試験溶鉱炉第16次操業について(II)

——主として炉頂ガスの連続分析について——

On the 16 th Campaign of Experimental Blast Furnace (II)
——Mainly on Continuous Analysis of Top Gas Composition——

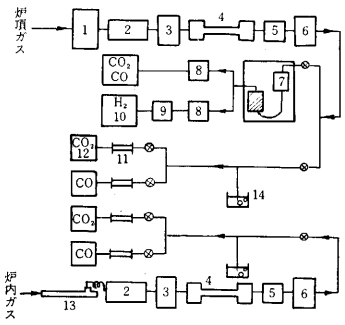
館　充・桑野芳一・山村　武

第16次操業のさい送風限界の調査と並行して，炉頂ガス組成の連続分析ならびに断続分析，炉内ガス試料の分析を行なったので，ここではそれについて述べる．

1. 分析計および付帯装置

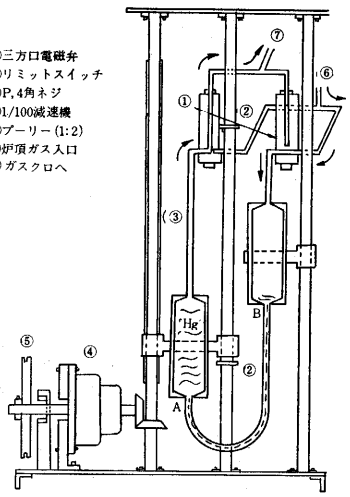
分析計としては赤外線ガス分析計およびガスクロマトグラフを使用した．赤外線ガス分析計は CO, CO_2 用各2台で炉頂および炉内ガスの分析に用いた．ガスクロマトグラフは炉頂ガスの30分ごとの平均試料，および炉内ガスの分析に用い CO, CO_2, H_2 を分析した．ガスクロマトグラフで炉内ガス試料を分析する場合以外は，ガス試料はすべて脱湿，脱塵の前処理を施した．

（1） **前処理装置**　炉頂ガスの連続分析用の前処理装置は，1) サイクロン 2) フィルター 3) 1次脱湿器（熱交換器） 4) コットレル 5) 昇圧ポンプ 6) 2次脱湿器 7) 平均ガス採取装置 8) 自動サンプラー 9) プレカット装置 10) ガスクロマトグラフ 11)流量計 12) 赤外線ガス分析計 13)油圧駆動ゾンデ 14) 定圧槽からなっている．このフローシートを第1図に示す．



第1図　炉頂ガスおよび炉内ガスの分析系統

第1図の前処理装置に炉頂から3.5m離れたアプテークの合流点より3/8″のガスパイプで40ℓ/minの荒ガスを採取した．



第2図　平均ガスサンプリング装置

（2） **平均ガス採取装置およびガスクロマトグラフ**　第2図は炉頂ガス組成を平均化する目的で設計した試料採取装置で，A槽は30分(速度可変）で上下できるよう設計した．A槽内に満たしている水銀は，A槽を上下することにより，A槽からB槽（BからA）に水銀は移動する．この移動量と同量のガスが電磁弁を通ってA槽内に蓄積される．A槽に蓄積されたガスはB槽（A槽が下がる）の水銀によって押し出され，電磁弁を介して自動サンプラーへ送られる．そこで定量（2cc）され，ガスクロマトグラフ（島津 GC-2型に当研究室で改良を加えた自動分析計）で分析した．

（3） **赤外線ガス分析計**　赤外線ガス分析計の原理は周知によりここでは省略する．使用した分析計の仕様は次のとおり．

1) 型式　EIA-1 型（日立—堀場製作所）
2) 測定方式　赤外線ダブルビーム．正フィルター拡散方式，偏位法
3) 測定範囲

	最小スケール範囲	最大スケール範囲
CO	0〜1.0%(Vol %)	0〜40% (Vol %)
CO_2	0〜0.5%(Vol %)	0〜20% (Vol %)

4) 性能

i	感度および再現性	フルスケール±1.0%以下
ii	ノイズレベル	フルスケール ±1.0%以下
iii	零点変化	〃　〃 /24時間
iv	感度 〃	〃　〃　〃
v	応答速度	フルスケール 90% 応答で 40 秒

5) 流量 200〜1000 cc/min（常用 1000 cc/min）

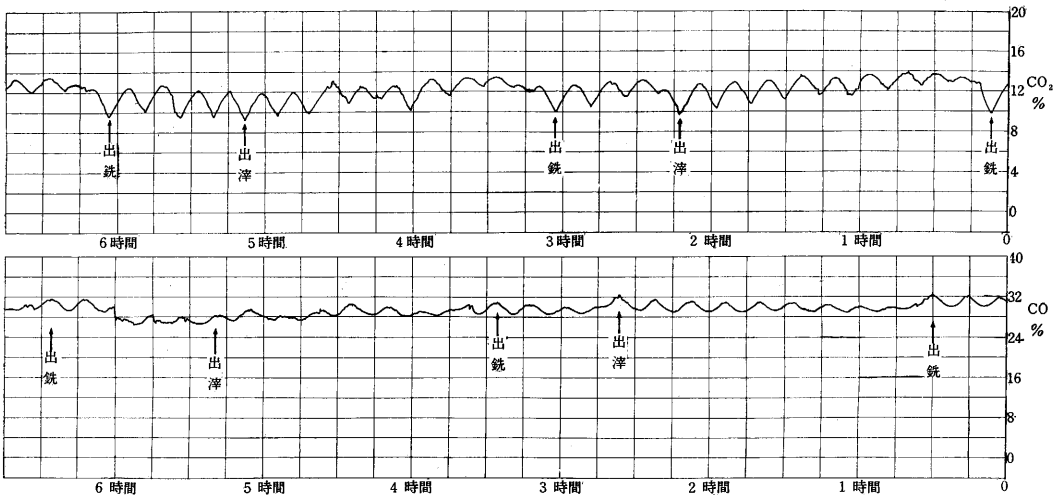
1日1回上記の(3). i), ii), iii), iv), について検定を行なって仕様が満足されていることを確認した．前処理装置は48時間に1回の保守を必要とし，フィルターについては24時間に1回の頻度で取替を要した．

2. 結　果

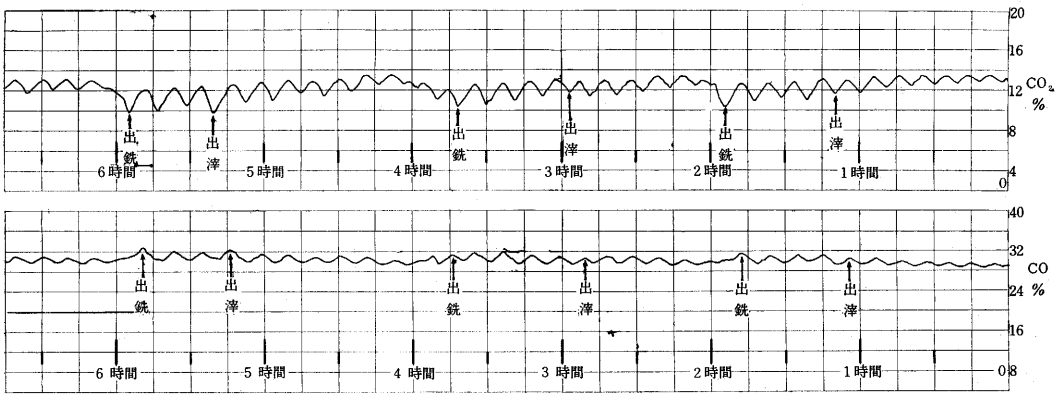
（1） **装入間隔とガス組成の変動（小変動）**　試験高炉における炉頂ガス組成（CO, CO_2）の変動状況を第3図(a, b)に示す．第3図より明らかなように CO_2 含量は装入直後より急激に増加する．その値は最高に達したのち減少しはじめる．そして水準が前回の装入時より若干低い値に達したとき，次の装入がなされる．このよう

に炉頂ガス組成は，装入を1周期として変化することが明らかになった．荷下がり状態が正常なとき脈動（小変動）しつつ，その水準は漸次減少する傾向が認められた．CO 含量はこの現象とはまったく逆の関係にあった．

（2）　1 出銑間隔内のガス組成の変動（大変動）　出銑直後から 3～4 装入について，炉頂ガス組成の小変動

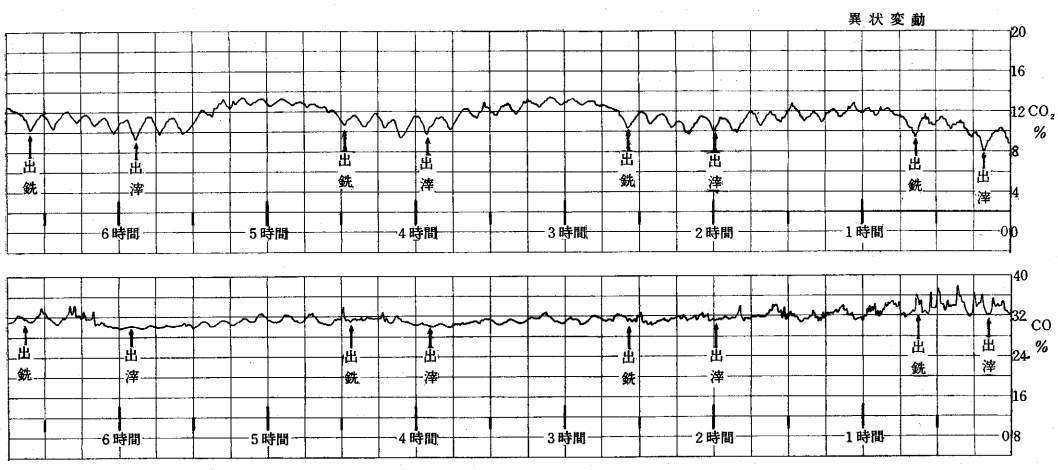


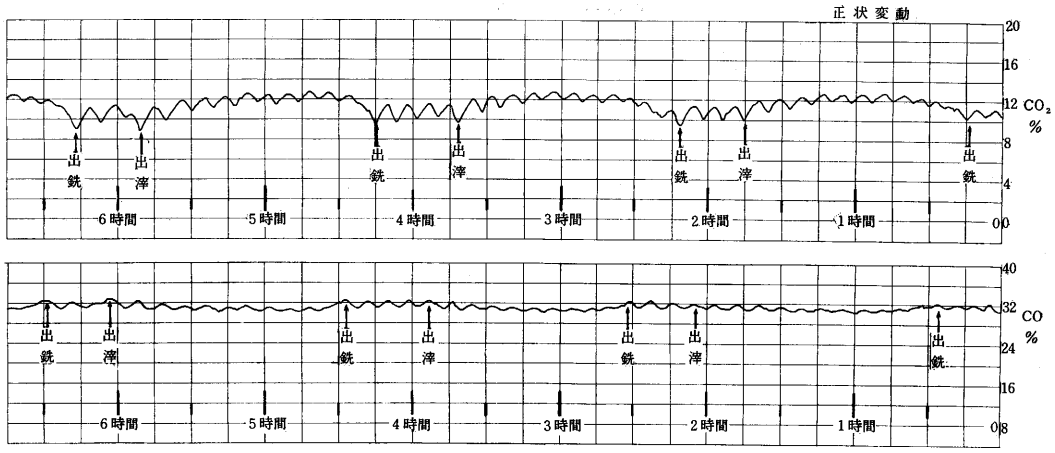
4.0 Nm³/min における操業



5.0 Nm³/min における操業

第 3 図（a）　試験高炉における炉頂ガス組成の変動





6.0 Nm³/min における操業
第3図(b)　炉頂ガス組成の異状変動

の振幅は最小を示し，その水準は期間（出銑から出銑）内で CO_2 含量は最高を指示する．CO 含量は最低を現わす．その後小変動の振幅は漸次増大するが水準は低下（CO は増大）する．出滓直前で最大振幅を現わし，その水準はそれまで（出銑から出滓）の最低値を示す．

CO はこの逆の関係にあった．出滓終了後小変動の振幅はやや回復の傾向を示し，水準も高まる．しかし出銑直前の小変動の振幅は1出銑間隔内で最も大きく水準は最低を記録した．このように炉頂ガス組成は出滓，出銑を1周期としても変動することが明らかになった．

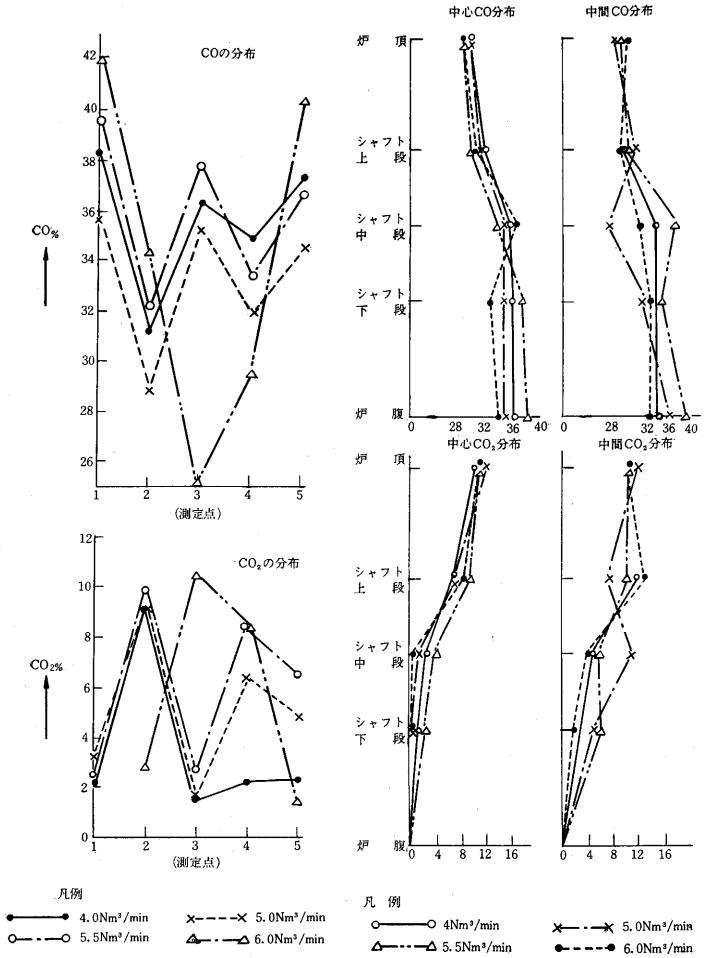
（3）**送風量の増大に伴う炉頂ガス組成の変動**　基準操業から送風量 5.0 Nm³/min（指定値）に増風し，操業速度を高めた場合，平均装入間隔は短くなる．これに伴って小変動の振幅は小さくなり，大変動の振幅も小さくなる．このさい CO% の水準は高く（CO_2 の水準は低く）なる傾向を示した．送風量をさらに増加すれば，この傾向はいっそう強まるが，ときどきガス組成（特に CO）に異状現象（吹抜けによるものとみられる）が現われ CO %の水準は高くなり，逆に CO_2 含量の水準は低下した．このような現象は 5.0 Nm³/min の段階ではまれであったが，増風につれて頻繁に発生した．これらの状態を第3図(b)に示した．

（4）**銑鉄成分と炉頂ガス組成**　装入間隔が 13～14 分で小変動の振幅と大変動の振幅が大きい場合（基準操業）銑鉄成分は高〔Si〕，高〔S〕の傾向を示した．8～10 分の装入間隔で小変動および大変動の振幅が小さいとき炉は順調に操業された．このとき銑鉄成分は変動少なく，目標成分〔Si〕0.7%，〔S〕0.060%以下の範囲であった．装入間隔が7～8分でガス組成（特に CO に顕著）に異状現象を生じた直後の銑鉄成分は，低〔Si〕，高〔S〕であった．異状現象が解消した後しばらく炉況は熱目の傾向を示した．

（5）**炉頂ガス組成の平均値**　炉頂ガス組成は小変動と大変動が重畳され脈動しつつ経過していることは前に述べた．このガス組成変化の状態を知り，炉内の状況を推察する場合有力な方法と考えられる．しかし化学量論的にデータを処理する場合，これらの平均値が要求される．平均ガス採取装置の平均値（24 時間）と赤外線ガス分析計の積分値（24時間の面積より求めた値）とを比較したところ，赤外線ガス分析計の値にたいし CO は −0.4%，CO_2 は +0.05% の値を示した．

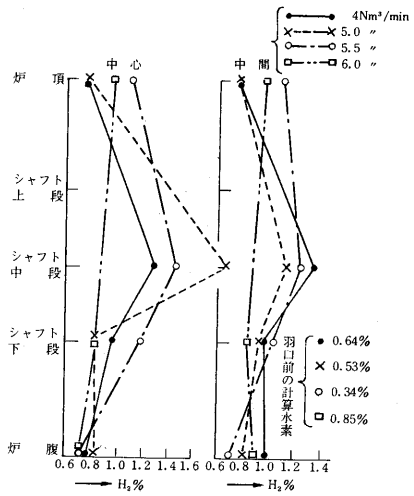
（6）**炉内ガス分布の調査**　円周方向におけるガス分布の調査を炉腹（送風量の影響を受けないレベル）とシャフト中段（装入物の影響を受けないレベル）の3方向について実施し，その分布から代表直径方向を決定しガス分布を求めた．また代表直径方向のガス分布から高さ方向の代表測定位置を知り，ガス分布を求め第4図(a)，(b)，(c) に示した．図 (a) の 1,5 は炉壁部，2,4 は中間部，3 は中心部で各点の CO，CO_2 分布を示したものである．CO が W 型，CO_2 が M 型の典型を示した操業は送風量 5.0 Nm³/min（指定）で，この期間の操業が最も安定していた．図(b)は高さ方向における CO，CO_2 分布を示したもので送風量を増加するにつれて，中心部へのガスのかたよりを示した．これは炉内の温度分布からみてもうなずける．また間接還元はシャフト中段と上段の領域で急激に進行することが明らかとなった．図(c)は高さ方向の水素分布でシャフト下段と中段の間で最大値に達したのち減少することが認められた．

（7）**炉内ガスの連続分析（シャフト上段）**　シャフト上段で油圧駆動ゾンデを用い直径方向の各点（5点）のガスを連続的に抽出し，そのガスを連続分析した．その代表的1例を第5図に示す．図中の No は上段での測



（a）　シャフト中段における直径方向のガス分布

（b）　高さ方向の CO, CO_2 分布

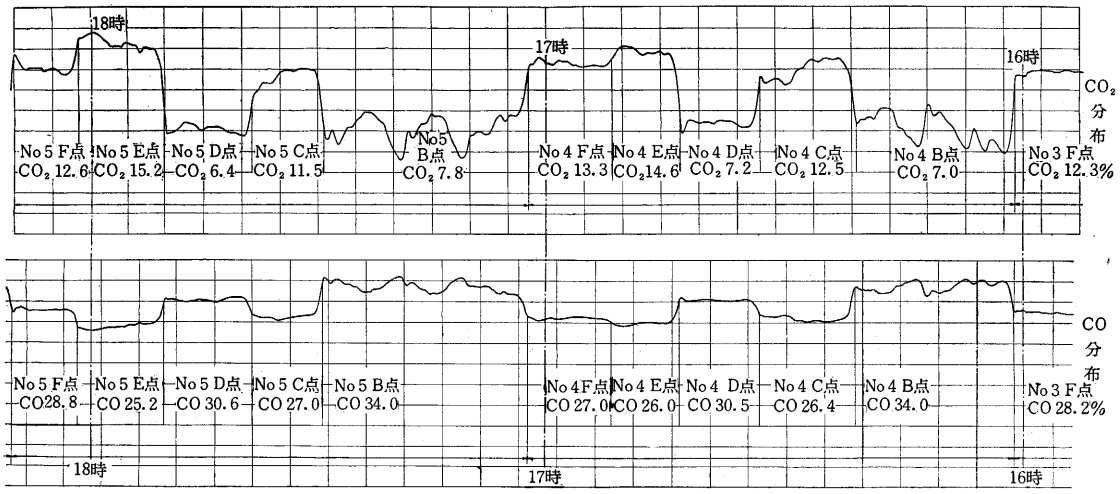


（c）　高さ方向の水素含有量の変化

第 4 図

定回数を現わし．B, F は炉壁部，C, E は中間部，D は中心部を示す．B点で CO 含量が最も高く，ついでD点が高い（CO_2 含量はこれとは逆の傾向を現わした）．ガス組成の動変は B 点が最も顕著で，炉頂ガス組成の小変動と同期していることから，壁ぎわのガス流速が大きく，その点の荷下がりが他の場所よりも活発に進行したことを示している．シャフト上段直径方向のガス分布の平均値と調査期間の炉頂ガス組成の平均値を比較したところ，両者の差は CO, CO_2 いずれも 2％であった．（ただし炉頂ガスの方が CO 低く，CO_2 高い）．

(1965 年 7 月 2 日受理)



第 5 図　シャフト上段における直径方向の CO, CO_2 分布）