

バイオマス・廃棄物の高効率ガス化技術「炭化・ガス化方式」の開発 — タール発生抑制を考慮した高効率・安定運転条件の検討 —

背景

地球温暖化ガス（CO₂）排出削減や循環型社会構築のために、バイオマスや廃棄物の有効利用技術に期待が集まっている。これまでの調査により、多種多様なバイオマスに適応できる高効率ガス化発電技術が開発されれば、バイオマスの利用促進に大きく貢献できることを明らかにした*¹。そこで、水分含有率が高い、粉碎性が悪いなどの課題を克服して燃料多様性に優れた高効率ガス化方式を実用化することを目指して、当所は「炭化・ガス化方式」の開発を進めている。

目的

バイオマスおよび廃棄物（都市ゴミ）を対象とした高効率ガス化方式「炭化・ガス化方式」を開発するため、各種バイオマスの熱分解、ガス化反応特性を解明するとともに、ガス化性能を簡便に予測する計算手法を開発し、これを用いて各種燃料に対して高効率利用が可能なガス化方式を検討し、高効率かつ安定運転*²に向けた運転条件範囲を明らかにする。

主な成果

1. 各種バイオマスの熱分解・ガス化反応特性の解明

- (1) 気流層管状反応炉（常圧DTF）を用いて熱分解実験を行った結果、900℃以下では運転トラブルの原因となるタールが生成するが、1200℃以上の高温になるとタールはほぼ完全に分解されることが明らかになった。
- (2) 噴流床ガス化を想定した杉パークチャーの高温ガス化実験を、超高温・加圧型燃料反応実験設備（PDTF）を用いて実施したところ、ガス化反応速度は石炭チャーよりも10～100倍速いことが分かり、石炭ガス化と比較して炉内温度が100～300℃低くても同等のガス化反応性が得られると考えられる（図-1）。

2. ガス化性能予測計算によるガス化方式および高効率・安定運転条件の検討

上記のガス化反応速度を用いたガス化性能予測計算手法を確立し、以下の検討を行った。

- (1) 水分の多い杉チップ（40%：表-1）でも、炭化機を用いて炭化物と揮発ガス（水分を含む）とに分解してガス化炉に投入する「炭化・ガス化方式」（図-2）を採用すれば、高効率かつ安定した運転が可能になる（図-3）。
- (2) 「炭化・ガス化方式」では、杉チップのように揮発ガスの生成割合*³が高い場合（揮発割合：約90%）には、ガス改質部へ酸化剤を投入することにより、ガス化炉出口温度をタール発生抑制温度に維持する必要がある（図-3）。
- (3) 廃棄物（表-1）は灰分を多く含むため、環境面から灰を溶融排出・スラグ化する必要がある。炭化時の揮発ガスの生成割合が低い（約60%）ことから、高温ガス化部（コンバスタ）のみに空気を投入してコンバスタガス温度を高温にすることができ、高効率で灰を溶融排出する運転が可能である（図-4）。
- (4) 揮発割合の異なる各種燃料に対して適用可能な、高効率でかつ安定運転を達成するための運転条件範囲を明らかにした（図-5）。

以上の結果から、水分含有率40%以下のバイオマスで約30%の発電端効率を実現できる見通しが得られた。

今後の展開

当所に設置される「バイオマス/廃棄物炭化溶融・ガス化実験装置」を用いて、ガス化性能の実験的検証、ならびに高効率・安定運転技術を確立する。さらに、生成される炭化物の反応性を明らかにして性能予測計算の精度を向上し、ガスエンジンなどを含めた発電システム全体の効率を明らかにする。これらにより、バイオマスの高効率発電技術の実用化を図る。

主担当者 エネルギー技術研究所 システム熱工学領域 主任研究員 梶谷 史朗
エネルギー技術研究所 システム熱工学領域 主任研究員 木戸口 和浩

関連報告書 「農林系バイオマスの高効率利用に向けたガス化反応基礎特性の解明」電力中央研究所報告：W03020（2004年3月）
「バイオマス・廃棄物の高効率ガス化技術の開発—ガス化性能予測計算によるガス化方式の提案—」電力中央研究所報告：W03026（2004年7月）

*1：市川他、電中研調査報告「木質系バイオマス発電技術の動向と実用化に向けた課題」W02026

*2：高効率かつ安定運転のための必要条件：リサイクル設備なしでの燃料高効率利用は炭素転換率99.5%以上・冷ガス効率75%以上、炉壁耐熱性からコンバスタ出口温度2000℃以下、タール発生抑制にはガス化炉出口温度1100℃以上、灰分が多い場合はコンバスタガス温度1600℃以上で溶融排出

*3：揮発ガスの生成割合＝炭化機から発生する揮発ガス量÷炭化機への燃料投入量（wetベース）

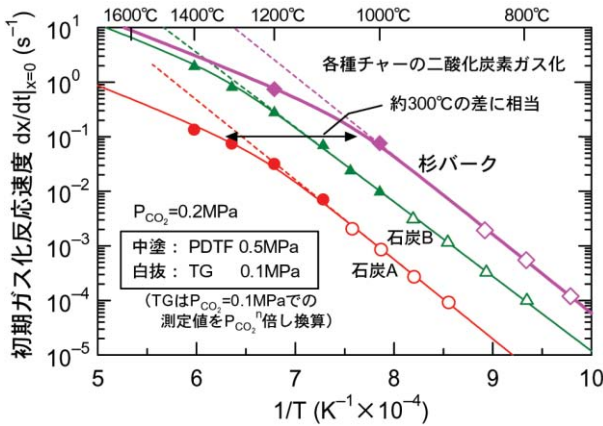


図-1 杉バークのチャーガス化反応速度解析結果

杉バークのチャーを熱天秤やPDTFを用いてガス化し、詳細な反応解析を行った。石炭チャーと比較して、ガス化反応速度は、同じ温度で10から100倍高いことがわかった。

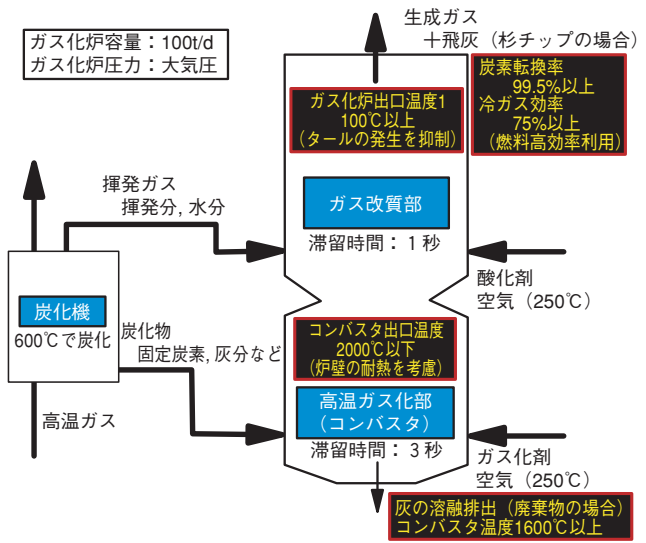


図-2 炭化・ガス化方式の概念図と高効率・安定運転のための必要条件

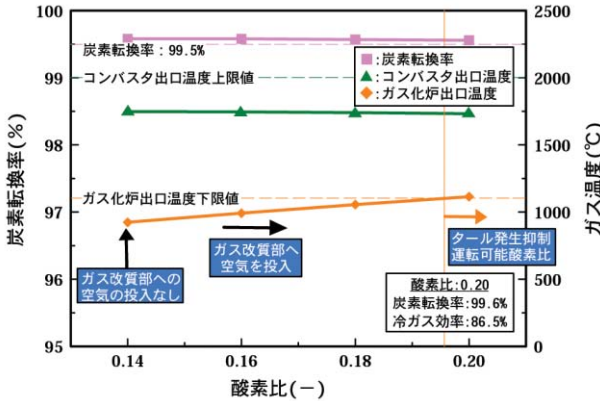


図-3 炭化・ガス化方式でのガス化性能 (杉チップ,コンバスタ酸素比:0.56, ガス改質部へ空気を投入)

杉チップでは、ガス化炉出口温度をタール発生抑制温度に維持するため、ガス改質部への酸化剤投入が不可欠である。

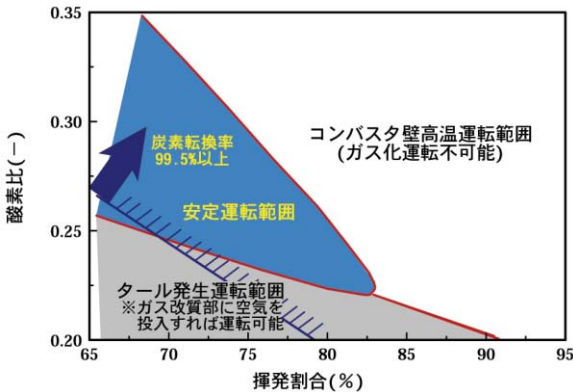


図-5 揮発割合による高効率・安定運転条件範囲 (杉チップ, コンバスタのみ空気を投入)

揮発割合の異なる燃料に適用可能な、高効率かつ安定運転を達成するための運転条件範囲を明らかにした。

炭化・ガス化方式での高効率・安定運転の運転条件範囲を検討した。

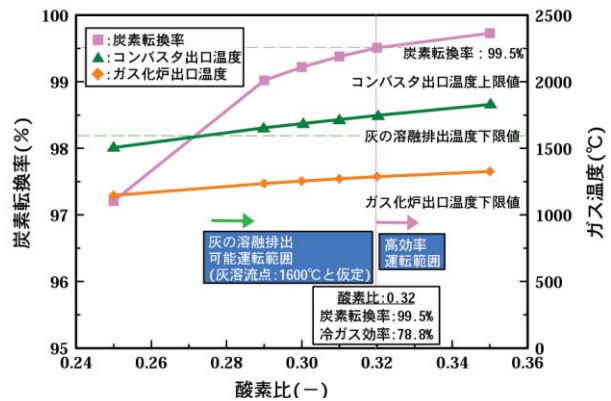


図-4 廃棄物のガス化性能 (コンバスタのみ空気を投入)

廃棄物は、2段ガス化炉においてコンバスタのみに空気を投入する方法で、高効率かつ灰溶融排出運転が可能である。

表-1 検討対象としたバイオマスの性状

品目	C	H	O	N	S	Cl	固定炭素	揮発分	灰分	水分
杉チップ	13.73	6.19	42.81	0.10	0.01	<0.01	6.07	53.84	0.09	40.00
都市ゴミ	41.42	5.33	21.79	1.49	0.14	1.07	9.78	61.45	5.38	23.39

※wt%: wetベース

定義

$$\text{※酸素比} = \frac{\text{ガス化剤中酸素量}}{\text{燃料の完全燃焼に必要な理論酸素量}}$$

$$\text{※炭素転換率} = \frac{\text{生成ガス中炭素量}}{\text{燃料中炭素量}} \times 100$$

$$\text{※冷ガス効率} = \frac{\text{生成ガス化学熱}}{\text{ガス化炉投入化学熱}} \times 100$$

$$\text{※揮発割合} = \frac{\text{炭化機からの揮発ガス量} - \text{燃料中水分}}{\text{燃料中揮発分}} \times 100$$