからキーインされる。

この型抜情報入力により、鑄型定盤マスターファイルを更新する。鑄型定盤の使用回数のカウントアップ、通過トン数の積算、場所コードの更新等である。さらに鑄型使用可ファイルの使用可鑄型を更新する。もう一つ重要なことは、型抜異常コードを入力したタイミングで造塊観測表が出力される。

5.3.5 注入台車管理システム

第2製鋼工場の台車編成は、1チャージ4台編成、第1製鋼工場のものは3台編成、また第1製鋼工場と第2製鋼工場の台車は混合しないことを原則としている。当システムにおいて各台車グループの存在場所を記憶しておき、その台車グループが何時間後にストリッパーに帰り使用可能なるかを推定し、常時アップデートしている。台車のサイクルおよび入力時刻関係を図10に示す。

注入台車管理は、命令決定、命令変更が必要であると同時に段取作業、注入台車移動作業にも必要である。段取作業、台車移動作業に必要な台車

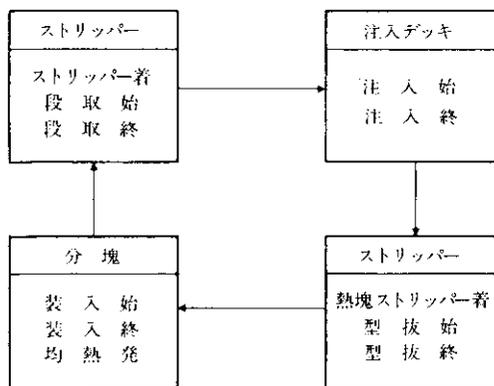


図 10 注入台車のサイクル

管理情報として、均熱（分塊）ヤード出口に、各台車グループが次回に使用されるチャージの整理 No. 行先ストリッパーを表示するための行先表示盤がある。運輸操作手が、今ストリッパーに返送しようとしている台車グループのグループ No. を設定入力すれば、その台車グループの次回整理 No. および行先ストリッパーが表示される。

なお中央管理室の観測メモ用 CRT は、注入台車のグループ編成および解散ができる機能も持っている。

5.4 鑄型定盤管理

5.4.1 鑄型定盤マスターファイル

当システムの機能をはたすための重要なファイルは、鑄型定盤マスターファイルで水島製鋼工場の全鑄型定盤を登録してある。このファイルは従来の鑄型定盤台帳に相当するものであるため、計算機のハード上のトラブルを考え、Dual System タイプにし、片方のドラムがダウンしてももう片方でバックアップできるようになっている。しかし現在のところドラムの内容が破壊されるような事態は発生していない。この鑄型定盤マスターファイルに記憶されている情報を以下に列挙する。

(1) 鑄型マスターファイル

(a)場所コード (b)鑄型コード (c)鑄型 No. (d)使用可能予定時刻 (e)使用回数 (f)手入回数 (g)通過トン数 (h)平均サイクルタイム (i)前回注入時刻 (j)鑄型補正係数 F (k)鑄型補正係数 G (l)

製鋼区分 (m)鑄型形状コード

(2) 定盤マスターファイル

(a)場所コード (b)定盤コード (c)定盤 No. (d)使用回数 (e)黒鉛修理後使用回数 (f)修理回数 (g)通過トン数 (h)修理入日時 (i)製鋼区分

このマスターファイルの更新のタイミングは、On Line では造塊（ストリッパー）での段取メモ入力、サブセンター（計画課）での型抜異常、時刻の入力、バッチではカードリーダーからの移動処理、製鋼区分処理、 F 、 G 処理（鑄型補正係数更新）、鑄型形状コード処理、さらには CRT より直接マスターファイルを変更する方法もある。

このファイルは構造上、Index Sequential File といって File Access の時間が短くなるような方法を取り、On Line でアクセスする回数が多いのに対処してある。

5.4.2 鑄型定盤現在高移動処理

鑄型、定盤の現時点における場所別本数、ある一定期間の移動本数を知るうえで重要である。なお使用可鑄型の現在高の場合は14回以下と15回以上に区分してさらに使用可と使用中に分類して処理している。

現在高の場所としては表 4 に示すようなものがあり、計算機では場所コードで区分している。鑄型定盤現在高処理においては鑄型定盤マスターファイルを読み、各鑄型種別、定盤種別に場所ごとの本数または枚数を計算し帳票を打つ。

移動状況としては、表 5 に示すようなものがあり、移動データのカウンタは入荷、廃却、場外

表 4 場所コード

コード	場 所
1	No. 1 ストリッパーヤード
2	No. 2 "
3	No. 3 "
4	
5	
6	場 外
7	修 理
8	パイレン
9	貸 出

表 5 移動コード

コード	移 動
1	No. 1 ストリップへ
2	No. 2 " "
3	No. 3 " "
4	
5	
6	場 外 へ
7	修 理 へ
8	パイレンへ
9	貸 出
10	廃 却
11	入 荷

表 6 型抜異常コード

コード	異常名称	内 容
1	定 盤 付 I	定盤付のため分塊より返却
2	" II	定盤付であるが同一ヒートで発送されたもの
3	" III	定盤付のため同一ヒートで発送できなかったもの
4	型 入	
5	蓋 付+型 入	
6	蓋付あるいはライザー付	

出, 場外入, 修理出, 修理済, 貸出, 受取, パイレン行およびパイレン帰に分類している。

(1) 入荷

鋳型が入荷した場合, 鋳型コード, 鋳型 No., 場所, 重量等のデータを鋳型マスタファイルに登録し, 移動ファイルの入荷本数に1を加える。さらに受入重量, 入荷月日を入荷明細ファイルに書き込む。

(2) オンラインでの移動

鋳型を使用した場合, 鋳型段取完了時に段取メモよりstripper CRTにて鋳型コード, 鋳型番号, 整理 No. を入力すると, 鋳型マスタファイルの場所コードは段取stripperの使用中心となる。鋳型型抜時にサブセンタで, 型抜を入力すると鋳型マスタファイルの場所コード, 使用可能予定時刻, 通過トン数等を更新する。

また型抜時に型抜異常があれば各鋼塊ごとに表6に示すような型抜異常コードをトラックタイムCRTより入力する。この異常コード入力に伴って, 計算機では自動的に以下の移動処理を行なう。

定盤付 I の場合には, 現在高上使用不可の分類にし, 場所コードをパイレンにする。移動データとしては, "パイレン行き" とする。定盤付 II の場合には, 現在高上使用可とし, 型抜stripperに下したことにする。定盤付 III の場合には, 定盤付 I と同様に現在高上使用不可にし, 場所コードをパイレンにする。移動データとしては "パイレン行き" にする。

ン行き" にする。

型入あるいは蓋付き型入の場合には, 現在高上使用不可にして場所コードをパイレンにする。移動データとしては, "パイレン行き" にする。蓋付またはライザー付の場合には, 鋳型, 定盤の使用不可には関係しない。

(3) 場外出, 入り

場外出, 入りという移動処理を行なうと移動ファイルの場外出, 入りの本数に1を加え, 鋳型マスタファイルの場所コードを更新する。

(4) 修理出および修理済

鋳型修理に出したとき, 修理へ, 修理済みのときstripperへなどという移動処理を行なうと, 移動ファイルの修理出, 修理済の本数に1本加え, 鋳型マスタファイルの場所コードを更新する。移動処理のとき, 修理位置, 原因, 内容コードを読込ませて修理明細ファイルに記憶させておく。計算機で使用している修理の位置コードを表7に, 修理の原因コードを表8に, 修理の内

表 7 修理位置コード

コード	修理位置
1	短 辺 上
2	" 下
3	長 辺 上
4	" 下
5	コーナ-上
6	" 下
7	短辺内面
8	長辺内面

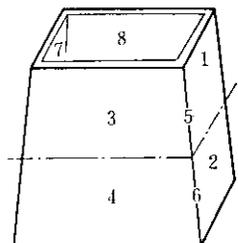


表 8 修理原因コード

コード	修理原因
1	たてわれ
2	よこわれ
3	欠損
4	内面亀甲われ
5	黒鉛取換

表 9 修理内容コード

コード	修理内容
1	くさび大
2	〃中
3	ポルト
4	H型およびWH型
5	スカーフ
6	その他

容コードを表 9 に示す。

(5) パイレン行

バッチ処理では、パイレンへという移動処理、On Line 処理では、型抜異常が入力されたときに、鑄型マスタファイルの場所コードを更新する。

(6) パイレン帰

バッチ処理で移動処理を行なったとき、該当鑄型の場所コードがパイレンだと移動データのパイレン帰の本数に 1 を加え、鑄型マスタファイルの場所コードを更新する。

(7) 貸出

バッチ処理で貸出を行なうと、移動データの貸出に 1 本を加え、鑄型マスタファイルの場所コードを貸出とする。

(8) 廃却

バッチ処理で廃却を行なうと、移動データとしては廃却本数に 1 を加え、移動前場所が修理だと修理済本数にも 1 を加える。また移動前場所がパイレンだとパイレン帰本数にも 1 を加える。さらに廃却原因、廃却月日等を読込み原単位等を計算して廃却明細ファイルに書き込む。

表 10 廃却原因コード

コード	廃却原因
0	下部欠損
1	上部欠損
2	吊手不良
3	内径拡大
4	たてわれ
5	よこわれ
6	パイレン
7	破断
8	穴ほれ
9	その他
A	トンボ処理

計算機で使用している廃却原因コードを表 10 に示す。

その他特殊移動処理としては、黒鉛定盤を廃却後トンボ定盤として使用する場合の処理、他工場振換処理、割れ・欠損・耳欠けなどにより早期廃却となるもの、または修理可能でも莫大な修理費を要するもので使用回数 10 回までのものを返品する場合の処理がある。

5.4.3 鑄型使用可ファイル

このファイルは命令の自動決定に使用するファイルで、現時刻あるいは将来使用可能になる鑄型の本数を計算したテーブルである。

命令決定のときは、各ストリップで将来のある時刻に使用可能になる鑄型本数を当ファイルより見て、この命令決定しようとする整理 No. が妥当かどうか判断する。この重要なファイル構成は型抜き後 10 h の冷却後使用可能になると考えて、使用可 10 h 前から現在使用可まで 30 min 間隔に区切ってファイルをもっている。サブセンチで型抜きを入力することにより 10 h 前に 1 本加えられ、30 min 経過のたびにじょじょに現在の本数に近づき、現在時刻の使用可本数が増加していくようになっていく。そして段取メモの入力により現時刻の使用可本数から段取本数を引く。またバッチ処理にて使用可鑄型の移動処理があった場合も鑄型使用可ファイルを更新する。

今まで主として鑄型について記述してきたが、

定盤についてもほぼ同様ながいえる。異なる点は定盤は台車と一緒についてまわる分がある点である。つまり型抜では鑄型はストリップへ降すが定盤は定盤付以外は降りず、段取メモ入力するとき台車から定盤の出入がある。

5.4.4 鋼塊重量管理方式

分塊ミルより鋼塊形状に対応する鑄型下部形状コードを分塊オペレータが分塊MTに入力する。U-494側では、そのMTと製鋼造塊テープをマッチングさせて、鑄型ごとに下部形状コードをカード出力する。ただし全鑄型本数出力するのではなく前回の下部形状コードと変わった場合のみ出力する。このカードを迅速にM-30のカードリーダーより入力し、鑄型マスタファイルの下部形状コードを最新のものに更新する。このシステムフローを図11に示す。

(1) 厚板向付加重量の計算

造塊にて段取メモが入力されると、型種、型番が判るので、厚板向の場合は鑄型マスタファイルを見て下部形状コードに応じて一定量の付加重量を計算する。この重量を命令重量に加算して鋼塊重量とし、観測メモ用紙に出力する。注入方ではその鋼塊重量通りに注入する。この付加重量をチャージで和を取り、主原料段取計算にフィードバックしている。参考のため下部形状コードを表11に、付加重量を表12に示す。

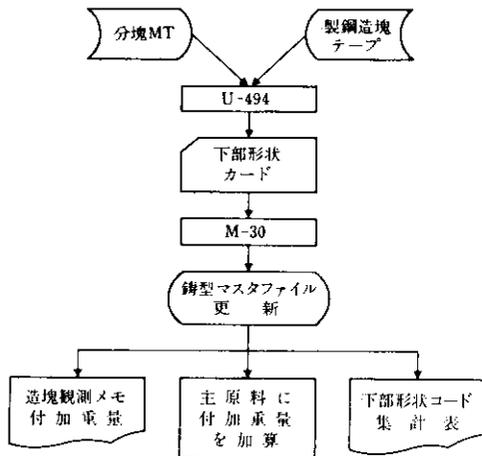


図 11 鋼塊重量管理方式フロー

表 11 鑄型下部形状コード

コード	内 容
A	鑄張、フィンなし
B	鑄張なし、フィン有り
1	鑄張（鋼塊厚さ方向）100mm
2	” 150~200
3	” 250~300
4	” 350~400
5	” 450~500
6	” 550~600
7	” 650~700
8	” 750~800
9	” 850~900

表 12 付加重量 (単位 kg)

鑄型	下部コード		
	B	1~3	4~9
M22F 1.2	100	200	200
M25F 1.4	100	200	200
M30F 1.7	100	300	300
M30F 1.9	100	300	300
M35F 1.9	100	300	300
M40F 2.3	100	400	400
C18FR 1.1	100	200	200
C23FR 1.7	100	300	300
C24FR 1.9	100	300	300
C24F 1.9	100	300	300

(2) 鑄型下部形状コード集計表

この帳票は旬報の形で出力し、鑄型の受注計画の資料となっている。

(3) 鑄型下部形状コードモニタ

この帳票は日報の形で出力し、個々の鑄型について、下部損の進んでいるものにマークをつけて鑄型廃却のための資料にしている。

5.4.5 製鋼区分

個々の鑄型定盤は第1製鋼か第2製鋼か製鋼部かに所属している。製鋼部というのは、第1製鋼、第2製鋼の区別ができないものである。

バッチ処理すなわちカードにて計算機に入力し鑄型定盤マスタファイルの製鋼区分を更新する。これは鑄型定盤現在高移動表等種々の帳票を第1第2製鋼別に分類する重要なキーになっている。

5.5 帳票およびテープ

図 12 に転炉関係、図 13 に命令関係、図 14

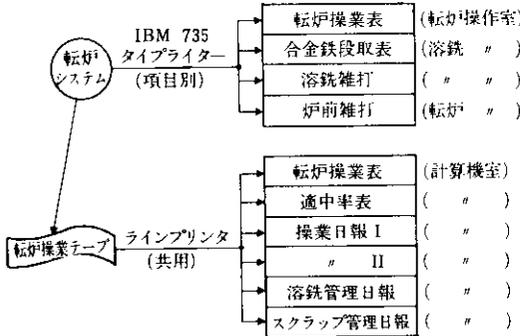


図 12 転炉関係の帳票およびテープ

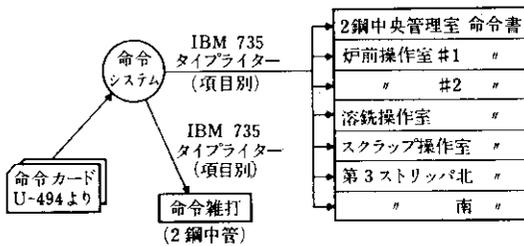


図 13 命令関係の帳票

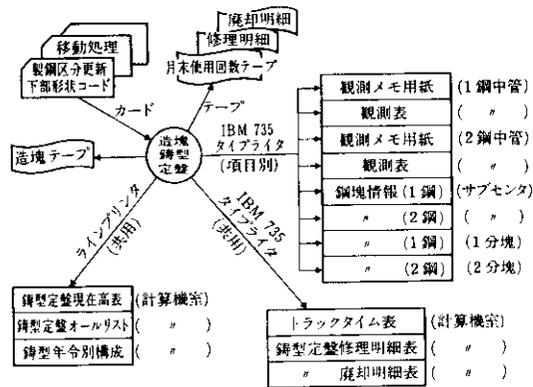


図 14 造塊、鑄型、定盤関係の帳票およびテープ

に造塊、鑄型定盤関係の帳票類の構成を示す。

当システムは莫大な量のデータを処理しており、このデータを帳票に出力し、技術管理用、事務用として重要な役割を演じている。毎日チェッ

クすべきような重要データに関してはカラーコントロールを行なって、技術標準違反に対しては赤印字を行なって、容易にチェックできるようになっている。

6. 計算機導入の効果

本システムは、1971年末稼動以来、18ヵ月以上になるが、今では完全に操業に定着し、種々の効果をもたらしている。ここでは種々の角度からその効果について述べる。

(1) 省力化

省力化に関しては2つの面が考えられる。一つは単純な人員の削減である。操業面では主原料段取計算要員および副原料の炉上バンカーへの輸送要員等の人員削減がある。省力化の大きな要因は品質保証あるいは管理のためのデータ採取および処理要員の削減である。特に転炉操業観測員および鑄型、定盤管理要員の大幅な削減があり当システム導入により約20名の省力化が実現した。

省力化のいま一つの面は熟練度の問題である。特に転炉吹錬には相当の経験と熟練を要するが、計算機による吹錬制御により経験の浅い作業による操業が可能である。このような効果は他にも多く存在する。

(2) 生産能率の向上

製鋼工場において生産能率を左右するのは吹錬適中率である。再吹錬は能率低下をもたらすのみならず生産コストの上昇につながる。

計算機システムの導入により第2製鋼における適中率は9%向上している。筆者らは適中率をさらに向上させるため投入式イマージョンあるいはサブランスを装備し、ダイナミック制御の開発を進めている。

(3) 歩止りの向上

鑄型、定盤のリアルタイム管理の一面である鑄型下部形状データにより鋼塊重量を補正し分塊歩止りの向上を実現している。分塊歩止の向上には、当システムの他造塊工程におけるクレーンスケールによるインゴット重量管理、あるいは分塊工程における努力等が集積されている。

一方鋼塊重量補正の主原料装入量計算への適用

や、溶銑管理の情報を有効に利用してきめ細い歩止管理が可能になり、廃塊発生率が良塊トン当り0.7kg低減し、著しい製鋼歩止の向上が実現された。

(4) その他

鑄型、定盤管理により従来に比較してデータの信頼性が向上し、また従来得られなかったデータの採取および処理により鋼塊品質の向上、あるいは鑄型、定盤原単位の低下に寄与している。また各工程における作業性改善等定性的効果は多い。

7. 結 言

以上水島製鉄所製鋼工場の計算機システムにつ

いて説明した。従来の転炉制御に加えて、溶銑管理からインゴットの生産管理までを含めた製鋼工場の総合制御システムであり、国内はもとより世界でも類をみない計算機システムである。

当システムの導入により歩止向上、品質向上、省力化および生産能率の向上等著しい効果を上げている。さらに生産性向上のため転炉ダイナミック制御の開発、あるいは計算機システムの技術管理への有効利用の手段の開発等を進めており、いっそうの効果が期待されている。

おわりに当システムの開発にご協力いただいた三菱電機株式会社の関係者各位に深く感謝の意を表す。

