

木質バイオマス小型ガス化発電装置の効率化の開発

石堂 健二 石川 光祥
新納 薫 永倉 知

概 要

再生可能エネルギーの一つである木質バイオマス発電は木を燃料として発電をおこなう^{2,3)}。発電の際に放出されるCO₂はもともと大気に存在していたCO₂を光合成により吸収したもので、木質バイオマス発電はカーボンニュートラルを実現している。環境問題だけではなくエネルギーの地産地消や地域創生といった地域経済にも寄与することが期待される。

2012年に固定買い取り制度（FIT）が開始され、国内で2 MW規模の木質バイオマス発電所の建設が活況となった。しかし、発電所が増えるにつれて、限られた木質資源の取合いとなり、新規で大規模なバイオマス発電をすることが困難となった。昨今では木の確保が比較的少量で済む小型のバイオマス発電が注目されているが、小型になると一般的に発電効率が悪くなるため、発生した熱も利用してシステム全体の効率を上げる必要がある。本研究では発電機のエンジン排気熱に注目し、その熱を熱交換で採取し活用するための検討を行った。また本試験で使用したガス化発電装置は可搬式となっており移設の実証確認も併せて実施した。

Development of a small woody biomass gasification power generation system with higher efficiency

Abstract

Woody biomass power generation, a form of renewable energy, uses wood as fuel to generate electricity. The CO₂ emitted during power generation is the result of photosynthesis, which absorbs CO₂ that was originally present in the atmosphere, making woody biomass power generation carbon-neutral. It is expected to make a positive contribution not only to environmental issues but also to regional economies through local production for local consumption of energy and regional development. With the start of the feed-in tariff (FIT) program in 2012, the construction of 2 MW-scale woody biomass power plants in Japan has been booming. However, as the number of power plants increased, it became difficult to construct new large-scale biomass power plants due to competition for limited wood resources. Recently, small-scale biomass power generation, which requires a relatively small amount of wood, has been attracting attention, but the smaller the size, the lower the power generation efficiency becomes in general. It is therefore necessary to increase the efficiency of the entire system by also utilizing the heat generated. In this study, we focused on the engine exhaust heat of the generator and examined ways to collect and utilize that heat through heat exchange. The gasification and power generation equipment used in this study was portable, and verification of its relocation was also conducted.

キーワード：ガス化発電、熱電併給、小型バイオマス

§1. はじめに

木質バイオマス発電はサステナブルな電源として国内林業の再生と共にその発展が期待されているが、事業化するうえで最も重要になるのは燃料である木材の確保である。発電は一般的に発電容量が大きくなるほど全体のシステムとして効率は上がるが、その為に必要な木材も膨大な量となる。一方で小型のバイオマス発電を採用した場合に、燃料調達は容易になるものの、その売電益は十分な利益を得られるほどに至っておらず FIT の補助金を適用しなければ採算は厳しい。効率を上げるためには発電で発生したエネルギーを余すことなく使い切ることであり¹⁾。発電の際に発生する多量の熱は暖房や乾燥に活用され節電や重油の低減につながっている。今回検討に用いた木質ガス化バイオマス発電装置 (Volter40) は、木質チップをガス化炉で燃焼させ、発生した可燃性ガスをエンジンに投入しエンジンの回転で発電を行っている。ガス化炉で発生した熱は装置内で熱交換され、外部へ 100 kW の熱として供給しているがエンジンからの熱は、一部で熱交換はするものの、そのほとんどが外部へ放出している。そこで本研究ではエンジン排気の熱に注目し、その熱を熱交換で取り出し活用するための検討を行った。また本試験で使用したガス化発電装置は 40 ft コンテナ内に補機や受送電盤などが収まっており、コンテナを移動させることにより、電気を必要とする現場に直接発電装置を持っていき災害時やオフグリッド環境での使用も見据えて、要望がある場所に移動して現地でバイオマスを入手しながら発電することも想定しており、移設の実証確認も併せて実施した。

§2. ガス化発電装置

2.1 Volter からの排気熱利用

ガス化発電装置はガス化炉で発生した可燃性ガスをエンジンに投入し発電機を動かして発電しているが、そのガスエンジンからの排気には多くの熱が含まれており、これに関しては熱交換で取り出す熱の対象にはなっていない。バイオマスの効率を上げることは小型のバイオマス発電を商業運転させるために必須と考える。システムの効率化の為にいくつかある中で、熱の回収は比較的実現しやすい項目の為に、今回は排気ガスの熱の吸収による効率向上の検討を目的とした。

2.2 発電装置移設

本試験で使用した小型ガス化発電装置 Volter40 は木質チップを燃料に 40 kW の電気と 100 W の熱を生み

出し、カーボンニュートラルな電源として CO₂ 削減へも寄与する時代のニーズに合った発電装置である。現状では一般の発電装置と同様に据え置き型であるが、本試験装置の仕様は屋外設置用でコンテナの中に最低限の補機や電源盤が収まっており、建屋を準備しなくても発電装置を設置できるものである。我々はその特性を延長して、短期的な使用を新たに想定し、電気需要が発生する場所に直接発電装置を移動して、その場で発電させるというコンセプトを新たに考えた。既存の非常用発電装置やバッテリーでは同様のコンセプトで既に実施されており、災害時や山奥の工事現場などのオフグリッド地域での電力供給で活用されているが、数週間や数か月での使用になると想定外となり燃料補給や充電などが発生し非効率になる。本装置は屋外型としてコンテナ化された機能を活かして、実際に移設して実証試験をし、移設に関わる様々な課題について検討する。

§3. 実施内容

3.1 排気熱の熱交換

Volter から発生した熱の一部は装置の冷却水で熱交換され、80℃のお湯となり約100 kW の熱をラジエーターで大気へ放出している。そのラジエーターから温風を取り出すことによって暖房やチップ乾燥の熱源として利用されている。しかし装置本体から発生する熱のうち 22% (39 kW) が利用困難な熱として廃熱されている。その一つがエンジンからの廃熱である。エンジン排気の温度はエンジン出口付近で120~200℃と高温であるが煙突出口付近では60℃程度になり、それまでの配管経路、もしくは排気ガス中の熱が放熱して排熱されている。本試験ではエンジン排気の熱源を熱交換しチップ乾燥の利用としての可能性を確認する。

3.2 熱交換の構成

通常熱供給 (ラジエーターで廃熱) している経路とは別に Volter のエンジン排気を熱交換器に通して排気熱を採取した。エンジン排気の配管を直接熱交換器に接続する際には、接続による圧損が大きくなるように注意する必要がある。今回は可能性確認のためエンジンの運転に支障のないように圧損に十分配慮した熱交換となっている。熱交換で得た熱は小型の穀物用乾燥機に送られチップの乾燥に利用した。

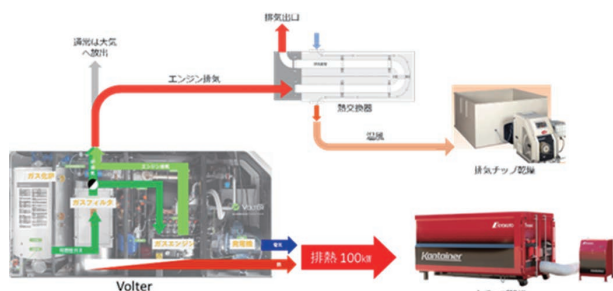


図1 Volterからの熱供給



図2 熱交換器接続

3.3 発電装置移設

本装置を石垣島へ移設して実証試験を実施した。

試験 期間：10月3日～11月2日

Volter 稼働：24時間、出力30%

供給：電源、CO₂供給（排気ガス）

燃料：石垣材（マツ、広葉樹）

乾燥機：Volterの熱利用



図3 現地移設

3.4 電力供給

本装置は現地の電源室建屋に接続し、発電した電力（50 Hz/200 V）は場内消費の接続とした。発電は一般的に電力負荷と発電をバランスさせる必要があるが、今回の場内負荷への供給については発電での不足分（変動分）は系統より供給されるため、負荷容量以下の出力で運転することに注意する必要がある。本接続先は常時 50 W 程度の使用が見込まれたため Volter の最大発電量 40 kW 以上であることから供給先としては問題ないが、念のために発電出力を最大50%として運用

し系統へ逆流しないような処置を講じた。

3.5 熱供給

本体装置の冷却水を熱交換し発生した温風をチップの乾燥用に利用した。極東開発工業の可搬型チップ乾燥機を使用し 5 m³ の容器にチップを投入し 2 重底の床から温風を圧送して乾燥させる構造になっており、乾燥のスピードは送風温度やチップ投入量で調整する。今回は屋外設置のため上部チップ投入口からの雨水侵入もあり通常よりも乾燥効率が悪化する中での使用となった。

3.6 CO₂ 供給

最大 40 kW の電力を発電する為、現地の既存の施設に接続し給電を実施した。発生した熱はチップの乾燥に使用し、排気ガスに含まれる CO₂ は藻類培養の為に水槽に供給した。エンジン排気には CO₂ の他に窒素酸化物等の藻類培養を妨げるガスも含まれているため、排ガスに含まれている CO₂ を利用する際には、CO₂ 受け入れ側の許容を確認の上、排ガスから CO₂ のみを分離する仕組みも併せて構築する必要がある。

§4. 結果

4.1 排気熱の熱交換

エンジン排気用の煙突に熱交換器を接続し、その熱を回収できることが確認できた。熱交換器が屋外設置で外気にさらされており、熱交換機まで熱損失は大きかったものの、エンジンの運転に支障なく排気から熱が回収でき、その熱でチップを乾燥させることができた。熱源の保温対策で熱交換器の効率を上げれば低温利用の熱活用として利用できることが確認できた。

4.2 熱交換効率

・熱回収温度：平均7.2℃ ・熱交換効率：約33%

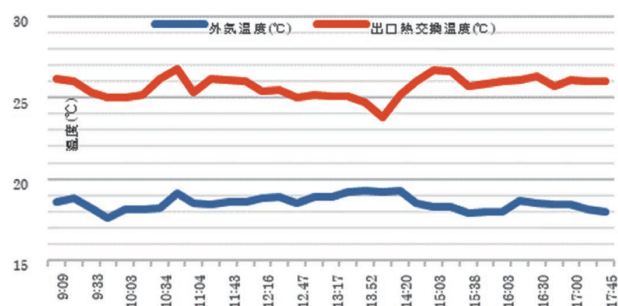


図4 熱交換器の入出力温度

4.3 チップ含水率低減

投入時の含水率45.7%のチップを排気熱で22.8%まで乾燥させた。乾燥に必要なエネルギーの総量は1.2kW。

| | | | |
|----|-----------|-------|---------|
| 日時 | 2023/2/20 | チップ | 石垣材 |
| 天気 | 雨 | 含水率 | 43.7% |
| 気温 | 18.5℃ | 重量(前) | 56.9 kg |
| 湿度 | 67.2% | 試験時間 | 8.75 Hr |

図5 熱回収試験条件

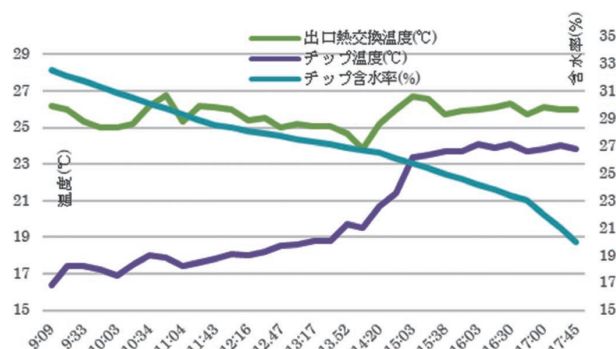


図6 チップ乾燥試験

4.4 システムの熱効率向上

今回の試験から、Volterの排気をチップ乾燥に利用した場合の主乾燥エネルギー低減及びチップ輸送の削減によるコスト削減の可能性を示す。装置へ投入する直前にチップ乾燥を設置し投入含水率を上げることは見かけ上の装置仕様を緩和させる効果があり乾燥エネルギーの低減に加えて、チップ輸送の削減にもつながりシステム全体への影響は大きくなる。

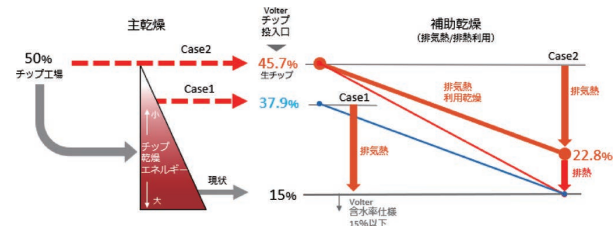


図7 排熱を利用した補助乾燥導入例

4.5 発電装置移設

本装置は可搬可能な40ftコンテナに発電装置が搭載されており、電気需要先に直接設置し給電することを想定している。装置自体の移動は想定通り問題なく設置でき、建設するよりも遥かに簡単に短期間に設置することが可能である。しかし電気的な接続に関しては需要側の電気使用状況については、発電容量に対して

十分な容量を定常的に使用することが求められるため、事前の使用状況確認が重要となる。本接続では接続先建屋の200V用電源盤に接続して給電をおこなった。負荷の容量は十分であり負荷を超える発電は発生しなかった。しかし給電先の電圧変動が本発電装置の許容範囲を超え、発電が停止する事態となった。その後は装置側の設定を変更することで対処した。接続先の電力トレンドを事前に入手しておくことが今回の反省点であった。

§5. 今後の展開

今後は小型バイオマス発電の導入が検討された際の安定運転と事業の収益化の為に今まで確認してきたVolterのシステム全体の効率化を活かす。

§6. まとめ

- ①木質ガス化バイオマス発電装置のガスエンジン排気の熱利用について、エンジンの運転に支障なく熱を取り出せることが確認できた。その熱を利用し木質チップを乾燥させた結果、熱交換の効率を上げれば、燃料チップの含水率を下げるための補助的な乾燥としてエンジン排気熱を利用できることが確認できた。
- ②本装置の移設について、本体の移設は問題なく設置することができ、短期間のうちに設置することができ可搬型の効果を発揮することができた一方で、電気的な接続については事前に接続先の電力システムの電圧変動幅を調べる必要があることがわかった。

参考文献

- 1) 未利用木質バイオマスを用いた熱電併給事業の成立条件 日林誌 (2017) 99: 226-232
- 2) 石炭火力発電所におけるボイラ内灰付着およびクリンカの発生抑制技術 特集：新鉄源・石炭
- 3) 木質系バイオマスの熱分解ガス化プロセス 総合工学 第23巻 (2011) 9項-15項

ひとこと

バイオマス発電はサステナブルな電源と言われていますが、様々な課題が残っており広く普及させるためには、CO₂削減とともに経済性も同時に求められており、熱電併給型のような高効率なシステムの実現に向けて引き続き開発を進めたい。



石堂 健二