

# 内部循環流動床ガス化炉によるバイオマスガス化発電

玉 理 裕 介\* 橋 本 裕\*  
蟬 谷 健 一\*\* 浜 野 信 彦\*\*

## Pyrolysis Gasification by an Internally Circulating Fluidized-bed Gasifier

by Yusuke TAMARI, Hiroshi HASHIMOTO, Kenichi SEMITANI, & Nobuhiko HAMANO

Development is underway for pyrolysis gasification by an ICFG (Internally Circulating Fluidized-bed Gasifier). This next-generation technique has been tested, using a pilot plant at Ebara's Sodegaura Plant, for more than 2000 hours since 2003. The following discusses basic concepts and results of gasification using wood-based biomass as feedstock. It had been confirmed that relatively high calorific product gas (mainly hydro-carbon) can be produced and that stable rated operation is possible by feeding this product gas to a gas engine or a micro gas turbine.

**Keywords:** Gasification, Fluidized-bed, Biomass, ICFG, Gas engine, Micro gas turbine, Power generation

### 1. はじめに

地球温暖化、化石資源の枯渇など地球環境問題がクローズアップされるなか、バイオマスや各種廃棄物など比較的低位な資源から、ケミカルエネルギーやサーマルエネルギーとして利用可能な燃料ガス（生成ガス）を効率よく抽出、回収するための技術として、“熱分解・ガス化”を利用した物質・エネルギー転換プロセスが近年、盛んに研究・開発されている。

この開発において重要視されるのが、生成ガスの回収率、生成ガス回収の方法、及び熱分解残渣処理法の3点であると考えられる。

本稿では、前記3点において、従来ガス化技術（部分燃焼技術）との差別化を図ることが期待できる、当社の内部循環流動床ガス化炉（Internally Circulating Fluidized-bed Gasifier; 以下、ICFG）について、その基本概念と特長を紹介する。また、当社は袖ヶ浦技術

開発試験所に所有するICFG実証設備において、2003年から延べ2000時間以上の試験運転を行っており、ICFGのガス化発電技術について開発状況を報告する。

### 2. ICFGの基本コンセプトと特長

ICFGの基本概念図を図1に示す。本ガス化炉は、同一の流動層ガス化炉内を仕切壁により、原料の熱分解及

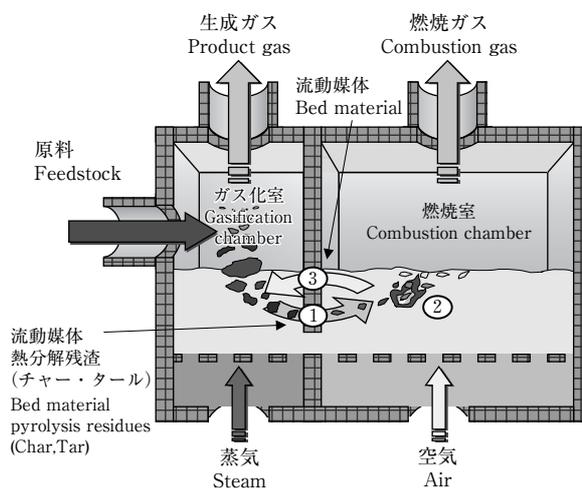


図1 ICFG概念図

Fig. 1 Schematic diagram of ICFG

\* 環境事業カンパニー 環境プラント事業部 環境エネルギー開発室

\*\* 風水力機械カンパニー ソリューション事業部 ソリューション営業室 MGT営業グループ

びガス化を行うガス化室と、ガス化室で熱分解により生じた熱分解残渣の燃焼を行う燃焼室の、大きく分けて二つの異なる機能をもつ室に分割した構造となっている。流動媒体は炉内下部にある開口から自由に両室間を循環できるが、一方でガス化室で放出されたガスは、仕切壁の存在により、両室で混合されることなく取り出すことが可能である。また、ICFGは各々の部屋が壁一枚を隔てるだけで隣接しているため、流動化ガス量（蒸気及び空気量）の調節だけで大量の流動媒体を移動させることができ、各室の層温制御が可能であるという特長をもつ。

ガス化室の流動層は、蒸気などの酸素を含まないガスにより流動化されている。ガス化室に供給された原料は、水蒸気雰囲気下で熱分解・ガス化されて、水素、一酸化炭素、メタン等の炭化水素を主成分とする生成ガスと、チャー・タール等の熱分解残渣とに分解される。ガス化室の下部には燃焼室と連通した開口部があり、熱分解残渣は流動媒体とともにこの開口部を通じて、燃焼室に移送される（図1：矢印①）。つまり、流動媒体や熱分解残渣を外部に抜き出すことなく、かつ機械的な搬送設備に頼ることなく、直接ガス化室から燃焼室へと移送することが可能である。

燃焼室の流動層は空気等の含酸素ガスにより流動化されており、ガス化室から移送されてきた熱分解残渣の完全燃焼を行う（図1：②）。この燃焼熱により流動媒体が加熱され、燃焼室の流動層温度が約800～950℃に保たれる。

燃焼室で加熱された流動媒体はガス化室に戻され（図1：矢印③）、その顕熱がガス化室における熱分解・ガス化反応に必要な反応熱として利用される。これにより、ガス化室流動層で原料を部分燃焼させることなく、ガス化室の流動層温度を600～800℃に保つことが可能である。

ICFGの最大の特長は、ガス化室から発生する生成ガスと、燃焼室から発生する燃焼ガスが混合しない点にある。このため、従来の部分燃焼式のガス化炉と比較して、高い発熱量を有する生成ガスを容易に得ることができる。また、ICFGでは、酸化剤として空気を用いても、窒素は燃焼室から発生する燃焼ガスに含まれるため、生成ガスにはほとんど混入しない。したがって、酸化剤として純酸素を用いることは必須ではない。

ICFGは、全体としてみれば、原料の一部を燃焼して得られた熱量で残りの原料をガス化していることから、部分燃焼式のガス化炉であるとも言える。しかし、ICFGにおける燃焼反応は、チャー、タールなど炭素分

に富んだ熱分解残渣に対してだけ行われることに特長がある。すなわち、ICFGでは熱分解・ガス化が容易でない炭素分が残渣分として選択的にガス化室から取り除かれ、燃焼室で燃焼されるため、生成ガス中の一酸化炭素、二酸化炭素などの炭素を含む成分の濃度は相対的に低くなり、生成ガス中の水素/一酸化炭素比は従来型の部分燃焼式ガス化炉に比べて高い値が期待できる。

以上のようにICFGは、生成ガスの効率的な抽出・回収が可能であり、従来類似技術と比較して差別化を十分に期待できる熱分解・ガス化技術と言える。

### 3. ICFGの発電プロセスとしての利用

ICFGから得られた生成ガスの利用法として、次のような用途が期待できる。

まず、比較的高い発熱量の生成ガスが得られることを利用し、産業用の燃焼炉やボイラなどの燃料として化石燃料の代替としての利用、ガスタービンやガスエンジンなどの動力回収装置において発電用燃料として用いることが可能である。更に、生成ガス中の水素、一酸化炭素濃度が高いことから、メタノールやDME（ジメチルエーテル）などの液体燃料合成や水素製造に利用することも可能と考えられる。

ここでは特に、発電用燃料としての利用に着目する。ICFGの生成ガスをガスタービンやガスエンジンなどの動力回収装置で発電用燃料として用いると、発熱量が比較的高いことがガスタービンやガスエンジン単体での発電効率を容易に高く保つことにつながり、システム全体としての効率及び経済性を高めることが期待できる。例えば工場内廃棄物を利用した自家発電システムとしての利用や、バイオマスや廃棄物を原料とした地域分散型のコージェネレーションシステムとしての利用、また、高発電効率追求の場合には蒸気タービンとの複合発電などの展開が考えられる。

### 4. バイオマスガス化発電技術の開発状況

写真1は、当社の袖ヶ浦技術開発試験所内に設置されたICFGの20 t/d級実証試験設備である。設備のプロセスフローを図2に示す。2004年4月末までに、主に木質系バイオマスを原料として、延べ約2000時間（総原料投入量 約1000トン）の試験運転を実施しており、ICFGの基本コンセプト及び特長を実証してきた。図3にICFGの流動層温度の経時変化を示す。本試験時は、原料投入量は一定であり、流動媒体沈降部の流動化空気量を調節することにより、数時間オーダで、生成ガス成分



05-129 01/209

写真1 試験設備外観  
Photo 1 View of pilot plant

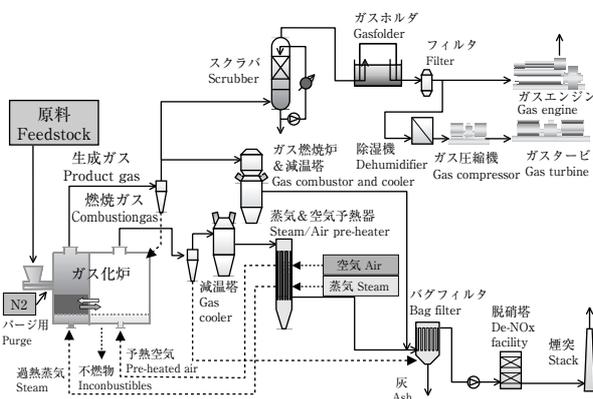


図2 ICFG実証試験設備プロセスフロー  
Fig. 2 System flow of ICFG pilot plant

表 生成ガス組成  
Table Experimental data of the composition of product gas

項目 Item	単位 Unit	条件A Condition A	条件B Condition B	条件C Condition C
H <sub>2</sub>	vol%	12.3	22.6	9.8
CO	vol%	31.0	16.7	28.1
CH <sub>4</sub>	vol%	10.2	8.0	8.6
C <sub>2</sub>	vol%	3.8	1.8	2.6
CO <sub>2</sub>	vol%	11.4	29.8	19.5
N <sub>2</sub>	vol%	25.7	18.4	27.3
CO/H <sub>2</sub> ratio	—	2.5	0.7	2.8
LHV	MJ/m <sup>3</sup> (NTP)	12.9	8.9	10.5

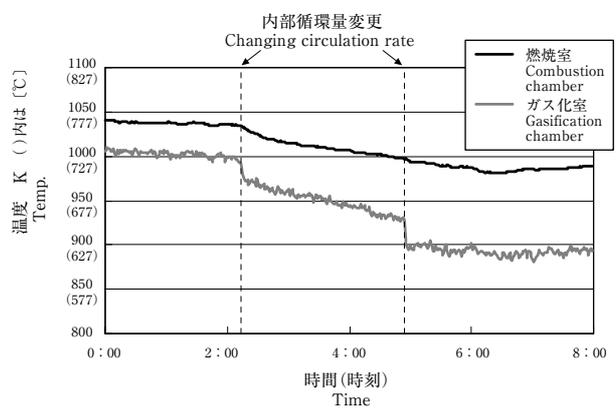


図3 ガス化室・燃焼室流動層温度経時変化  
Fig. 3 Changes in the temperature inside the gasification chamber and combustion chambers

に大きく影響するガス化室の流動層温度を任意に調整可能であることを示している。表に、バイオマス为原料とした場合の生成ガスの組成例を示す。発熱量が高い生成ガスが必要、あるいは生成ガス中の水素収率を上げたい等、ガス利用プロセス側のニーズに応じて、ガス組成を変化させ得る運転条件を見出すことができた。また、本稿では省略するが、前述のICFGのほかの利点も実証試験結果として確認された。

また、ガスエンジン (定格40 kW)・マイクロガスタービン (定格80 kW：写真2参照) などの動力回収装置との連携も含めた、バイオマスガス化発電トータルプロセスとしての実証試験も同時に行ってきた\*。

具体的には、表条件Cの生成ガスで動力回収試験を行ったところ、ガスエンジン・マイクロガスタービン共に、生成ガスを燃料として十分安定な単独自立運転が可能で



05-129 02/209

写真2 マイクロガスタービン外観  
Photo 2 View of micro gas turbine

あり、長期運転における安定性の確認を今後の実証課題として残すも、ICFGのコンセプトを利用して、高効率ガス化発電が可能であることが示された。

※ 文部科学省「一般・産業廃棄物・バイオマスの複合処理・再資源化プロジェクト」の一環としての受託業務。

## 5. おわりに

現在、当社袖ヶ浦技術開発試験所ではICFG実証試験を継続している。また2004年4月には更に一般廃棄物を

対象原料としたICFG実証試験設備（2号炉）が新たに完成し、5月より実用化に即した実証試験を開始している。今後は、ガス化炉本体に加え、ガスエンジン・ガスタービンについて、他種原料に対する適用性、長期運転安定性を確認し、実用化を目指す予定である。

## 参考文献

- 1) 松岡慶, 日本燃焼学会誌, 第45巻, 131号 (2003).
- 2) Kenichi Semitani, et al., Development of Internally Circulating Fluidized-Bed Gasifier (ICFG), The 9th SCEJ Symposium on Fluidization (2003).
- 3) 細田修吾, 月間「クリーンエネルギー」5月号 (2004).

