

西日本製鉄所（福山地区）第 5 コークス炉 D 団の建設と操業

Construction and Operation of Battery D, No. 5 Coke Oven at West Japan Works (Fukuyama)

加藤 元 KATO Hajime JFE スチール 西日本製鉄所(福山地区) 製鉄部コークス工場
山本 雅章 YAMAMOTO Masaaki JFE スチール 技術企画部 主任部員(課長)
永岡 恒夫 NAGAOKA Tsuneo JFE スチール 東日本製鉄所(京浜地区) 設備部設備技術室 主任部員(副部長)

要旨

JFE スチールでは西日本製鉄所（福山地区）に第 5 コークス炉 D 団を 22 ヶ月間の工期で建設し、2006 年 3 月 20 日に稼働させた。建設炉の主な特長は既存設備最大活用による工事規模抑制、将来の劣化抑止を目的とした煉瓦拘束（炉締め）構造改善、環境負荷低減を目的とした低 NO_x 燃焼構造の採用である。機械・築炉工事、炉体乾燥および初装炭作業ともに順調に推移し、稼働後の性能確認については NO_x 排出濃度 170 ppm 以下を達成しており、高操業度下の生産も安定している。

Abstract:

Battery D, No. 5 Coke Oven has been constructed successfully at West Japan Works (Fukuyama) in JFE Steel and started its operation on March 20, 2006. A term of construction work was 22 months. The features are as follows. Efficient use of existing machines and conveyers; Introduction of bracing system for oven life extension; and Low NO_x emission technology taking environment into account. Machinery and brick works had been completed on schedule. Heating up and first charge were conducted smoothly. Less than 170 ppm of NO_x emission and high working ratio were achieved at the test run.

1. はじめに

JFE スチール西日本製鉄所（福山地区）にはコークス炉が 8 炉団あるが、稼働後 30 年以上経過し老朽化が進んでおり、それともなう操業度低下による生産量減少への対応として第 5 コークス炉 D 団（コークス生産量＝約 40 万トン/年）を建設した。今回の建設は JFE スチールとしては 26 年ぶりである。

2004 年 5 月に着工し、2005 年 12 月 14 日に火入れ、その後 96 日目に初装炭を順調に実施した。以下に設備概要、耐火物乾燥実績および立ち上げ操業状況について報告する。

2. 建設概要

2.1 増設の概要

今回の増設は以下のコンセプトに基づいている。

- (1) 既存設備の最大活用による工事規模抑制

- (2) 環境負荷低減：排出 NO_x 抑制として低 NO_x バーナーの採用
- (3) 炉寿命の延長：炉締機構を改善し、炉締力を確保することによる炉壁煉瓦の劣化を抑止

2.2 設備配置と操業形態

2.2.1 設備配置

図 1 に第 5 コークス炉の設備配置を示す。

既設の第 5 コークス炉 A, B, C 炉団の延長上に D 炉団を配置することで、移動機などの既設設備を最大限に活用できた。炉本体以外の工事は既設設備の部分整備程度とした。また、今回は移動機、CDQ（コークス乾式消火設備）の増設は不要とした。

2.2.2 操業形態

D 団稼働前後の操業形態（クルー）について図 2 に示す。コークス工場では 1 つの操業クルーごとに石炭の装入、コークスの窯出し、コークスの消火・搬送を行っている。従来システムでは、炉団単位（A, B, C 炉団）で考えた場合、湿式もしくは乾式どちらかでの操業しか行えなかった。D 団稼働後は 5CDQ 設備を最大限活用するために、同一炉団で湿式 / 乾式併用による操業を実現可能なように操業シス

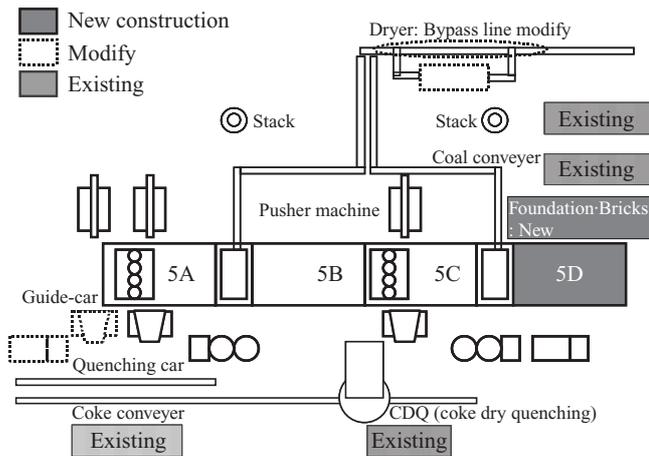


図1 第5 コークス炉設備配置
Fig.1 Layout of No. 5 Coke Oven Battery

		Arrangement				Remarks
		No. 5A	No. 5B	No. 5C	No. 5D	
Former	Wet or Dry	←→			1 crew	Only Wet or Dry
	Wet or Dry	←→	←→	←→	2 crew	
Current	Wet	←→	←→	←→	2 crew	Wet/Dry Combination system ↓ CDQ ability maximum use
	Wet/Dry combination	←→	←→	←→	2 crew	
	Wet/Dry combination	←→			1 crew	

Wet: Wet quenching Dry: Dry quenching

図2 操業形態
Fig.2 Arrangement

テムの対応を行った（対応後の真中矢印の操業を参照）。

2.3 建設工程

建設工程を図3に示す。計画26ヶ月に対して、実績22ヶ月で4ヶ月の早期完工を達成できた。

基本設計は2004年2月から開始し、耐火物については主に中国から調達・使用した。基礎工事は2004年5月から開始し、基礎工事終了後、バックステーおよび築炉雨養生用の仮上屋据付工事を行い、築炉は2005年1月から開始した。築炉終了後、燃焼切替装置、炉締め金物などの機械据付工事に入り、2005年12月14日に乾燥を開始した。工期短縮を目的に乾燥期間中に既設炉団の操業で使用している移動機の新設炉団での試運転走行を行った。完工後、2006年3月20日に初装炭を行った。

2.4 築炉実績

築炉実績を図4に示す。（築炉実績：8.5ヶ月間）

D団における耐火物使用量は約16000tで、昼夜での作業を行った。煉瓦仕様は以下のとおりである。

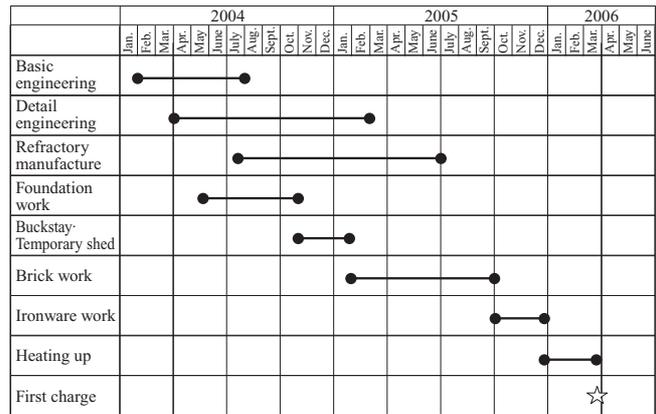


図3 建設工程実績
Fig.3 Construction schedule

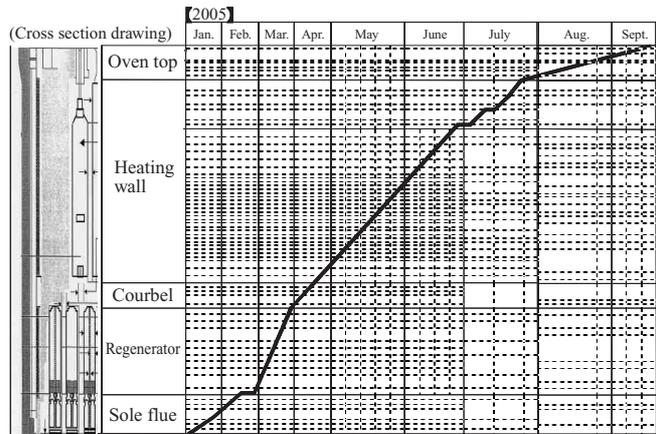


図4 築炉実績
Fig.4 Bricks installation schedule

- ・種類：約1000種
- ・個数：300万個強 煉瓦1個あたりの平均重量5kg

2.5 設備紹介

2.5.1 燃焼室構造

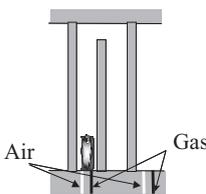
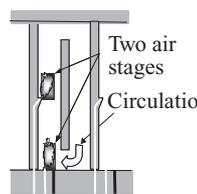
表1に既設炉とD団の燃焼室構造比較を示す。既設炉のウィルプットオートタイプに対して、D団で採用したUHDE-コンビフレームタイプはエアー2段燃焼・排ガス循環方式の燃焼構造となっており、本方式は商用炉では国内初の導入となる。この構造により、燃焼時のNO_x排出濃度は低減され、NO_x排出濃度の実績としては、既設炉250ppmに対して、170ppm以下を達成した。

2.5.2 炉締め構造

表2に既設炉とD団の炉締め構造比較を示す。炉体の熱膨張・収縮時もスプリング荷重により炉締め力を確保することを目的として表2の新方式を採用した。鋳鉄製の保護板が炉壁煉瓦のPS/CS両外面に配置されており、バックステー側の多数のスプリングで押えられたスラストボルトにより加圧される。保護板に伝達された荷重は常時フリー/炭化室間の炉壁煉瓦を加圧し、装炭・

表1 燃烧室構造比較

Table 1 Comparison of the heating system

	Existing (No. 3, 4, 5A, B, C)	No. 5D
Oven type	Wilputte-Otto	Unde-Combiflame
Heating system		
	· One air stage	· Two air stages · Circulation heating
NO _x emission	250 ppm	170 ppm
Remarks	—	The first introduction on commercial ovens in Japan

乾留・押し時の荷重変化に追従し加熱煉瓦壁の安定と劣化抑止が期待できる。

3. 据付工事

3.1 バックステー

築炉工事に先駆け、バックステーを据付た。

築炉工事前に基礎上にPS/CS両サイドのバックステーおよび中段作業床を据付て、煉瓦積み時の作業デッキとして利用するとともに、基準寸法の割出し、治具の取付に利用した。

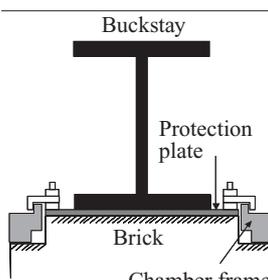
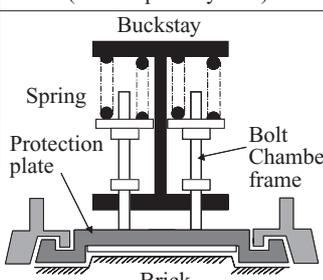
炉底配管据付などの機械工事は、2004年10月中旬のバックステー入荷後に準備工事を開始し、基礎工事の完了を待って2004年11月1日より据付工事を開始した。

3.2 炉枠、炉蓋、炉締め金物

炉体の築炉工事完了後、2005年10月より炉体金物の据付工事を開始し、ロングタイロッド・クロスタイロッドを始めとする炉締め金物の取付、炉枠・炉蓋の取付、耐火物昇温・乾燥装置の取付完了後、燃焼切替装置・乾燥装置の試運転を実施し、2005年12月14日に乾燥火入れを行った。

表2 炉締め構造比較

Table 2 Comparison of the bracing system

Existing (No.3, 4, 5A, B, C)	No. 5D (Controlpress system)
	

4. 乾燥・昇温

4.1 乾燥・昇温実績

乾燥実績（昇温曲線）を図5に示す¹⁾。

乾燥日数は96日間で、2005年12月14日に火入れを行った。耐火物乾燥初期は仮設バーナーによる乾燥を行い、燃焼室温度が800℃以上になった時点でコークス炉の通常燃焼による乾燥へと切り替え、燃焼室底部温度が1100℃に

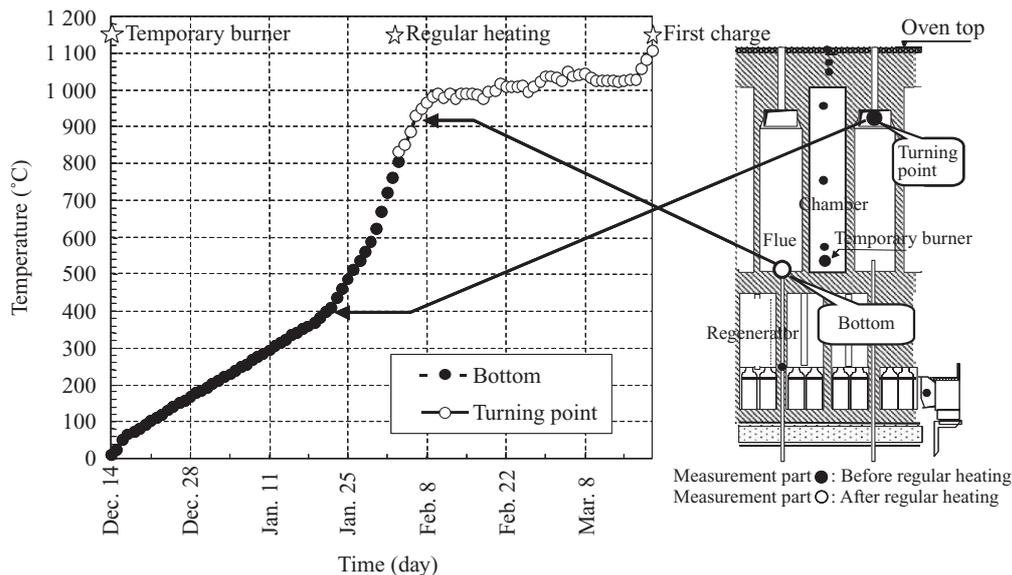


図5 乾燥実績

Fig.5 Heating up results

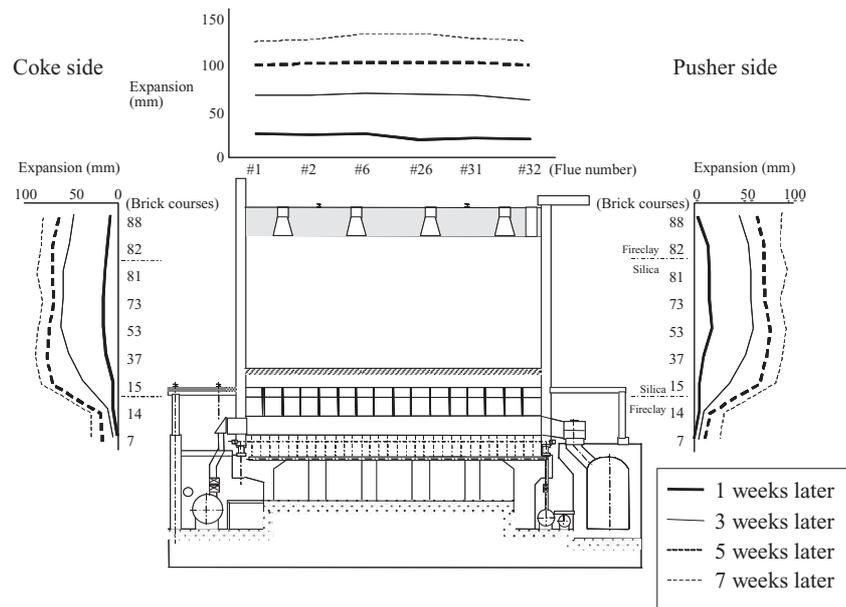


図6 炉体膨張実績
Fig.6 Expansion results

到達した時点で、初装炭を実施した。

煉瓦積み作業および乾燥は仮上屋内で行い、風雨によるモルタルの流出を防止した。煉瓦積み工事が完了し、炉体乾燥中期に仮上屋を解体し、炉体周辺機器類の据付工事へ移行した。

4.2 仮設バーナーによる乾燥方法

炉体煉瓦・モルタル中の水分の乾燥と、燃焼室で燃料ガスが自然着火可能な温度までの昇温を仮設バーナーで行った。

従来の乾燥方法は、炉蓋乾燥口に燃料ガス枝管を各炭化室毎に挿入し、空気は枝管と炉蓋乾燥口の隙間から取り込んでいたが、今回は各炭化室炉蓋乾燥口にブロワタイプバーナーを挿入し、Cガス燃焼排ガスで炉体乾燥昇温を実施した。バーナーごとに自動制御盤があるため、必要なガス量、空気量の調整が容易であり、失火時の早期対応とドレン発生抑制などができたことで、計画どおりに乾燥を完了した。

4.3 乾燥中作業

4.3.1 乾燥準備

乾燥に先立って炉体周囲に膨張測定の基準点としてピアノ線を張り、膨張前の炉体の冷間寸法測定とスプリングの初期設定を行った。

同時に、燃焼切替装置の試運転を乾燥開始に先立って実施した。

4.3.2 乾燥作業時の耐火物温度・膨張量測定

温度測定点はフリュー、炭化室、蓄熱室、煙道等で300点程度、膨張測定は炉団、炉高、炉頂方向で200点程度を

測定対象とし、乾燥中は継続して測定を実施した。

4.4 耐火物膨張実績

膨張実績を図6に示す。

全体的な耐火物膨張については、計画どおりであった。膨張率が異なるケイ石/シャモット煉瓦の境界となるスライドジョイント部については、下部の締め付け力と上部の膨張量ともに問題なく、操業開始後も特に支障はなかった。

5. 立上げ操業

5.1 初装炭

新設コークス炉初装炭作業は、JFE スチールにおいては、26年ぶりの作業となった。そのため、作業経験者が少なく、作業計画作成・教育・訓練に十分な配慮を行い、特にトラブルもなく順調に作業が実施できた。

また、初窯出も順調であった。

初装炭作業における最重点課題は、配管系への空気侵入による異常燃焼の防止である。初装炭は、あらかじめスタートアップ用COG (coke oven gas) を循環させた吸気管内に、発生COGを併入させる装入方法をとった。

次に、図7に初装炭作業の概要を示す。5コークス炉D団には、2基のドライメン (D1, D2) と2本の吸気管を有するが、まず、化工工場から遠い、D2側へガス流れを形成させ、その後、D1側へも流れを形成するように装炭を実施した。

初装炭作業要員は、(1) ガス設備、(2) 燃焼管理、(3) 運転の3グループに分け、それぞれ、10~15名を配置し、作業にあたった。

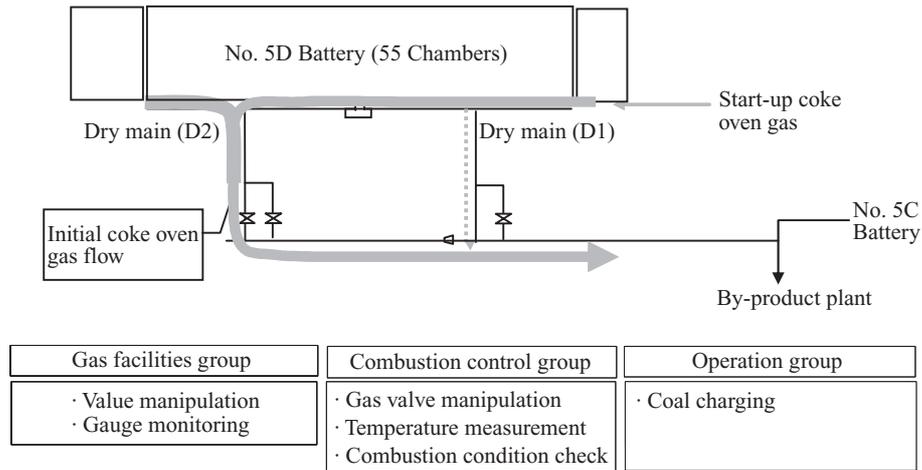


図7 初装炭作業の概要

Fig.7 Summary of the first charge

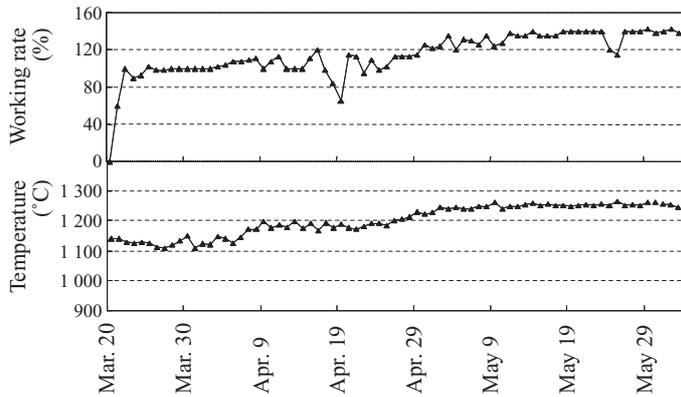


図8 立ち上げ操業推移（稼働率・炉温）

Fig.8 Working rate and flue temperature

5.2 立ち上げ操業

図8に立ち上げ操業推移（稼働率^{*}、炉温）を示す。稼働率は、初装炭以降、約2ヶ月間かけて140%まで上昇させた。

立ち上げ操業以降も大きなトラブルはなく、順調に推移している。

* 稼働率(%) = 装入窯数(窯/日) ÷ 設備窯数(窯) × 100

6. おわりに

- (1) JFE スチールとしては26年ぶりとなるコークス炉建設を22ヶ月間（予定より4ヶ月短縮）の短工期で完工した。
- (2) 築炉作業、耐火物乾燥および初装炭ともに、作業経験者の少ない中、綿密に計画を行い順調に実施できた。
- (3) 性能確認についてはNO_x排出濃度170 ppm以下、高操業度の生産を達成している。

参考文献

- 1) 加藤元ほか. CAMP-ISIJ. 2006, vol. 19, p. 748.



加藤 元



山本 雅章



永岡 恒夫