

MHPS グループのバイオマス焚き流動床ボイラの実缶運転実績

Operating Results of Biomass Fuel Fired Bubbling Fluidized Bed Boiler



横式 龍夫*¹
Tatsuo Yokoshiki

坂井 俊之*²
Toshiyuki Sakai

永富 学*³
Manabu Nagatomi

横山 康*⁴
Yasushi Yokoyama

出井 貴士*⁵
Takashi Idei

佐々木 通充*⁶
Yukimitsu Sasaki

近年、再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT) を利用した各種木質バイオマスを燃料とする火力発電設備が計画、運転されている。本報は、MHPS グループのバイオマス焚き火力発電設備のうち、先般納入した 20MW クラスの気泡型流動床ボイラ (BFB ボイラ) の特徴及び試運転結果について紹介する。本ボイラは、木質バイオマス (チップ) 専焼且つ高蒸気条件の気泡型流動床ボイラであり、計画性能を十分に満足するとともに、優れた環境特性を持ち、更なる運転性能向上も可能であることを確認した。

1. はじめに

2012 年 7 月 1 日に開始された再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT) や、温室効果ガス排出量低減のニーズから、木質バイオマスを燃料とした専焼、混焼の火力発電設備 (ボイラプラント) が計画、運転されている。

MHPS グループ (三菱日立パワーシステムズ (株)、三菱日立パワーシステムズインダストリー (株)) のバイオマス焚き火力発電設備 (ボイラプラント) は、お客様のご要望に応えるべく、各種バイオマス燃料 (木質チップ、ペレット) を適用可能で、発電容量のラインナップを揃えている。このうち、20MW 未満 (20MW クラス、7MW クラス、2MW クラス) の一般木材バイオマス燃料や間伐材等由来の木質バイオマス燃料による発電に対しては、現状、2017 年 9 月以降も比較的高い買取価格であり、調達価格、燃料集荷性、立地性などから、今後も事業成立性、事業採算性が高い出力レンジであると予想される。

この出力レンジのバイオマス燃料は、主にチップ状のものが多いことから、MHPS グループでは、それらバイオマスチップの燃焼に優れ、環境特性も良好な気泡型流動床型を適用している。

本報は、(株)エフオン (旧 (株)ファーストエスコ) へ納入した 18MW バイオマス焚き気泡流動床ボイラの実缶実績について報告する。

*1 三菱日立パワーシステムズ (株) エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ戦略部 主幹技師

*2 三菱日立パワーシステムズ (株) エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ技術部 課長

*3 三菱日立パワーシステムズ (株) エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ技術部 主席技師

*4 三菱日立パワーシステムズ (株) エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ戦略部 主席技師 技術士 (機械部門、総合技術監理部門)

*5 三菱日立パワーシステムズ (株) エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ戦略部

*6 三菱日立パワーシステムズ (株) エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ技術部

2. バイオマス焚き流動床ボイラの計画概要

当該流動床ボイラの計画燃料であるバイオマス燃料性状の特徴、及び、ボイラ(本体)の特徴とボイラプラント設備(全体)の仕様、設備概要を以下に述べる。

2.1 バイオマス燃料の特徴

本ボイラは、木質チップを主燃料としており、その計画性状を、表1に示す。一般的に木質チップは、木質ペレット等と比較して水分量が多い傾向があり、また一概に木質チップといっても、樹種、原料(間伐材、製材端材)の乾燥程度や保管状態などにより、燃料中の水分は大きく異なる。

燃料中水分量の変動は、出力変動や燃焼性の悪化の要因になるが、本ボイラでは、燃料中の全水分が、30~50%の範囲で変化しても、計画性能(出力、環境値)を達成可能なように、ボイラ本体を始め、各種ファン、環境装置などを計画しており、幅広い燃料中の全水分に対応した仕様になっている。

尚、供給される木質チップの大きさは、50mm 以下で計画した。

表1 木質チップの燃料性状

		設計燃料	
全水分		wt%	43.3 変化幅:30~50
低位発熱量(使用時)		kJ/kg	9 100
使用時組成	炭素	wt%	25.6
	水素	wt%	3.4
	窒素	wt%	0.4
	酸素	wt%	23.5
	硫黄	wt%	0.02
	塩素	wt%	0.02
	灰分	wt%	3.9
	水分	wt%	43.3

2.2 バイオマス焚き流動床ボイラの特徴

当該ボイラは気泡型流動床方式を採用した。表2にボイラ主要目、図1にボイラ組立図を示す。

表2 ボイラ計画主要目

発電出力	MW	18
ボイラ形式	—	単胴自立型自然循環形式
蒸発量	kg/h	75
主蒸気圧力	MPag	10.3
主蒸気温度	℃	505
燃焼方式	—	気泡型流動床方式
通風方式	—	平衡通風
燃料	—	木質チップ



図1 ボイラ組立図

計画木質バイオマス燃料の水分は 30%~50%と、木質バイオマス一般性状の中で比較的高い値であるが、本ボイラでは、火炉(流動床)、耐火材仕様、各伝熱面の配置、通風系統などを調整し、層内燃焼(温度)を十分に確保できる仕様とした。

流動床燃焼方式は、廃棄物とバイオマス混焼の流動床ボイラで優れた環境特性の実績を持つMHPSのM-STAR1(当社登録商標)を採用した。M-STARでは、砂層(床)を流動させる1次空気

を火炉底に設置した空気ノズルにより供給，2次空気を流動層上部(フリーボード部)の火炉側壁より供給する。また，この1次空気，2次空気の供給量のバランスを調整することで，燃焼性を確保しつつ各種環境値の最適化(例えば低 NOx 化)を計り，バイオマス燃料性状の変化(水分変化)にも対応するシステムである。今回，2次空気投入ポートを，先行機の実績やシミュレーション結果を反映し，最適配置することで，従来よりも更に高い環境性能を発揮できることを確認した。

また，燃焼排ガスの再循環システムを採用することで，流動床ボイラの燃焼性(層内温度)の適正化と流動安定性の両立，また，環境特性の最適化を図っている。

火炉底部は傾斜を設け，すり鉢形状とすることで，燃料に含まれる異物(石等)を，火炉底部より流動材(砂)と一緒に，円滑に炉外へ排出でき，長期間の連続操業に寄与している。

2.3 ボイラプラントの構成

図2に流動床ボイラプラント全体系統図を示す。ボイラ本体以外の周辺機器としては，通風設備(通風機及び空気予熱器)，環境装置(バグフィルタ，灰処理装置)，燃料供給設備を設置する。

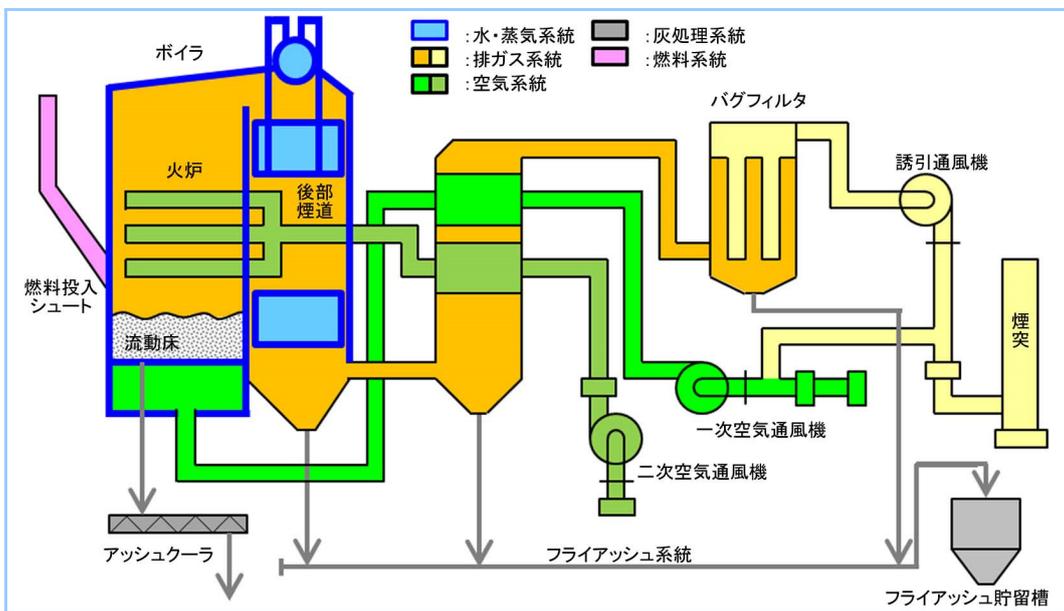


図2 ボイラプラント系統図

3. バイオマス焚き流動床ボイラの運転結果

2016年6月に火入れ後，各種調整運転(試運転)を，また8月に性能確認試験を行い，お客様へ引渡しを完了した。

表3に，ボイラ性能主要性能値を示す。性能確認試験においては，ボイラ蒸発量，環境値(NOx, SOx, HCl, 煤塵, K 値)共に，計画値を十分に達成する値を安定して示した。

表3 ボイラ主要性能

			計画値	性能確認実績
ボイラ最大蒸発量		kg/h	75 000	76 058
環境値	NOx	ppm (O ₂ =6%dry)	150 以下	70
	SOx	ppm (O ₂ =6%dry)	50 以下	< 5
	HCl	mg/m ³ N (O ₂ =6%dry)	60 以下	< 11
	煤塵	mg/m ³ N (O ₂ =6%dry)	30 以下	< 2
	K 値	—	3 以下	< 0.1

図3に性能確認試験時の時間トレンドを示す。試験を通じて，主蒸気流量や主蒸気圧力，主蒸気温度，層内温度，環境値など種々パラメータの推移より，安定した運転が達成できることを確認した。

NO_x 値については試験を通じて計画値よりも非常に低く、且つ安定していた。また、排ガス O₂ 濃度は3~4%程度の範囲であり、先行機の実績と比較して低空気過剰率での運転を達成した。尚、O₂ 濃度には燃料中水分量や燃料供給量の変動等の要因により時間変化が認められたが、安定して運転継続が可能であることを確認した。

この低空気過剰率運転の達成より、今後プラント全体としての補機動力の低減、効率向上、プラント出力増強が可能であることが確認された。

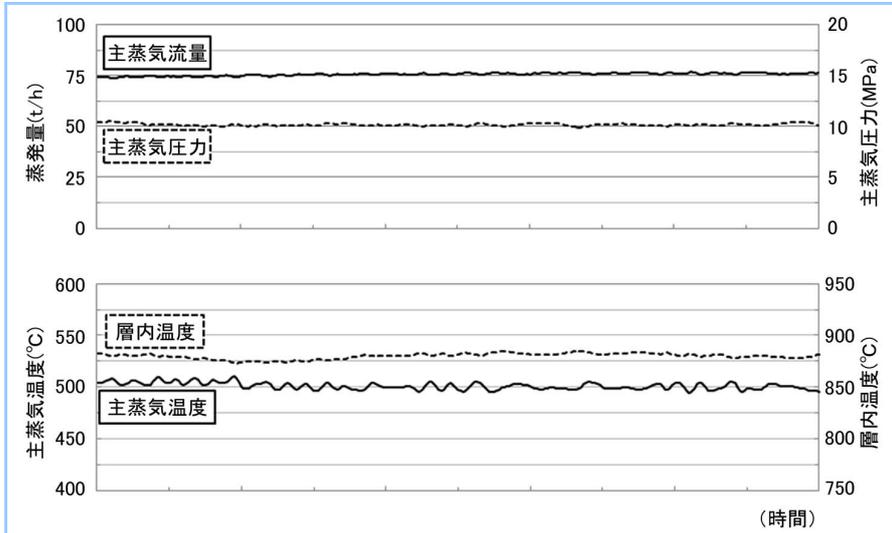


図3 性能確認試験時の時間トレンド

4. バイオマス焚き流動床ボイラの後部煙道伝熱面配置最適化

バイオマス燃料は、石炭に比べて一般的に灰中のアルカリ金属の割合が高く、後部煙道の伝熱面に燃焼灰が付着しやすい傾向がある。また、伝熱面への灰付着が顕著な場合、ガス流路の閉塞に伴うドラフトの増加や灰摩耗などが懸念されることから、燃料性状に応じた適正な伝面配置やスリーブブロウの運用計画などが必要となる。

MHPS グループでは、これまでに灰物性評価などの基礎試験やシミュレーションによる解析を通じて、灰付着のメカニズムを明確にしてきた。

そして、各種基礎試験やシミュレーションにより、灰付着メカニズムを想定し、燃料性状、ボイラ運転条件、スリーブブロウ(除灰装置)運用、過熱器管表面状況等をインプット条件とした灰付着速度予測システムを構築した。

現在、MHPS グループで経験したバイオマス専焼、及び廃棄物とバイオマス混焼ボイラの灰付着速度(実績)の調査及びデータの蓄積により、付着速度予測システムの妥当性を確認している(図4)。今後も、継続的に実績を反映し、本手法の精度を向上させ、伝熱面の配置計画やボイラ運用の最適化を図る。

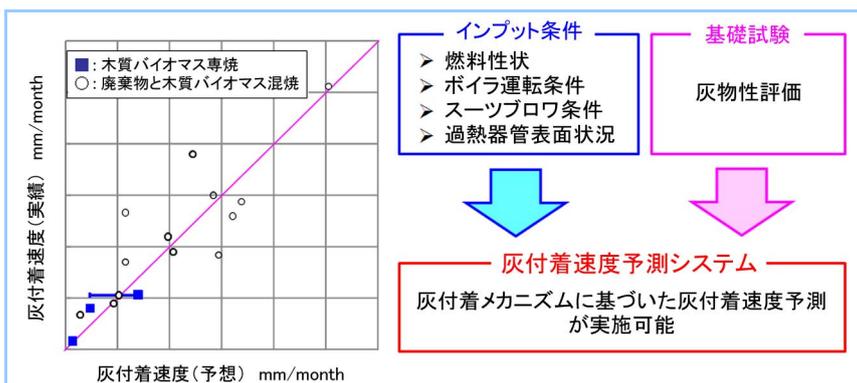


図4 後部煙道伝熱面における灰付着速度の予測システムの検証結果

5. まとめ

バイオマス専焼の気泡型流動床ボイラを、(株)エフオン向け 18MW バイオマス発電設備へ納入し、計画性能を十分に満足する結果を得た。

今後も引き続き、再生可能エネルギーの有効利用に最適な出力 (20MW クラス, 7MW クラス³⁾, 2MWクラス) で、各種木質チップ燃料に対応した地産地消型のボイラ発電プラント設備を日本国内各地へ納めることで、地球温暖化低減に努め、MHPS グループとして社会に貢献してゆく。

参考文献

- (1) 荒川善久ほか, ダイオキシン規制に適合した製紙スラッジだき流動床ボイラの計画と運転実績, 三菱重工技報 Vol.38No.2 (2001) P.80
- (2) 山田一二ほか, バイオマス焚き流動床ボイラの特徴と運転実績, 三菱重工技報 Vol.39No.3 (2002) P.144
- (3) 安藤友昭ほか, 流動層ボイラを適用したバイオマス発電設備, 火力原子力発電 Vol.68No.5 (May 2017) P.287