

# JFE スチール西日本製鉄所（福山地区）における製鋼工場の一貫生産能力向上対策

## Improvement in Production Capacity at Steelmaking Plant in West Japan Works (Fukuyama), JFE Steel

井上 周大 INOUE Shuta JFE スチール 西日本製鉄所（福山地区）製鋼部製鋼技術室 主任部員（係長）  
加茂 百紀 KAMO Momoki JFE スチール 西日本製鉄所（福山地区）製鋼部製鋼技術室長（部長）  
錦織 正規 NISHIKORI Masanori JFE スチール 東日本製鉄所（千葉地区）製鋼部長（理事）

### 要旨

JFE スチール西日本製鉄所（福山地区）では、生産性向上、自動車向けを中心とした高級鋼拡販、品質造り込み能力向上およびコスト削減を図ってきた。その施策として、第 3 製鋼工場に単ストランド連続铸造機である第 7 スラブ連続铸造機および新転炉の建設、ヒートサイズ拡大に取り組んだ。その結果、第 7 スラブ連続铸造機は当初の計画であった 200 kt/month を上回る 241.8 kt/month の生産量新記録を達成し、精錬工程では転炉 1 基を新設するとともに、ヒートサイズを 348 t/チャージに拡大することで生産性が向上した。また、新転炉型予備処理プロセスである Double-slag Refining Process (DRP<sup>®</sup>) を行うことで、品質造り込み能力向上及びコスト削減を図っている。これらの建設の結果、一貫生産能力が向上し、2015 年 3 月の生産量は 636.9 kt/month に達し、第 3 製鋼工場の生産量新記録を達成した。

### Abstract:

In JFE Steel West Japan Works (Fukuyama), various technological developments have been accomplished aiming for improvement in productivity, sales expansion of high quality steel sheet for automobiles, slab quality improvement, and cost reduction. To achieve these target, No. 7 continuous slab caster (CC) and a new converter were built, and heat size of No. 3 Steelmaking Plant has been increased. No. 7 CC has exceeded planned productivity of 200 kt/month. In refining process, by constructing a new converter and increasing heat size to 348 t/charge, productivity has been increased. In addition, by performing dephosphorization pretreatment with converter, called Double-slag Refining Process (DRP<sup>®</sup>), cost and slab quality have been improved. As a result of these developments, the amount of production at No. 3 Steelmaking Plant increased to record 636.9 kt/month in March 2015.

## 1. はじめに

JFE スチール西日本製鉄所（福山地区）では、自動車向けを中心とした高級鋼拡販、生産性向上のため、第 3 製鋼工場（3 製鋼）に第 7 スラブ連続铸造機（No. 7 continuous slab caster, 7CC）を 2010 年 4 月に新設した<sup>1)</sup>。また、精錬工程では、生産性向上のためにヒートサイズを拡大し、3 製鋼の転炉出鋼能力向上及び転炉型予備処理による品質造り込み能力向上及びコスト削減を目的に 2015 年 1 月に転炉を 1 基新設し、新転炉型予備処理プロセスである Double-slag Refining Process (DRP<sup>®</sup>) を行っている。

上記設備は稼動以来順調に操業中である。本論文では、上記建設工事を中心に 3 製鋼の一貫生産能力向上施策について報告する。

## 2. 福山地区銑鋼マテリアルフロー

図 1 に 7CC、新転炉稼動後の福山地区の製造フロー図を示す。7CC 稼動前は 3 製鋼では転炉 2 基に対して 2 ストランドスラブ連続铸造機である第 5 スラブ連続铸造機（No. 5 continuous slab caster, 5CC）、4 ストランドのブルーム連続铸造機（BLCC）の 2 基の連続铸造機が稼動していた。そのため、3 製鋼の粗鋼生産能力のネック工程は、連铸工程であった。それを解消するため、7CC の建設を行った。7CC 稼動後は転炉 2 基に対して連続铸造機が 3 基稼動となり、連続铸造機能力に余力が発生した。そのため、3 製鋼の生産量増及び転炉型予備処理を実施することを目的に、3 製鋼に転炉を新設した。

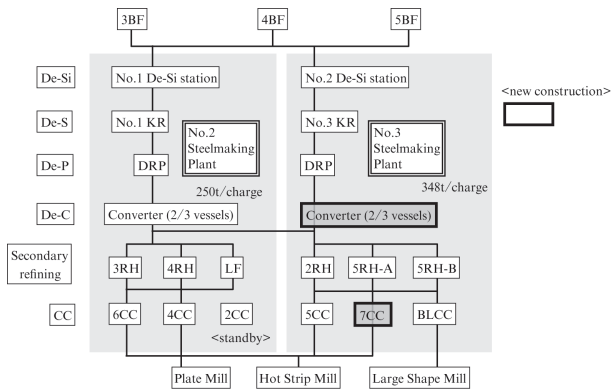


図1 福山地区製造プロセスフロー

Fig. 1 Production flow at Fukuyama District

表1 7CC 主仕様

Table1 Specification of No. 7 continuous slab caster

	7CC	remarks
Type	Vertical bending/ single strand	shared segments and common spare segments with 6CC
Cast grades	sheet	
Slab thickness (mm)	235/260	quick mold thickness change system
Slab width (mm)	750-2100	
Machine length (m)	44.7	
Max. casting speed for low carbon (m/min)	2.6 (235 mm thickness)	
Productivity (kt/month)	200	

### 3. 生産性向上の施策

#### 3.1 連続鋳造工程における生産性向上の施策

##### 3.1.1 第7スラブ連続鋳造機建設

表1に7CCの主仕様を示す。7CCは、福山第6スラブ連続鋳造機（No. 6 continuous slab caster, 6CC）をベースとした垂直曲げ型の単ストランド連続鋳造機である。

計画生産量は200 kt/month、機長は44.7 mで、稼働率向上を目的としてJFEスチールでは初となる浸漬ノズル迅速交換装置を導入した。また、モールド内容鋼流動制御には、自動車材等の品質厳格化に対応するため5CC同様にFlow Control (FC) モールドを採用した<sup>2)</sup>。また、オンライン厚替装置（短辺迅速交換方式）を採用し、スラブ厚235, 260 mmの2サイズを鋳造可能とした。図2に7CC設備レイアウトを、図3に品種構成を示す。

##### 3.1.2 生産能率向上の施策

7CCの稼働後、生産性向上を目的として、非正常部（鋳造開始時、浸漬ノズル交換前後）の高能率化に取り組んだ。

鋳造開始時は、ダミーバー（DB）ヘッドとスラブの離脱トラブルや鋳造初期のモールド（MD）パウダー溶融層厚が

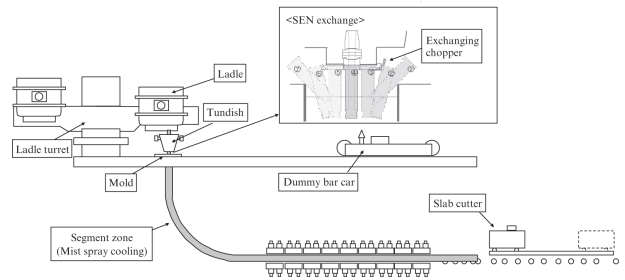


図2 7CC設備レイアウト

Fig. 2 Facility schematics of No. 7 continuous slab caster

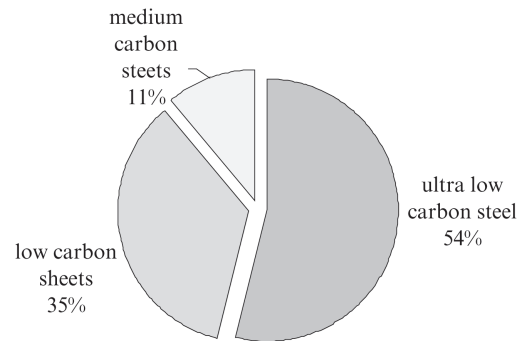


図3 7CCの品種構成（2014年実績）

Fig. 3 Product mix of No. 7 continuous slab caster (2014 FY)

薄くなることによるブレイクアウト（BO）発生のリスクを懸念して、鋳造速度の加速レートがベース連続鋳造機の6CCよりも低く、浸漬ノズル交換時には、ノズル交換所要時間の85%を鋳造速度の変更（降速及び昇速）が占めていたため、鋳造速度の加減速レートアップに取り組んだ。

鋳造開始時の加速レートアップでは、水準1として6CCと同条件、水準2として6CCの1.5倍の加速レートを目標に設定（図4）し、試験を実施した。試験では操業トラブル発生リスク評価のために、①DBヘッドとの接続部のスラブ形状、②鋳造初期のMDパウダー溶融層厚を確認した。また、加速レートアップによる品質影響を、③ボトム近傍スラブの表面性状、④コイル表面の欠陥混入率で評価した。いずれ

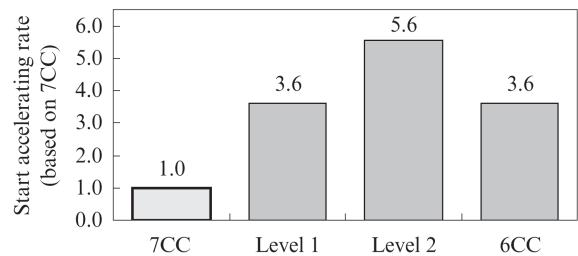


図4 鋳造開始時、ノズル交換時の加減速レート比較

Fig. 4 Comparison of start and submerged entry nozzle exchange accelerating rate

の水準においても従来条件と比較して同等以上の良好な結果が得られたことより、水準2の条件で工程化した。

浸漬ノズル交換前後の加減速レートアップについては、 casting開始時の水準1の条件まで試験・品質影響評価が完了しており、スラブ・コイルの品質向上が確認できたため、工程化している。この結果、ノズル交換の所要時間を従来の半分まで短縮することができた。

### 3.1.3 生産量・能率推移

図5に稼働からの生産能率推移を、図6に生産量推移を示す。生産能率は前述の改善等により建設計画の342 t/h に対して、2015年2月には生産能率が353 t/hの新記録を達成した。その結果、生産量は2010年4月の立ち上げ以降、稼働7ヶ月目（2010年10月）に計画生産量200 kt/monthを達成、その後通年でも200 kt/month超の生産能力となっており、2015年5月には241.8 kt/monthの生産量新記録を達成した。このように、7CCは生産量・生産能率ともに向上し、建設時の計画を大幅に上回った。

## 3.2 精錬工程における生産性向上の施策

### 3.2.1 ヒートサイズ拡大

3製鋼では、図7に示すように2014年にヒートサイズの拡大を実施した。溶鋼鍋の容量は、溶鋼鍋の嵩上げ、クレーン格上げ改造、台車改造により、+17.5 t/チャージ拡大した。

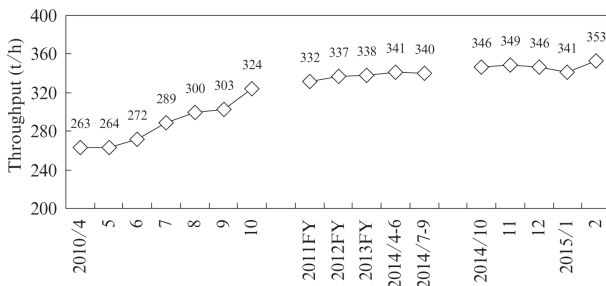


図5 7CC 生産能率推移

Fig. 5 Throughput transition of No. 7 continuous slab caster

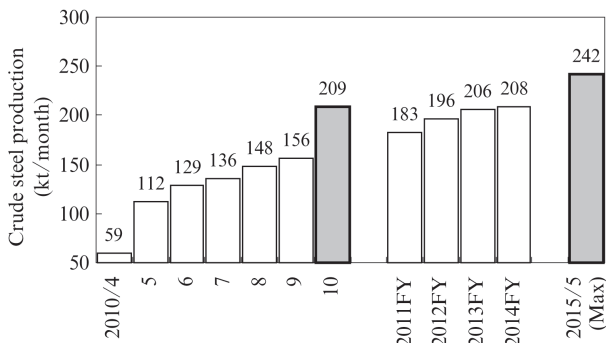


図6 7CC 生産量推移

Fig. 6 Transition of production amount at No. 7 continuous slab caster

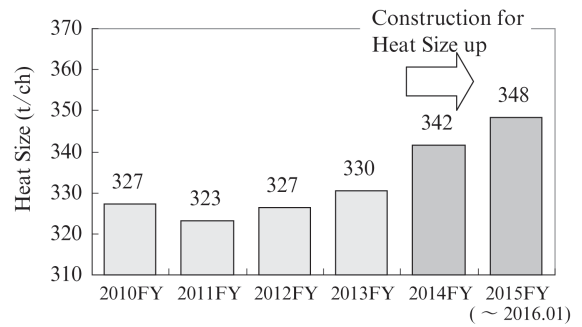


図7 3製鋼ヒートサイズ推移

Fig. 7 Change of heat size

この工事で各種歩留向上対策により、従来330 t/チャージであった3製鋼のヒートサイズは、直近では348 t/チャージまで拡大した。

### 3.2.2 転炉建設

#### 3.2.2.1 新転炉建設の目的

JFE スチールでは溶銑の潜熱を利用し、スクラップを溶解しながらも、脱珪吹錬後に高SiO<sub>2</sub>スラグを系外に排出した後に脱りん吹錬を行うDRP<sup>®</sup>を福山第2製鋼工場において開発し、京浜地区において技術を確立させた。福山地区では、品質造り込み能力向上及びコスト削減を目的にDRPの適用を推進してきた。図8にDRPを含めた転炉プロセス比較を示す。一方、福山地区では、3製鋼への傾斜生産を行っており、3製鋼では従来、生産量を確保するため、転炉2基による脱炭操作を行っていた。今回、3製鋼の生産能力向上及びDRPを行うために3製鋼へ転炉を1基新設した。

#### 3.2.2.2 設備構成

図9に3製鋼工場のレイアウトと転炉と同時に建設した主要設備構成を示す。今回の排ガス処理設備は、既設設備と同等設備であるOxygen Converter Gas Recovery System (OG)法の設備を採用した。また、転炉3基操作の対応としてユーティリティ、水処理設備の増強を行うと共に、スクラップクレーン、副集塵機も新たに設置した。

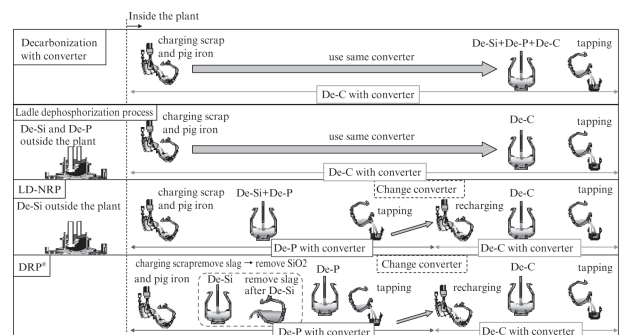


図8 転炉プロセス比較

Fig. 8 Types of converter process

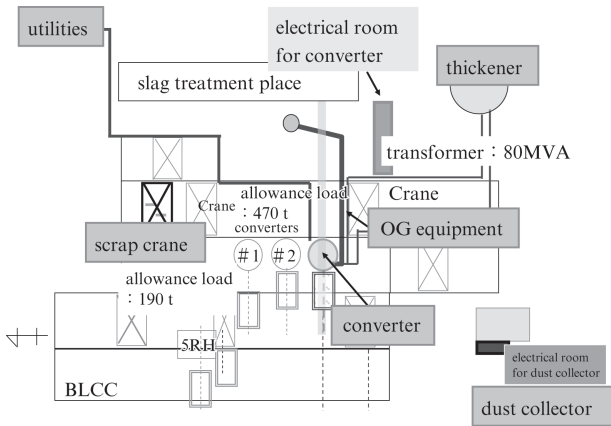


図9 転炉建設主要設備構成

Fig. 9 Equipment which have constructed at the same time as converter

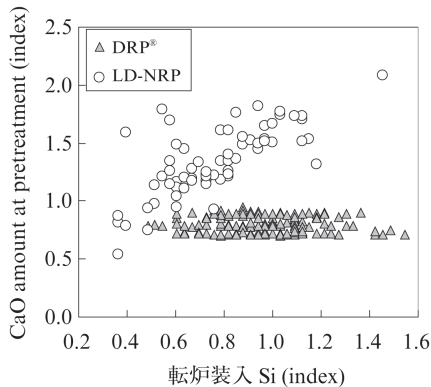


図10 LD-NRP, DRP® 処理での T.CaO 比較

Fig. 10 Relationship between input Si and CaO amount at pretreatment

### 3.2.2.3 新転炉型予備処理プロセス効果

図10に従来の転炉型予備処理方法であるLD-New Refining Process (LD-NRP)と新転炉型予備処理方法であるDRP®の転炉予備処理での炉内に投入したCaO含有量の合計(T.CaO)の比較を示す。LD-NRPは転炉装入Siの増加に伴い、T.CaOが増加するが、DRPでは中間排滓で高SiO<sub>2</sub>のスラグを系外に排出した後に脱りん吹錬を行うため、転炉装入Siが増加してもT.CaOは変わらない。

DRPの処理後りんは従来の転炉型予備処理方法であるLD-NRPと同等である。脱炭炉を含めたT.CaO比較を図11に示す。DRP時のT.CaOは普通吹錬時と比較し、44%削減できている。

### 3.3 3製鋼生産量推移

図12に2009年以降の3製鋼生産量推移を示す。7CC稼働、ヒートサイズ拡大、新転炉稼働により3製鋼の粗鋼能力は向上し、2015年3月には生産量が636.9 kt/monthに達し、新記録を達成した。

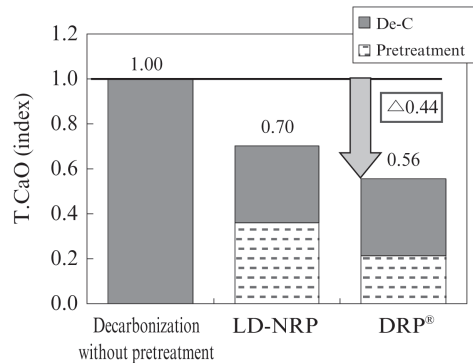


図11 DRP®によるT.CaO削減効果

Fig. 11 Effect of DRP on reducing T.CaO

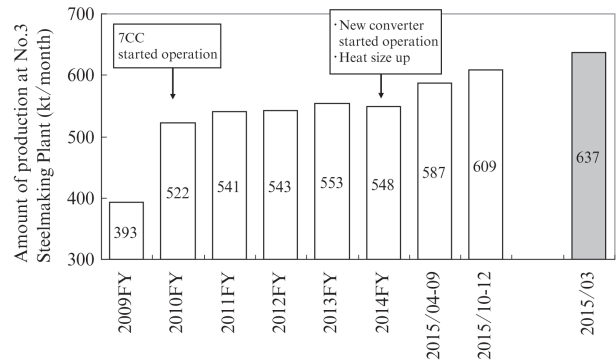


図12 3製鋼生産量推移

Fig. 12 Amount of production at No. 3 steelmaking plant

## 4. おわりに

西日本製鉄所（福山地区）において、自動車向けを中心とした高級鋼拡販、生産性向上、品質造り込み能力向上及びコスト削減を図ってきた。その施策として、3製鋼において、7CC建設、ヒートサイズ拡大、新転炉建設を行った。その結果、以下の内容を達成した。

- (1) 単ストランド連続鋳造機である7CCは順調に稼働しており、2015年5月に241.8 kt/monthの生産量新記録を、2015年2月に353 t/hの生産能率新記録を達成した。
- (2) 2014年にヒートサイズの拡大を実施し、従来330 t/チャージから、直近では348 t/チャージまで拡大した。
- (3) 新転炉は新転炉型予備処理プロセス (DRP®) を行う事により、T.CaOを対普通吹錬で44%削減した。
- (4) 各建設を中心とした3製鋼の一貫能力向上施策を行った結果、粗鋼能力が向上し、2015年3月には636.9 kt/monthの生産量新記録を達成した。

参考文献

- 1) Hori, Y. et al. CAMP-ISIJ. 2011, vol. 24, p. 803.
- 2) Hasunuma, J. et al. CAMP-ISIJ. 1996, vol. 9, p. 618.



井上 周大



加茂 百紀



錦織 正規