

仙台製造所 電気炉出鋼量最大化

Maximize Electric Arc Furnace Steel Output at Sendai Works

正司 信也 SHOJI Shinya JFE スチール 棒線事業部 仙台製造所 企画部 企画室 主査
上野 智之 UENO Tomoyuki JFE スチール 棒線事業部 仙台製造所 製鋼部長
山田 敏裕 YAMADA Toshihiro JFE スチール 棒線事業部 仙台製造所 企画部 生産管理室長

要旨

近年、地球温暖化防止の観点から、国内外でカーボンニュートラル（CN）への関心が高まっている。JFE スチール棒線事業部仙台製造所では JFE スチール全体の CO₂ 削減に貢献するため、トランプエレメント影響軽減技術を基に、電気炉プロセスによる低 CO₂ 鋼材の供給拡大を目指した生産体制を整えてきた。

本稿では、仙台製造所の操業安定化を含む増産対応に向けた設備の能力増強、強靱化、およびデジタルトランスフォーメーション（DX）活用 の取組みについて紹介する。

Abstract:

In recent years, interest in carbon neutrality (CN) has been growing both in Japan and overseas from the perspective of preventing global warming. To contribute to reducing CO₂ emissions across JFE Steel, the Sendai Works of the Bar and Wire Rod Division has established a production system aimed at expanding the supply of low-CO₂ steel through the electric arc furnace (EAF) process, based on technology to reduce the impact of tramp elements.

This paper introduces our efforts to increase production capacity, strengthen the facilities, and utilize digital transformation (DX) to accommodate increased production, including stabilizing operations at the Sendai Works.

1. はじめに

JFE スチール棒線事業部仙台製造所（以下、仙台製造所）では、鉄スクラップを原料とした環境配慮型電気炉（以下、エコーク炉）により、電炉材で自動車、建産機械および土木建築向け等の棒鋼・線材製品（直棒、バーインコイル、線材コイル）を製造している。

また、棒鋼・線材製品は、西日本製鉄所（倉敷地区）でも高炉材で製造しており、この東西 2 拠点で、お客様のニーズに合わせて製造・出荷している。

現在、棒線事業部では、カーボンニュートラル（CN）に向けた社会的ニーズの高まりを背景に、電炉材と高炉材の双方を有する利点を活かし、JFE スチール全体の CO₂ 削減に貢献する生産体制の構築を進めてきた。

図 1 に仙台製造所の電気炉（EAF）プロセスと、高炉・転炉プロセスとの CO₂ 排出量の比較を示す。

電炉法は、高炉・転炉法と比べて一般的に CO₂ の発生量が約 1/4 と低い。さらにエコーク炉は、排熱を利用してシャフト内でスクラップを効率良く予熱できるため、電力原単位が低く、CO₂ 削減の観点で非常に有効である。そのため、棒線事業部では、お客様の評価、認証を得ながら西日

本製鉄所（倉敷地区）の高炉指定材から、仙台製造所の電炉材への置き換えを進めており、仙台製造所の年間粗鋼生産量を 14 万トン増やし、約 70 万トン体制とした。

増産対応には、製造設備の能力増強と強靱化が不可欠であり、2022 年度から原材料であるスクラップの搬入・貯蔵から、製品・半製品の出荷に至るまで設備投資を行ってきた。また連続操業時間が増加することから、設備トラブルをよりいっそう抑制する必要があるため、デジタルトランスフォーメーション（DX）を活用した設備の常時遠隔監視、予兆管

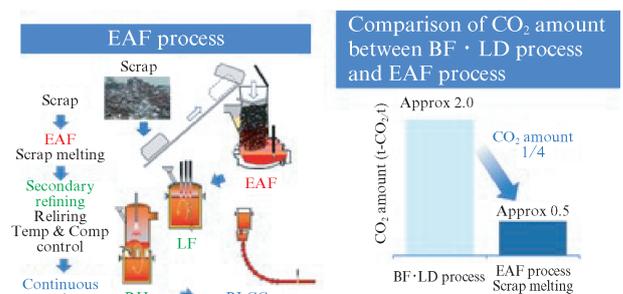


図 1 仙台製造所の電気炉プロセスと、高炉・転炉プロセスとの CO₂ 排出量の比較¹⁾

Fig. 1 Steelmaking process at Sendai Works and comparison of CO₂ amount between BF-LD process and EAF process¹⁾

2024 年 8 月 30 日受付

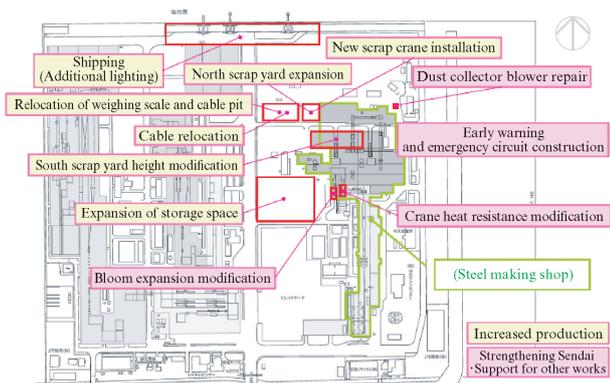


図2 仙台製造所における設備の能力増強および強靱化
Fig. 2 Increasing capacity and strengthening facilities at Sendai Works

理設備を導入した。

今回、粗鋼量増産に向けて取り組んだ一連の製造設備の能力増強と強靱化が完了したので報告する。

2. 主な設備投資

2.1 全体

図2に仙台製造所の操業安定化を含む、増産対応に向けた設備の能力増強と強靱化対象箇所を示す。

スクラップの搬入・貯蔵については、主原料である鉄スクラップの使用量が増加するため、スクラップの保有量を増やすべく、屋内スクラップヤードを拡張し、天井クレーンを増設した。また増産対応に伴う構内物流改善のため、半製品置場を増設してレイアウト変更し、また製品出荷作業時間確保のために、出荷岸壁に照明を増設した。

なお、半製品であるブルームについては、他地区向けとするため、長さの要望に応えるべく、ブルーム取り尺を現状の5.5 mから7.4 mまで対応できるように設備を改造した。

また、増産対応に向けた設備の強靱化として、集塵プロワ等の機器の健全化を実施したほか、電気炉設備に予兆監視機能として Condition Monitoring System (CMS)、設備異常予兆監視システム (J-dscom[®])²⁾を導入してDX化を計った。

2.2 屋内スクラップヤード拡張および天井クレーン増設

電気炉出鋼量最大化に伴い、電気炉の主原料であるスクラップの月間使用量も、従来より約30%増加する。使用するスクラップは、構内の回収屑、JFEスチール他地区からの受入屑、および外部からの購入屑であり、構内の回収屑と受入屑は、ダンプカーを用いて輸送して屋内ヤードへダンピングで荷下ろしする。一方で外部からの購入屑はトレーラーで持ち込まれるため、屋内ヤードの天井クレーンを用いて荷下ろしを行う。

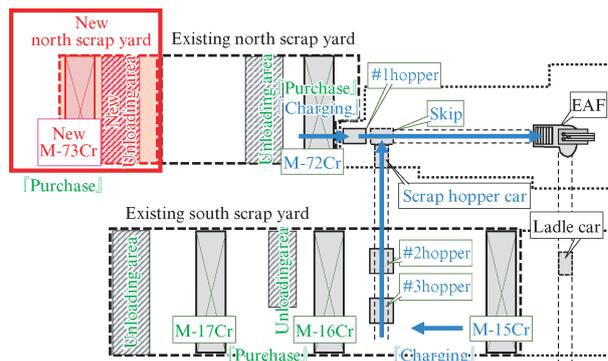


図3 スクラップ搬送フローおよびヤード拡張箇所
Fig. 3 Scrap transport flow and yard expansion area

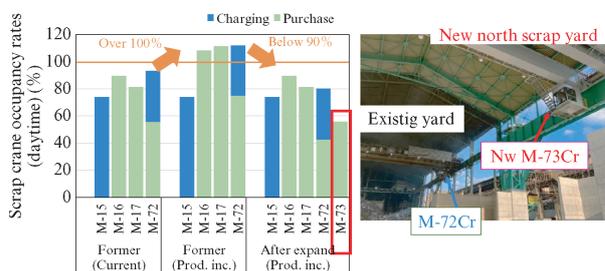


図4 屋内スクラップヤードの天井クレーン占有率

Fig. 4 Occupancy rate of overhead cranes in indoor scrap yards

図3に屋内ヤードにおけるスクラップ搬送フロー、およびスクラップヤードの拡張箇所を示す。

従来は南北2つの屋内ヤードで、4台の天井クレーンで車両からの荷下ろしと、電気炉装入ホッパー3台への装入を行っていた。

図4に電気炉出鋼量最大化前後における、屋内スクラップヤード天井クレーンの占有率を示す。

能力を検討した結果、従来の天井クレーン能力では、特に購入屑の買入れが多くなる昼間の荷降ろし作業が増加し、計算では天井クレーンの占有率が100%を超えるため、屋内ヤードを拡張して天井クレーンを増設した。

屋内ヤードは、電気炉建屋に接続している北ヤードを西側に30 m延長することで約1000 m²拡張し、ここに定格20 tの天井クレーンを1台増設した。またスクラップ納入が減少する長期休止期間中のスクラップ在庫切れを抑止するため、南ヤードの擁壁嵩上げもあわせて行った。

本能力増強により、天井クレーンの占有率は90%以下となり、購入屑の荷下ろし能力、および在庫能力も増加した。

2.3 CC長尺ブルーム搬送

高炉材を電炉材へ置き換える際に、仙台製造ブルームの他地区への供給が必要となる。仙台製造ブルームの長さは5.6 mであり、他地区と比較して短く、他地区の鋼片圧延能

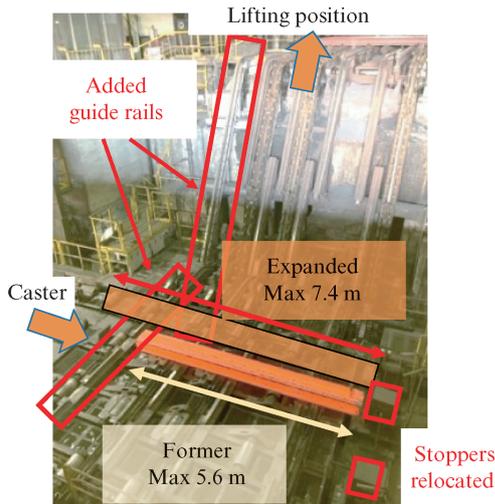


図5 仙台ブルーム長尺化対応に伴う改造箇所

Fig. 5 Sendai bloom's modifications to accommodate longer lengths

力を低下させないためにも、仙台製造ブルームの長尺化は必須事項であった。

また仙台製造所の連続铸造設備は搬出テーブルが地下に位置しているため、铸造されたブルームはチェーントランスファーで地上レベルまで持ち上げられてから、鋼片圧延へ搬送する。そのため、ブルーム長は他地区の鋼片圧延能力への影響に加え、仙台製造所における設備制約も考慮して、5.6 m から 7.4 m まで対応できるように改造した。なお他地区向けの長尺ブルームは、チェーントランスファーで地上レベルまで持ち上げた後、天井クレーンで跳ね出し、その後フォークリフトでブルーム置場へ移送するフローとした。

図5にブルーム長尺化に伴うチェーントランスファーの改造箇所を示す。また、跳ね出しする天井クレーンはモーターとブレーキを耐熱化改造した。

2.4 出荷能力増強

電気炉出鋼量最大化に伴うブルーム置場のレイアウトと投資箇所を図6に示す。

他地区へブルームを供給するにあたり、製造された7.4 mブルームの搬送保管、および内航船での他地区への出荷のために、以下の出荷能力増強を実施した。

(1) 置場能力増強

従来のブルーム置場に加えて、移管ブルームの船積前置場を設置。

(2) 搬送能力増強

保有する熱片ブルーム搬送用フォークリフト（定格荷重12 t）では、ブルーム跳出し時に能力が不足するため7.4 mブルーム（単重7.2 t）を1本しか搬送できない。そのため2本搬送可能なフォークリフト（定格荷重18 t）を新たに導入した。

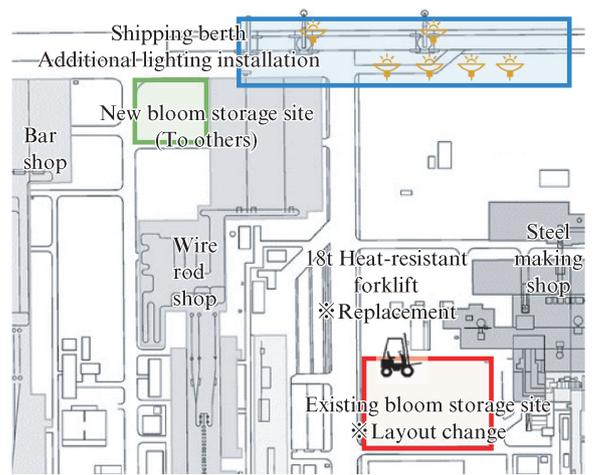


図6 ブルーム置場レイアウトおよび投資内容

Fig. 6 Bloom yard layout and investment locations

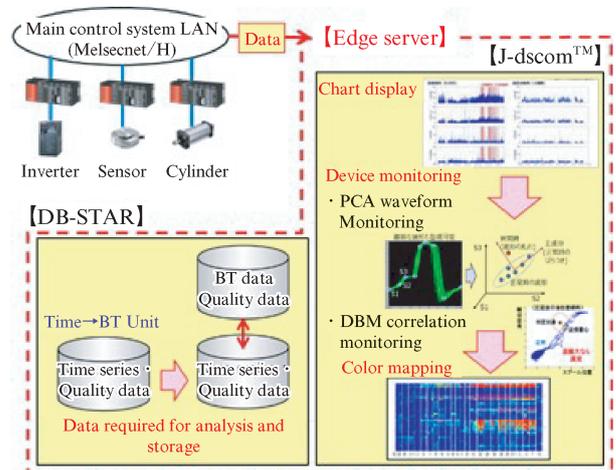


図7 J-dscom[®]導入による設備監視

Fig. 7 Equipment monitoring with J-dscomTM

(3) 海上出荷能力増強

現在昼間のみで行っている海上荷役を早朝深夜に実施するため、夜間荷役対応用に照明設備を増強した。

2.5 予兆監視 (CMS, J-dscom[®])

電気炉設備の早期異常検知を目的として、制御データ、品質データ、CMSデータを組み合わせた複合的な監視のために、データを集約するエッジサーバーを導入した。図7にJ-dscom導入による設備監視について示す。

エッジサーバー、時系列ビックデータを燃料原単位、歩留まりといった操業解析に活用するのみならず、J-dscomを用いたPCA (Principal Component Analysis) 波形監視、DBM (Data Base Monitoring) 相関監視といったデータサイエンス技術を活用した予兆監視が可能となる³⁾。

また、電気炉を構成する主要回転機器には、状態を監視するCMSセンサーを設置した。図8に電気炉に新設した

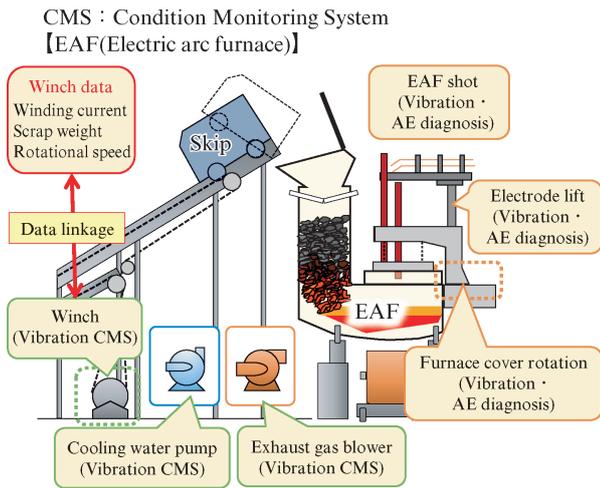


図8 電気炉におけるCSMセンサー設置箇所

Fig. 8 CSM sensor installation location in electric arc furnace

CMS センサーの設置場所を示す。

CMSで測定した振動値は、前述のJ-dscomを用いて回転数・スクラップ重量・電流値といった主幹管理データと連携させることにより、従来行っていた振動値の閾値管理だけでなく、振動値と関連するデータと相関監視することにより、設備異常の早期検知を図っている。

3. CO₂削減

仙台製造所で製造している電炉材製品の拡販、およびお

客様のご承認のもとでの他地区高炉材から仙台電炉材への素材切り替えにより、仙台製造所のCO₂発生量は増加するが、JFEスチール全体ではCO₂削減に寄与する。

今後、仙台材ブルームを他地区へ供給することにより、段階的に電気炉出鋼量の増大を進め、最終的には仙台製造所合計で、約200千トン/年のCO₂発生量を削減する計画である。

4. おわりに

仙台製造所では、新規投資した設備が順調に立ち上がり安定操業を継続している。また新たにスクラップに含有する、銅などのトランプエレメント影響を低減する技術にも取り組んでおり、高炉指定材から電炉材への置換えにより、電気炉プロセスによる低CO₂鋼材の使用拡大に努めている。

今後もスチール研究所、棒線事業部各部署と連携して、さらなる品質向上を図りながら拡販を進め、JFEスチールにおけるCO₂発生量削減に大きく貢献していく所存である。

参考文献

- 1) JFEグループ環境経営ビジョン 2050.
- 2) 松下昌史, 平田丈英, 鈴木宣嗣. 設備異常予兆検知システムJ-dscom®の開発. 日本鉄鋼協会生産技術部門 第164回制御技術部会大会資料. 2021.
- 3) 平田丈英, 蜂谷由佳子, 鈴木宣嗣. データサイエンス活用の異常予兆監視技術. JFE技報. 2020, no. 45, p. 14-18.