U 621.181.6 : 621.311.22 : 676.088.002.4

製紙スラッジを利用した複合ボイラー システム採用の発電プラント

丸住製紙(株)大江工場 久保田 憲 一

Power Plant with Complex Boiler System Utilizing Paper and Pulp Sludge

Kenichi Kubota

We have bark, chip, sludge and miscellaneous trash etc, as the industrial waste matters in the paper and pulp mills.

Up to the present in this company slag was incinerated and the others were burnt to generate low pressure's steam.

This time, the power plant was set up in the Ōe mill, which adopts the complex boiler system utilizing these waste matters as fuels in the purpose of saving energy and decreasing pollution.

This plant has followed the normal course for about one year, since the trial run of it. I want to introduce here the outline of the equipment and operation.

1. はじめに

紙・パルプ工場では、産業廃棄物としてパーク、チップダスト、スラッジ、雑ゴミ等がある。今まで当社ではパーク、ダスト、雑ゴミはパークボイラーで燃焼して低圧蒸気を発生させ、スラッジは焼却処理をしていた。

今回大江工場において、これらを燃料として考え、燃焼、高圧蒸気の発生、発電と省エネルギー・低公害化を目的とした複合ボイラーシステムを採用し、発電プラントを設置した。

本プラントは、運転開始以来順調に稼動して1カ年を経過した。以下その概要と運転実績を紹介する。

2. 発電所の設備仕様

表1、2の通りである。

3. システムの特徴

当社大江工場の特色は、一缶・一抄紙機の単一工場であるために、工場側の負荷変動がすべてボイラー、タービンの負荷に影響を及ぼす、という運転の難かしさを抱えている。安定した運転と負荷変動に対応でき、

写真 1 発電プラント外観

1連続操作が可能となることを前提とし、本プラントの計画に充分考慮した。

スラッジは安定燃焼、脱臭のできる流動焼却炉を、またパーク、雑ゴミ等に石、鉄片が混入したものの燃焼と流動炉の燃焼ガスの熱回収をするためストーカボイラーを採用した。なお、燃焼ガス中に含まれているHClによる高温腐食の防止のためストーカボイラーは高圧飽和ボイラーとした。

3.1 スラッジ燃焼に流動炉の採用

製紙スラッジは水分が多いため、従来は投棄又は重

表 1 ボ イ ラ ー 設 備

	型 式	蒸 気 条 件			燃 焼 方 式	燃 料	備 考
		蒸発量 (t/h)	蒸気圧力 (kg/cm ² g)	蒸気温度 (°C)			
1号重油ボイラー	単胴放射形	107	103	500	タンゼンシャル ファイアリング	C 重 油 (N分—0.24%)	NO _x 150 ppm OFA+GM
2号ストーカ ボイラー	二胴水管式	32	112	飽和	往 復 動 式 ス ト ー カ ー	ダ ス ト バ ー ク 雑 ゴ ミ	NO _x 150 ppm
スラッジ焼却炉	流 動 床 炉	—	—	—	流 動 床	汚 泥	—
3号重油ボイラー	単胴放射形	170	103	500	タンゼンシャル ファイアリング	C 重 油 (N分—0.24%)	NO _x 118 ppm OFA+GM + PMパーナー

表 2 タ ー ビ ン 設 備

	型 式	出 力 (kW)	蒸 気 条 件					回 転 速 度 タービン/発電機
			入口圧力 (kg/cm ² g)	入口温度 (°C)	抽気圧力 (kg/cm ² g)	混気圧力 (kg/cm ² g)	排気圧力 (kg/cm ² g)	
1号タービン	単筒抽気背圧 減速機付	14,500	99	497	6.5	—	3.8	7,033/3,600
2号タービン	単筒混圧復水	39,000	99	497	—	3.5	—	3,600/3,600

油助燃によって焼却されていた。種類は初沈、凝沈、活性と多く、焼却方法も違っていた。しかし、この難燃性物質を約 700℃ で流動している砂の中に投入すると、スラッジの燃焼と同時に臭気成分も燃焼する。流動媒体の熱容量が大きいので、スラッジの性状及び水分の変動に対しフレキシブルで、常に安定した燃焼ができる等を主眼として、流動床炉を採用した。

3.2 パーク、チップダスト、雑ゴミ燃焼にストーカボイラーの採用

パーク、チップダスト、雑ゴミの燃焼には、移動火格子、スプレッダー、浮遊などの燃焼装置が考えられる。石まじりで大きさが、数 cm から 2 m 位までのばらつきのあるパーク、水分が変動し、細かく軽いダストや石、鉄片等が混入している雑ゴミ、幅広い燃料を

無選別に投入しても燃焼でき、燃焼時間を簡単に調整できる駆動機構で、物がつまりにくく、焼損の少ないストーカーを採用した。

3.3 高温腐食防止のためにストーカボイラーは飽和蒸気ボイラーを採用

流動床炉からの混入排ガス及びストーカボイラーの燃焼排ガス混合ガスには、高温腐食の原因となる HCl が含まれている。その対策としてストーカボイラーは発電用重油ボイラーと同圧力の飽和蒸気ボイラーとした。発生蒸気は発電用重油ボイラーに導き、発電用重油ボイラー発生蒸気と共に、ここで 103 kg/cm²・500℃ の過熱蒸気にするシステムを採用することで、高温腐食の発生防止に配慮した。

図1 スラッジのフロー線図

図2 ストカー構造略図

3.4 ストカーボイラーが休転しても蒸気を安定供給できる重油ボイラー

ストカーボイラーからの飽和蒸気は重油ボイラーの発生蒸気と混合し、重油ボイラーの過熱器で500℃まで過熱して蒸気タービンへ送気する。ストカーボイラーと重油ボイラーとを分けることによって、ストカーボイラーの修理で停止した場合でも、工場の必要蒸気、電力が確保できるようにした。

3.5 抄紙機に紙切れがあっても出力一定運転可能な発電設備

1号タービンの抽気蒸気・排気蒸気は、ほとんど抄紙機で使用する。抄紙機が紙切れを起こした場合、排気蒸気は急激に減少するために、一般的には排気圧高で大気放出をさせ、必要電力を確保しなければならない。しかし、本プラントでは、同時に設置した2号タービンの2段ブリードにこの余剰蒸気を導き発電し、電力の安定供給と省エネを行っている。

4. 複合ボイラー発電システムのフロー

フィルタプレスを出たスラッジは、破碎機を通り

小さく碎かれ、スクリュープレスのスラッジと一緒に貯溜槽に入る。貯溜槽にはダンパー・エプロンフィーダーを設けており、必要量切り出され、メリックで計量し流動炉に供給される。

図1に示す経路でA₁フィーダーよりB₂フィーダーまで必要量分配する。各フィーダーでは炉内の状態を見ながら適当量投入する。流動炉では16本の助燃用重油バーナーが入っており、砂の温度が約700℃になるようにしている。その中にスラッジが入り燃焼し、流動炉出口温度は約900℃になりストカーボイラーの燃焼室に入る。

ストカーボイラーにはスキップホイス特有あり、この中にパーク、ダスト、雑ゴミ、スラッジを投入し、ホッパーまで持ち上げる。余剰のダストはダストサイロへ入れ、必要量切り出され、ベルトコンベヤでホッパーに入れる。

ホッパー内には、炉内ガスが吹き出さない程度に燃料を入れている。これは通常運転の6時間分である。ホッパー下部にはフィーダーがあり、これでホッパー内部の物を炉内に送る(図2)。

表 3 公 害 防 止 設 備

1 電気集じん機

	型 式	処理ガス量 (Nm ³ /h)	処理ガス温度 (°C)	出口ばいじん量 (g/Nm ³)	集じん効率 (%)
1, 2号ボイラー E P	乾 式 横 型	136,000	161	0.05	99.0
3 号 ボ イ ラ ー E P	乾 式 横 型	165,000	160	0.05	80.0

2 排煙脱硫装置

	型 式	排ガス量 (Nm ³ /h)	排ガス温度 (°C)	脱硫効率 (%)	酸 化 率 (%)
1, 2号ボイラー排脱	湿式マグネシウム吸収法	161,000	68	90.5	83
3 号 ボ イ ラ ー 排 脱	湿式マグネシウム吸収法	175,000	68	91.0	83

3 煙 突

	型 式	高 さ (m)	外筒材質	内筒材質	頂 部 径 (m)	備 考
発電ボイラー用	R C 内筒式	185	R C	F R P	φ 2.8	内筒を 2 本増設可能

フィーダーの往復する回数を調整し、燃料投入量を加減している。炉内にはステップグレードストカーがあり、その上に燃料を投入する。ステップグレードストカーは、一列おきにストカーが往復運動し、ストカー上の物を移動さす。この時燃料はほぐされ、攪拌されながら燃焼する。大きい物や燃えにくい物が入ると、フィーダー、ストカーの往復する回数を減らせば充分焼却できる。

燃焼室では、ストーカーボイラーで燃焼したガスと、流動炉から出るガスが一緒になりボイラーバンクに入る。バンクを出たガスは、節炭器、空気予熱器を通り、1号ボイラーの排ガスと一緒に電気集じん機に入る。電気集じん機でばいじんを除去されたガスは、排煙脱硫装置で硫酸酸化物を吸収除去され、185 m の高煙突より大気に排出される（表 3・1, 2, 3）。

ボイラー給水は低圧給水加熱器、高圧給水加熱器を通り、重油ボイラー、スラッジボイラーに分かれて給水する。スラッジボイラーを出た 114 kg/cm² の飽和蒸気は、重油ボイラーの汽水ドラムに入り、重油ボイラーで発生した飽和蒸気と一緒に過熱器に入る。500 °C に過熱された蒸気は1号タービンに入り、抽気 6.5 kg/cm²・排気 3.8 kg/cm² として取り出し、中圧蒸気、

低圧蒸気として工場に送る（図 3）。

5. 運転の実績

54 年末に運転を開始以来、1 カ年余りを経過した。スラッジの水分量は当初の計画が 70% に対して、実績では 65% 位まで脱水が可能となったため、流動床炉の重油助燃量も少なく安定した運転ができています。ストーカーボイラーにおいても、ストカーの摩耗、焼損による事故もなく順調である。

5.1 脱水率向上による重油の減少

スラッジの水分が 70% から 65% に脱水率が向上したため、流動床炉内で乾燥予熱に必要な重油助燃量が減少できた。水分が多いとベッド温度が低下するために、最低温度 (600°C) を設定してベッド温度を一定に保つように、重油の助燃量を制御している。

5.2 流動砂の減少対策

当社川之江工場では 11 t/月 BD の流動焼却炉を運転している。流動砂については造粒により 1~2 t/月程度抜き出しているが、本プラントでは川之江工場と比べて、活性スラッジだけでなく、初沈・凝沈・活性スラッジを混焼している。このため無機質が多く、より造粒するものと考えていた。しかし、現実には 20 t/

図 3 複合燃料を使用した複合ボイラー発電システムフロー

月の流動砂を投入した。建設時流動砂は珪砂 4 号・5 号を 50% ずつ入れて運転をしたが減少するので、下記に示す作業を行った。

- 1) 初期投入と同じで、粒径の小さい 5 号砂を取りやめる。
- 2) 粒径は同じで、産地の違う砂の投入。
- 3) 運転方法の見直し。
- 4) 粒径が小さく、耐火度、熱ショックの強い物に変更した。

今後も検討を加えて砂の減少を極力少なくして、5t/月程度までにしたいと考えている。

5.3 ストーカーの運転状態

パーク、チップダスト、雑ゴミ等は、川之江工場で燃やしていた物と、性状・成分共同じであり、想像していた小石、砂、番線などストーカーに害する物が多数あった。ステップグレードストーカーは最初の計画通り、この 1 年間砂や針金のかみ込みは全くなく問題を起こしていない。ビニールによるストーカーの焼損を恐れていたが、定検時の分解点検では異常が見られ

なかった。

5.4 蒸気及び発電

抄紙機が紙切れを起こした場合は、工場送気量の 80% が減少する。しかし、電力はほとんど変動しないために、減少による余剰蒸気を、2 号タービンの 2 段ブリードに混入して発電量を一定に保ち、大気放出を最小限で運転している。パルプ製造設備の蒸気使用量はわずかであるが、多くの電力を消費する。この設備の電力使用量は、工場全体の 60% 以上を占めており、負荷変動は 2 号タービンの出力と買電一定制御をかけて運用している。

6. あとがき

従来、脱硫後焼却あるいは埋立てられていたスラッジを、当社では発電プラントの熱源の一部として利用し、省石油型発電所を建設した。現在好調に稼働中であり、スラッジ燃焼に対して流動炉の採用が臭気などに対応でき、工場の安定操業も確保されているので、このシステムの採用は成功であったと考える。