

草木混合の含水率の高い植物発生材を利活用したバイオマスガス発電の実用化 ～実証実験～

鉄建建設(株) フェロー会員 ○喜久里 政宏
東日本高速道路(株) 正会員 宇治 正人
(株)オストランド 八太 昭道

1. はじめに

東日本高速道路(株) (以下、NEXCO 東日本) の営業道路の維持管理で発生する樹木剪定枝や刈草などの植物発生材は、年間約 10 万 m³に達し、その約 90%を堆肥やチップ材として建設・管理で再利用を行なうなどして資源循環しているが、生長したのり面樹林の間伐等の作業の増大及び建設事業の縮小に伴う堆肥使用の減により、植物発生材の増大が見込まれる状況にある。そこで、植物発生材の更なる有効活用策として、東北自動車道那須高原サービスエリア(上り線)の隣接ヤードにて、草木混合の不揃いで含水率の高い植物発生材を原料とした「バイオマスガス発電に関する実証実験」を平成 24 年 10 月から平成 25 年 10 月の間、実機ベースで行った。本稿では、熱分解ガス化システムの構成、実証実験結果と実験で明らかとなった課題について述べる。

2. プラント概要

バイオマスからエネルギーを得る方法は、①燃焼、②熱分解、③生物化学的変換に大きく分類されるが、本実験では道路管理より発生する植物発生材の処理量等を考慮し、小規模でもエネルギーとして利用できる熱分解によるガス化方式を採用した。また、熱分解ガス化方式は、草木混合という実態をふまえ、材料の制約が厳しくなく、かつ熱量の高い熱分解ガスを得ることができる外部加熱方式(外熱式水平ロータリーキルン)とした。

(1) 本実験機のプロセスフロー

図-1 に本実験機のプロセスフローを示す。プロセスフローは次の五つからなる。①高温の過熱水蒸気により原料を乾燥させる(乾燥工程)、②原料を乾燥機からキルンに供給し、熱分解装置でガスとチャー(炭化物)に熱分解する(熱分解工程)、③高温の熱分解ガスを常温にまで冷却する過程で、ガスに含まれるタール分等の不純物を除去する(ガス精製工程)、④精製した熱分解ガス(乾ガス)と重油を燃料とするエンジン発電機で発電する(発電工程)、⑤重油及び乾ガスを燃料として、加熱ガス発生炉で高温のガスを発生させ、熱分解装置に熱を供給する(熱供給工程)からなる。

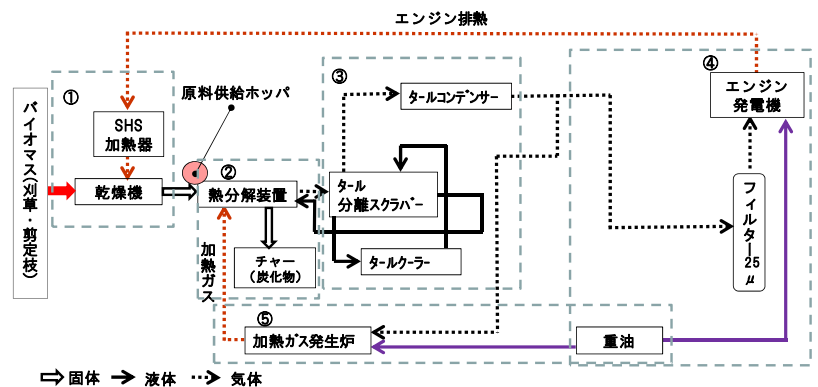


図-1 プロセスフロー

と重油を燃料とするエンジン発電機で発電する(発電工程)、⑤重油及び乾ガスを燃料として、加熱ガス発生炉で高温のガスを発生させ、熱分解装置に熱を供給する(熱供給工程)からなる。

(2) プラント施設設計仕様

主な設計仕様は以下のとおりである。

植物発生材：1,000t/年、破碎原料水分含有率：43.8%、処理能力：200kg/h (5t/日未満 湿潤原料)

発電出力：100kW (デュアルフューエルエンジン)、熱分解温度：800℃

3. 実験

(1) 実験ケース

キルンの回転速度、熱分解温度をパラメーターとして、キルン回転数 2.5rpm, 5rpm で、それぞれ熱分解温度が 800℃, 700℃, 600℃の計 6 ケースで熱分解ガス及びチャーの発生量について検証した。また、発電効率については、平成 25 年 3 月 11～15 日、9 月 2 日～6 日、9 月 9 日～13 日の昼夜連続運転でのデータを基に算出した。

キーワード 高速道路、再生可能エネルギー、ガス化発電、木質バイオマス、植物発生材、熱分解

連絡先 〒100-8979 東京都千代田区霞が関 3-3-2 新霞が関ビルディング TEL 03-3506-0344

(2) 実験結果

1) ガス発生量

実験の範囲ではキルン回転数による熱分解ガスの発生量に有意な差はみられなかった。キルン回転数 5rpm での熱分解温度とガス発生量の関係を図-2 に示す。国井ら¹⁾の流動床ガス化炉を用いた実験と同様に、熱分解ガス温度が高いほど熱分解ガスの発生量が増加する傾向が確認された。

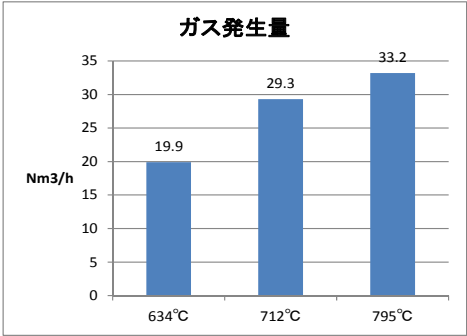


図-2 熱分解温度とガス発生量

2) 熱分解ガス組成と高位発熱量

熱分解ガスの組成と低位発熱量を表-1 に示す。熱分解ガス化方式には、アップドラフトなどの直接式と噴流層などの間接式があるが、それらに比べても、発熱量は多くなっている。

(直接式：4.2～5.0MJ/Nm3，間接式：8.4～10.5MJ/Nm3)²⁾。

3) 発電効率等

表-2 に示す連続運転（平成 25 年 9 月）の運転データをもとに、バイオマス依存率、発電効率、冷ガス効率を算出した（表-3）。バイオマス依存率、発電効率ともに設計値に対して低く、重油への依存率が高くなっている。この理由として、原料供給ホッパ内で原料どうしがからみあって棚吊り状態になり、熱分解装置への原料供給が停止することや、ガス精製ラインがタール等の残渣で閉塞することなどにより熱分解運転の中断が余儀なくされたことがあげられる。

表-1 熱分解ガス組成と高位発熱量

項目		分析結果	
		H25.3.14	H25.9.4
可燃ガス	水素	23.0%	29.0%
	一酸化炭素	29.0%	24.0%
	メタン	16.0%	13.6%
	エチレン	3.7%	2.4%
	エタン	0.9%	0.5%
	プロパン	0.1%未満	0.1%未満
	プロピレン	0.5%	0.2%
不燃ガス	1,3-ブタジエン	0.2%	0.1%未満
	二酸化炭素	22.0%	20.0%
	窒素	3.5%	9.0%
	酸素	0.8%	0.1%未満
	低位発熱量	15.4MJ/Nm3	13.0MJ/Nm3

4. 実験で明らかとなった課題

実証実験により、外熱式水平ロータリーキルンをガス化炉とし、熱分解ガスと重油を燃料とするデュアルフューエルエンジン発電機で発電が可能であることを確認した。ただし、実用機として運用するにはいくつかの課題を解消する必要がある。

表-2 運転データ

No.	項目	単位	平均値
①	熱分解時間	h	86.7
②	熱分解温度	°C	756.0
③	原料キルン投入量 ^{*1}	kg/h	111.0
④	原料の水分含有率 ^{*1}	%	31.4
⑤	エンジン送入乾ガス量	Nm3/h	39.4
⑥	エンジン送入A重油量	L/h	14.0
⑦	原料の低位発熱量 ³⁾	MJ/kg	11.9
⑧	A重油低位発熱量	MJ/L	36.8
⑨	発電量(実験時平均値)	kWh/h	83.3
⑩	乾ガスの低位発熱量(表-1平均値)	MJ/Nm3	14.2

*1 ③及び④は直接計量できなかったため、乾燥機、熱分解装置等の各機器回りの熱収支と物質収支から算出

原料が他に例をみない刈草と剪定枝をチップ化したただけのものであり、大量の微粉状のチャー（炭化物）とタールが熱分解ガスとともにガス化炉からガス精製ラインに送られる。タールは多様な多環芳香族炭化水素（PAHs）であり、温度によって気体、液体となる。これらについては、ガス精製過程でタール分離スクラバー

表-3 算出結果

項目	設計値	算出結果	算定式
バイオマス依存率 ^{*2}	78.5%	71.9%	③×⑦／(③×⑦+⑥×⑧)×100
発電効率 ^{*3}	28.5%	16.3%	⑨×3.6／(③×⑦+⑥×⑧)×100
冷ガス効率 ^{*4}	-	42.4%	⑤×⑩／(③×⑦)×100

*2 バイオマス発電等に利用する燃料の全発熱量のうち、バイオマスから得られる発熱量の割合

*3 バイオマス及びバイオマス以外の全発熱量に対する発電電力の割合

*4 投入したバイオマスの発熱量に対する発生した乾ガスの発熱量の割合

ー頂部から洗浄水をスプレーして底部から回収されるもの、タールコンデンサーで間接冷却により回収されるもののそれぞれを熱分解装置で再熱分解、あるいは加熱ガス発生炉で焼却処理する設計であったが、分離回収が不十分で、タール等の残渣が配管等を閉塞させた。このガス精製ラインから

5. おわりに

本格運用に向けて明らかとなった課題の改善策については、「実用化改良」編で報告する。

参考文献：1) 国井ら：Gasification of Biomass in Fluidized Bed, The Chemical Engineering Journal.22(1981)221-227

2) 笹内謙一：木質バイオマス小規模ガス発電その現状と課題，研究会資料，2016.2.23

3) 株式会社森のエネルギー研究所：木質バイオマスボイラー導入指針，H24.3