石灰キルン オイルコークス混焼の操業経験

Operating Experience of Co-Firing of Petroleum Coke System in Lime Kiln

王子製紙株式会社*1 日南工場 パルプ部 パルプ課

長谷川悟史*2

Satoshi Hasegawa*2

Nichinan Mill, Oji Paper Co., Ltd.*1

Abstract

Oji Paper Nichinan mill has two rotary lime kilns in recausticizing process of kraft pulp plant, No. 1 lime kiln ($\phi 2.3 \text{ m} \times 50 \text{ mL}$) and No. 2 lime kiln ($\phi 2.1 \text{ m} \times 36.5 \text{ mL}$). Since waste derived fuel boiler was installed in 2006, the lime kiln was the only process to use heavy oil in the mill. In order to reduce heavy oil consumption, we installed petroleum coke co-firing system on the lime kiln in 2008. Some troubles happened at the start-up, but now this system is running very well and has brought large economic effects.

This paper shows the operating experience of co-firing of petroleum coke system in lime kiln.

分類：F₃ KP 黒液回収・製薬，F₀ その他

1. はじめに

王子製紙日南工場は、パルプ苛性化工程設備において、No.1 石灰キルン ($\phi 2.3 \text{ m} \times 50 \text{ mL}$ 以下 No.1 キルンと称す) と No.2 石灰キルン ($\phi 2.12 \text{ m} \times 36.5 \text{ mL}$ 以下 No.2 キルンと称す) の2基のロータリーキルンを有している。当工場では2006年に新エネルギーボイラーが稼動したことにより、重油を使用する工程は石灰キルンのみとなった。今回、石灰キルンでの重油削減を目的として、オイルコークス混焼設備を導入した。2008年の設備稼働当初はトラブルがあったものの、現在は順調に稼動しており、大きな経済効果が得られている。

本稿では、設備設置から4年が経過したオイルコークス混焼設備の操業経験について報告する。

2. オイルコークスについて

オイルコークスは、石油精製過程において、ガソリン・軽油等の収率を高めるために、重質残さ油を熱分解する際に副生する固形残さ物である。表1に一般的なオイルコークスの主な成分・発熱量等を示す。

3. オイルコークス混焼設備概要

オイルコークス混焼設備は、オイルコークスの粉碎及びNo.1キルンおよびNo.2キルン用の重油・オイルコークス混焼バーナーにオイルコークスを供給・燃焼させることを目的としており、受入、粉碎、供給、燃焼の各セクションに分類される。図1にオイルコークス設備概略フロー、写真1に設置後のオイルコークス設備の外観写真、また表2に主な設備内容を示す。

3.1 オイルコークス受入設備

受入設備はオイルコークスを粉碎設備である堅型ミルまで搬送する設備であり、ヤードから受入ホッパーへ重機にて荷役搬送を行い、ベルトコンベア、バケットコンベアを経てミル前ホッパーに貯留される。さらにミル前ホッパー

*1〒887-0031 宮崎県日南市大字戸高 1850 番地/
1850 Todaka, Nichinan-shi, Miyazaki 887-0031, Japan

*2E-mail: satoshi-hasegawa@nichinan-m.ojipaper.co.jp

表 1 オイルコークスの主な成分，発熱量

水分(%)	灰分(%)	揮発分(%)	固定炭素(%)	硫黄分(%)	発熱量(kJ/kg)
8~10	0.2~0.7	11~13	87~88	4~4.5	35,600~36,000

図 1 オイルコークス混焼概略フロー

写真 1 オイルコークス粉碎設備外観

から密閉式チェーンフィーダにて堅型ミルへ定量供給される。なお、オイルコークスは船舶にて市内油津港に運搬され、港での荷受後陸送にて工場構内ヤードに搬送される。

3.2 オイルコークス粉碎設備

堅型ミルに供給されたオイルコークスは、粉碎ローラとテーブルの間に噛み込まれて粉碎され、同時に、熱風発生炉にて発生した熱ガスで乾燥され約 80℃ でミル上部にあるセパレーターを通過し粗粉と微粉に分級される。ここで分級された粗粉は、ミルのテーブルに落下し再粉碎される。約 20 μm まで粉碎された微粉は、吸引ファンの気流によりミルからバグフィルターに搬送され、バグフィルターで

捕集された微粉が製品ホッパーに貯留される。またバグフィルターを経て大気へ排出される排ガス配管については、ダストモニターを設置しており、バグフィルターの破損を早く発見できる仕組みとなっている。図 2 に堅型ミルの構造図を示す。

また熱風発生炉は燃料に C 重油を使用し、熱風を発生させ堅型ミルへ送気しオイルコークスを粉碎後に水分 0.5% まで乾燥させるための設備であり、ミル出口温度が 80℃ になるよう燃焼を制御している。

3.3 オイルコークス供給設備

貯留されたオイルコークスは No.1 キルンおよび No.2 キルン用にそれぞれ設置されたテーブルフィーダーの定量供給ユニットにて計量され、ルーツブロワの搬送空気によってエゼクターにてキルンバーナーに供給される。

3.4 オイルコークス燃焼設備

圧縮空気により供給されたオイルコークス、重油、蒸気、燃焼用空気を混合し燃焼させる。No.1, 2 キルンについては既設重油専焼バーナーからオイルコークス混焼用バーナーに改造を行った。

4. 操 業 状 況

2008 年 4 月から設備運転を開始し、稼動当初はトラブルによりオイルコークスの混焼率（発熱量をベースとしたオイルコークスの燃料比率）を上げることが難しい状況が続いたが、現在は順調に稼動している。なお、トラブル事例については後述する。

表 2 主な設備内容

受入設備	受入ホッパー	30 m ³
	払出コンベア	2 t/h
	バケットコンベア	2 t/h
	ミル前ホッパー	8 m ³
	ミル前チェーンコンベア	2 t/h
ミル粉碎設備	粉碎ミル	UM 10.2 堅型ミル
	(宇部興産機械製)	粉碎能力:1,250 kg/H
	熱風炉発生装置	燃料 C 重油
	バグフィルター	ジェットパルス式
供給設備	製品ホッパー	5 m ³
	計量機	
	ルーツブロワ (各 1 基)	
燃焼設備	混焼バーナー	NO.1,2 キルン用
	(日本ファーンネス製)	NFK-CDF 型

図 2 堅型ミル構造図

4.1 オイルコークス混焼率の推移

石灰キルンにおけるオイルコークス混焼率の推移データを図 3 に示す。稼働当初のオイルコークスの混焼率はトラブルの影響で 60% 程度と低かったが、各種対策実施後は 70% 前後で推移している。

4.2 重油原単位の推移

オイルコークス混焼設備稼働前後での石灰キルン重油原単位 (相対値) の推移を図 4 に示す。設備稼働前の重油原単位 (L/UKPt) を 100 とした場合、稼働後は 33% となり、重油原単位を大幅に削減することが可能となった。また燃料コストは設備稼働前の燃料コスト (円/UKPt) を 100 とした場合、稼働後は 72% となり、原価低減に貢献している (図 5)。

図 3 オイルコークス混焼率の推移

図 4 石灰キルン重油原単位の推移

4.3 石灰キルン排ガス性状について

石灰キルンの排ガス性状 (SO_x, NO_x, ばいじん) について、オイルコークス混焼設備稼働前の値を 100 とした場

図 5 石灰キルン燃料コストの推移

図 8 石灰キルン排ガスのばいじん (ppm)

図 6 石灰キルン排ガスの SO_x/k 値 図 7 石灰キルン排ガスの NO_x (ppm)

合の相対値で表し、図 6 に SO_x (k 値)、図 7 に NO_x、図 8 にばいじんのデータを示す。

石灰キルン排ガス性状の内、ばいじんについてはほとんど変化がないものの、SO_x (K 値)、NO_x は増加傾向にあり、SO_x はオイルコークス中の S 分、NO_x は燃焼条件の影響と考えられるため、今後も排ガス性状については注意深く観察していく。

5. 設備稼動当初のトラブルについて

5.1 受入設備での搬送系トラブル

受入設備では主にオイルコークスの付着によるトラブルが設備各所で発生した。工場受入時のオイルコークス水分

写真 2 バケットコンベアに付着したコークス

は約 10% 程度あるが、雨天時には含有水分が 20% 程度に上昇し、各所にて粉炭が粘土状になり固着した。具体的には各搬送機器落口シュート、バケットコンベア、ミル前ホッパー内部で詰りが発生し、一旦固着したコークスは強固で、ハンマーや突き棒等で物理的に落す必要があった。

バケットコンベアに付着したコークスを写真 2 に示す。また、受入れホッパーでのアーチングによる詰りも発生した。これらのトラブルを解消するために、以下の対策を実施した。

- 1) 受入ホッパーのアーチング対策として、ホッパー傾斜角度の非対称化とエアノッカーの設置。
- 2) オイルコークスの水分上昇対策として、ヤードへのシートの設置 (現在ヤードの上屋を設置中)。
- 3) 各搬送機器落口シュート部およびホッパーへのエアノッカー、エアーブラスターの設置。

以上の対策を実施し各所閉塞による設備の緊急停止はなくなったが、長期間の連続操作では依然として付着が発生するため、今後の課題の一つである。

5.2 供給設備のトラブルについて

供給設備ではテーブルフィーダー内での粉碎後コークスの詰りが発生した。これは、テーブルフィーダーの供給盤の回転数が遅く、オイルコークスが供給盤内で圧密されたことが原因であったと推定されたため、供給盤を外輪のあるリング式から外輪のないインペラ式に変更し、供給盤内での圧密を防止する対策を実施した。図 9 に変更前後の供

図 9 変更前後のテーブルフィーダー供給盤

表 3 オイルコークスの灰分およびオイルコークス由来の不純物量

		オイルサンド 由来品	原油由来品
灰分(%)		1.85	0.20
オイルコークス 由来の不純物量 (kg/t)*	S+SO ₃	8.50	1.45
	SiO ₂	2.90	0.02
	Al ₂ O ₃	1.80	0.01
	Fe ₂ O ₃	1.59	0.04
	TiO ₂	0.82	0.00
	NiO	0.67	0.12
	CaO	0.38	0.04
	Na ₂ O	0.18	0.01
	MgO	0.10	0.00
	P+P ₂ O ₅	0.02	0.00

*オイルコークス 1t からの発生量 kg 数

給盤の構造を示す。この対策により、通常運転時の詰りトラブルは解消されたが、長時間停止時には製品ホッパー下部のオイルコークスが圧密されることから、大 SD 時等は対策としてホッパーの空槽を実施している。

5.3 石灰スラッジ性状悪化について

設備以外のトラブルとして、オイルコークスの性状の違いによる石灰スラッジの性状悪化が発生した。カナダ産のオイルサンド（極めて粘性の高い鉱物油分を含む砂岩）を原料としたオイルコークスを使用した際に、焼成前の石灰スラッジの色目が白色から濃緑色に変色し、石灰キルンでのコーチング付着の進行と大型ボールが発生しキルンの操業が著しく不安定となった。原因を調査した結果、オイルサンド由来のオイルコークスは、灰分が原油由来品よりも高く、S、Si、Al、Fe 等の不純物がキルン内に多く持ち込まれ、石灰スラッジも同様の不純物が増加し性状が悪化したことが分かった。表 3 にオイルコークスの灰分とオイルコークス由来の不純物量を、表 4 に石灰スラッジの元素分析結果を示す。この対策として、使用するオイルコークス

表 4 石灰スラッジの分析結果

		オイルサンド 由来品使用時	原油由来品 使用時
元素組成(%)	S+SO ₃	0.27	0.14
	SiO ₂	0.53	0.19
	Al ₂ O ₃	0.31	0.04
	Fe ₂ O ₃	0.33	0.05
	TiO ₂	0.44	0.04
	NiO	0.04	0.02
	CaO	90.98	93.35
	Na ₂ O	2.68	1.69
	MgO	1.33	1.02
	P+P ₂ O ₅	2.60	3.11

は原油由来品のみとし、さらに灰分値を購入する際の一つの指標としている。

6. おわりに

本報告では、稼動から 4 年が経過したオイルコークス混焼設備における操業状況と、これまでのトラブル事例、対策について報告した。現在、操業は稼動当初と比較して格段に安定したが、連続操業において小さなトラブルは発生しており、より一層の操業の安定化が望まれる。今後の課題をまとめると、以下の項目が挙げられる。

- ・両石灰キルンの燃焼安定化
- ・バグフィルター交換スパンの見極め
- ・搬送系詰り（水分持ち込み）対策

オイルコークス混焼設備は、当社の収益改善に繋がっていることから、今後も課題をクリアし安定操業を達成するよう取り組んでいきたい。

最後に、今回の改造工事ならびに運転開始後の問題解決に取り組んで頂いた設備メーカーを始めとする関係各位に心から感謝申し上げますと共に、今回の報告が皆様方のご参考になり、お役に立てれば幸いです。