

## 水島1高炉のショートリリーフ稼働

## Short Relief Campaign of Mizushima No. 1 Blast Furnace

川崎製鉄(株) 水島製鉄所 妹尾 義和\*・山崎 信・山本 哲也  
 藤田 昌男・松田 恵嗣・加藤 龍彦  
 鉄鋼研究所 澤 義孝

## 1. 緒言

昭和60年代前半には、鉄鋼業界は未曾有の不況に直面し、製鉄部門においても、高炉設備の統廃合・改修の延期等を行ない、固定費の削減を図った。ところが、昭和63年以降の内需振興による鉄鋼需要の増大に伴ない、一転して高炉は高出鉄比を要求されるようになり現在に至っている。

川崎製鉄では、昭和60年代前半に、高炉の千葉2基、水島3基の体制を確立した。しかし、水島3高炉は、昭和63年6月で炉命10年を越え、炉体鉄皮の亀裂補修の為の臨時休風頻度が増加して、高出鉄比の維持が困難になっていた。その為、高生産が要求される時期の水島3高炉の改修にあたり鉄源不足を補う為、水島1高炉の3次稼働を実施した。又その後、将来の数次に亘る1高炉のショートリリーフ稼働を想定すると、炉底残鉄を有した状態で、シャフト耐火物補修を最小限とした状態での立上げが課題として残されており、その技術を修得する目的で、平成2年11月30日～平成3年2月28日の3ヶ月間4次操業を行った。

## 2. 高炉ショートリリーフ稼働の為に開発の必要な技術

ショートリリーフ稼働の為に開発の必要な技術は、下記のようにまとめられる。水島1高炉(3次・4次)の改修と操業で、これらの技術開発を行った。

## (1) 短期レーティングアップ (3次・4次)

従来、高炉火入れレーティングアップは炉内耐火物の損傷防止及び炉内ガス流分布の適正化を図る為、1～2ヶ月を要していた。今回は、1週間で出鉄比 $2.1\text{t/d}\cdot\text{m}^3$ の立上げを目標とした。

## (2) シャフト no lining立上げ (4次)

通常の改修では、炉体保護の観点から、炉底～炉口までのレンガ積を行っていた。今回、特に4次では炉内耐火物無補修を目標とし、鑄込管露出部のみキャストブル吹付補修を行い、ステーブ熱負荷を監視しながら火入れ立上げを行った。

## (3) 炉底残鉄有りでの立上げ (4次)

今回は、残鉄溶解の熱補償と残鉄熱膨張による炉底鉄皮応力とを調査課題とした。

## (4) 炉内残留物の迅速かき出し (4次)

従来の改修では、発破により炉内残留物を解体したが、炉底カーボンレンガ目地ずれが生じる恐れがある為、4次では羽口部鉄皮を開口し、重機を炉内に導入し迅速かき出しを行った。

## 3. 水島1高炉(3次)改修と操業

## 3. 1. 改修工事

## (1) 改修方針

- (i) 水島1高炉の改修は、水島3高炉改修期間中の短期(6ヶ月)稼働に限定した小規模最経済改修とする。
- (ii) 改修工事内容は、2次仕様に機能回復させるのみとする。

## (2) 改修工事内容

## (i) 炉体

鉄皮は全面再使用とし、ステーブも羽口レベル以上は1系統ずつ洗浄、リークテスト、冷却水流量確認後、再使用とした。炉底側壁部は、冷却能力を上げる為、ステーブを撤去し散水冷却を採用した。

## (ii) 炉体レンガ積み

炉底カーボンレンガ2段を再使用した。この為炉内解体工事中は、炉内での散水を禁止し、炉底カーボンレンガ上での重機の使用等を制限した。

シャフト部では、ステーブ前にはレンガ積みを行わず、ステーブ表面にキャストブルを施工厚70mmで吹き付け施工した。

平成3年12月20日受付 (Received Dec. 20, 1991)

\* Yoshikazu Senoo (Mizushima Works, Kawasaki Steel Corp., 1 Kawasakidori Mizushima Kurashiki 712)

3. 2 火入れ, 立上げ操業

1高炉の稼働目的が、他高炉改修中の鉄源確保であるため、今回の立上げ操業においては急速立上げを最大の課題とした。

非定常Si予測モデル及び炉床での非定常1次元伝熱モデルを用いて、出銑温度、銑中(Si)の推移を予測した。計算は従来の増風・荷増しパターン(Base)と、火入れ初期に低O/Cで増風を優先するパターン(Case1)について比較した。計算結果を図1に示す。水島1高炉に採用したCase1の場合は従来のパターンに比較し、火入れ3日目から出銑量が増加し、銑中Siは4日目までは高いが、その後急速に低下する。

4. 水島1高炉(4次)改修と操業

4. 1. 炉内状況(図2)

3次では、炉底、羽口、ボッシュ、炉口部のレンガを積替、シャフト部には、キャストブル施工を行った。4次ではボッシュ部のステーブ配管露出部に、一部キャストブル施工を行った他は、炉内耐火物の補修は行わなかった。又、炉内残留物は羽口部鉄皮を開口し、バックホーを炉内に入れ片付けた。すなわちシャフト部は、ステーブ本体が露出し、炉底には残銑(約1,200t)が残留した状態で火入れを行った。

4. 2. 火入れ立上げ操業

1BF(3次)で修得した急速立上げ技術をベースとして、残銑が有った場合の溶解過程をシュミレート計算し、コークス比の低下速度を定め、立上げを行った。羽口開孔は、出銑口との連絡を確実にするため、また炉底残銑の急激な膨張を防ぐため、出銑口上部から徐々に行った。(図3)

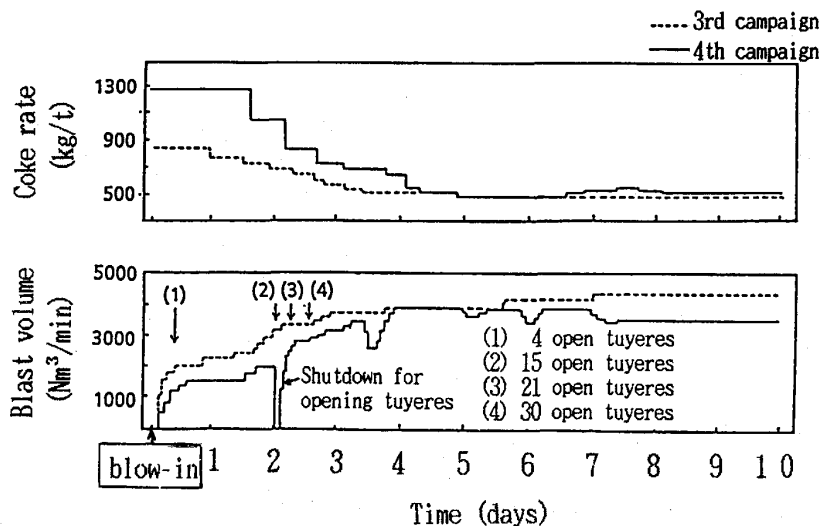


Fig.3 Rapid rating-up operation ( 3rd and 4th campaign )

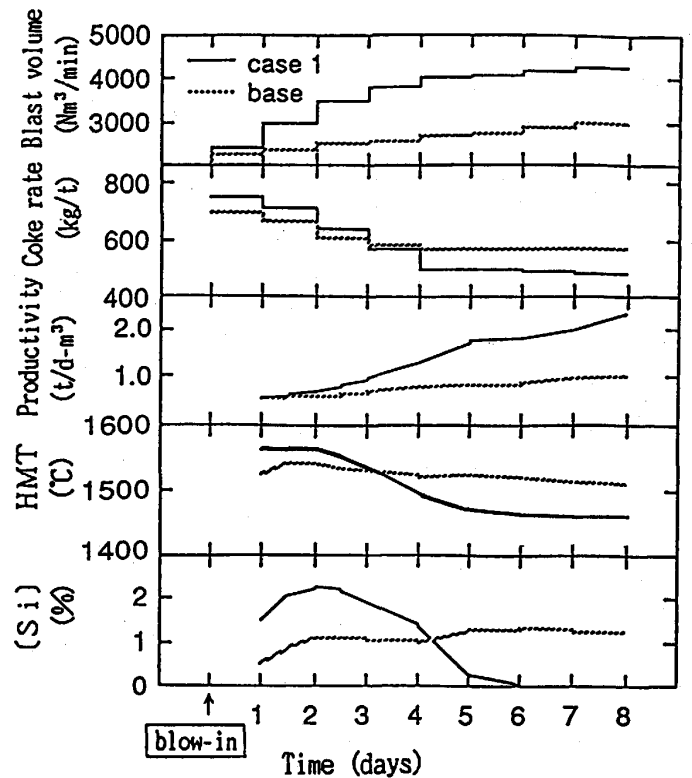


Fig.1 Simulation of a rating-up operation.

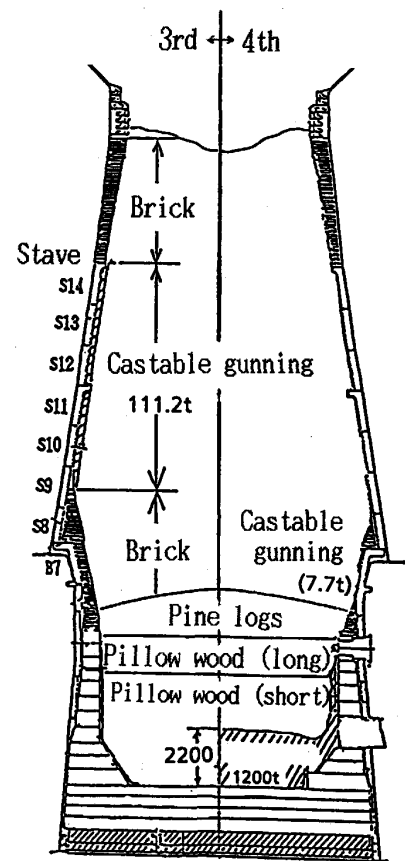


Fig.2 Inside Mizushima No 1 BF ( 3rd and 4th campaign )

4. 3. ショートリリーフの為の技術課題と実績

(1) 炉底残鉄の溶解

溶解のシミュレーション結果では、炉底残鉄は20日間程度で溶解すると推定されたが、炉底温度の動きは、ほぼ計算通りであり、残鉄は、シミュレーションに近い挙動で溶解したと考えている。(図4)

(2) 炉底残鉄とレンガの熱膨張

炉底鉄皮への応力は、図5に示すように1,200kg/cm<sup>2</sup>まで上昇したが、以降は低下傾向となった。この応力は、図中に示した水島4高炉(2次)火入れ時の応力と同等で、炉底カーボンレンガの熱膨張力と考えられ、残鉄の熱膨張力は直接には働かなかったと推定した。これは、羽口を徐々に開孔したこと、残鉄が凝固収縮した際に生じた残鉄とカーボンレンガの隙間が、残鉄の熱膨張を吸収したこと、両者の効果によると考えている。

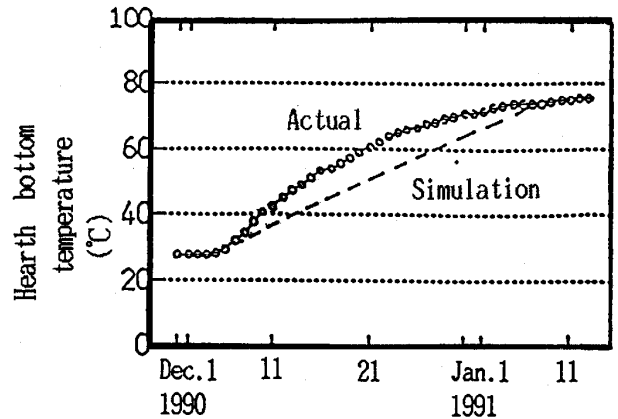


Fig.4 Transition of hearth bottom temperature

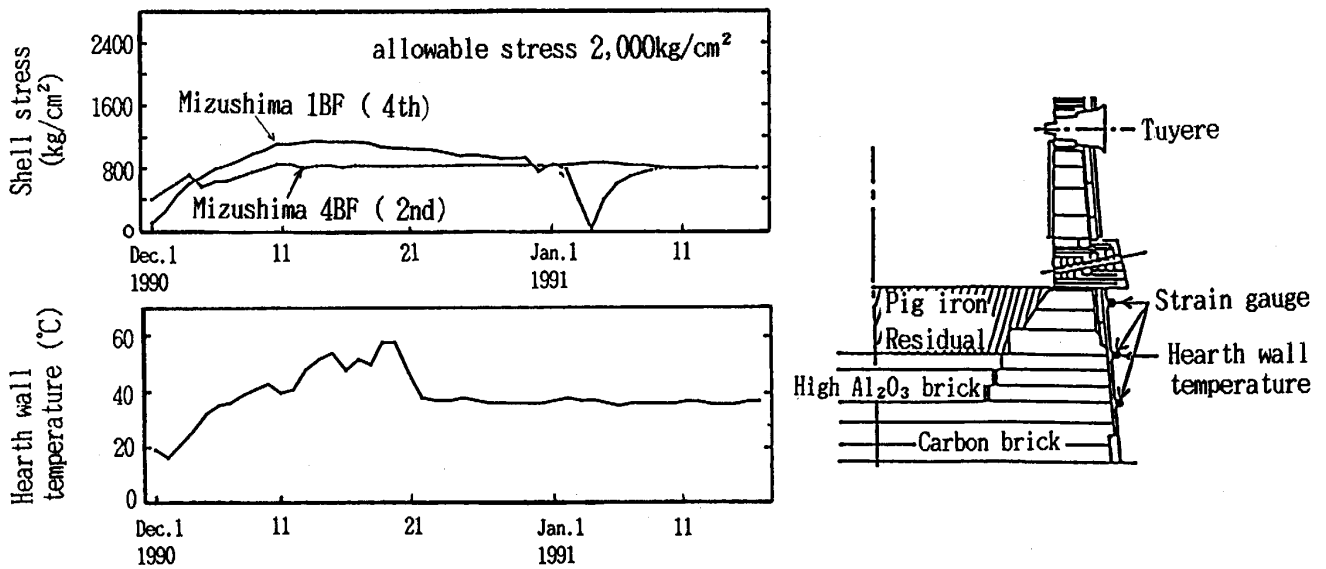


Fig.5 Transition of hearth shell stress and hearth wall brick temperature

(3) ステーブ熱負荷

ステーブへの熱負荷は、火入れ当初1,400万kcal/Hまで上昇したが、ムーブブルーアーマーによる装入物分布制御により、800万kcal/Hレベルにコントロールし(図6)、操業上の問題はなかった。ステーブは4次操業期間で2系統破損したが、いずれも鑄込管露出部で、摩耗による破損と推定しており、シャフトNo lining 立上げは成功したと評価している。

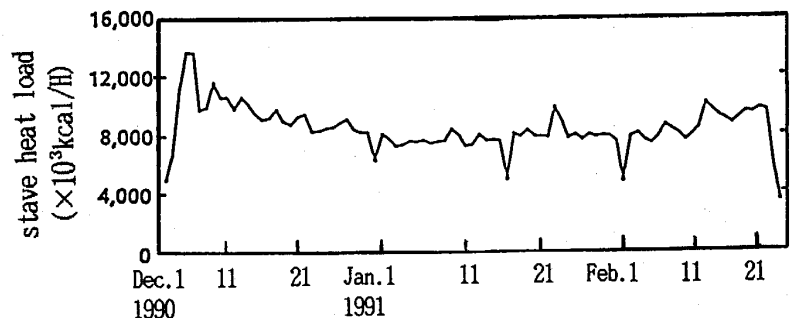


Fig.6 Transition of stave heat load (Dec. '90~Feb. '91)

(4) 迅速空炉吹卸し操業 (図7)

従来の空炉吹卸しでは、吹き抜けを恐れ早期に送風量を低下させていたが、1BFでは下記のガス指数を導入管理することにより、送風量を限界まで増し、吹卸し時間を短縮した。(4次:10時間55分、3次:13時間13分)

$$\text{吹卸しガス指数} = \frac{2\text{CO}_2 + \text{CO} - \text{H}_2}{42/79 \cdot \text{N}_2} \quad ; \quad 1 \text{以下で未反応O}_2 \text{が発生する限界}$$

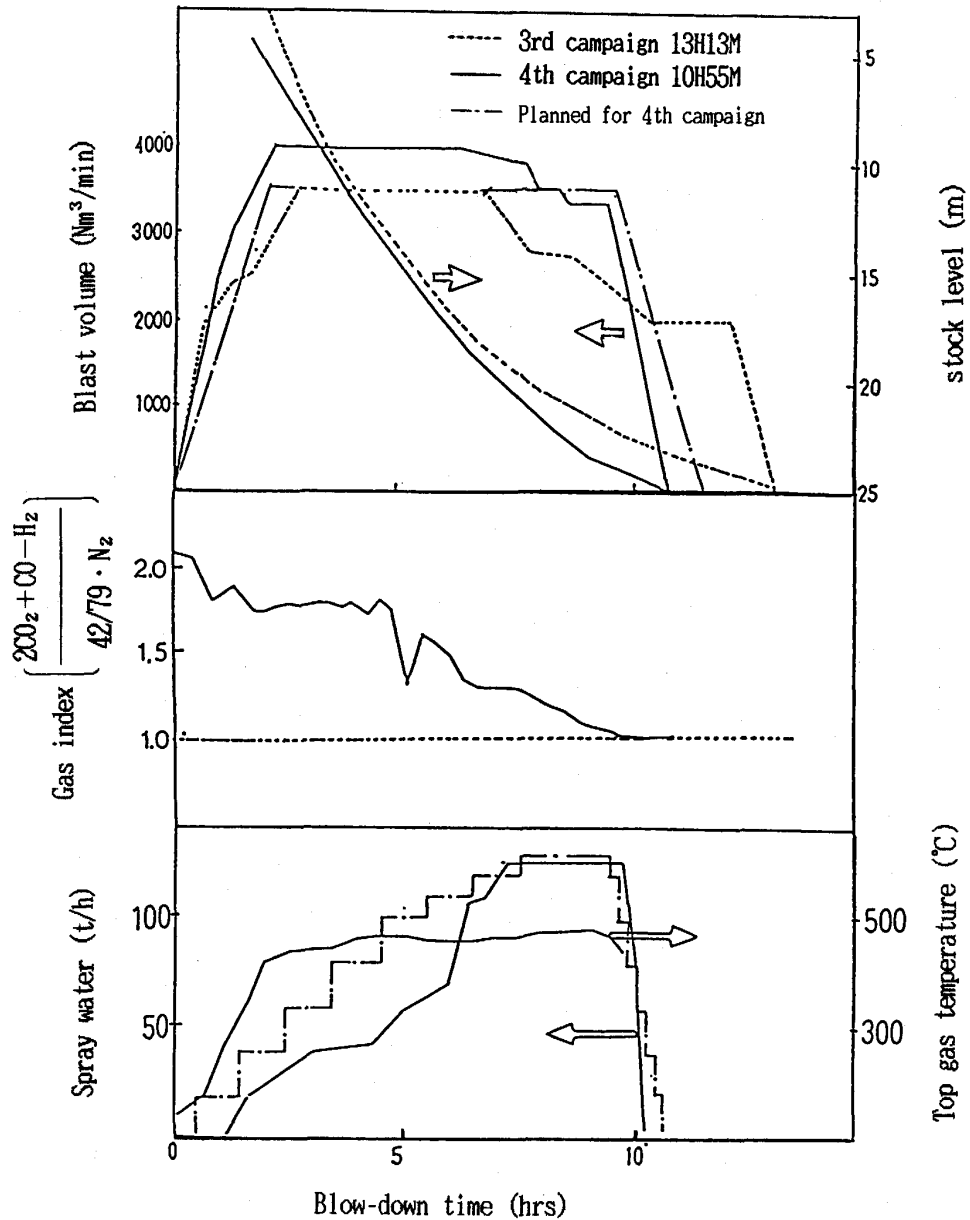


Fig.7 Rapid blow-down operation

5. 結言

水島1高炉は、平成2年1月11日から7月17日の3次操業と、平成2年11月30日から平成3年2月28日の4次操業と、2回のショートリリーフ稼働を行った。3次は、水島3高炉改修時の鉄源不足を補う目的で稼働し、1週間で出銹比2.3 t/d.m³の急速立上げ技術を修得した。4次は、将来の数次に亘るショートリリーフ稼働を想定し、炉底に残銹を有し、シャフト耐火物補修を最小限とした状態での急速立上げ技術の修得を目的として3ヶ月間の操業を行った。

川崎製鉄では水島1高炉の3次・4次の改修・火入れ・吹卸しを実施した結果、将来の高炉のショートリリーフ稼働についての技術的知見を得ることができた。