

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.19 (1987) No.4

製鉄所における鉄鋼分析の総合システム化

Totalized system for Iron and Steel Analysis on an Integrated Steel Works

杉原 孝志(Takashi Sugihara) 齊藤 啓二(Keiji Saitou) 合田 明弘(Akihiro Gouda)
小石 想一(Souichi Koishi) 畑 俊彦(Toshihiko Hata)

要旨：

水島製鉄所における鉄鋼製造システムの一環として分析のシステム化を行った。分析業務の効率化を目的とし、分析情報のリアルタイム化および分析設備の自動化を主な内容として完成した。エレクトロニクス技術の利用とコンピュータの階層構成により情報の一元管理と分散制御を中心としたシステムを実現した。さらに銑鉄と粉体試料は試料調製から分析値の算出までを自動化し、分析精度の向上と分析要員の効率化に大きく寄与した。

Synopsis：

A modern analytical computer system for iron and steel products has been established as a part of totalized steelmaking information system at the Mizushima Works. The modernization of the analytical system is aimed at automating and refurbishing of analytical equipment and real-time data processing. Electronic technology and hierarchical structure of computer have realized the system which has centralized the management of information and distributed control for analytical equipment. Moreover, pig-iron and powdered sample analyses were automated, ranging from sample preparation to calculation of analytical contents. This has greatly contributed to improvement in analytical precision and a decrease in operator's labor.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Totalized System for Iron and Steel Analysis on an Integrated Steel Works



杉原 孝志
Takashi Sugihara

川鉄テクノリサーチ
(株) 総合検査分析セ
ンター水島事業所 技
術管理掛 掛長



斉藤 啓二
Keiji Saitou

川鉄テクノリサーチ
(株) 総合検査分析セ
ンター水島事業所 主
任研究員(課長)



合田 明弘
Akihiro Gouda

水島製鉄所 品質保証
部分析課 主任部員(課
長補)



小石 想一
Souichi Koishi

川鉄テクノリサーチ
(株) 総合検査分析セ
ンター水島事業所 主
任研究員(部長)



畑 俊彦
Toshihiko Hata

川鉄テクノリサーチ
(株) 総合検査分析セ
ンター 総括技術室 主
任研究員(部長)

1 緒 言

近年、鉄鋼業を取り巻く環境は大きく推移変化し、高級化、高付加価値化指向による製造技術が定着した。それにともない分析ニーズも多様化、高度化しこれにより分析情報をますます迅速に、しかも多量に生産現場に提供することが要求され、技術や環境の変化を先取りした新技術の開発、新規装置の開発と導入、自動化分析の推進あるいはコンピュータによるシステム化などにより対応している^{1,2)}。

当所では、昭和61年10月に水島製鉄所の溶銑溶鋼の成分調整の多段化や連铸技術の進歩による鋼片の直送圧延が実施されるのを機会に³⁾、分析試料の前処理から分析測定のみならず、分析情報の伝達格納までも含めた分析システム全体の更新を行った。

本報告ではこのシステムの全体概要およびその特徴について述べる。

* 昭和62年7月15日原稿受付

要旨

水島製鉄所における鉄鋼製造システムの一環として分析のシステム化を行った。分析業務の効率化を目的とし、分析情報のリアルタイム化および分析設備の自動化を主な内容として完成した。エレクトロニクス技術の利用とコンピュータの階層構成により情報の一元管理と分散制御を中心としたシステムを実現した。さらに銑鉄と粉体試料は試料調製から分析値の算出までを自動化し、分析精度の向上と分析要員の効率化に大きく寄与した。

Synopsis:

A modern analytical computer system for iron and steel products has been established as a part of totalized steelmaking information system at the Mizushima Works. The modernization of the analytical system is aimed at automating and refurbishing of analytical equipment and real-time data processing.

Electronic technology and hierarchical structure of computer have realized the system which has centralized the management of information and distributed control for analytical equipment. Moreover, pig-iron and powdered sample analyses were automated, ranging from sample preparation to calculation of analytical contents. This has greatly contributed to improvement in analytical precision and a decrease in operator's labor.

2 システム化の基本構想

2.1 システム化の条件

当所における分析のシステム化は、主に操業管理分析を対象としている。これは高炉、転炉や取鍋のように炉内反応が極めて短時間に变化するうえ、各成分の規格濃度範囲が狭いため分析頻度が高く成分数も多いことに依存する。そのためフィードバックの時間制約が厳しく、また主に使用されている分析装置の稼働率が極めて高いことによる。これに対してオフライン分析では分析対象が多種少量でフィードバックに時間的余裕があることなどからシステム化や自動化の効果が小さい。

システム設計における基本的な要件を次に示す。

(1) 分析内容

測定頻度と迅速性が非常に高く要求され、かつ24時間稼働で永続性があること。

(2) 分析技術

分析機器がコンピュータシステムに適應性があり、その稼働率が高いこと。オンライン分析に対処し得る技術があること。

(3) 汎用性

共通あるいは共用できる技術を有機的に包含し、分析機器および分析要員を有効に活用すること。

(4) 自動化分析処理

測定処理のみでなく、試料の前処理あるいは情報処理までも含めた一連の処理を極力自動化すること。

2.2 基本構想

コンピュータの特質である迅速性と正確性を最大限に活用し作業能率および分析精度の向上を図り、また分析情報の一元管理とそれに基づく作業管理と品質管理の強化および迅速化を目的とした。開発に際しては次の点に留意した。

- (1) 作業管理分析に必要な設備や機器をコンピュータによりオンラインで有機的に接続する。
- (2) 多様に変化する要求に対応するため拡張性を持たせるとともに、システムダウンやメンテナンス性を配慮し、各機器にそれぞれの機能を分散させる方式のシステムとし、バックアップ体制も低コストで完備する。
- (3) 分析情報に関し帳票や作業カードなどを用いないペーパーレスシステムとし、能率および信頼性の向上を図る。
- (4) 分析機器の精度管理、各種統計処理や分析試料の受け付け登録あるいは日報月報処理など分析業務の遂行に必要な処理をコンピュータ化する。

コンピュータシステムの主なメリットとしては分析設備および、要員の効率的活用と、その結果としての分析コスト低減などが挙げられ、また生産システムへの貢献の大きさは言うまでもない。

また、分析の自動化も、新分析システム構築の一環として、分析作業の効率化、迅速化と分析要員の省力化を目的として実施する。試料とその分析処理の特質に合った自動化を基本方針とし試料調製装置、分析機器およびその間を接続する試料搬送装置の各々を自動化し、単独運転も可能とする。

3 分析コンピュータシステム概要

分析に係るコンピュータシステムは Fig. 1 に示したように危険分散やメンテナンス性を考慮して各コンピュータの処理機能と処理機器を分離した階層構造を採用した。分析プロセスコンピュータ(分析 P/C)は上位システム、下位システムあるいは各種端末機からの情報収集や伝達といった情報の自動収集と、分析機器の精度管理や相関回帰など各種定数の算出を行っている。

下位の分析用コンピュータ (A/C) は分析機器などの制御と分析値の算出や分析 P/C との送受信などを実施している。

また、自動化分析設備は試料の前処理および分析機器とその間を接続する試料搬送装置とで構成しており、その制御は設備の耐久性と定数制御を容易にするためシーケンスコントローラを用いた。

3.1 分析機器

各分析機器の主な仕様を Table 1 に示す。製鉄および製鋼の分析の迅速化ニーズに対応するための分析機器として、鉄鋼および鉄鋼試料には発光分光分析装置 (4 台)、蛍光 X 線分析装置と鋼中酸素分析装置、鋼中窒素分析装置および鋼中水素分析装置で、焼結鉱、

Table 1 Specifications of analytical instrument

Item	Specification
Emission spectrometer Type	Vacuum quantometer GVM-100, GVM-1000 and GVM1016
Range of wavelengths	165.0 nm~450 nm
Excitation sources	HPSG-400 and SD-400
Analytical elements	21~32
X-ray fluorescent analyzer Type	Vacuum spectrometer VXQ-150 and VXQ-150A
Excitation sources	Rh target (3 kW max)
Analytical elements	22 and scanning 10 elements
ICP emission spectrometer Type	Spectrometer JY48 and 975 ATOMCOMP
Range of wavelengths	170.0 nm~500.0 nm
Radio frequency output	1.3 kW
Analytical elements	24~32
Carbon, sulphur analyzer	Type CS144, H.F combustion-infra red method
Oxygen analyzer	Type RO17, Impulse fusion-infra red method
Nitrogen analyzer	Type TC136, Impulse fusion-thermo-conductivity method
Hydrogen analyzer	Type RH1E, Impulse fusion-thermo-conductivity method

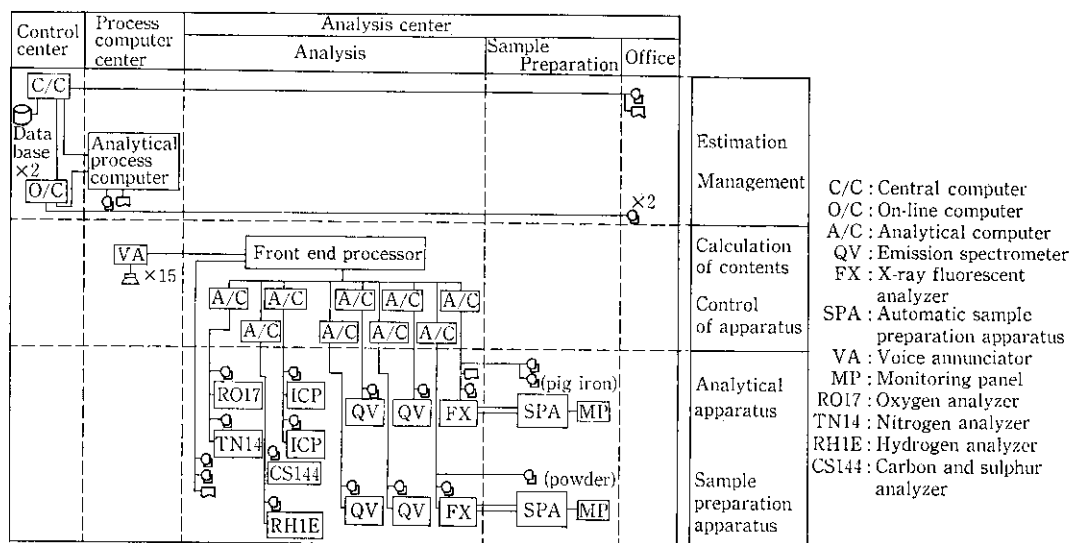


Fig. 1 Hierarchical structure of analytical computer system

高炉スラグ、転炉スラグなどの粉体試料には蛍光X線分析装置で、また素材および製品のチェック分析には高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置と炭素硫黄同時分析装置で対応することとした。

とくに全分析件数の70%を処理する発光分光分析装置のすべてにパルス分布測定方式PDA(Pulse height distribution analysis)を採用し取鍋精錬において重要な因子である酸可溶性アルミニウム(Sol. Al)の即時分析を可能にするとともに分析精度の向上を図った。

3.2 ハードウェア構成および特徴

3.2.1 機器構成

分析システムを中心とした水島製鉄所全体の分析関連のシステム構成をFig. 2に示した。

分析P/Cは伝達性およびメンテナンス性を配慮して製鋼P/C室に設置した。分析センターに設置している入出力制御用コンピュータ(FEP)と分析P/C間は約2km離れているが、情報量や信頼性を考慮し光ファイバーで接続している。A/Cは分析機器の制御も行う必要があり得られる情報量の多い発光分光分析装置と蛍光X線分析装置とは1対1で接続し、情報量の少ない鋼中ガス(酸素、窒素、水素)分析装置、炭素硫黄分析装置およびプラズマ発光分光分析装置とは1対2で接続し、その2台の同時分析処理も可能としている。

次にオペレータとのインターフェースはすべてCRTとし、情報量や分析元素数が多く、立ち作業となる発光分光分析装置は視認性を良くするため20インチを、座り作業の多い他の分析機器は14インチのブラウン管を採用した。分析結果の格納はセンターコンピュータあるいはオンラインコンピュータをデータベースとし、情報の必要な場合はその端末機より検索し、通常はプリンターなどを用いないペーパーレスシステムとしている。

また、各操業現場には音声出力装置によるアナウンスも実施している。

システム構成で特に特徴のあるものを次に挙げる。

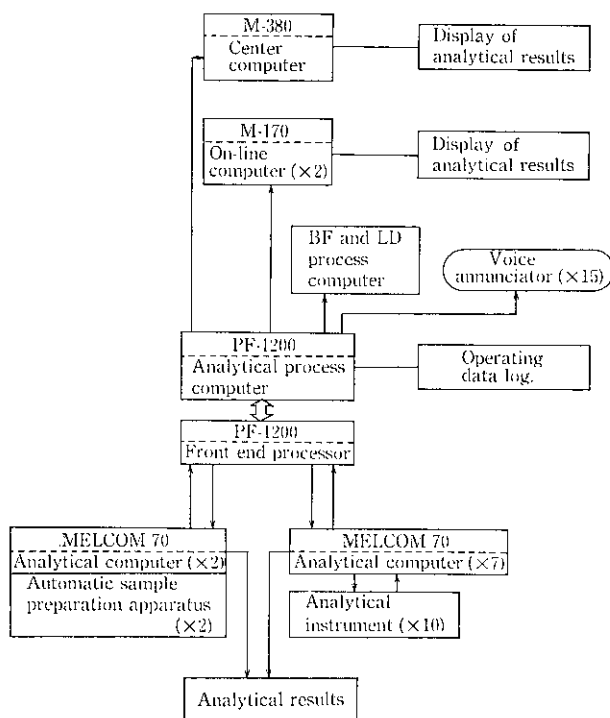


Fig. 2 Function of analytical computer system

- (1) 分析センターに設置しているFEPは分析P/Cと同じハードウェア構成としている。これは将来分析P/Cがレベルアップされた場合、分析P/CをFEPに改造しハード的にデプレックスとして運用する構想にそったものである。
- (2) 分析P/CとFEP間は光伝送を採用し、伝送速度の高度化(13.4 MBPS)とメンテナンスの容易性を図った。伝送は全二重通信方式とし、伝送路の切断時には逆回りする機能を設けた。
- (3) FEPとA/Cの接続はポートを3個設け各ポートに分析機器を分散(4台/ポート)することにより危険分散を図った。
- (4) 分析P/CおよびA/Cともに端末機としてはCRTのみを用い、その記録が必要な場合は画面のハードコピーを保存することとしペーパーレス化を図った。
- (5) 自動化分析システムの特徴としては、分析機器に標準化の頻度が少ない蛍光X線分析装置を採用し、試料の厚みや表面状態をチェックするセンサーを設け、不良試料は排除できる方式とした。また各装置の稼働状況と試料の処理進捗状況を把握するための運行監視盤を設けた。

3.2.2 CRTオペレーションの特徴

全面的なCRTオペレーションの採用に当たって、第一に考慮したのはCRTの信頼性であった。マンマシンインターフェースとなるCRTには情報が集中化されており、そのトラブルはシステムにとって致命的となる。CRTおよびコントローラを多重化すれば問題は解決できるが、単純な多重化はコストを上昇させシステム全体の経済的効果を低下させ良策とはいえず、そのため構成において種類の工夫を行い多重化を実施した。例えばA/CのすべてのCRTのコントローラのハードを同一仕様とし、互換性およびメンテナンス性を容易にしている。

次に数多くの検討を加えたのがCRT画面の構成である。操業管理分析においては各工場の操業命令や吹錬情報あるいは分析しようとする試料の履歴や分析結果など多数の情報がある。しかし、通常の分析作業においてすべての情報が一度に必要な場合はほとんどなく、実際には分析する試料に合致した情報をいくつか組み合わせる程度でよい。そのため作業種に合致した画面を多数作り、必要に応じてメニュー方式で選択する方法を採用した。キーボードよりの入力では迅速でかつ入力ミスを防止するために、タッチ操作数が極力少なくなるようにファンクションキーを多用するとともに、テンキーより数字のみの入力でも処理できるようにしている。

3.3 ソフトウェアとその特徴

本システムの処理機能は、基本として分析システム全体を総括している分析P/Cの情報収集機能と、A/Cの分析作業機能にわけられる。

3.3.1 情報収集機能

処理機能で分析に関係あるものを分類してTable 2に示した。オペレーションガイド、分析精度管理、データメンテナンス、技術解析などがあり、工場の操業情報、システムの稼働状態などをグラフィック表示することによりオペレータの作業を支援するとともに、作業進捗状況の把握も容易にしている。また分析装置間のクロスチェックも実施し信頼性を向上させている。この中で特徴のあるものを次に挙げる。

- (1) 伝送処理で分析結果の音声出力は他に全く例を見ない機能で、操業現場に対して、速やかにかつ電光表示盤など視覚によるものと異なりすみずみまで分析値をアナウンスするもので、特異性を持たせるため女性の声とした。
- (2) 分析値管理は分析装置の分析精度および正確さを把握する機

Table 2 Function of data management

Item	Function
Input/output	MODEM, EF T/W, voice annunciator
Control of operation commands	L/D, EF, C/C
Control of analytical results	$\bar{X}$ -R chart, $\bar{X}$ -R chart, analytical accuracy
Calculation	Analytical precision, statistical calculation
File	
Sum total	

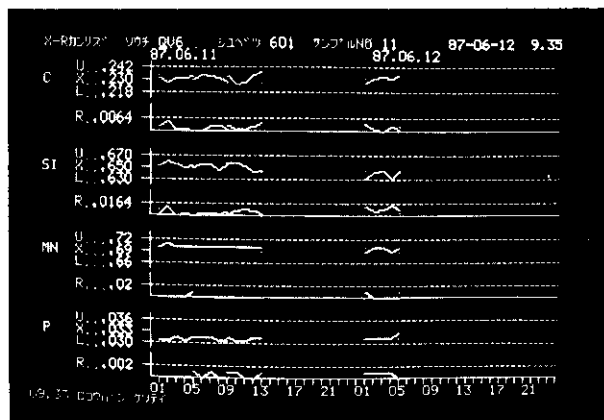
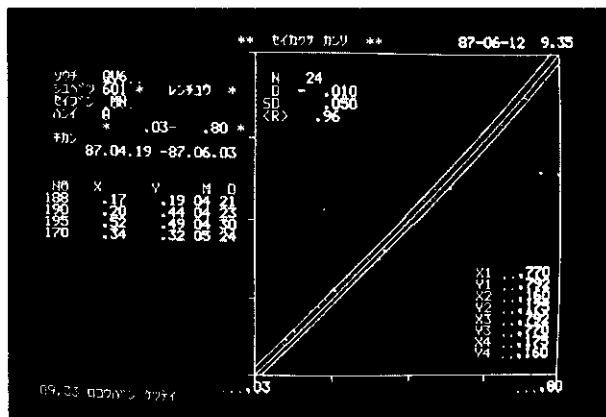
Photo 1 Example of CRT display ($\bar{x}$ -R chart)

Photo 2 Example of CRT display (control chart of accuracy)

能で、 $\bar{X}$ -R管理は日内（2時間単位）を、 $\bar{X}$ -R管理は月内（1日単位）の管理試料による変動を、正確な管理は機器分析値と化学分析値との相関を求めたもので、各々CRTにグラフィック表示することによって処理できるようにしている。Photo 1および2にその例を示した。

- (3) 分析値のファイル処理として対象表ファイルと履歴表ファイルがある。対象表は高炉、焼結工場のように操業に連続性がある場合に用いるファイルで、各工場単位に時系列に20~50件ファイルする。履歴表は転炉から取鍋精錬、連铸までのようにバッチ的処理であるが一連の流れがある操業に対して用いるファイルで、炉号鋼番単位に時系列にファイルする。A/Cよりの指示でファイルデータをA/Cに送信し、CRT画面に時系列に表示する。
- (4) 自動化分析システムの特徴として、分析値が算出されると同

Table 3 Function of analysis operation

Item	Function
Analytical instrument	Start, stop, reset, recycle, maintenance
Automatic analysis	Sample set, polishing, grinding, sample transfer, measurement of X-ray intensity
Contents calculation	P.D.A., correction of coexistent elements, contents calculation
Analytical information	Analytical condition, constant of calibration curve and correlation, channel information, format of data transfer
Input/output	Analytical P/C, analytical instrument, CRT, printer

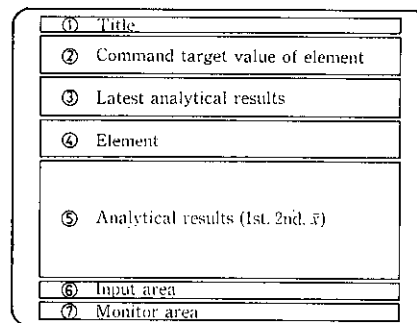


Fig. 3 Design of CRT display

時に合否判定を行い、設定範囲に許容された場合は自動的に上位システムへ伝送され、また分析装置のトラブル時はそのアラーム番号をCRTに表示しメンテナンスを容易にした。

3.3.2 分析作業機能

処理機能の上から分類したものをTable 3に示した。この機能は分析値算出、分析処理情報、自動化分析などであり、分析作業以外にも検量線作成、共存元素補正数算出などもペーパーレスで行えるようにしている。また、分析条件、検量線や分析元素数の選択あるいは分析値の桁数なども各種操業命令によって自動的に選択でき、作業の迅速化を図るとともにオペレータの負荷を軽減させている。

(1) CRTの画面構成

CRT画面としては、分析時に使用する「分析画面」、分析条件、検量線数、補正係数などの登録および変更を行う「分析情報画面」と分析機器の状態、使用状況などを表示する「メンテナンス画面」に大別でき、必要に応じてオペレータが選択するメニュー方式としている。

分析画面において一番多く使用する転炉、取鍋処理、連铸などの溶鋼試料を分析する場合に用いる履歴表画面を例としてFig. 3に示した。最上段より、①ヘディング（分析対象名）、②分析試料に対する操業命令、成分の目標値、③分析試料に対する最新の分析値（同一炉鋼番で対応）、④分析元素名、⑤分析値（1回分析、2回分析および平均値）、⑥オペレータの入力エリア、⑦モニターエリア（コメント、メッセージ）を表示するようにしている。

(2) CRTの操作

オンライン分析であるため迅速性と入力ミスの防止を最重点とし画一化した操作法とした。入力方法として、ワークエリアにキーボードより、種別コード→リターンキー→（ワークエリアに入力項目を最大7色に色わけして枠として表示）→炉号鋼番、高炉番号、試料番号などをテンキーより入力→（分析開始）

を行う。この一連の操作のみで全分析機器および全分析対象に対処できる。

3.4 自動化分析の概要

自動化分析の試料としては、迅速分析が要求されかつ分析依頼件数が非常に多く（100件/日以上）、また試料の前処理が煩雑で所要時間が長い試料を対象とした。

3.4.1 粉体試料分析システム

この自動分析の設備を Fig. 4 に示した。設備仕様の概略を次に示す。

(1) 試料調製装置

処理時間: 6 min

粉碎方式: 粗粉碎—油圧式クラッシャー
微粉碎—振動式ディスクミル

捕集方式: ミニサイクロンによる試料の空気の分離方式
プレス圧: 50 t (30 sec)

制 御: シーケンスコントローラ

(2) 試料搬送装置

搬送速度: 0.3 m/s

搬送方式: ベルトコンベア

試料待機: 最大4個（粉碎機側に各1個とプレス機側に1個）

(3) 蛍光X線分析装置

積分時間: 20 sec

X線管球: Rh ターゲット, 出力 40 kV-70 mA

分光器: 固定22元素, スキャナ1台（重元素用）

試料装着: ミニベルトコンベアによる滑り込み方式

このシステムでの処理能力は1系統単独としては約6 min で1本の試料を処理できるが、分析装置と試料調製装置は同時に処理が可能であり、また粉碎機は3系統設けているため1試料3 min の頻度で連続して分析できる。

3.4.2 鉄鉄分析システム

このシステムの設備概略を Fig. 5 に示した。試料研磨装置、試料搬送装置、蛍光X線分析装置およびコンピュータで構成しており、その主な仕様を以下に示した。

(1) 試料研磨装置

研磨砥石: 円筒形グラインダ (1500 rpm 無負荷)

電動機: グラインダ用 3 kW

制御用 DC サーボモータ (2000 pulse/回転)

冷却方法: エアークールダ (-20°C)

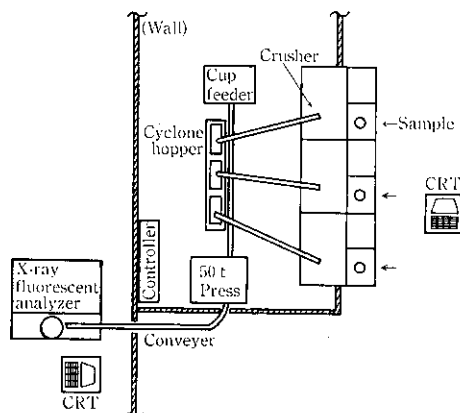


Fig. 4 Schematic diagram of the full automatic analysis system for powdered sample

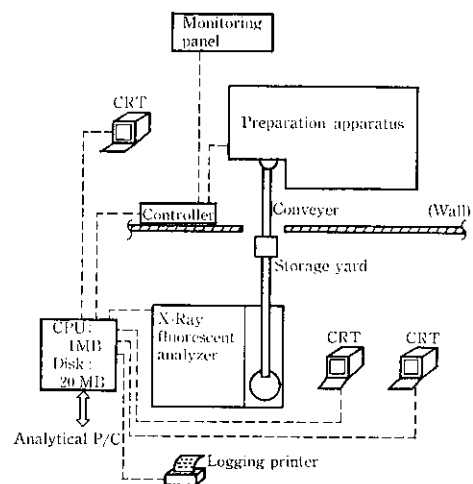


Fig. 5 Schematic diagram of the full automatic analysis system for pig iron

異状試料検出センサー: 光反射型

試料反転: ロボットアーム

(2) 試料搬送装置

搬送速度: 0.25 m/sec

搬送方式: ベルトコンベア (耐熱 120°C)

(3) 蛍光X線分析装置

積分時間: 30 sec

X線管球: Rh ターゲット, 出力 40 kV-70 mA

分光器: 固定23元素, スキャナ1台（重元素用）

試料装着: ミニベルトコンベアによる滑り込み方式

このシステムで試料1本当たり約3 min で処理できるが、分析装置と研磨装置は並列に処理が可能であるため1試料2 min の頻度で分析できる。

4 結 言

この分析システムは昭和59年1月に一部稼働し、昭和61年10月に鋼片の直送圧延化の実施と同期し全面稼働した。自動化分析システムもコンピュータシステムと同期して計画を開始し、粉体試料の自動化は昭和59年3月に、鉄鉄試料は昭和61年4月に稼働し、若干の修正、改善は行ったが順調に稼働している。

本システムの適用による効果は、

- (1) 大幅なCRTオーバーレイの実施による分析所要時間の短縮と作業性の向上。
- (2) ペーパーレス化による記録、報告などの作業削減と信頼性の向上および伝達の迅速化。
- (3) 自動化による所要時間の短縮と変動の解消および個人差による分析精度変動の解消。
- (4) 分析要員の削減。

などが挙げられ、この結果、鉄鋼製造の操業管理、品質管理体制強化への貢献ができたと考えられる。

最後に本報で紹介した自動化分析については株式会社島津製作所の関係諸氏に種々のご協力を頂いた。記して感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 田口 勇, 小野昭雄, 松本龍太郎: 鉄と鋼, **60** (1974) 14, 2035
- 2) 小野準一, 福井 勲, 今村直樹: 島津評論, **35** (1978) 2, 15
- 3) 中西輝行, 大杉賢三, 板倉仁志, 中川康弘, 谷利修己, 上田徹雄: 鉄と鋼, **70** (1984) 12, S1078