

討 1

高炉炉頂部の装入物・ガス流分布とベルレス装入装置による分布調整について

新日本製鐵室蘭製鐵所 田代 清 加瀬 志

金山有治・奥野嘉雄

1. 緒 言

高炉の指向すべき技術のおもなものととして、操業の安定、消費エネルギーの低減、生産能力の弾力性があげられる。これらの技術に対するアプローチは従来から種々なされてきたが、比較的残された手法に装入物分布調整法がある。また、最近のように高炉が大型化し、かつ操業技術が向上してくると従来とは異なった装入物分布状況を呈するようになり、操業への影響も大きなものがある¹⁾。このため、当所においても装入物・ガス流分布の適正パターンについて検討するとともに、この知見をもとに装入物分布調整を図るべくベルレス装入装置を室蘭第1高炉に導入し操業を行なっているのでその概要を報告する。

2. 装入物分布のガス流分布への影響

炉頂部の装入物分布が従来と大きく異なってきた主要因には、炉口径の拡大、 o/c 比の上昇、ペレット使用割合の増加などがあるが、これらの要因はいずれも炉内の堆積鉱石層厚（ペレットの場合は炉中心部の層厚）を増加させるものである。層厚が増すにつれ、装入物の炉径方向での堆積角度、粒径分布、 o/c 比分布、混合層の発生状況に変化をもたらす。

実寸大のモデル分布試験装置で分布状況の変化を調べたが、鉱石層厚の増加に伴い、傾斜角は低目に、層厚分布と粒径分布はフラット化する傾向にある。また、炉口径が拡大した場合、V型装入物分布の炉中心部深さが増加し、かつ1ダンプの装入物落下量が大となるため中間部から中心部にかけてコークスとの混合層形成が多くなる。これらの変化はいずれもガス流分布に大きな影響を与えるものである。

装入物分布のガス流分布への影響について、著者らは装入物性状と通気抵抗の関係を事前に調べ、この知見を分布試験で得た装入物分布状況に適用し、装入物分布のガス流分布への影響を調べた。図1に炉口径と鉱石層厚が異なる場合の炉頂部とシャフト部上段における相対ガス流速分布算出例を示す。

炉口径が大きな場合、炉頂部では中心ガス流がV型形状の影響をうけて強く出るが、シャフト部上段では周辺ガス流が発達する。また、鉱石層厚が増すと中心ガス流はかなり弱められるが、周辺ガス流は殆んど衰えない。

これらのことは、適正なガス流分布を維持するために、装入物分布調整が炉口径の拡大、 o/c 比の増大に伴って重要となることを示唆するものである。

3. 炉頂ガス流分布の適正パターン

ガス流分布は、①安定した荷下がり、②良好な通気性、③高いガス利用率、④少ない炉壁熱負荷などの条件をできるだけ満足するパターンでなければならない。ガス流速分布の直接測定は困難なため、ここでは炉頂ガス温度・濃度分布よりその適正パターンを検討した。

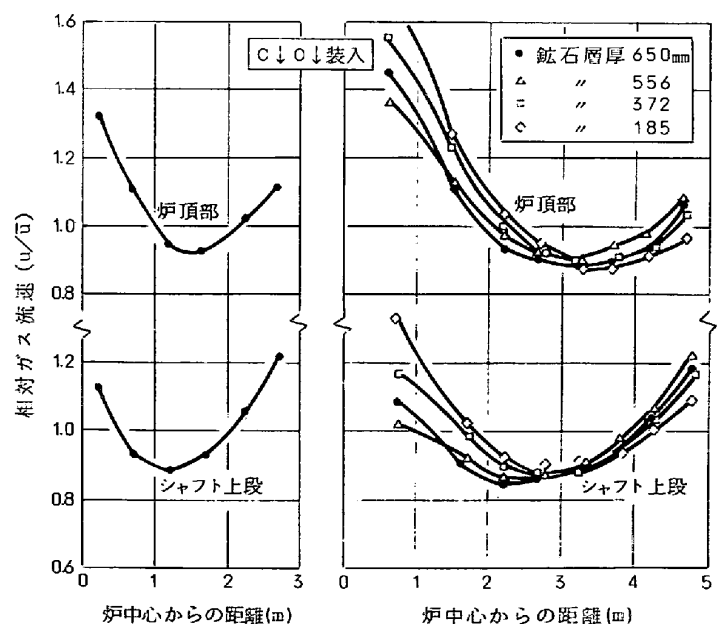


図1 炉口径、鉱石層厚とガス流速分布との対応

図2にガス温度・利用率分布および通気抵抗、棚・スリップ数との対応を調べた例を示す。良好な荷下がりと通気性を保持するためのガス流分布は中心部の高温ガス領域が広がる中心流型の分布が望ましいといえる。しかし、このガス流分布ではガス利用率は必ずしも向上せず適正なパターンとはいえない。ガス利用率の向上を図るにはフラットな分布にするほうが望ましいが、この場合は通気抵抗が大きく、作業上の外乱が入ると炉況悪化を起こしてガス利用率をたちまち悪くしてしまう。

したがって、良好な荷下がりと通気性を保持しつつガス利用率の向上を図るパターンとして、中心ガス流を維持しながらこの高温のガス流領域を狭くし、かつ周辺部のガス利用率が50%前後になる分布が適正と判断される。装入物分布調整の狙いはこのようなガス流分布をいかに安定して保持するかにあるといえる。

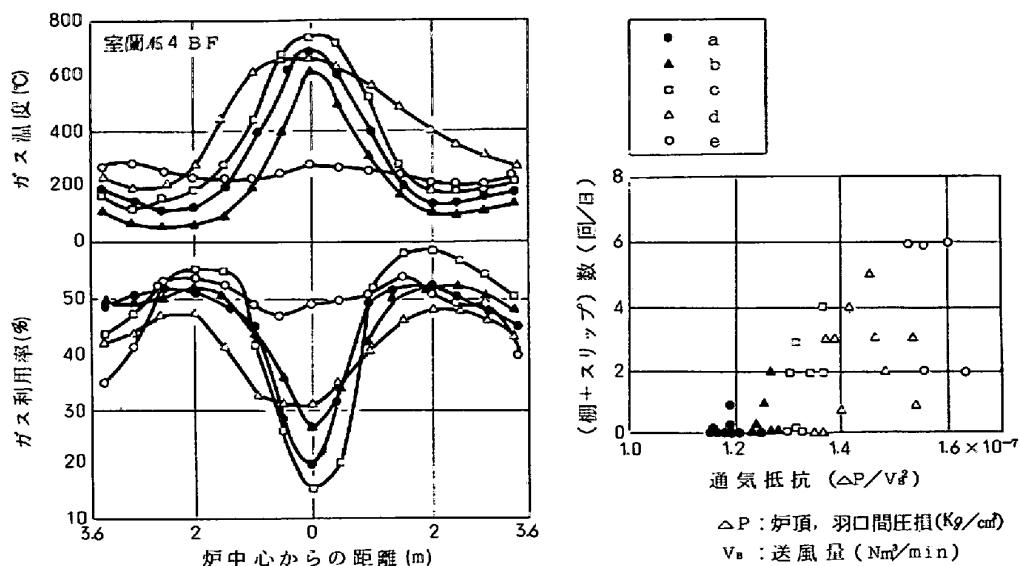


図2. 炉頂ガス分布と通気抵抗・棚・スリップとの対応

4. ベルレス装入装置による分布調整について

本装置は分布調整の自由度が高く、付帯設備も多くを必要としないので、室蘭 γ 1BFの改修を機会に、o/c比の高い操業を維持しながら適正なガス流分布を指向することを狙いとして、導入を図った。

(1) 分布特性

本装置は図3の如く、炉頂部に設置された旋回シュートが炉周方向に回転すると共に下方に傾動しながら装入できる点に特徴がある。このため、ベル式装入にくらべ、炉断面方向で分布が均一化できることと炉中心部までの分布調整が行なえる利点がある。

基本的な装入方式として、①リング装入、②多重リング装入、③スパイラル装入がある。①の方式はムーバブルアーマーを付帯するベル式装入と類似のV、M型分布がつかれる。②の方式は図3のように炉壁部でフラットな台形状を示すV型分布がつかれる。③の方式は旋回シュートの傾動幅のとり方によって②と類似の分布、またはフラ

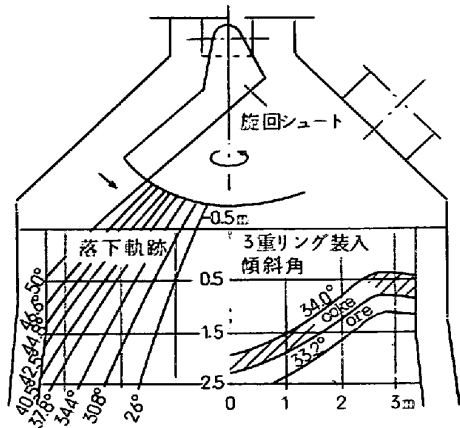


図3. 落下軌跡と3重リング装入の分布形状

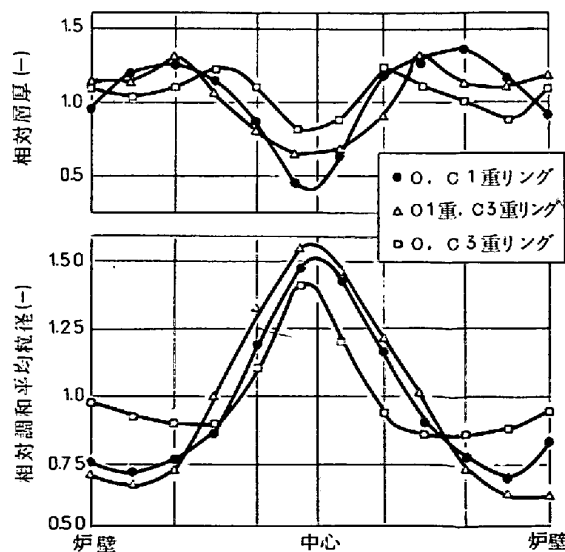


図4. 各装入方式における鉍石層の層厚・粒径分布

ットな形状の分布がつくれる²⁾

これらの分布状況をモデル試験によって調べたが、装入物の堆積は、ベル式装入の場合より装入速度が $1/5 \sim 1/10$ と少ないため、ベル式装入で見られる“押し出し流れ”でなく、“転がり流れ”で生ずる。このため、コークスの巻き込み少なく、傾斜角は高目となる傾向を示す。傾斜角はコークスで $34 \sim 37^\circ$ 、鉬石で $32 \sim 35^\circ$ の値を示す。若干の装入方式について測定した鉬石層の分布状況例を図4に示す。リング数が増すにつれて、炉径方向の層厚分布は均一化し、粒径分布は中心部の粗粒偏析範囲が狭められ炉壁部の細粒集積が分散される傾向を示す。炉周方向の分布状況も回転数を多くとれば極めて均一化される。

したがって、本装置の使用にあたり、ゲイト弁と装入流量、巡回シュート角度と落下軌跡との関係を定量的に把握しておけば、シュート角度と巡回数との組み合わせにより各種の分布パターンが精度よくつくれる。表1に各分布パターンの選定条件と分布状況の概略を示す。ベル式装入に最も近似した分布を形成する装入方法は炉壁への衝突

表1. 分布パターンの選定条件と状況

点と装入レベルが一致する1重リング装入である。

装入物分布とガス流分布の対応関係はベル式装入の場合と基本的な差異はない。したがって、適正なガス流分布を得るべく装入物分布を調整する場合に、炉中心部までの分布調整が可能なベルレス装置のほうが有利と考えられる。

分 布 パ タ ー ン	選定条件	分 布 状 況	分 布 パ タ ー ン	選定条件	分 布 状 況
V形分布	1重リング シュート角度 大	ベル式装入と類似の分布	炉壁側 フラットな V形分布	2重・3重 リング、狭域 スパイラル シュート傾動 幅比較的小	中心部粗粒偏析範囲小 炉壁・中間部の粒径均 一化
M形分布	1重リング シュート角度 小	アーマー作動のベル式 装入と類似の分布	全断面 フラット な分布	全域スパイ ラル シュート傾 動幅全域	粒径・層厚均一化 装入時間が過不足にな ると分布形状不安定
炉壁側 階段状の V形分布	2重リング シュート角度 幅大	中心部粗粒偏析範囲小 中間部に細粒滞留			

(2) 操業への適用

室蘭 $\mathcal{A}$ 1BFにベルレス装入装置を採用し、48年9月に第5次操業を開始した。 $\mathcal{A}$ 1BFは炉内容積 $1,245 \text{ m}^3$ 、炉口径 6.55 m の小型炉である。ベルレス装入装置の使用にあたっては、3の項で述べた中心ガス流指向の適正パターンを保持することを要件として、その時々操業指向に合わせて分布調整を図ることとした。

現在までの分布調整は、現実的操業範囲から大きく逸脱しないという条件下で、炉体熱負荷の低減、通気性の向上を主目的として、まずコークス装入方法を大枠的に動かし、その効果を見極めることに重点を置いた。装入方法としては、鉬石1重リング（シュート角度 50° ）のもとに、①コークス1重リング、②コークス2重リング装入、③コークス3重リング装入、④コークス2分割装入を実施した³⁾

各装入方式における炉頂部の装入物分布状況とガス流分布測定例を図5に示す。いずれも中心流型のガス流分布となっているが、この分布例ではコークスを炉内側に振り込むにつれて炉壁部のガス利用率が向上し、中心部の高温ガス領域が広がる傾向にある。概して、1重リング装入は圧損がやや高い傾向を示すが荷下がりは良く、炉体壁熱負荷の軽減を考慮してコークスの装入角度を選べば長期に安定性の高い炉況が得られる。2重および3重リング装入は、通気性が改善され、かつ炉体壁熱負荷も軽減されるが、コークスを炉内側に振り込みすぎるとガス利用率が悪化するほか、荷下がり不順から炉熱変動を来し、長期的な安定性が失われやすい。また、コークスを2分割し内側から装入する方式も試行したが、この場合には、それと分布状況が相似の3重リング装入の時と同様な炉況が得られた。

採用した装入方式の数例について、 o/c 比、通気抵抗、炉頂ガス利用率（適用期間中の平均値）との対

分布パターン シュート角度 旋回数	コークス1重リング装置 4 2.5° 7回	コークス2重リング 4 6.6°/4 4.8° 4回/3回	コークス3重リング装入 4 4.8°/4 0.5°/3 0.8° 2回/2回/3回	コークス2分割装入 30.8°/26° 44.8°/40.5° 2回/1回 1回/2回
分布形状				
炉頂ガス流分布				
$\Delta P/V_0^{0.84}$, o/c コークス比+重油比	3.23×10^{-3} , 3.87 4.05+6.1 Kg/t-p	3.27×10^{-3} , 3.95 4.04+6.4 Kg/t-p	2.75×10^{-3} , 3.70 4.16+5.4 Kg/t-p	3.48×10^{-3} , 3.88 4.08+5.8 Kg/t-p

図5. 各分布パターンの装入物・ガス流分布状況

• ΔP : 炉頂・羽口間圧損 (Kg/cm²)
 V_0 : ボッシュガス量 (Nm³/min)

応を図6に示す。同じ分布パターンでもシュート角度、回転数が異なると、炉内状況もそれに伴い変化する。概して、コークス2重ないしは3重リング装入でシュートの操作範囲をうまく設定すれば、良好な通気性を維持しながら高いガス利用率を得ることができるようである。

(図中の▲、□印の例)

なお、これらの分布調整は炉頂部のガスゾンデ、連続測温計、炉高方向の風圧計などの検知情報をもとに行なっている。炉頂部のガス流分布は、装入物分布によって大きく左右されるも、炉下部からの送風条件や炉内状況によっても変化するので、これらの条件を十分考慮して装入方式の選択を図らねばならない。

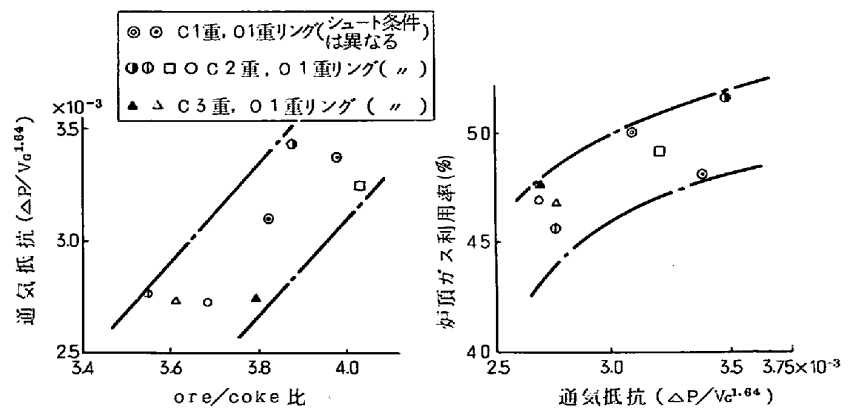


図6. 各種装入方式におけるo/c比、通気抵抗、ガス利用率の関係

6. 結 言

炉頂部の装入物分布は、炉口径の拡大、ore/coke比の上昇による鉱石層厚の増大に伴い、ガス流分布、特に炉中心部のガス流分布に大きな影響を与えるようになった。このため、分布調整装置は中心流型の適正な炉頂ガス流分布を形成するうえで、もはや不可欠なものと判断される。ベルレス装入装置は導入以来日が浅く操業経験も少ないが、炉中心部までの分布調整ができ、かつ制御性もよいことから、アーマーを付帯するベル式装入装置と同等またはそれ以上の操業効果が期待できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 研野：学振54委員会，54委一第1335（昭和49年11月）
- 2) 金山，奥野，磯山，奥山：鉄と鋼，60（1974）60，S359
- 3) 磯村，永井，中川，藤井，草野：鉄と鋼，60（1974）60，S360