

〈研究発表〉

バイオマス発電プラントにおける燃焼ガス浄化によるCO₂の農業利用

松田由美¹⁾, 藤川宗治¹⁾, 佐藤和宏¹⁾, 花山勇一郎²⁾

¹⁾ (株)タクマ 研究部 研究2課
(〒660-0806 兵庫県尼崎市金楽寺町2-2-33 E-mail: ichiro.gakkai@eica.jp)

²⁾ (株)タクマ エネルギー技術2部1課
(〒660-0806 兵庫県尼崎市金楽寺町2-2-33)

概要

木質バイオマス由来のCO₂を植物の生育に利用することで、カーボンネガティブを実現する。当社は、バイオマス発電プラントの燃焼ガスを浄化し、グリーンハウスへCO₂を供給する燃焼ガス浄化設備を開発し、岡山県内のバイオマス発電プラントに納入している。本プラントはグリーンハウスが併設されており、プラントから熱・電気・CO₂を野菜栽培に利用する「バイオマス・トリジェネレーションシステム」を構築している。本稿では、当社が納入したバイオマス発電プラントの運転性能、燃焼ガス浄化設備の導入効果を紹介する。

キーワード：バイオマス発電、グリーンハウス、CO₂、燃焼ガス浄化、カーボンネガティブ

原稿受付 2022.6.28

EICA: 27(2・3) 151-154

1. はじめに

近年、トマト等の野菜栽培において、オランダ式の大規模温室（以下、グリーンハウス）内のCO₂濃度を600～2,000 ppm程度に上昇させることで作物の生育を促進し、収量を増加する方法が普及しつつあるが、化石資源由来のCO₂が利用されている場合がほとんどである。一方、バイオマス発電プラントの燃焼ガスはカーボンニュートラルであり、燃焼ガス中のCO₂を農作物用のCO₂施用として利用できれば、脱炭素社会構築と共に持続可能な農業にも貢献できる。

当社は、バイオマス発電設備の燃焼ガスを浄化し、安全で経済的なCO₂をグリーンハウスへ供給する燃焼ガス浄化設備を開発した。本設備は、2019年岡山県笠岡市の株式会社サラ殿（以下、サラ殿）へバイオマス発電プラントを納入した。ここでは、バイオマス発電プラントにグリーンハウスが併設されており、プラントから熱・電気・CO₂を野菜栽培に利用する「バイオマス・トリジェネレーションシステム」が実現される¹⁾。

本稿では、当社が納入したバイオマス発電プラントの概要、運転性能および燃焼ガス浄化設備の導入効果を紹介する。

2. バイオマス発電プラント

サラ殿へ納入したバイオマス発電プラント（SARAパワー発電所）は、バイオマス発電設備、燃焼ガス浄化設備で構成している。バイオマス発電設備の排ガス

の一部を燃焼ガス浄化設備で浄化し、浄化ガスはCO₂源として本プラントに隣接する約11 haのグリーンハウスへ供給している。本プラントの全景および設備フローをそれぞれFig. 1, Fig. 2に、設備概要をTable 1に示す。

バイオマス発電設備は、ストーカボイラー、抽気復水タービン、およびその付属設備からなり、定格10,000 kWの発電を行う。使用燃料は、国産の木質チップと東南アジアから輸入するパーム椰子殻（以下、PKS）である。発電した電力は、一部は本プラント内の動力として使用し、残りは当社グループの新電力会社を介して、併設のグリーンハウスや近隣の小・中学校等へ供給している。

燃焼ガス浄化設備では、バイオマス発電設備の燃焼ガスの一部を分岐して、バグフィルタ・CO除去触媒、脱硝触媒により燃焼ガス中の有害物質を除去し、グリーンハウスへ供給している。

発電に用いる蒸気タービンは内部抽気復水型蒸気タービンを採用し、タービンから抽気した蒸気をグ



Fig. 1 Overview of SARA's greenhouse and biomass power plant

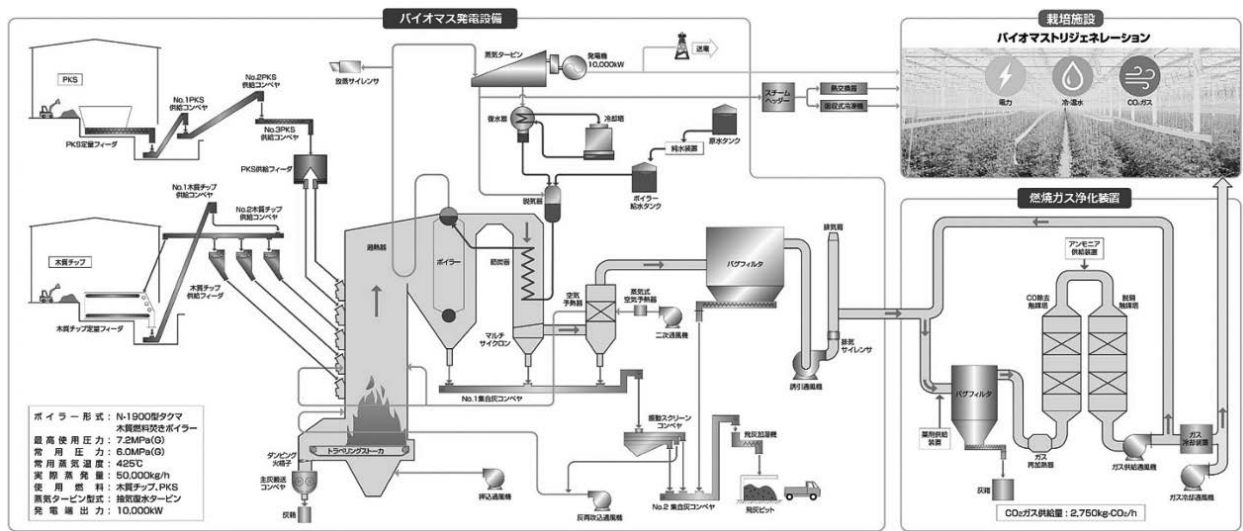


Fig. 2 Biomass power plant Flow

Table 1 Biomass power plant specification

バイオマス発電設備			
ボイラー設備	型式	-	二胴自然循環式水管ボイラー
	常用圧力 (加熱器出口)	MPa	6.0
	常用温度 (加熱器出口)	℃	425
	最大蒸発量	t/h	50
	燃焼装置	-	逆送トラベリングストーカ
	燃料	-	木質チップ, PKS
	定格燃焼ガス量	m ³ _N /h	67,300
蒸気タービン発電機設備	型式	-	内部抽気復水型
	出力 (発電設備)	kW	10,000
	入口蒸気圧力	MPa	5.8
	入口蒸気温度	℃	420
排ガス処理設備	型式	-	マルチサイクロン, バグフィルタ
燃焼ガス浄化設備			
燃焼ガス浄化設備	型式	-	バグフィルタ, 薬剤供給装置, CO除去触媒, 脱硝触媒, ガス冷却装置

Table 2 Performance of biomass power plant

項目	単位	運転結果	計画値	備考	
主蒸気 (加熱器出口)	圧力	MPa	5.99	6.0	5時間平均
	温度	℃	420	425	5時間平均
	流量	t/h	45.3	45.4	5時間平均
蒸気タービン発電機	発電出力	kW	10,000	10,000	5時間平均
燃焼ガス	ばいじん (O ₂ =6%換算)	g/m ³ _N	0.012	0.3以下 (排出基準値)	
	窒素酸化物 (O ₂ =6%換算)	ppm	190	250 (排出基準値)	
	硫黄酸化物 (K値)	-	<0.1	6.42以下 (排出基準値)	

リーンハウスの暖房・冷暖房用熱源として使用する。燃焼ガスはボイラー、節炭器および空気予熱器にて熱回収され、バグフィルタにて除塵後、排気筒より大気へ放出している。なお、使用燃料である木質チップやPKSは硫黄や塩素などをほとんど含まないため、排ガス処理はマルチサイクロン及びバグフィルタによる

除塵のみとしている。また、この燃焼ガスの一部を分岐して、燃焼ガス浄化設備へ供給している。

バイオマス発電設備の運転結果を Table 2 に示す。Table 2 のとおり、計画値を十分満足する性能を有していることを確認した。排ガス性状も、大気汚染防止法の排出基準値を満足している。

3. 燃焼ガス浄化設備

3.1 設備概要

バイオマス発電設備からの燃焼ガスは、大気汚染防止法の排出基準値を満足しているが、グリーンハウス内の作業員や野菜に対して微量でも有害となる窒素酸化物 (以下, NO_x) や一酸化炭素 (以下, CO) 等の成分を含んでいる。これらの成分を燃焼ガス浄化装置で除去した浄化ガスを、CO₂ 源としてグリーンハウスへ供給する。

燃焼ガス浄化装置の処理ガス量は発電所からの燃焼

ガス量の約20%に相当し、グリーンハウスへのCO₂供給量としては、2,750 kg/hとなる。

3.2 燃焼ガス浄化方式

燃焼ガス浄化方式を Fig. 3 に示す。燃焼ガスは、酸性ガス除去、CO 除去、NO_x 除去の後、冷却して浄化ガスとしてグリーンハウスへ供給する。

(1) 酸性ガスの除去

硫黄酸化物や塩化水素等の酸性ガス成分は、高反応消石灰により中和し、ダストと共にバグフィルタで除去する。バグフィルタのろ布への薬剤コーティングは、厚みを持たせる方式を採用している。これにより、常時安定して酸性ガスを低濃度まで除去することができる。また、CO₂ 供給中に薬剤の払い落としを行わないことで、ダストリークのリスクを低減する。

(2) CO の除去

CO はグリーンハウス内の作業者に有害となるため、酸化触媒により CO₂ に酸化する。この触媒は、有機シリコンが被毒原因となるため、装置のパッキンやコーティング材等に有機シリコン系を使用しない等、劣化に配慮した設計としている。

(3) NO_x の除去

NO_x は、脱硝触媒とアンモニアにより窒素に還元し無害化する。装置出口の NO_x 濃度を制御値に合わせるよう還元剤の添加量を変動させるフィードバック制御に加え、装置入口の NO_x 濃度で還元剤の添加量を変動させるフィードフォワード制御も加えた制御としている。これにより、NO_x 濃度が変動しても安定した処理が可能となる。

(4) 浄化ガスの冷却

燃焼ガス浄化設備で浄化したガスをグリーンハウスへ供給する際、前項に記した有害成分の触媒での除去のために発電所から本設備へ蒸気を供給してガスを再

加熱している。この際、グリーンハウス側の設備の耐熱性を考慮すると、ガス温度を下げる必要がある。そのためガス冷却装置を設けており、その冷却装置での熱媒体として、バイオマス発電所のタービン復水を利用している。

ガスの冷却にタービン復水を利用することで、再度発電所側へ熱を戻るかたちとなり、発電所から供給する蒸気の消費熱量よりも、タービン復水で回収する熱量の方が多くなり、結果的に発電効率の向上につながっている。

3.3 運転性能

燃焼ガス浄化設備の運転性能（ガス分析計値）の一例を Table 3 に示す。Table 3 に示す各成分の運転性能の数値は、ガス冷却空気による希釈やグリーンハウス内での換気などで希釈されることで各成分は ppb オーダーまで低減され、作物および作業者に対し影響がない濃度であることを確認している。

Table 3 Gas analysis results of combustion gas purification system

項目	単位	運転性能	
二酸化炭素供給量	kg/h	2,794	
浄化性能 (燃焼ガス浄化設備 出口濃度)	一酸化炭素	ppm-wet	4
	塩化水素	ppm-wet	<0.3
	硫黄酸化物	ppm-wet	<0.2
	窒素酸化物	ppm-wet	10

3.4 導入効果²⁾

本プラントにおける CO₂ 排出量削減効果を試算した。グリーンハウスで利用される浄化ガス中の CO₂ 量は、10,890 t-CO₂/年である。燃焼ガス浄化装置の消費電力や使用薬剤由来の CO₂ 排出量は 44.9 t-CO₂/年であるため、本プラントにおける CO₂ 排出量削減

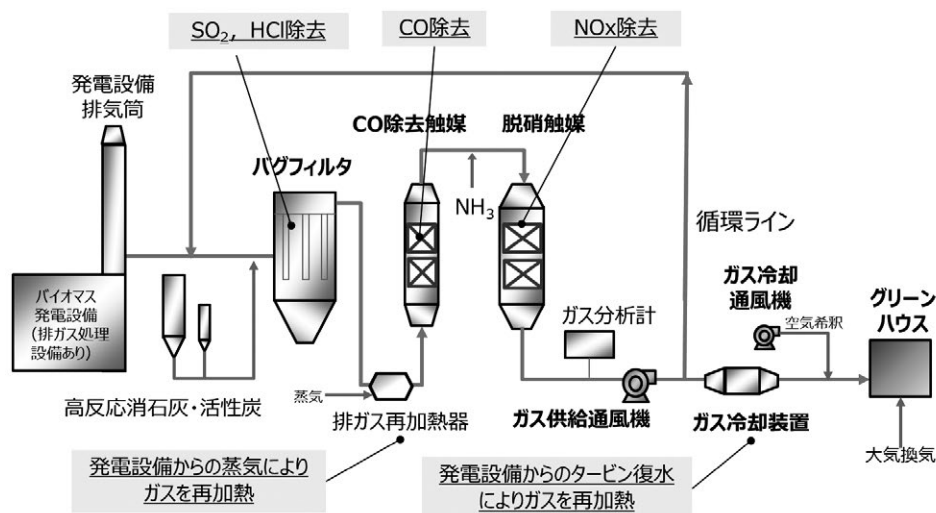


Fig. 3 Combustion gas purification system

効果は 10,845 t-CO₂/年となる。仮に CO₂ 源として液化炭酸ガスで賄った場合、ランニングコストは年間約 4 億円（液化炭酸ガスの単価を 40 円/kg とする）となる。

試算結果から、バイオマス発電設備の燃焼ガス中の CO₂ を利用することで、ランニングコストを大幅に低減できる。このことは、設備費を数年で償却でき、さらにグリーンハウスでの農作物の増益に貢献できる。

4. お わ り に

2050 年カーボンニュートラルの実現には、CO₂ 排出量削減やカーボンネガティブな取り組みが鍵となる。バイオマス発電プラントの燃焼ガスはカーボンニュートラルであり、ガス中に含まれる CO₂ を肥料として有効利用することで、カーボンネガティブに寄与する。今後も本設備の導入を通じて、温室効果ガス削減と脱

炭素社会の実現に貢献していきたい。

謝 辞

本バイオマス発電プラント、ならびに燃焼ガス浄化装置の計画・設計から建設・試運転、引渡しまで、多大なるご協力をいただきました、株式会社サラ殿に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 花山勇一郎, 白垣守: 木質バイオマス発電所および燃焼ガス浄化設備の納入報告, タクマ技報, Vol. 28, No. 1, p. 40-45 (2020)
- 2) 「タクマ技報」編集事務局: バイオマス発電施設 CO₂ 供給設備 (名称: t-CarVe・ティーカーブ[®]), タクマ技報, Vol. 29, No. 1, p. 43-45 (2021)