

バイオマス発電設備 内部循環流動床ボイラ ー住友大阪セメント(株)栃木工場向けー

飯田 裕一* 宮武 健*
菅原 健司* 中村 雄一*

Biomass Power Plant for Sumitomo Osaka Cement Tochigi Factory

by Yuichi IIDA, Takeshi MIYATAKE, Kenji SUGAWARA, & Yuichi NAKAMURA

A resource and energy conserving, high-efficiency biomass power plant has been delivered to the Tochigi Factory of Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd. The main fuel for the boiler is wood chips. Coal and rubber tire chips are also used as supplements. Type of the boiler is ICFB (Internal Circulating Fluidized-bed Boiler), which maximum continuous rating is 105 t/h, while its rated power output is 25 MW. Its power generation efficiency is 32%, a high figure for biomass power plant. This high efficiency is achieved by: high-temperature, high-pressure steam conditions; the use of an in-bed superheater; the use of a high-pressure feed water heater; use of a water-cooled condenser. Following the commissioning, this power plant has been operating for 167 days since a scheduled inspection carried out in May, 2009. Usually a power output is 24 MW during daytime, and during the night, power output is controlled according to the factory load demand.

Keywords: Internal circulating fluidized-bed boiler, Biomass, Steam turbine, Generating power efficiency, Boiler efficiency, Wood chip, Renewable energy, In-bed super heater

1. はじめに

2008年10月から試運転を行ってきた住友大阪セメント(株)栃木工場向けバイオマス発電設備(写真1)は、2009年3月末に竣工した。



写真1 設備全景
Photo 1 General view

10-02 01/226



写真2 木質チップ
Photo 2 Wood chips

10-02 02/226

本設備は、木質チップ(写真2)を主燃料とし、最大25000 kW(25 MW)の発電を行って栃木工場に電力を供給する設備である。住友大阪セメントでは各工場に自家発電設備を設置しているが、再生可能なバイオマス燃料を主燃料とした発電設備はここ栃木工場が初めてである。石炭などの化石燃料の使用量を削減してCO₂発生量を抑制し、工場全体へ環境負荷の少ないクリーンな電力を供給して、地球温暖化防止に寄与している。

発電した電力は、栃木工場全体に供給するほか、余剰

* 荏原環境プラント(株)

電力は東京電力に売電を行っている。

本設備の中核をなすボイラは、当社独自の内部循環流動床ボイラ (ICFB) である。同型式のボイラのバイオマス燃料への適用実績としては、日本製紙(株)勿来工場向けをはじめとして6件目であり、本設備はその中でもボイラ規模としては最大クラス、発電出力は最大の設備である。

ここに本設備の概要及び特長を説明するとともに、運転状況を報告する。

2. 設備概要

2-1 設計仕様

燃 料	木質チップ+石炭+タイヤチップ
ボ イ ラ	内部循環流動床ボイラ (ICFB)
蒸気条件	6.4 MPa × 500℃
最大連続 (MCR) 蒸発量	105 t/h
蒸気タービン	3段抽気復水タービン (軸流排気型)
定格出力	25 000 kW (25 MW)

排ガス処理設備	石灰石炉内脱硫設備 尿素水噴霧脱硝設備 マルチサイクロン バグフィルタ
飛 灰 の 処 理	場内再利用 (セメント原料)
排水処理設備	凝集沈殿処理

2-2 工期

着工 2007年12月

竣工 2009年3月

2-3 保証条件

(1) 発電関連

発電端出力 25 000 kW (25 MW)

送電端出力 21 600 kW (21.6 MW)

発電端効率 32 %

(2) 公害関連項目

①排ガス

硫酸化合物 100 ppm 以下

窒素化合物 120 ppm 以下

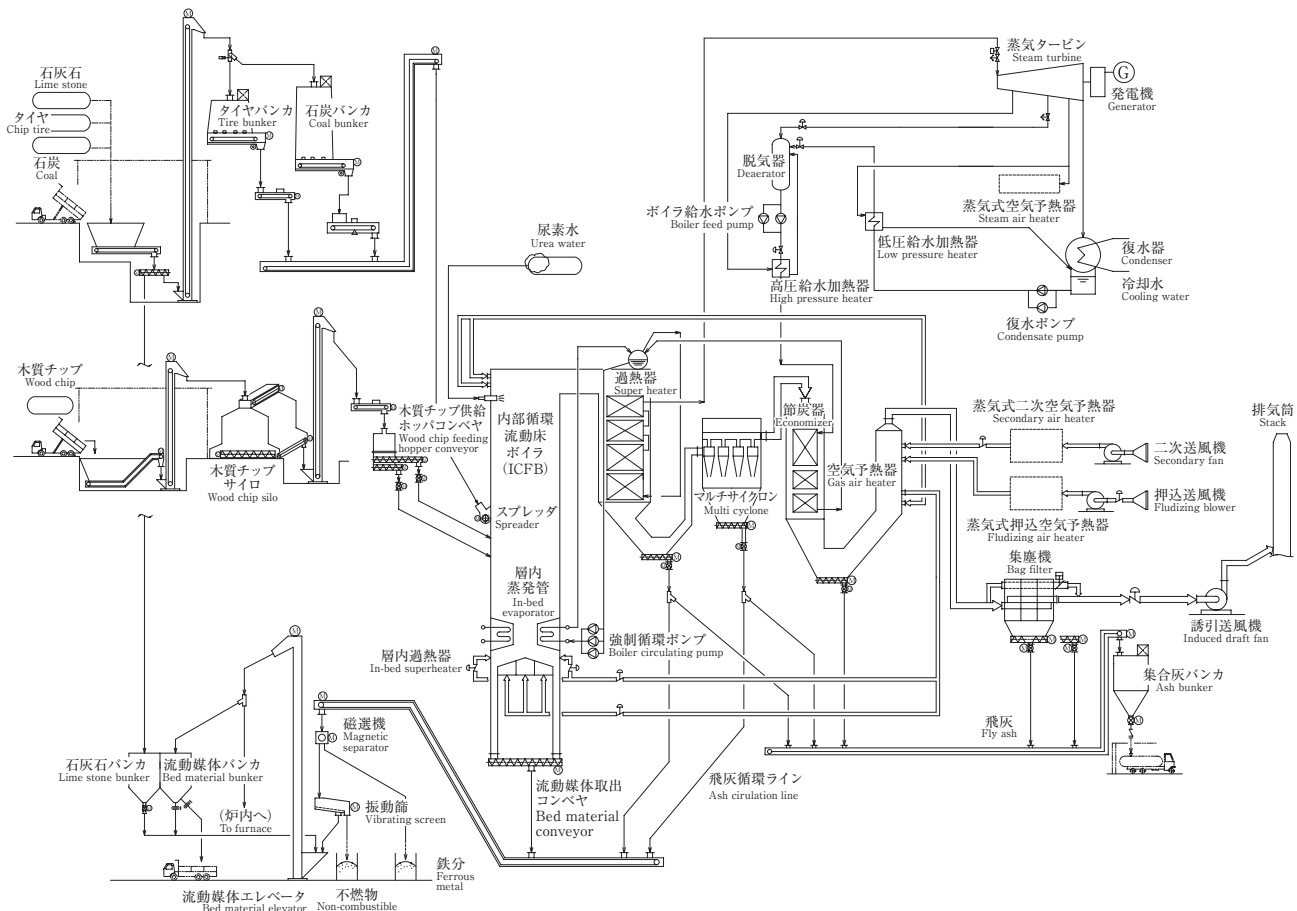


図1 プロセスフロー
Fig. 1 Flow sheet

- ばいじん 20 mg/m³ (NTP) 以下
- ②騒音
 - 昼間 70 dB (A) 以下
 - 朝・夕 65 dB (A) 以下
 - 夜間 60 dB (A) 以下
- ③振動
 - 昼間 65 dB以下
 - 夜間 60 dB以下

3. 本設備のプロセスフロー

本設備のプロセスフローを図1に示す。各設備の詳細について以下に説明する。

(1) 燃料受入供給設備

木質チップ・石炭・チップタイヤの各燃料は、それぞれ受入ホッパからサイロ・バンカに搬送され、貯留される。各サイロ・バンカの仕様は次のとおりである。

名 称：木質チップサイロ
 形 状：角形
 容 量：2800 m³
 払出方式：自走スクリー式

名 称：石炭バンカ
 形 状：丸形
 容 量：550 m³
 払出方式：ドラッグチェーン式

名 称：タイヤバンカ
 形 状：角形
 容 量：110 m³
 払出方式：ドラッグチェーン式

各燃料は、サイロ・バンカから切出されてボイラ架構上の供給ホッパに搬送され、ボイラマスター制御により蒸気圧力を一定に保つよう供給量を制御しつつ定量的に炉内へ投入される。

(2) ボイラ設備

ボイラの型式は、バイオマス発電用ボイラとして実績のあるICFB(図2, 写真3)を採用している。これは、当社独自の巡回流式流動床炉の技術をもとにしたもので、燃焼室の両側に熱回収室を設けてここに伝熱管(層内蒸発管)を設置し、流動媒体(珪砂)から直接熱回収を行っている。熱回収室に供給する空気量を調節することで熱回収量を任意に制御できる、負荷応答性に優れたボイラである。

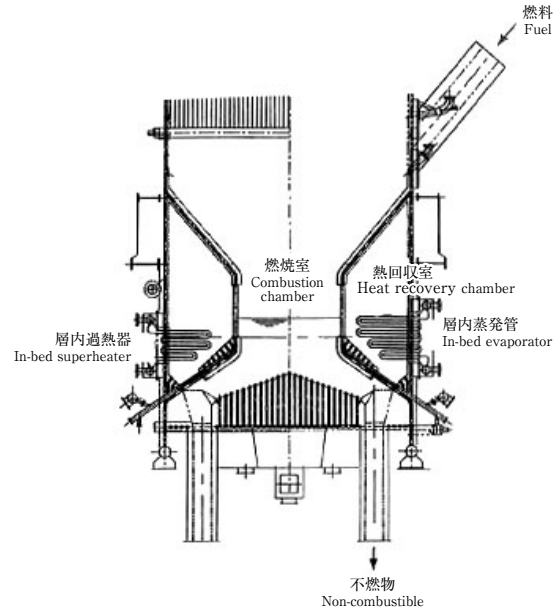


図2 ICFB構造図
 Fig. 2 Schematic drawing of ICFB

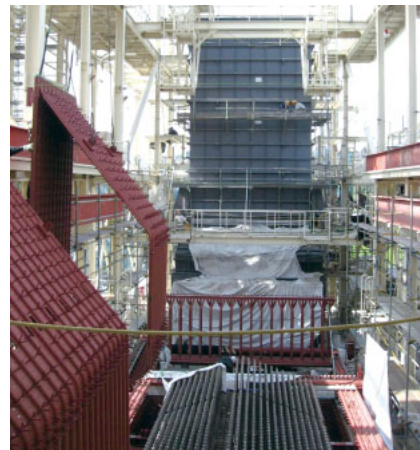


写真3 ボイラ(組立中)
 Photo 3 Boiler (assembling)

10-02 03/226



写真4 蒸気タービン
 Photo 4 Steam turbine

10-02 04/226

本設備のボイラは、後述する発電端効率の向上のために、従来よりも高温高压の蒸気条件の設計としている。

(3) 発電設備

ボイラで発生した蒸気のほぼ全量を蒸気タービン（写真4）に供給して発電を行っている。蒸気タービンは衝動式抽気復水タービンで3段の抽気を取り、1段目は高压給水加熱器、2段目は脱気器、3段目は低压給水加熱器及び空気予熱器へ給気している。

復水器は水冷式とし、排気真空度を夏場でも絶対圧力6 kPa程度の高真空に維持している。

(4) 排ガス処理設備

排ガス処理設備として、石灰石を流動媒体とともに炉内へ供給している。炭酸カルシウムを主成分とする石灰石は炉内で熱分解され、酸化カルシウム（生石灰）となり、排ガス中の硫黄酸化物と反応して脱硫を行う。

また、窒素酸化物の分解のために炉内に尿素水を噴霧し、脱硝を行う設備を設置している。

ボイラを出た排ガスは、マルチサイクロンで除塵される。ここで捕集された飛灰は、一定の割合でボイラに循環させており、未燃カーボンを再度燃焼させて石炭燃焼における燃焼効率の向上を図るとともに、生石灰も循環させることで炉内脱硫の効果を高めている。

排ガスは後段の空気予熱器で熱回収してからバグフィルタ式の集塵機で除塵し、クリーンな排ガスとして排気筒から大気放出される。

(5) 飛灰の処理

バグフィルタ等で捕集された飛灰は、顧客工場内のホッパに輸送し、セメント原料として再利用されている。

(6) 排水処理設備

ボイラブロー水等のプラント排水は、凝集沈殿処理を行い無害化してから顧客栃木工場のスプレーポンドに送水し、工場の冷却水として再利用している。

余剰水は河川へ放流される。

4. 本設備の特長

本設備の技術的目標は、バイオマス発電設備としては高効率発電となる発電端効率32%の達成であった。

そのための方策として、次の4項目の技術的対策を採用した。

4-1 ボイラ蒸気条件の高温高压化

従来のICFBの蒸気条件は、6 MPa × 460℃程度が多かった。これに対して、本設備ではタービン効率向上のためにボイラの過熱器を1次過熱器～4次過熱器の構成とし、蒸気条件を6.4 MPa × 500℃に高めた。

表 性能試験時運転データ
Table Operation data of performance test

項目 Items	単位 Units	計画値 Design points	性能試験 Test results (09.129 15:00-17:00)
燃料消費量(木質チップ) Fuel consumption (Wood chips)	kg/h	13054	12120
燃料消費量(石炭) Fuel consumption (Coal)	kg/h	3467	5045
燃料消費量(チップタイヤ) Fuel consumption (Chipped tire)	kg/h	446	605
低位発熱量(W.B.)(木質チップ) Lower heating value (W.B.) (Wood chips)	kJ/kg	13973	11180
低位発熱量(W.B.)(石炭) Lower heating value (W.B.) (Coal)	kJ/kg	24306	22700
低位発熱量(W.B.)(チップタイヤ) Lower heating value (W.B.) (Chipped tire)	kJ/kg	31453	29850
混焼比率(木質チップ) Consumption (Wood chips)	%	65	50
混焼比率(石炭) Consumption (Coal)	%	30	43
混焼比率(チップタイヤ) Consumption (Chipped tire)	%	5	7
投入熱量 Heat supply	MJ/h	280700	268082
ボイラー効率 Boiler efficiency	%	90.0	89.4
炉床温度 Bed temperature	℃	750	752
節炭器出口 排ガス温度 Flue gas temperature at economizer outlet	℃	238	233
ボイラ出口O ₂ 濃度 O ₂ concentration at boiler outlet	%	4.7	3.8
排ガスO ₂ 濃度 O ₂ concentration at stack	%	5.2	5.2
煙突出口 排ガス量(D.B.) Exhaust gas flow rate (D.B.)	m ³ /h (NTP)	96060	95200
煙突出口 排ガス量(W.B.) Exhaust gas flow rate (W.B.)	m ³ /h (NTP)	108410	111000
ボイラー出口主蒸気流量 Steam flow rate at boiler outlet	t/h	102.2	101.7
ボイラー出口蒸気圧力 Steam pressure at boiler outlet	MPa (ゲージ圧力)	6.40	6.40
ボイラ出口蒸気温度 Steam temperature at boiler outlet	℃	500	491
タービン入口主蒸気流量 Steam flow rate at turbine inlet	t/h	102.2	100.3
タービン入口蒸気圧力 Steam pressure at turbine inlet	MPa (ゲージ圧力)	6.11	6.25
タービン入口蒸気温度 Steam temperature at turbine inlet	℃	497	493
発電機端出力 Generating power output	kW	25000	24800
発電端効率 Generating power efficiency	%	32	31.5

4-2 層内過熱器の設置

本設備では前述の蒸気高温化のために炉内の熱回収室に層内蒸発器に加えて層内過熱器を設置した。これにより、60%の低負荷においても、蒸気温度は定格の500℃を維持できるものとした。

層内過熱器は、廃棄物石炭混焼燃ICFBで既に実績があるが、バイオマス対象のICFBでは初めて設置された。

4-3 高圧給水加熱器の設置

蒸気タービンは3段抽気のタービンを採用し、第1段抽気は高圧給水加熱器へ、第2段抽気は脱気器へ、第3段抽気は低圧給水加熱器へそれぞれ給気して、復水器への蒸気量を低減してヒートロスを削減することで発電端効率を改善した。

4-4 水冷式復水器の採用

水冷式復水器を採用してタービンの排気真空度を夏場でも絶対圧力6 kPaと高真空を維持し、タービンの熱落差を大きくとって発電出力を高めている。

5. 運転状況

性能試験は2009年1月29日に実施し、性能値、環境値とも計画値及び保証値を満足した。性能試験の結果を表に示す。

表中のボイラー効率は計画値90%に対して若干下回った数値となっているが、これは主燃料である木質チップの水分が性能試験時は計画値より多く、排ガスの熱損失が増加しているためである。

このため発電端効率、発電端出力、送電端出力も計画値に対してやや下回った数値となっているがプラント性

能は満足している。

排ガス・排水の試験結果はいずれも保証値を満足した。

騒音・振動に関しては、防音壁設置等の対策を行い、保証値を満足した。

現在の運転状況は、2009年5月に中間点検を行って5月31日に立上げ、2010年1月の1年目年次点検まで7箇月間の連続運転の予定であり、11月13日現在167日間の連続運転を継続中である。

通常の運転は、昼間は定格負荷に近い24 MWで発電を行って積極的に売電を行い、夜間は工場の負荷に合わせて15～20 MW程度の発電負荷で運転を行っている。

6. あとがき

本設備は、試運転の初期には一部の機器でバイオマス特有のマテハントラブルが発生したが、その後の改善対策により、要求性能を満足して工程通りに顧客に引渡すことができ、以降順調に運転が行われている。

燃料である木質チップの一部には栃木県下の林地残材も活用され、廃材の有効利用と低炭素化社会の実現に貢献している。

今後の課題としては、2010年1月の初年度年次点検において、ボイラーをはじめ各機器の経年変化の状況を確認し、顧客と協力しながら長期安定運転に向けた適切なメンテナンスサイクルの確立に努めていきたい。

最後に、本設備の建設にあたり、多大な御指導・御協力をいただいた住友大阪セメント(株)の関係各位に、深く感謝の意を表する。