ペーパースラッジ・木屑混焼ボイラーの操業 —地域への貢献・化石燃料からの転換・エネルギーコストの削減—

東海パルプ株式会社 島田工場原動部動力課 平 川 弘 行

Operate a Boiler System Designed to Combust Paper Sludge in Combination with Chip Rubbish —Contribute to the Community, Conversion Fossil Fuel, and Reduce Energy Costs—

Hiroyuki Hirakawa

Power Section Tokai Pulp & Paper Co., Ltd.

In recent years Tokai Pulp & Paper Co., Ltd. has made a concerted effort to improve the natural environment, such as minimized the effect of the solid waste that is released into the city. This means to increase wastepaper utilization rate, and maximize the uses of recycled paper.

During the process of minimizes its impacts on the environment, the increased of manufacture waste is also generated. With paper sludge/chip rubbish steam plant in place (number 10 boiler), Tokai Pulp & Paper Co., Ltd. in now able to use the majority of its paper sludge by-produce, reducing both energy and disposal costs. By using the paper sludge and chip rubbish as a fuel, Tokai Pulp & Paper Co., Ltd. minimizes its impacts on the environment, reduces reliance on fossil fuel related greenhouse gas emissions, and stability of the power generation.

分類：U₄ ボイラ，T₁₇ 廃棄物利用

1. はじめに

当社では、包装容器リサイクル法の施工等，強化される環境改善への社会的動向に鑑み，未利用資源の有効利用の観点から，製紙原料の古紙利用率のアップや，再生紙の用途拡大に努力してきた。しかし，これらの取り組みは，都市ゴミ発生削減に少なからず貢献すると同時に，工場内にて発生するPS（ペーパースラッジ）やパルパー粕，スクリーン粕などいわゆる「産業廃棄物」の排出量増大を引き起こすこととなった。

こうした事業活動によって発生する産業廃棄物を焼却処分するために，当社では4基〔9号ボイラ，PS

焼却炉，雑芥ガス化焼却炉（2基）〕の施設を保有していたが，9号ボイラで発生する蒸気量は10～15 t/hと少なく，回収ボイラの所内蒸気として使用されるのみで発電には寄与しておらず，PS焼却炉，雑芥ガス化焼却炉に関しては産業廃棄物の焼却処分のみであり熱エネルギーの回収は一切されていなかった。よって設備の高効率化，老朽化及び熱回収に対応する必要がある，ペーパースラッジ・木屑混焼ボイラー（以下10号ボイラー）の建設を計画した。

10号ボイラー建設の基本コンセプトとして次の2点をねらいとした。

① ペーパースラッジ及び燃料化可能な社内廃棄物

図1 10号ボイラ建設前後のフロー

写真1 新PS・木屑混燃ボイラー（10号ボイラー）

は全て燃料として利用し、助燃材として木屑を使用することで化石燃料の使用量を削減する。また、助燃材として使用する木屑は地域で発生している廃棄物を、排ガス処理設備の整ったボイラーで処理することにより、地域のゴミ問題及び環境問題に貢献する。

- ② 廃棄物ボイラーとしては相反する仕様、即ち、発電ボイラーと同様の負荷調整機能を持たせ、安定した発電量を確保する。

この2点の狙いを満足し、地域への貢献とエネルギーコストの削減を両立させることを10号ボイラー建設の目的とし、設備を完成させた。（図1、写真1）。

2. 目標値の設定

2.1 地域貢献

近隣木材業者にて産業廃棄物として発生している「木屑」を10号ボイラーにて、月間3,000トン（毎時4.17トン）処理することを目値として設定する。

2.2 エネルギーコストの削減

社内で発生する産業廃棄物（ペーパースラッジ・廃プラスチック類・紙くず・チップダスト）を焼却処理し、ボイラーにて蒸気を発生させる。発生した蒸気は既設の3号タービン発電機で発電後、工場へ送気される。工場操業条件を10号ボイラー建設前後で一定として、エネルギーコスト削減目標をつぎのように設定する。

- ・C重油使用量の削減：10%
- ・昼間帯購入電力の削減：100%

3. 設備計画の概要

3.1 ボイラー設備の概要

計画する設備の概要は、表1に示すとおり、毎時60トンの蒸気を発生する廃棄物焼却ボイラーである。

燃料ヤードに受け入れられた燃料は、シャベルローダーにて燃料供給ホッパーに供給される。ペーパースラッジ系燃料（以下1系燃料）及び木くず系燃料（以下2系燃料）は完全に分離した供給系となっており、トラベリングストーカー上に散布され燃焼する。ペーパースラッジ系燃料は高水分で有るため、トラベリングストーカー上流に設置された、摺動式階段ストーカー一部で乾燥させながら木くず燃料と混合され、トラベリングストーカーにて燃焼させるシステムとなっている（写真2）。

800℃以上で燃焼した排ガスは、燃焼室内に設置された脱硝装置にて脱硝された後、ダストコレクター及

表 1 ボイラー設備の概要

ボイラー型式	二胴自然循環式水管ボイラー
最高使用圧力	7.40 Mpa
最高使用温度	475℃
最大連続蒸発量	60 T/H
使用燃料	汚泥（ペーパースラッジ）、廃プラスチック類（スクリーン粕、パルパー粕、ラガー粕）、木屑＋チップダスト、紙くず、C重油
燃焼方式	コンビネーション型トラベリングストーカー

写真 2 燃焼室

びバグフィルターでばいじんの集塵を行う。その後、脱硫装置へ送られ脱硫後、煙突より排出される。

3.2 ボイラー全体フロー

ボイラー全体フローを図2に示す。

3.3 購入エネルギーバランス

10号ボイラー建設後の目標値を満足させるために、購入エネルギーバランスを工場の操業条件一定、建設前を100%として考えると表2のようになった。

操業条件は以下のとおりである。

- ・電力使用量：工場負荷の90%
- ・蒸気使用量：工場負荷の90%
- ・水力発電発電量：定格出力の83%
- ・黒液使用量：定格使用量の100%

目標値を満足させるための10号ボイラーの負荷目標は、毎時45トンの蒸気を重油を使わずに安定的に

図 2 ボイラー全体フロー

表 2 10号ボイラー建設前後の購入エネルギーバランスの比較

	建設前	建設後
C 重油使用量 (%)	100	90
購入電力使用量(昼間時間帯のみ) (%)	100	0
購入エネルギー原油換算合計 (%)	100	85
原油換算差 (%)		15

※原油換算：C 重油×1.06

※購入電力：1 万 kW 時＝原油 2.65 k/

表 3 使用燃料の種類と性状（設備最大能力時）

燃料供給区分		1 系燃料		2 系燃料		起動用
		汚 泥 (ペーパースラッジ)	廃プラ類 (スクリーン粕, パルパー粕, ラガー粕)	紙くず	木くず +チップダスト	C 重油
低位発熱量 (kcal/kg)		1,334	1,393	3,810	3,148	9,800
燃料使用比率 (%)		63.0	10.8	1.0	22.5	2.7
成分 (%)	水分	47.04	59.05	10.00	21.79	0.00
	可燃分	84.60	94.99	97.71	96.34	99.95
	灰分	15.40	5.01	2.29	3.66	0.05

表 4 試運転結果

計測値	単位	排ガス届出値	平均
主蒸気圧力（過熱器出口）	Mpa	—	6.20
主蒸気温度（過熱器出口）	℃	—	453
主蒸気流量	T/h	—	60
1 系燃料供給量（使用割合）	%	—	74
2 系燃料供給量（使用割合）	%	—	23
重油供給量（使用割合）	%	—	3
煙道ガス No _x （12% 換算値）	ppm	90	82
煙道ガス O ₂	25 vol%	—	7.5
煙道ガス SO ₂	ppm	53	0.8
ダイオキシン類（12% 換算値）	ng-TEQ/m ³ N	0.1 以下	0.0035
塩化水素（12% 換算値）	mg/m ³ N	250 以下	10

発生させることとなる。

3.4 使用燃料の種類と性状

使用する燃料は、社内の廃水処理場から発生するペーパースラッジと、古紙工程から発生する廃プラスチック

ック類の 1 系燃料と、再生不能の古紙を破碎した紙くずと近隣木材業者から収集した木屑及び社内で発生したチップダストの 2 系燃料で構成されている。なお、C 重油は起動用として使用する他、炉内温度低下時に

図3 重油削減量のグラフ

図4 昼間帯購入電力削減のグラフ

も使用する。

4. 運転の実施

4.1 試運転結果

連続6時間行った試運転の結果を表4にまとめる。この結果、設備最大能力時の燃料投入量において、主蒸気圧力、主蒸気温度、主蒸気流量が目標値を満足できることが確認されたので、連続運転に入った。

5. エネルギーコスト削減結果

連続運転を約1年間実施した結果、10号ボイラによるエネルギーコストの削減効果は以下のとおりである。

5.1 C重油使用量の削減

10号ボイラ建設前の01年と操業開始した02年の工場全体のC重油使用量の差を図3に示す。10号ボイラ建設前後で約11%以上削減できており前述した計画時の目標をクリアできている。

5.2 購入電力の削減

当社では電力会社と時間帯別契約をしており、コス

トの高い昼間帯の購入電力は極力減らし、安価な夜間電力を積極的に購入している。したがって昼間帯での購入電力量の削減が10号ボイラの効果となって表れる。10号ボイラ建設前の01年と操業開始した02年の昼間帯購入電力の差を図4に示す。

6. 連続運転後のトラブル

連続運転を実施した結果、「毎時4.17トンの木屑の処理」と、「毎時45トンの蒸気を重油を使わずに安定的に発生させる」という目標値をクリアすることが出来なかった。それは主に、以下のトラブルが原因となっていた。

6.1 1系燃料供給コンベヤー突発停止

ペーパースラッジ系燃料を運搬する、1系燃料供給コンベヤーには、古紙工程で発生するパルパー粕やラガー粕などの紐状の物や、ペーパースラッジに含まれる砂状の物などが混入してくる。それらが原因となりコンベヤーチェーンの摩耗を発生させ、伸びたチェーンがガイドに引っ掛かり突発停止を発生させた。

図 5 1系燃料供給コンベヤー突発停止時のグラフ

写真 3 駒詰したチェーン

写真 5 破損したチェーン

写真 4 ピンの磨耗

1系燃料供給コンベヤー停止中は蒸気温度が低下してしまうため、補助燃料であるC重油を燃焼させ蒸気温度低下を防ぐ必要があった(図5)。

運転当初はチェーンの初期摩耗と判断していたが、

運転開始後3ヶ月余りでチェーンの張り代が無くなるまで伸びたため、チェーンの駒詰を行った。外したチェーンの伸び率を測定した結果1.4%で、伸び限度の2%に近い値であった。ピン及びブッシュの分解点検を実施したところ、異常摩耗であることが判明した(写真3,写真4)。

6.2 燃焼室出口ガス温度の低下

ダイオキシンの発生を抑制するためには、燃焼室にて800(°C)以上、滞留時間2秒以上が義務付けられている。

しかし運転開始後、燃焼室出口ガス温度が低下する事態が何度か発生した。そのような場合は、補助燃料であるC重油を燃焼させ燃焼室出口ガス温度800(°C)以上を保つ必要があった(図6)。

図 6 燃烧室出口ガス温度低下時のグラフ

写真 6 金属異物

写真 7 1系燃料供給コンベヤー
(フライト部とホイール部)

6.3 2系燃料投入装置突発停止

木屑燃料を投入する2系燃料投入装置の突発停止が発生した。2系燃料の供給停止は1系燃料のそれと違い、発熱量が高いため急激な蒸気量の低下を招くこととなる。発生した原因は、木屑中に含まれる金属異物がチェーンに挟まったためであった。しかし、チェーンとローターの隙間に挟まった金属が原因でチェーンの破損にまで発展するトラブルが発生したため、早急な対策を取る必要があった(写真5,写真6)。

7. トラブル対策

7.1 1系燃料供給コンベヤー突発停止対策

コンベヤーの突発停止を発生させているのは、ピン及びブッシュの摩耗によるチェーンの伸びが原因であることが分かった。そこで、どうすればチェーンが伸びなくなるのかを検討した。

その結果、コンベヤーのフライト部改造と給油装置の改善が対策となると考え実施することとした。あわせてチェーン自体も耐摩耗性の高い物へ変更した(写真7,写真8)。

7.2 燃烧室出口ガス温度の低下対策

安定的に燃烧室出口ガス温度を800℃以上に保つために、以下の2つの対策を実施することとした。

7.2.1 燃烧の改善

燃烧を良くするために、乾燥ゾーンである摺動ストーカーに空気口を開け、燃烧を促進する工事を施工した。

図 7 対策後の燃焼室出口ガス温度と重油使用量のグラフ

写真 8 給油装置

7.2.2 燃焼室内の熱吸収緩和

燃焼室の水冷壁による熱吸収を抑え燃焼室内の温度を高温に保つように、従来 50 mm の厚みであった耐火材を 100 mm に変更する工事を施工した。

7.2.3 2系燃料投入装置突発停止対策

即ち、木屑燃料は木材業者から受け入れ、そのまま焼却処理している。このため、木材業者の工程で混入した金属異物は取り除くことが出来ない。

よって工程調査も兼ねて、各業者を訪問し当社の工程上の問題を説明した。また、各業者の工程を見学し何処で金属が混入するのかを調査した。この結果、明らかに異常な大きさの金属異物はトラックへの積み込み段階で混入するのでは？との仮説に沿って、各業者に選別作業の徹底を図ってもらい対策とした。鹵止めとして、今後も定期的に業者訪問を実施していくこととした。

8. 対策実施効果

8.1 1系燃料供給コンベヤー突発停止対策の効果

1系供給コンベヤーのフライト上部を 20 mm 短くし、ホイル部とフライト部を広げた。この結果、フライト部に引っ掛かった紐状の物で発生する引っ張り応力は解消された。しかし、新たに設置した給油装置がペーパースラッジにより詰りを発生させ機能しなかった。現在、突発停止を発生させない応急対策として定期的なチェーンの張り増しを行っている。

8.2 燃焼室出口温度の低下対策の効果

対策として行った燃焼の改善と燃焼室内の熱吸収緩和の効果で、重油の使用が無くても燃焼室出口温度が低下する事はなくなり、ベースも約 20°C ほど高くなった (図 7)。

8.3 2系燃料投入装置突発停止対策の効果

対策の結果、大型の金属異物の混入や復旧に時間を要すトラブルは解消された。その結果、「木屑」を月間 3,000 トン安定的に処理するという目標も達成された。

9. 今後の課題

目標値である「木屑の月間 3,000 トン処理」と「エネルギーコストの削減」(10 号ボイラーで毎時 45 トンの蒸気を重油を使わずに安定的に発生させる)は達成する事が出来た。今後は、対策効果が出ていない 1系燃料供給コンベヤーのチェーン摩耗について更なる改善を実施し、突発トラブルのない設備を目指していきたい。

10. おわりに

バイオマスエネルギーを利用した本設備は、化石燃料からの転換という地球規模の環境目標に少なからず貢献出来たと考えている。しかし、未だ重油などの化石燃料に依存した操作を行っている現状を考えると、

更なる改善が必要である。エネルギー多消費産業である紙パルプ産業は古くから「黒液」などのバイオマスエネルギーを活用してきた実績がある。こうした努力と改善を今後も継続的に実行し未来ある産業にしていきたい。

ラッジ等の廃棄物が発生する。これら廃棄物を流動層方式の#1スラッジボイラー（以下#1SLB）にて燃焼することにより廃棄物削減、化石燃料代替によるエネルギーの有効利用及びコストダウンを積極的に進めて来た。

ここに#1SLBでのスラッジ、パーク及びRPFの導入経緯及び導入時における問題点とその対策方法並びに廃棄物の有効利用方法について紹介する。

（本文 80 ページ）

スラッジ固形燃料化設備について

日本製紙株式会社 勇払工場工務部 土田 直道

日本製紙(株)勇払工場は、KP・TMP及びDIPの原料設備と5台の抄紙機で新聞紙、上質紙、コート紙、カップ原紙などを年間約30万トン生産している。これらの各工程から発生する排水は、クラリファイヤーを経由し放流される。排水スラッジ発生量は設備計画当時に絶乾7,600トンであった。廃棄物の削減及び有効利用する対策として排水スラッジの固形燃料化設備を2000年10月に設置し、操業開始した。従来排水スラッジは低位発熱量が低く燃料とはみなされていなかったが、場内で発生する廃パレットを解体した木片や紙管片等を混合し成形することにより固形燃料化できた。当工場では、この固形燃料を流動床式石炭ボイラーにて燃焼し、発電することによりサーマルリサイクルを達成するとともに最終処分量も大幅に削減できた。本報では、排水スラッジ固形燃料化設備の概要について報告する。

（本文 84 ページ）

ペーパースラッジ・木屑混焼ボイラーの操業 —地域への貢献・化石燃料からの転換・エネルギーコストの削減—

東海パルプ株式会社 島田工場原動部動力課 平川 弘行

当社では、包装容器リサイクル法の施工等、強化される環境改善への社会的動向に鑑み、未利用資源の有効利用の観点から、製紙原料の古紙利用率のアップや、再生紙の用途拡大に努力してきた。しかし、これらの取り組みは、都市ゴミ発生の削減に少なからず貢献すると同時に、工場内にて発生するペーパースラッジやバルバー粕、スクリーン粕など、いわゆる「産業廃棄物」の排出量増大を引き起こすこととなった。

こうした事業活動によって発生する産業廃棄物を焼却処分するために、当社では4基の施設を保有していたが、設備の高効率化、老朽化及び熱回収に対応する必要がある、ペーパースラッジ・木屑混焼ボイラーの建設を計画した。

本報告は、今回新設したペーパースラッジ・木屑混焼ボイラーの操業経験を報告するものである。

（本文 90 ページ）

PS 焼却炉改造と運転経験

大昭和製紙株式会社 岩沼工場工務部動力課 鈴木 裕、菅野 義照

当工場の焼却炉は、ペーパースラッジ（PS）と古紙パルプ（DIP）工程で発生するDIP粕を、補助燃料を使わずに焼却処理している設備である。