

## 川鉄千葉5高炉(4次)改修概要

## Short-Term Revamping of Chiba No.5(4th) Blast Furnace

川崎製鉄(株)千葉製鉄所

秋本栄治・小島啓孝\*・金綱照夫  
松本敏行・古谷淳一

## 1. 緒言

5高炉は昭和55年10月5日の3次火入れ以来10年11ヶ月の操業を行った。累計出鉄量は1,525万t、平均燃料費518kg/t-pigであった。平成3年9月12日に吹卸し、第4次改修を実施した。千葉は現在5、6高炉の2基稼働体制であり、5高炉の改修期間中の生産ダウンと1基稼働リスクを最小限にする為、今回の改修は工期の最短が重要な課題であった。改修方針としては劣化更新主体であり炉体鉄皮の部分更新、ステープ及び耐火物の更新、鑄床の床改造等が主な工事であった。ここに改修の概要と短期改修技術について報告する。

## 2 5高炉(3次)操業における炉体設備劣化状況

5高炉は昭和63年(1988年)より鉄皮に亀裂が生じ始め、吹卸しを実施するまでの亀裂の累積長さは36.2mであった。鉄皮亀裂の履歴をFig.1に示す。亀裂は主にシャフト下部に水平に入っており、ステープ破損部位と一致していた。ステープの破損履歴をFig.2に示す。

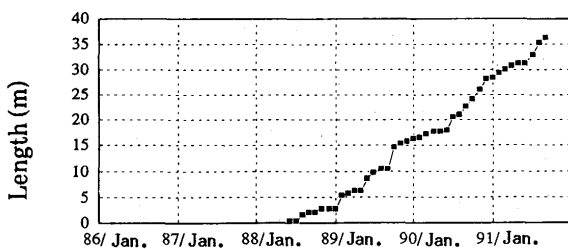


Fig. 1. Crack of BF Shell.

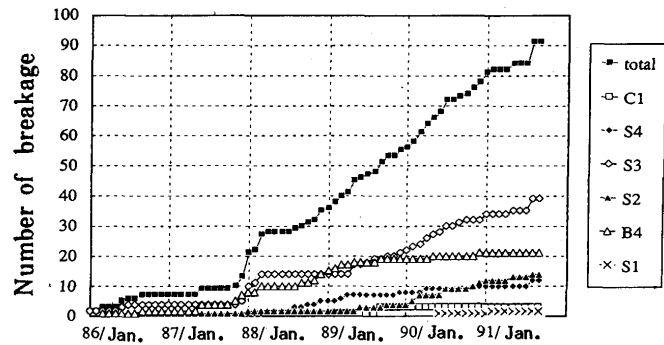


Fig. 2. Pipe breakage of stove coolers.

## 3. 改修概要

## 3.1 主要設備概要

改修前後の主要設備仕様をTable 1に、炉体構造をFig.3に示す。

Table 1. Specification of Chiba No.5 Blast Furnace.

|                             | 3rd                     | 4th                     |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Blast furnace</b>        |                         |                         |
| Inner volume m <sup>3</sup> | 2584                    | 2584                    |
| No. of tuyeres              | 30                      | 30                      |
| No. of tap holes            | 2                       | 2                       |
| <b>Cooling system</b>       |                         |                         |
| Upper shaft                 | —                       | Stave cooling           |
| Shaft, belly, bosh          | Stave cooling           | Stave cooling           |
| Tuyere area                 | Water spray             | Water spray             |
| Hearth mantle               | Water spray             | Water spray             |
| Bottom                      | Cooling pipe            | Cooling pipe            |
| <b>Charging</b>             |                         |                         |
| Top charging system         | 3 bells + movable armor | 3 bells + movable armor |
| Furnace top pressure        | Max. 0.196 M Pa         | Max. 0.196 M Pa         |

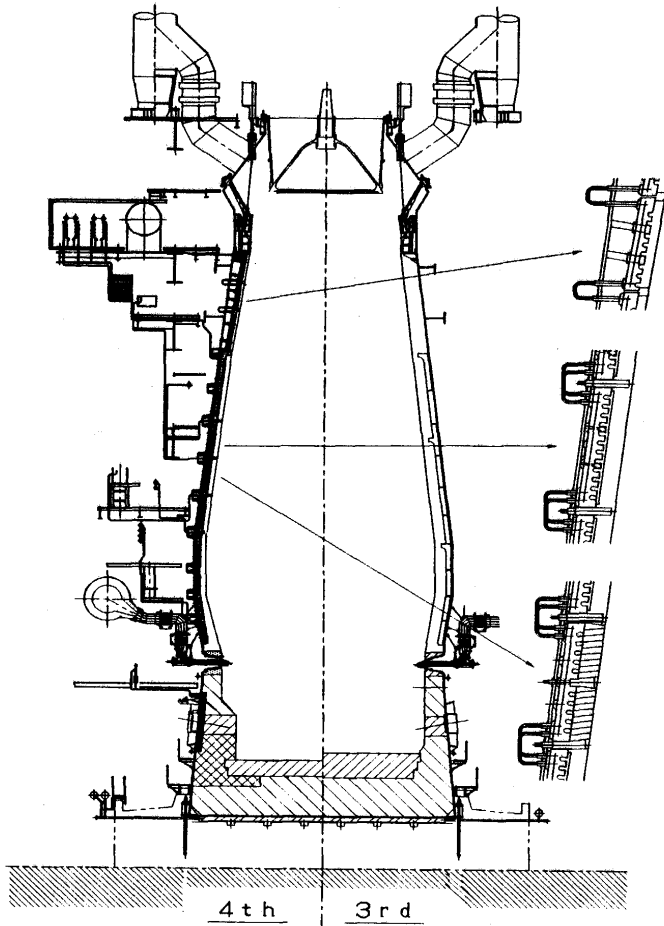


Fig. 3. Comparison of furnace body and refractories between 3rd and 4th Chiba No. 5BF.

### 3.2 主要設備の特徴と改修内容

今回の改修は劣化更新が基本的な方針であり、出鉄能力および設備機能は現状維持で、経済性と短工期を追求した改修を実施した。以下に主要設備の改修内容を述べる。

#### (1) 炉体および冷却設備

吹卸し原因となった鉄皮、ステープ損傷部の取替を実施するのに併せて炉体の健全化を狙った。

- ① 炉体鉄皮はベリーからシャフト中部まで高さ10mを取替した。
- ② 炉口鉱石受け金物(固定アーマ)は再使用し、摩耗部に取替式プロテクタを設置した。
- ③ ステープは一部再使用(B1)を含め、出鉄口、ボッシュ〜シャフト上部まで設置した。
- ④ 炉壁耐火物の支持機能向上を狙って銅製冷却盤を4段配置した。

- ⑤ 炉体耐火物は一式交換したが、炉底は溶銑環状流を防止するためディスク深さを大きくした。
- ⑥ 炉底ガス漏れを防止するため底板を更新し、溶接構造を強化した。
- ⑦ ステープの冷却水を環水から純水強制循環クローズドシステムに変更、熱交換器を新設した。
- ⑧ 炉底鉄皮の散水冷却は海水から環水に変更した。

#### (2) 炉頂装入装置

建設時からの3ベル方式で旋回シュート、ベル吊りロッド、小ベル下部、小ベルカップは更新したが、それ以外は工場オーバーホールを行い再使用した。

#### (3) 鑄床

鑄床のコンクリート構造物の劣化が著しく進行していたので、出鉄樋からコンクリートへの熱負荷軽減と荷重低減を図るためコンクリートの一部を鉄骨に替える改造とコンクリートの劣化部復元補修を行った。

## 4. 短期改修のための適用技術

### 4.1 短期改修総合エンジニアリング

短期改修の完遂にはFig.4に示すとおり、工事工法を早期に計画し、必要工事量を積み上げて工期を決定する。さらに設備設計へそれらをフィードバックさせることが重要である。また、吹卸し前に工事を出来る限り先行施工し、本工事期間中の工事量を削減することも必要である。今回の改修では工事工法として、多段ラップ工法、リフトアップ工法、プレファブ工法等を採用し、さらに後述する新技術を取り入れた。

### 4.2 炉体冷却設備の据付および炉壁レンガ積

短期改修工事達成には、本工事における現地工事量削減が大きなポイントである。今回の改修での炉体冷却設備の据付および炉壁レンガ積に関する採用技術を以下に述べる。

#### 4.2.1 炉体冷却設備の据付

炉体鉄皮、ステープおよび冷却盤の製作・据付精度向上を図った。製作精度を向上させることは、現地の組立据付作業における寸法調整作業と手直し工事を無くし工事量を減らすことになる。この方法により、ステープ1段当たり12時間の短縮、ステープ据付工程全体では5日間の工程短縮の成果を上げた。

#### 4.2.2 炉壁レンガ積

炉壁における問題として、シャフト上部から炉口部の炉壁ではオールコークス操業で熱負荷が増大し、炉壁レンガの損耗が増し、炉況に悪影響を及ぼしている。一方、シャフト下部では炉壁レンガの早期脱落があり、ステープの破損が発生し鉄皮の赤熱や亀裂が発生していたのが過去の状況である。これらの問題に対して炉壁レンガの支持構造を強化し、炉内プロフィールの長期安定維持を図るとともに、工程短縮を図る目的で以下の技術を採用した。

##### (1) シャフト上部構造

炉内面側に、工場にてキャストブルを施工したステープを設置し、現地におけるシャフト上部のレンガ積工事を不要とした。シャフト上部からの熱損失を少なくするため、断熱効果を考慮し、この部位のキャストブルは150mm厚さとした。

##### (2) シャフトレンガ積構造

ステープと4段に配置した銅製冷却盤の併用によりレンガの支持機能を向上させ、SiC質レンガ1層積構造を計画し、シャフト部に採用した。この

技術により、レンガ積工事量を減らし、3日間の工期を短縮した。

ステープは冷却強化型とし、鑄物の強度低下と損耗および亀裂防止を図り、長寿命化を狙った。炉壁構造と冷却効果から操業中におけるレンガ損耗速度を遅くすることにより、長期炉壁プロフィールの安定維持を図った。

##### (3) NCD (New Cooling Device) の採用

炉体冷却の強化および炉壁レンガの支持機能を強化することにより炉壁の長寿命化を図り、さらに据付工期の短縮を目的として、炉体冷却設備と炉壁レンガを一体化したNCDを開発し、実炉テストを実施した。据付工事の実績では、従来のステープ据付工程と同程度で施工でき、今後の改修工事における、現地でのシャフトレンガ積施工を無くす技術を進展させることが出来た。NCDの特徴としては次の2点を上げることが出来る。

- ステープ、銅製冷却盤および炉壁レンガを工場ですみ立て、一体構造で炉体鉄皮に据付る。
- ステープ鑄込管のコーティング材を改良し、伝熱特性を従来の4~5倍に向上させる。

Fig.3に炉壁構造断面図を示す。

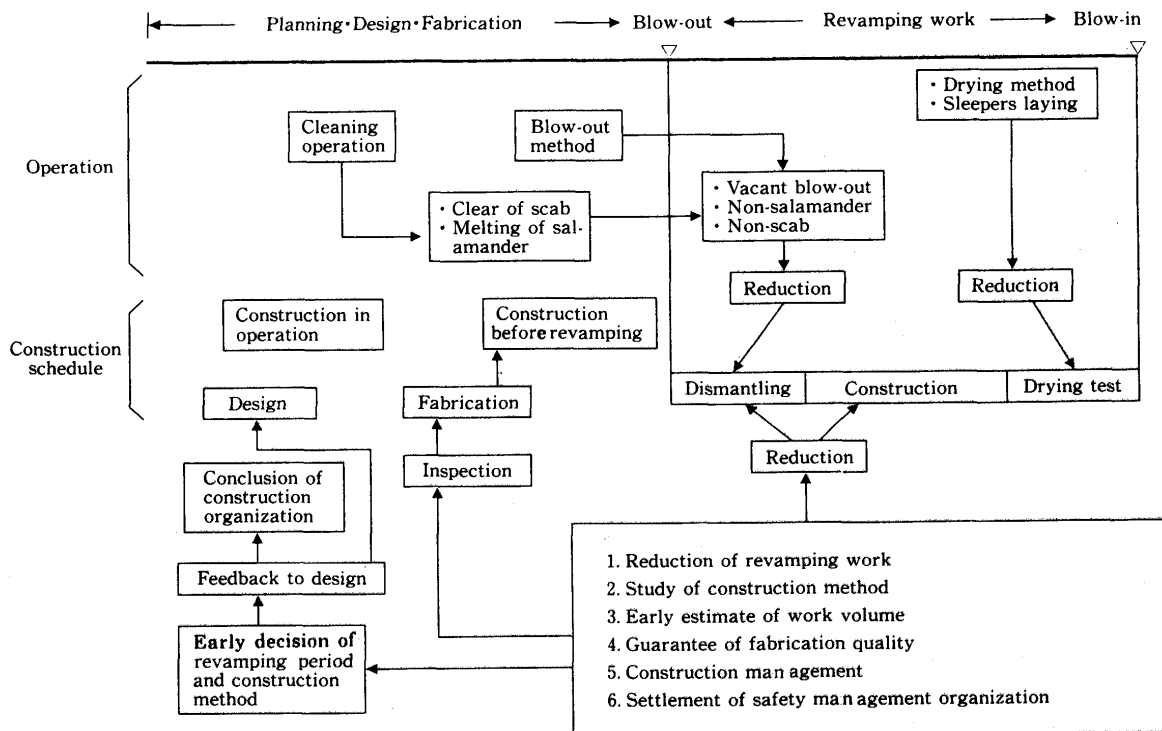


Fig. 4. Total engineering for short term revamping.

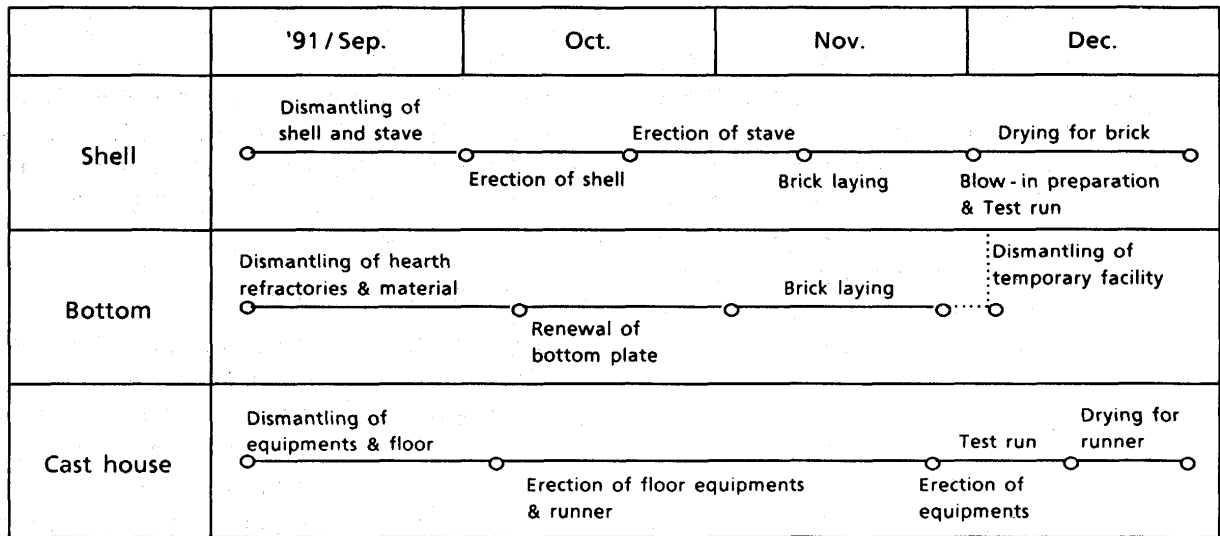


Fig. 6. Work Period. (98 days)

### 4.3 多段ラップ工法

Fig.7に示すように、下部、上部安全天井および炉口開閉扉を設置することにより、上下4段ラップ工法を可能とした。主な工事を次に示す。

- (1) 炉頂装入装置の据付
- (2) 炉頂～シャフト上部鉄皮内工事(ウェアリング金物取付, シャフトレンガ積み等)
- (3) シャフト鉄皮内工事(ステーブ, レンガ積み等)
- (4) 炉底鉄皮内工事(炉底レンガ積み等)

さらに、工所用設備は軽量化, 移設使用, および多機能化によって、工程短縮に寄与した。

### 4.4 流用鉄皮リフトアップ工法

Fig.7に示すように、炉体鉄皮の更新範囲はベリーからシャフト中段までの高さ10mであった。この部位の鉄皮を解体し新鉄皮を据付けろが、この工事期間は、シャフト上部と炉頂鉄皮を支持しておく必要がある。Fig.7に鉄皮の支持状態を示す。5高炉(3次)の鉄皮は、Fig.7に示すようにシャフト上部に6ケのブラケットがある。今回はこのブラケットを利用して、油圧ジャッキにより約800Tonの鉄皮をジャッキアップした。前述したように吹卸前の鉄皮は、亀裂が多数あったため、トップリングの水平度を測定したところ、12mmの傾斜があることが判明した。このトップリングの水平度を修正する時も、6ケ所の油圧ジャッキを使用し水平度を復元することが出来た。

以上、述べた工法以外にも工程短縮のために、鉄皮の縦自動溶接および鉄皮無補強工法等の採用を図りFig.6に示すように計画通りの短期改修を実現した。

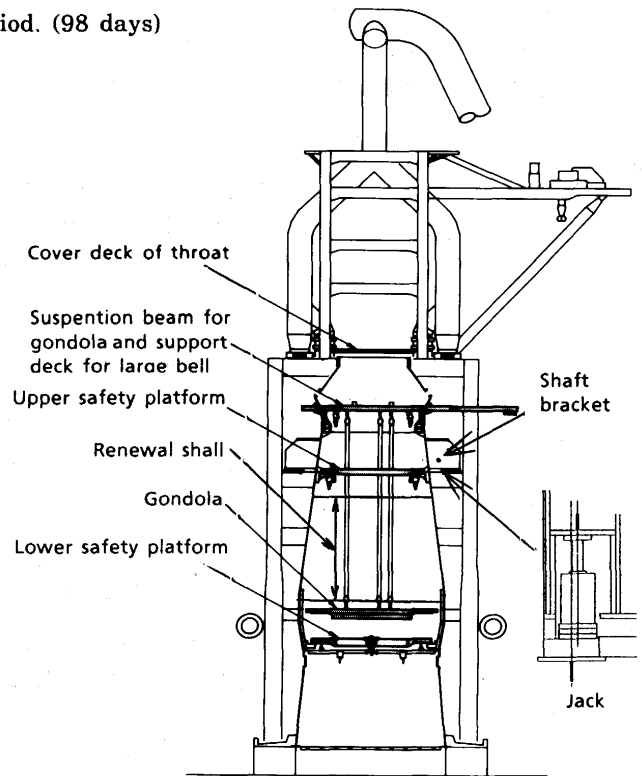


Fig. 7. Simultaneous construction.

## 5. 結言

5高炉は、平成3年12月20日に4次操業の火入れを行い、早期安定立上げをすることが出来た。

その後も、設備トラブルもなく順調に操業している。今回の改修が、完全無災害で計画通り竣工したのは総合的、且つ、綿密な計画に加え、新技術を多く採用した結果と考える。

環境の変化が著しい昨今、そのニーズに応え、高炉改修技術を発展させるために、今後ともその基本から見直し、開発を進めたい。