

討3 高炉コンピュータコントロールと最近の高炉計測

新日本製鉄 堺製鉄所 深川弥二郎 浅井浩史 村上豊 加瀬正司
 山田武弘 花房章次 田村健二
 八幡製鉄所 吉永博一 東京研究所 宮坂尚親

A 堺才2高炉における高炉プロセス計算機制御について

I 緒言

堺才2高炉(内容積2620 m³)では、1967年7月火入れ以来、操業の合理化を目的に、プロセスコンピュータを導入し、データロギング、装入物秤量制御、装入物配合計算等に活用してきた。一方、これと並行してプロセス制御モデルの開発を進め、1969年9月末より実操業への適用を開始した。

II 計算機システムの構成

図1.は計算機システムの構成図である。
 主な諸元は以下の通りである。

コンピュータ FACOM 270-20
 コア 16^k + ドラム 131^k × 2基
 使用言語 アセンブラ
 外部割込 80臭
 アナログ入力 111臭
 コード入力 204臭
 接点出力 64臭

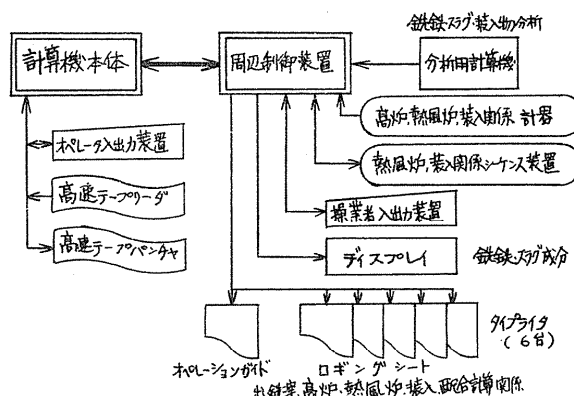


図1. 計算機システム構成図

III 高炉プロセス制御モデルの構成と機能

1. 高炉プロセス制御モデルの構成

二つの主要な指標である炉熱と通気性の状態を判定するモデルと、これらをその他の操業因子ととも論理的に判定して操業条件を指示するモデルとから構成されている。図2.は、その全体構成を図示したものである。制御モデルは、理論的モデル、検出端情報にもとづくモデル、経験的統計的モデルの相互の長所を組み合わせることによって、全体としての信頼性と精度の向上をはかっている。また個々のモデルにおいても、純粋に理論的な処理が出来ない部分については、経験的な操業の Know-How をモデル化して組み込んでいる。

i 炉熱状態の判定モデル

炉熱状態はそれぞれ特徴を持った三つの独立したモデルによって判定される。

それぞれの判定結果は、共通の炉熱指標である鉄鉄中Siの推定値として得られる。

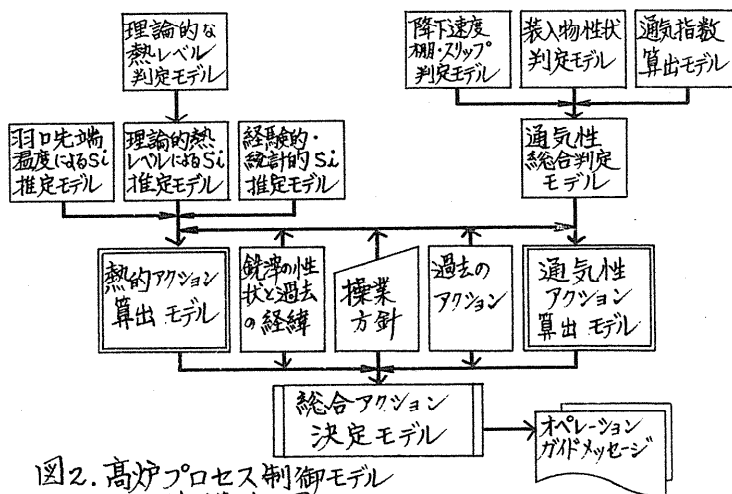


図2. 高炉プロセス制御モデルの全体構成図

- 文献 1) 鞭・田村・八木・森山 : 日本金属学会誌, 30(1966), 1109.
 2) 三塚・森頼・阿由葉・津田 : 鉄と鋼, 54(1968), NO.3, 51.
 3) 斧・楢岡・花房・竹井 : 鉄と鋼, 54(1968), NO.12, 70.

B 最近の高炉計測

1. 高炉計装の特徴, 分類

- (1) 装置保護 : 炉底温度計など。設備保護のための監視警報装置。
 (2) 安定操業(平衡) : 装入深度, シャフト温度など。位置的(上下, 左右), 時間的な平衡を保つための測定。
 (3) 安定操業(原燃料) : 例えば原料配合制御, 送風湿度制御など, 原燃料を安定的に投入する。
 (4) 反応監視 : 例えば炉頂ガス分析など, 反応状況を監視する。
 (5) 生産性向上 : 例えば酸素富化, 重油吹込など, 積極的に反応を促進する。

2. 計算機制御との関係

- (1) アナログ計装の重要性は, 計算機制御が進めば進むほどますます大きくなる。現場計器の指示する値は高炉操業の重要な指針であり, 同時に計算機制御の重要な入力である。これらの維持安定は重要な機能である。最近計測器自体の信頼性向上とあいまって保守技能の向上がめざましい。
 (2) また計装と計算機との結合も深くなっている。

従来, 秤量制御のみに使われていたDDCは, 炉況制御の分野にも進出して来るだろう。

また検出端開閉の積極的な推進により炉況解析も容易化されている。

計測と計算機制御はお互に相手に期待し, 利用しあい, 競争しあいながら前進をしている。目下計画中の貯鉄率レベル記録計は, 計算された値をD/A変換して普通計器に記録させ操業管理をやり易くしている。即ちこの例では従来, 計装は自動制御, デジタルはせいぜいシーケンス制御までといていた分担区分が入り混って来た。

3. 特殊検出端の開閉について

高炉解析の途中で新しい検出端の必要性を痛感した。問題点は二つあるが。

経済面 : 開発費が高い。特殊品だから価格高くなる。など計測費が高くなることが問題であるが, 設備本体の大型化による投資額の相対値低下, 高能率生産時での計測重要度の評価の両面から次第に投資限度がゆるくなりつつある。

技術面 : 高炉周りの計測は進んでいるが, 最も困難な高炉内計測は残ったものが多い。

金はあっても知恵が出ない状態が続くものと思う。

4. 新しい計測

上記の状態ではあるが最近の成果(一部開発中のものもあるが)として次のものをあげるこゝが出来る。

- a) 炉頂テレビ : ストックラインを上からITVを介して監視する。
 b) 炉頂ガスサンプリング : ストックライン上を移動ガスサンプリング。
 c) ガスサンプリングゾンデ : 垂直あるいは水平ゾンデ。
 d) 羽口諸変量計測 : 羽口に関係ある諸変量, 即ち送風, 冷却水, 羽口先などの流量, 圧力, 温度などを計測するこゝからより, 炉内状況, 羽口破損を知る。
 e) 貯鉄率レベル記録計 : 計算機で間歇的に計算させ, D/A変換後, 計算値を記録する。
 これらの情報を次々に計算機制御に取り入れて行く予定にしている。

i-① 羽口前理論コークス温度モデル

羽口燃焼帯を含めた高炉下部の熱的状态は、高炉操業を行う上で極めて重要な炉況因子であり、これを的確に把握する必要がある。

炉頂ガス組成、送風条件、装入物データをもとに、高炉の詳細な物質収支、炉下部の直接還元帯における熱収支、羽口燃焼帯の詳細な物質収支と熱収支¹⁾を連立方程式として解くことにより、羽口前理論コークス温度を算出する。銑鉄中Siとは極めて密接な関係があり(図3)、しかもSiの変化より数10分前に変化することから、事前にSiを予測出来る。

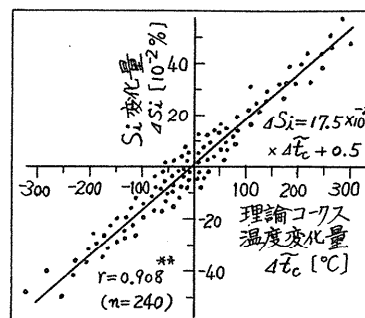


図3. 銑鉄中Siと羽口前理論コークス温度の関係
(\bar{T}_c : 理論コークス温度の80分間の移動平均値)

i-② 羽口先端温度モデル

羽口先端に埋込まれた熱電対により測温することによって、高炉下部における熱的状态を直接検出端情報として得ることが出来、これによってSiの予測が可能である。²⁾

羽口先端温度は羽口前理論コークス温度と同じような変動傾向を示すが、Siの小さな変動に対しては、後者より鈍感である。

i-③ 経験的統計的Si推定モデル

過去にあった操業因子の変化量が銑鉄中Siに及ぼす応答特性と、最近のSiの挙動より経験的統計的にSiを予測するモデルである。図4はその推定方法の概念図である。考慮する操業因子としては、送風温度、送風湿度、重油流量、コークス比、コークス灰分等である。

このモデルは、炉況が安定しSi変動の小さい時は信頼性が高い。

ii 通気性状態の判定モデル

通気指数((送風圧-炉頂圧)/(送風流量+酸素流量))、装入物降下状況(棚、スリップ、ドロップ等の降下異常、降下速度等)、装入物性状等を指標化し、これをベースに経験的論理的判断を加えて、通気性状態を判定し、通気性面の炉況指数を作成する。

iii アクション決定モデル

iii-① 熱的アクション算出モデル

炉熱を判定する各々のモデルによって算出した推定Siをもとに、最近の溶銑率の性状、操業方針等配慮して、経験的、論理的判断によって、その時点で取るべき熱的アクション量の算出及び炉熱面から増鉱、増風等の積極的操業の可否の判定を行う。増鉱あるいは増風の操業方針があれば、出来るかぎり早急にその方針が達成されるよう配慮して、熱的アクションを算出する。

iii-② 通気性アクション算出モデル

通気性状態の判定結果をもちい、経験的論理的判断によって、通気性不良対策として必要であれば、減風量、減鉱量あるいは熱的アクションに対する制約条件を算出する。逆に通気性良好の場合には、増風、増鉱のタイミングを指示する。

iii-③ 総合アクション決定モデル

炉熱判定の各モデルより算出された結果を総合するとともに、炉熱と通気性の両面から算出された結果の総合調整をすることによって最終的にアクション決定を行う。このモデルは、過去のアクション、最近の溶銑率性状、操業方針等も配慮して、経験的論理的判断によって処理している。

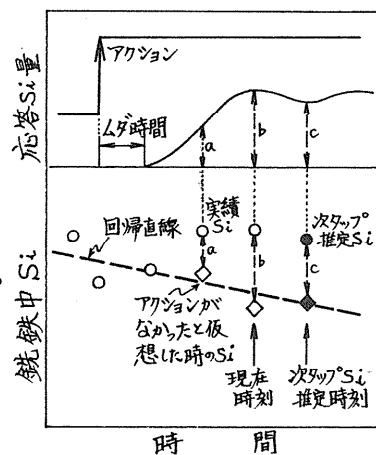


図4. 経験的・統計的Si推定法の概念図

2. 高炉プロセス制御モデルの機能

制御モデルは通常20分毎(この外、操業者の要求する任意時)に起動され、その計算結果はオペレーションガイドとして印字される。その主な内容は、高炉の炉熱と通気性の状態、銑鉄中Si推定値、その時点で必要とする送風温度(あるいは送風温度)、ore/coke、送風流量に関するアクション量の指示、増銑と増風の可否判定結果、及び炉内浸水の有無を判定する指標³⁾等である。

ガイドの採否は、操業者の最終的判断に委ねられている。これはかならずしもあらゆる炉況で制御モデルがそのまま活用出来るとはいえないこゝにもなるが、操業者がガイドをベースに、計算機に取込まれていない各種情報(炉前作業、設備トラブル等)を加味して、よりきめ細かな判断を、高炉操業に反映出来るようにするためである。図5にオペレーションガイドの適用の一例を示した。羽口破損による炉内浸水のため、H₂ガス利用率の見掛け上の低下が認められる。

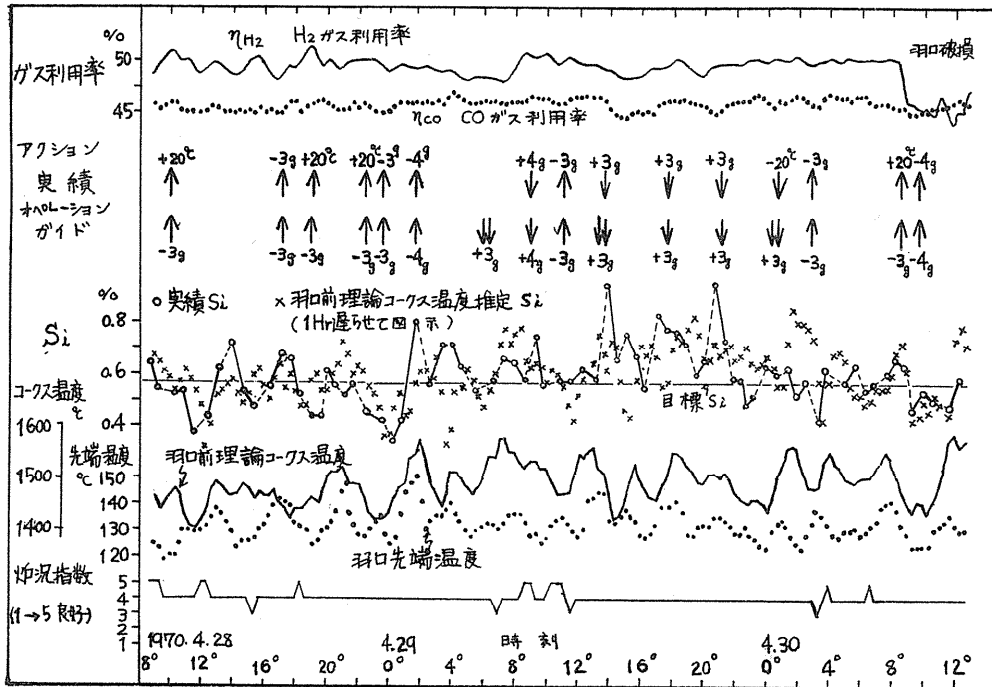


図5. オペレーションガイドの適用例

Ⅳ 高炉プロセス制御モデルの操業への適用結果

図6. は、制御モデル適用前の炉況良好な期間3ヶ月と、制御モデル適用率が85%をこえる期間4ヶ月の操業成績を示している。

操業成績の各項目について、制御モデル適用による向上が認められる。

Ⅴ 結言

堺才2高炉では、1969年9月末より高炉プロセス制御モデルの操業への適用を開始した。

理論的モデルに加えて、経験的要素を多分に取入れたことを特徴とする制御モデルは、高炉操業に必要な各種の情報を客観的に処理して炉況を診断し、操業条件を算出するため、熟練度の高い操業者にとって良きガイドとなり、高レベル安定操業をきめ細かく積極的に行ううえで非常に有効である。

	適用前期間	適用期間
オペレーションガイド適用率	% 100 90 80	90 85 80
出銑量	kg/d 6000 5800 5600 5400	5800 5600 5400
燃料比	kg/t 530 523 510 500	513 500
Si (トップ層)	% 0.15 0.13 0.10	0.11%
	1969 5 6 7	1970 12 1 3 4

図6. 操業成績の比較