

(討3)

和歌山第1高炉での成形コークス使用試験

住友金属 本社

赤松 経一

中央技術研究所

羽田野 道春

和歌山製鉄所

神田 良雄 ○河合 晟

浅路 宏 山下 良一

肥島製鉄所

岡村 祥三

I. 緒言

最近の製鉄用強粘結炭需給悪化対策及び製鉄用コークスの原料炭種拡大のため当社では強粘結炭を使用しない成形コークスを開発中である。

同コークスは既に小倉2BF(内容積1350m³)でβ47年に使用試験を実施し、通常コークスと遜色なく使用し得ることが確認されている。

今回は和歌山1BF(内容積1633m³)において長期多配合試験を実施したので報告する。

II. 使用試験方法

1. 試験操作条件

試験期間中の操作条件は極力変動しないことを原則とし、下記基準を目標とした。

成形、通常コークス共φ25mmのサイズで使用し、羽口前温度は2380℃±50℃となるようにタール吹込量と送風湿分でコントロールした。

2. 成形コークスの性状

通常コークスとの対比を下表に示す。

	灰分 (%)	揮発分 (%)	嵩密度 (g/cm ³)	DI ₁₅ ³⁰	HSI ₆ ⁴⁰⁰	圧裂強度 (kg/cm ²)	反応性 (JIS)
成形コークス	9.2	0.9	0.75	94.7	78	72	23.5
通常コークス	10.5	1.0	0.45	92.5	70	50	27.5

(成形コークス寸法 56X56X41, 重量105g)

成形コークスの強度は高炉下秤実験炉¹⁾でテストを行ない通常コークス(DI₁₅³⁰ = 92.5)と同等なレースウェイ内圧力を示す成形コークス強度を求め、本試験に適用した。

3. 試験操作日程

図1. に示す日程で試験操作を実施した。

各期間での配合upに3日間をかけ、配合変化による炉況への影響を避けた。但し50%以上の配合は成形コークス量及び搬送能力の制約より75%, 100%配合は各々1日となった。

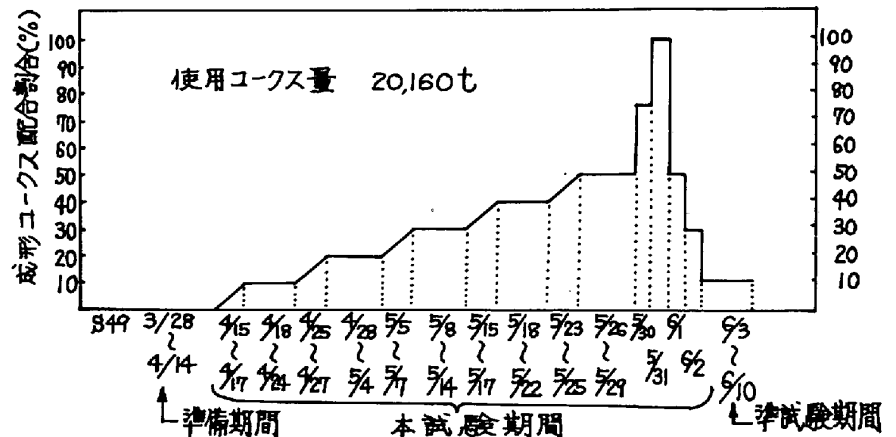


図1. 試験操作日程

Ⅱ. 試験操業結果

試験操業結果を図2.に示す。

成形コークス割合が増加しても炉況上大きな変化はなくほぼ順調な操業を続けることができた。なお、成形コークス75%, 100%使用は前述の如く各1日のため今回の発表から除外したが炉況上は問題なく使用できた。

1. 燃料比及び出鉄量

燃料比は成形コークス使用割合増加に伴い漸増傾向を示し、出鉄量も漸減傾向だった。

2. 送風圧力・炉内圧損

成形コークス配合割合増加に伴い送風圧力は上昇し、炉内圧損も同じ傾向を示すが高さ方向で区別すると、炉下部圧損(ΔP_1)は漸減し、シャフト上中部圧損(ΔP_3)では漸増したのが特徴的だった。

3. 炉況(スリップ回数)

成形コークス配合割合増加に伴い、スリップはわずかながら増加したが平常操業での変動内程度であり問題なかった。

Ⅳ. 考 察

1. 燃料比上昇原因

図2.に示した如く燃料比は成形コークス50%の使用により約15 kg/P-t 上昇したが燃料比悪化は下記理由により説明できる。

- 1) 炉頂ダスト中逃散Cの増加: 約F/R@5kg/P-t
- 2) 炉頂ガス成分CO/CO₂の悪化: 約F/R@10kg/P-t
- 3) 直接還元率の若干低下。

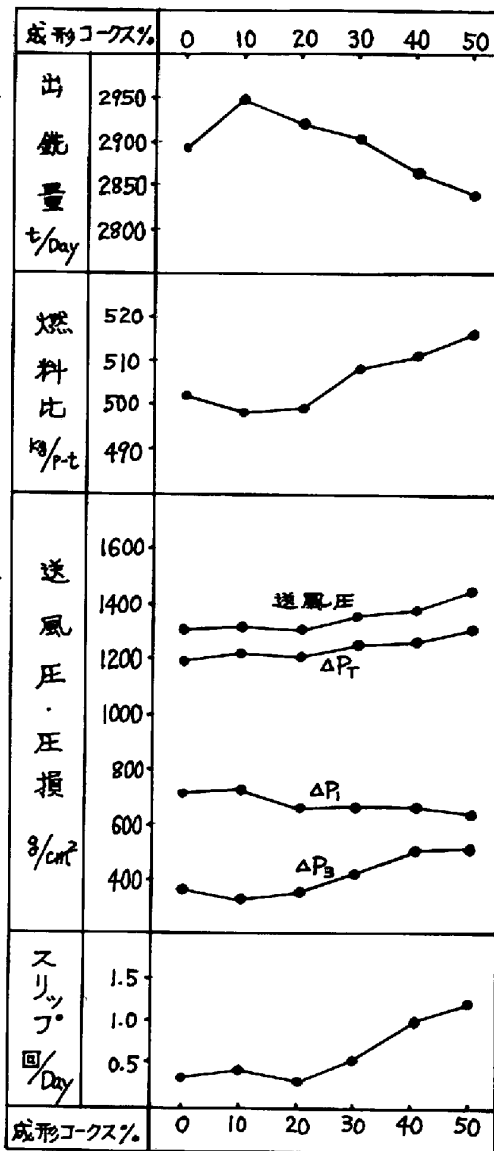
図3.に上記3項を示す。

〈モデルによる解析〉

既述の如く燃料比上昇はCO/CO₂の悪化、直接還元率低下によるが、その原因を追求するため、当社で炸製した高炉熱化学反応モデル²⁾(排ガス、出鉄データを用いた炉内状況推定モデル)により解析を行なった。

図4に示す如く成形コークスの使用比率が増加するにつれて、ガス-固体伝熱効率 α が低下し、成形コークスが通常コークスに比較し伝熱効率が悪いことを示している。

これは成形コークスが通常コークスに比べ嵩密



[注]

送風時間及び
送風量補正

[注]

ΔP_1 = 送風圧 - 炉頂圧
 ΔP_3 = 炉内圧 - 炉頂圧
 炉内圧: シフトCB21段
 ΔP_1 = 送風圧 - 炉内圧
 炉内圧: シフトCB9段

図2. 試験操業結果

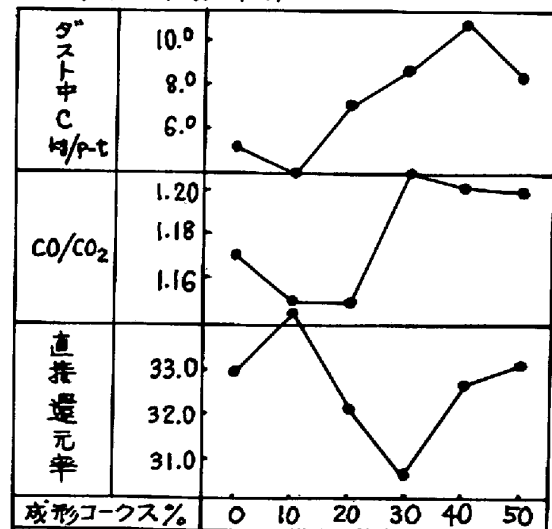


図3. 操業因子の変動

度が高く、かつ比表面積が小さいことに起因するためと推定される。

図5には炉内のヒートパターンの一側を示すが図示する如く成形コークス配合%が増加するにつれて成形コークスの伝熱効率が悪いため、炉下部の高温帯が上昇している。

そのため図6に示す如く炉壁熱損失が増加し炉熱不足を惹起しore/cokeの減少を実施せざるを得なくなり、結果としてCO/CO₂の悪化をまねいたものと考えられる。

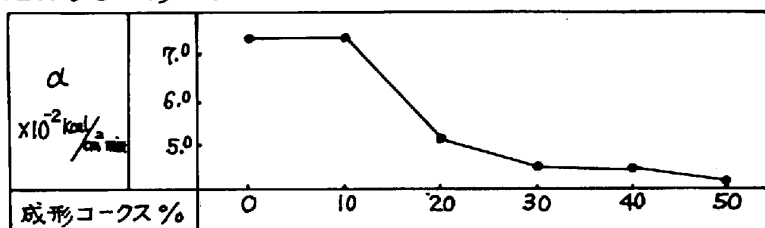
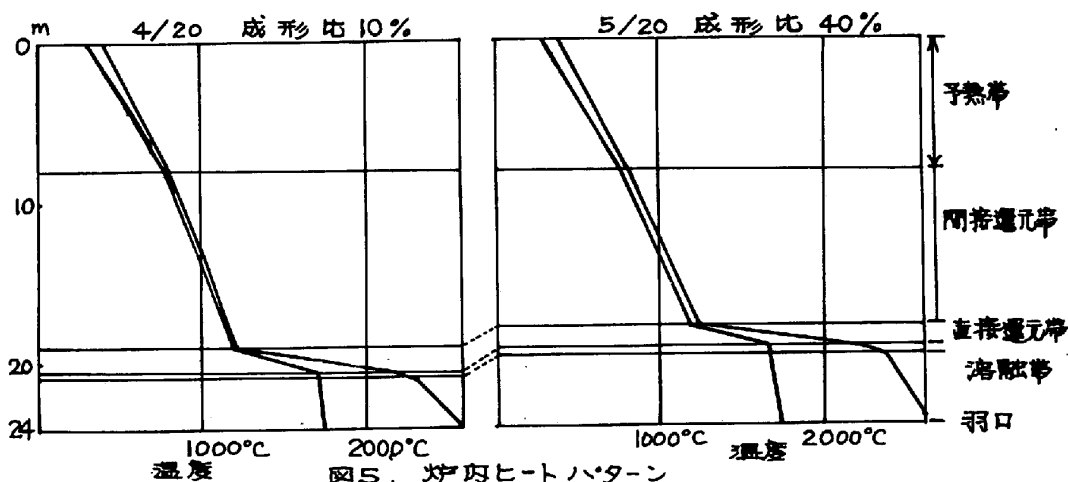


図4. ガス-固体伝熱効率



2. 送風圧・炉内圧損への考察

成形コークス配合割合が上昇するにつれて送風圧及び炉内圧損が増加したことは述べたがその原因は

- 1) 炉内装入層数の増加
- 2) 成形コークス通気抵抗>通常コークス通気抵抗

で説明できる。

しかしながら成形コークスの筒密度が大きいことによる装入物の混合筒密度の増加により、充填層における流動化限界送風量³⁾は増加し送風レベル(限界送風量に対する実績送風量の比)は図7に示す如く大略0.8以下で推移した。

送風レベルと棚りリズリップの間には正の相関がありこの観点にたてば、成形コークスの使用は炉内通気性を悪化させるものの限界送風量を低下させず、送風レベルを高めないことから必ずしも炉況にとって是不利とはならないであろう。

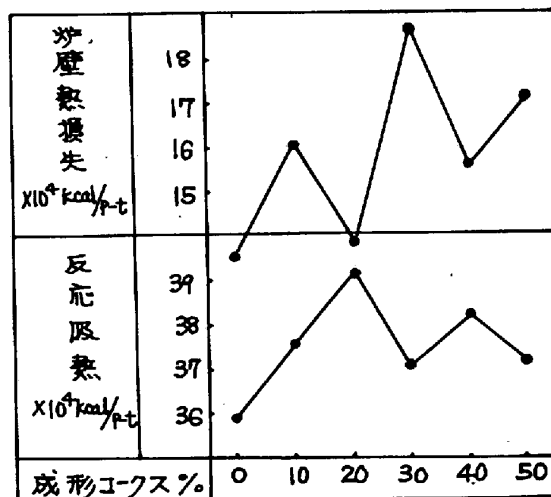


図6. 熱バランス

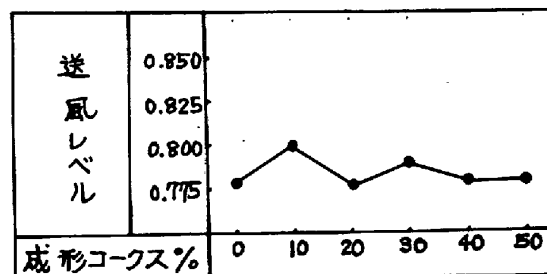


図7. 送風レベル変化

〈モデルによる解析〉

前述の高炉熱化学反応モデルによる解析結果を図8に示す。

図示する如く送風圧は実測と同様成形コークス配合増に伴い計算送風圧も上昇するが、炉下部圧損は実測の低下傾向に対し計算炉下部圧損は漸増傾向を示した。

本件については現在モデルの修正を含め検討中である。

V. 結 言

和歌山第1高炉において強粘結炭をほとんど使用しない成形成コークスを最高100%まで使用し

- 1) 炉況的には大きな変動もなく使用可能だった。
 - 2) 燃料比は漸増したが、モデルによる解析では成形成コークスは通常コークスに比べガス-固体熱伝達効率が悪く、その結果炉壁熱損失が増加し燃料比が上昇したと判断される。
 - 3) 送風圧は成形成コークス使用に伴い増加したが送風レベルはほぼ一定で保たれ、炉況へは必ずしも不利ではないと判断される。
- 一方、炉下部圧損は実測では低下傾向を示したが、モデルによる解析では上昇傾向を示すため、今後モデルの修正、成形成コークスの炉内での物性を含めさらに検討中である。

の結果を得た。

今後はより高炉に適した成形成コークス性状の追求、高操業度高炉での使用試験を実施していきたい。

[参 考]

- 1) 「鉄と鋼」第87回春期講演会
- 2) 排ガスタップデータを用いた炉内熱状態を推定するモデル概要

炉内におけるガス、固体(液)に対する熱収支式を線形化して解けば、次の型の解を得る。

$$\begin{cases} T = f(T_0, t_0, C_g, C_s, u_g, u_s, \Delta H_R, h_w, \alpha; Z) \\ t = g(T_0, t_0, C_g, C_s, u_g, u_s, \Delta H_R, h_w, \alpha; Z) \end{cases}$$

上式を次の様にして解いてガス-固体伝熱係数 α 、炉壁熱損失係数 h_w 等を求める。

u_g, u_s (ガス流量、固体流量)、 ΔH_R (反応熱)は排ガス、タップデータ及び送風データからマスバランスをとり求められる。

一方、ガス、固液の層頂及び炉口レベルでの温度は排ガス、タップデータ及び理論燃焼温度から与えられる。

従って④式は次の様に α, h_w に対する方程式となる。

$$\begin{cases} T_{\text{layer}} = T_t = f(T_0, t_0, \dots, \alpha, h_w, L) \\ t_{\text{layer}} = t_{\text{pig}} = g(T_0, t_0, \dots, \alpha, h_w, L) \end{cases} \longrightarrow \alpha, h_w$$

このようにして求められた α, h_w を④式に代入して高炉高さ方向のガス、固体のヒートパターンが求められ、これから炉壁熱損失量も求められる。

$$\begin{cases} \langle u_g C_g \rangle \frac{dT}{dZ} = \langle A_z \alpha \rangle (T-t) + \langle D_z h_w \rangle (T-t_w) \\ \langle u_s C_s \rangle \frac{dt}{dZ} = \langle A_z \alpha \rangle (T-t) + \langle A_z \sum_i (\Delta H_i R_i) \rangle \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = P_T + Q_T e^{\lambda_1 Z} + R_T e^{\lambda_2 Z} \\ t = P_t + Q_t e^{\lambda_1 Z} + R_t e^{\lambda_2 Z} \end{cases}$$

- 3) 充填層における流動化限界送風量 V_c

$$V_c = a \cdot u_{gc} \cdot S \cdot \frac{T_0}{T_s} \cdot \frac{P_0}{P_s}$$

$$u_{gc} = \left(\frac{S'}{a \cdot K} \right)^{\frac{1}{2-\beta}}$$

$$K = \left(\frac{\Delta P}{\Delta L} \right) / \alpha \cdot u_g^{2-\beta}$$

u_{gc} : 限界見掛けガス流速

a : ガス断面不均一分布

に起因する修正係数

S : シャフト部での炉内断面積

S' : 装入物の混合嵩密度

α : 炉内ガスの粘度・粘性に関する因子

K : 通気抵抗係数

u_g : ガス流速

T_0, P_0 : 標準状態での温度・圧力

T_s, P_s : シャフト部での炉内温度、圧力

$\Delta P / \Delta L$: 炉内での単位高さ当りの圧損

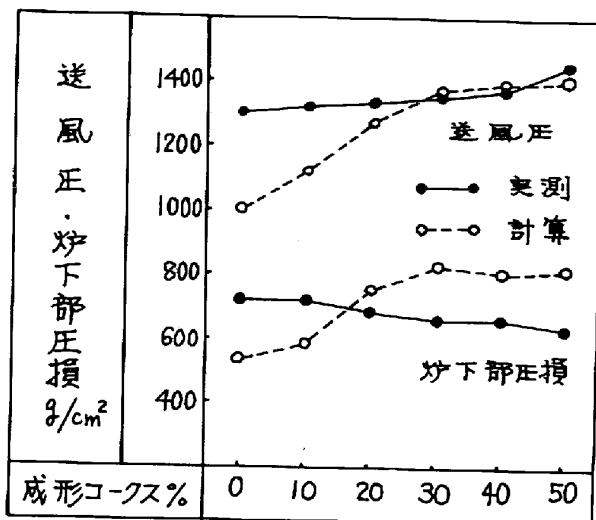


図8. 送風圧及び炉下部圧損