

都市域バイオマス系廃棄物の エネルギー転換システム

栗原 隆・野崎 健次・村田 博一

地球温暖化の防止，サステナブル社会構築に向けて，CO₂削減とごみ排出量の削減を行うことを目指して，再生可能エネルギーである都市域バイオマスの紙ごみ，生ごみなどの都市域廃棄物をエネルギー転換することが必要と考えている。都市域の新規・既存の開発プロジェクトなどに適用するために，「都市域バイオマス系廃棄物のエネルギー転換システム」の特徴，実証運転状況などを示す。

キーワード：再生可能エネルギー，都市域バイオマス系廃棄物，ガス化，発電，エネルギー転換，オンサイト設置

1. はじめに

近年では，地球温暖化防止に向けた低炭素社会の構築という視点から，化石燃料の代わりに都市域廃棄物として捨てられる再生可能エネルギー資源であるバイオマスを用いてCO₂削減，ならびに，ごみ排出量の削減が望まれている。

特に，都市域で排出される廃棄物の80～90%程度は，紙ごみと生ごみで，その他はリサイクルが進んでいる缶，ビンなどである。都市部でのバイオマス系廃棄物を用いたエネルギー転換の実施例は少なく，そのなかでも紙ごみは適切な資源化装置の開発が遅れていたために実施例はほとんど無い。そのため紙ごみ，生ごみの廃棄物を，ガス化する原料として電力などにエネルギー転換する次世代エネルギーシステムとしての開発に取り組むことが重要と考えている。

本報告では，新設や既設を問わず，都市域の複合ビル開発プロジェクトなどで利用するために，S社木工場（東京都江東区）に設置したシステム概要ならびにガス化発電を中心に小型ユニット装置の開発実証としての装置運転状況などを示す。

2. 本システムの特徴

本システムは，長崎総合科学大学などが開発してきた「農林バイオマス3号機」の技術を基にしている。しかしながら，農林業などでの草本系バイオマスを主な原料とはせず，都市域での廃棄物系バイオマスの利用を検討する。従来，あまり取り組まれてこなかった

都市域での建設廃材やシュレッダー紙ごみなどをエネルギー変換し，それら廃棄物が発生する場所でオンサイトでの利用を図る。

ガス化手法にはガス化する時に空気や酸素を加えない2～3mm程度にしたバイオマスと水蒸気を，反応管内で800℃以上の雰囲気下で瞬時に化学反応をさせている。なお，反応管外壁は別のバイオマスを外熱炉で燃焼させて反応管内の温度を保っており，ガス化するバイオマス自身を燃焼させて熱エネルギーとはしていない。

本システムでは有機成分はほぼ全量がガス化し，クリーンな高カロリーガスに変換される。また，管内温度が高いためタールが発生しにくく，小規模から大規模まで対応できる。

写真1に実証試験装置の外観を，図1に実証試験装置のフロー図を，表1に実証試験装置の仕様を示す。木工場内で発生する廃木材を，それぞれの粉砕機で木チップと木粉を作成する。木チップは外熱

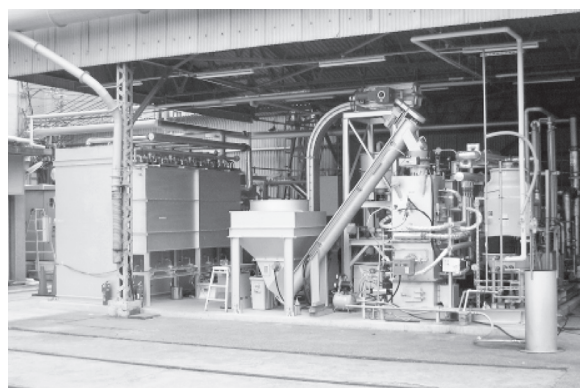
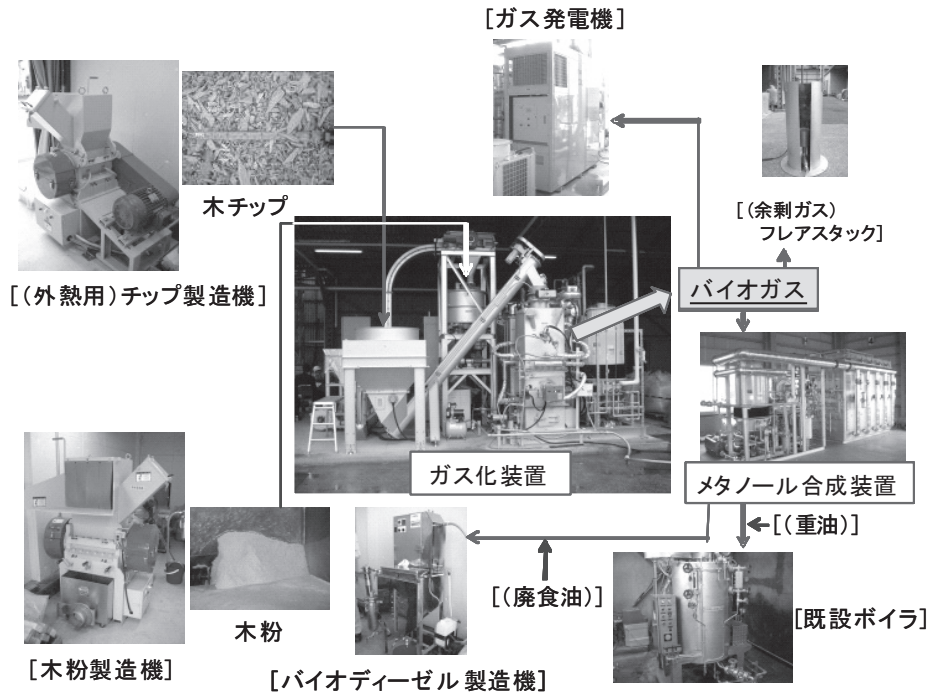


写真1 実証試験装置の外観



図一 実証試験装置のフロー図

表一 実証試験装置の仕様

ガス化ユニット	6,900 L × 2,500 W × 3,900 H
バイオマス処理量	40 kg/時 (外熱炉用チップ：ガス化用バイオマス = 1 : 1)
バイオガス発生量	40 Nm ³ /h
発電能力	30 kW 級 (ガスエンジン)
エネルギー利用先	(S社木工場の場合)
電力	全既存設備
排熱	ボイラ

炉用材料、木粉はガス化材料として用いている。紙ごみについても、適切な形状にして材料としての適用を図っている。

すなわち、木チップは反応管内を 800 ~ 900℃ に保つための外熱炉用燃料として使用し、使用する木チップとバイオガス原料となる木粉は 1 : 1 の割合でガス化装置に投入する。特に、バイオガス原料となる木粉の投入にあたっては、粉体ホッパーから搬送コンベアを用いて定量供給装置に送り、ここからアジテータで一定量に調節してフィーダにより反応管内に投入しガス化を行っている。

発生したバイオガスは昼間にはバイオガス専焼で発電を主たる用途に、発電機需要が少ない時間はメタノール合成装置に供給することを前提に開発している。発電した電力は木工場内の既存設備へ、メタノールはボイラおよびバイオディーゼル製造に使用する。

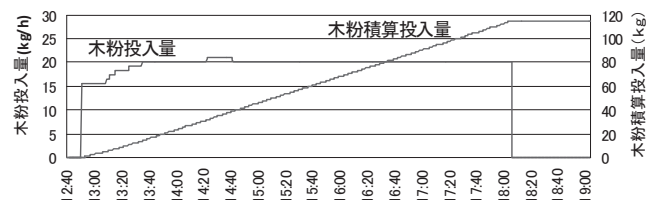
なお、バイオマスガス発電機は LPG ガスコジェネ

レーション装置を改良して用いており、形式は「ブラシレス三相交流式」、原動機形式は「水冷立型 4 サイクル OHV」で、29 kW (14.5 kW の小型ガスエンジン発電機 2 基搭載) である。また、排熱は既存木材乾燥用蒸気ボイラー (木材燃焼型) へ直接供給するうえで、熱交換器を通さず低コストで熱利用できる。

3. ガス化発電状況

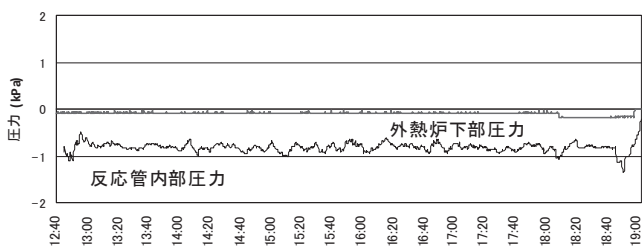
2010 年 10 月 26 日 (火) の実証試験結果で、連続 5 時間のガス化発電運転をした事例を以下に示す。

図一 2 に反応管用木粉投入量を示す。木粉投入に際しては、急激な温度低下を防ぐために、反応管が所定温度になってから供給量を徐々に増やし調整している。



図一 2 反応管用木粉投入量

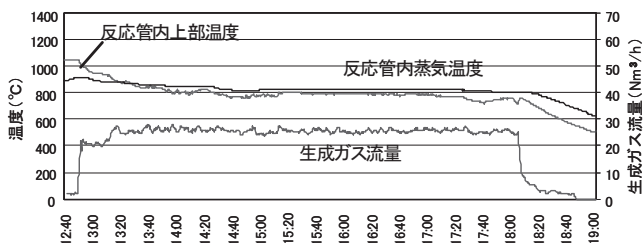
図一 3 に外熱炉下部と反応管内部圧力を示す。反応管内部圧力は -0.8 kPa、外熱炉下部圧力は -0.08 kPa に圧力調整をしている。その圧力調整は、反応管は G-IDF (ガス用の誘引通風機)、外熱炉圧力は IDF (誘



図—3 外熱炉下部・反応管内部圧力

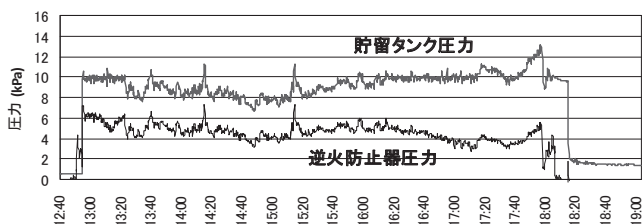
引通風機)で行っている。これらの設定値はともに各ガスが逆流しないように負圧になっており、風量を調節することにより発生ガス量と反応管温度を制御している。特に、反応管が負圧状態を常に維持しないと、ガス化材料である木粉供給配管や定量供給装置へ水蒸気が流入し、その配管内壁にガス化材料が付着し、ガス化材料で配管が閉塞する恐れがある。

図—4に反応管内上部温度と反応管内蒸気温度、生成ガス流量を示す。外熱炉用チップを投入し外熱炉温度を上昇させ、反応管内温度が所定温度になるとガス化材料としての木粉を投入している。反応管内上部温度より、ガス化開始後反応管内温度が低下し、当初1000℃以上あった温度が約200℃低下し、実験終了まで約800℃で安定している。



図—4 反応管内上部温度・蒸気温度、生成ガス流量

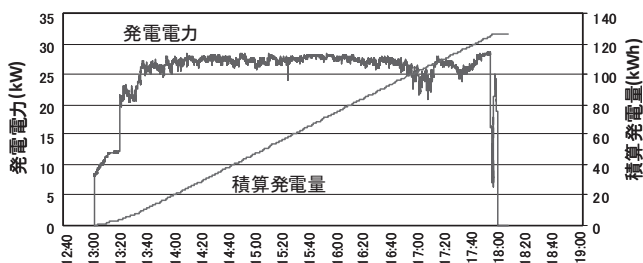
図—5に貯留タンク圧力ならびに逆火防止器圧力を示す。貯留タンク圧力は約10kPaに圧力調整弁で制御し、10±2kPa程度を保って安定的な生成ガス供給を可能としている。また、貯留タンク後の逆火防止器の圧力は、圧力損失が約4kPa程度あり、その結果4～6kPaとなり貯留タンク圧力と同様な圧力波形となっている。また、逆火防止器の圧力は、最低でも発電機の上流に設置しているガバナ設定圧力(3kPa)



図—5 貯留タンク圧力、逆火防止器圧力

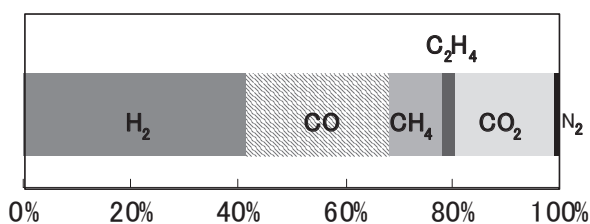
以上が必要である。そのため本圧力が不安定になると、ガス発電機への安定的生成ガス供給ができなくなるので、生成ガス発生量とともに本圧力の制御が重要である。

図—6にガス化発電電力を示す。該当日は約5時間で総計126.1kWhの発電を行っている。ガス化発電について13時30分から16時30分の間で平均して28kWの出力があった。生成ガス投入量は28m³/hであったので生成ガス1m³あたり1kWの出力が得られている。現在までの一連のガス化発電において、冷ガス効率は最大で65.2%、発電時の最大出力が31kW、その場合の平均30kW出力のエネルギー効率データは16%との実験データが得られている。なお、現在では冬季で外気温が低い場合などでも、1～1.5時間程度で立上げ、ガス化発電が可能である。



図—6 ガス化発電電力

図—7に発生ガス組成を示す。本組成は対象日の15時50分にサンプリングしたデータである。試験開始直後(12時55分)のCO₂濃度は24%で、時間経過と共にCO₂発生量が減少し、本図では18.7%となり、CO₂以外の可燃成分として、H₂濃度は41.5%、CO濃度は26.6%などと割合が増加する傾向がある。これはガス化が進むにつれて反応管温度が低下することが原因と考えられる。しかしながら、ガス化発電を行うには生成ガス発熱量が高い方が良いので、同一流量をガス発電機に用いる場合は、炭素化合物割合の多くなるガス化後半に発電量が上昇する傾向がみられることがある。ただし、一般的には生成ガス量はガス化温度が高い方が増えるので、今回の実証試験中においても生成ガス量の調整のためにIDFなどを制御し反応管温度を上昇させる調整を行った。



図—7 発生ガス組成

なお、シュレッター紙ごみ、枯葉、コーヒーがらなど、バイオマスの種類、含水率、ガス化温度の違いから生成する発生ガス組成が異なることが分かった。また、 H_2 、 CO 、 CH_4 、 C_2H_4 の有効ガス成分は、都市域で考えられる主なバイオマスで70%以上得られることを確認している。

4. まとめ

ガス化発電、メタノール合成のためのシステムの関連温度、圧力、ガス成分、水量・水質などの基本データを収集し、都市域廃棄物の発生源にオンサイトで設置する商用機への展開ができるようになった。特に、LPG ガスコジェネレーション装置を改良し、本生成ガスを用いて約30 kWh、5時間以上の連続運転を実証している。本装置では、浮遊外熱式ガス化法によりバイオマスをガス化しており、様々な木材を利用した木粉、シュレッター紙ごみなどを用いるガス化装置より得られる発生ガスの発熱量はガス組成より高カロリーガス成分であることを実証している。

5. 今後の展望

本報告は(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「新エネルギー技術フィールドテスト事業 地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業 都市域廃棄物のガス化・メタノール合成による地域エネルギーシステム実用化に関する実証試験事業」に関する共同研究の内容の一部を取りまとめたものである。これより建設廃材、シュレッター紙ごみ等比較的含水率の低い都市域廃棄物バイオマスをエネルギー転換し、

地域内でガス化発電ならびにメタノール合成を行う小型装置として実用化ができるようになった。

平成23年度には、NEDOより「バイオマスエネルギー技術研究開発 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業(実用化技術開発) 生ごみや紙ごみ等の都市域廃棄物による地域エネルギー転換システム実用化の研究開発」を受託し、都市域廃棄物として多くの量を占める生ごみの「乾燥資源化」を、本システムの廃熱を用いて始めている。その乾燥資源化物単独から、その塩分濃度を加味して紙ごみなどとの適切な配合割合を実証する予定である。

原料調達に関しては、一般的に、冬季は熱需要が多く原料不足となって、夏季は原料余剰が発生しやすいが、本システムでは紙ごみや生ごみなど、年間を通して安定的な原料確保ができると考えている。

以上を踏まえて、都市域の建物・街区にエネルギー利用できるオンサイトの小型ユニット装置として、都市域廃棄物による地域エネルギー転換システムを、国内外で初めての取り組みとして実用化を目指している。

JCMA

【筆者紹介】

栗原 隆(くりはら たかし)

清水建設㈱

技術研究所 バイオマスエネプロジェクト

主任研究員

野崎 健次(のざき けんじ)

清水建設㈱

技術研究所 バイオマスエネプロジェクト

プロジェクトリーダー

村田 博一(むらた ひろかず)

清水建設㈱

技術研究所 バイオマスエネプロジェクト

研究員