

内部循環流動床ガス化技術とその利用可能性

甲斐正之* 浅野哲*

New Internally Circulating Fluidized-bed Gasifier and its Feasibility

by Masayuki KAI, & Satoshi ASANO

A novel internally circulating fluidized-bed gasifier (ICFG), Model TWINRec, has made it possible to efficiently obtain high calorific gas from biomass and wastes. Demonstration tests carried at Ebara's Sodegaura Plant confirmed that the quality of the product gas from this ICFG was sufficient for this gas to be used as alternative fuel for gas engines and gas burners. As the ICFG is capable of gasifying various wastes and biomass, its product gas can be refined and used as gas fuel and liquid fuel by other facilities in the proximity. The versatility of this ICFG model makes it possible to recover energy under various influent waste conditions.

Keywords: Fluidized bed, Gasification, Biomass, Sewage sludge, Waste plastics, Alternative fuel, Gas engine, Reduction of primary energy consumption, Reduction of green house gas emission, Methanol

1. はじめに

2005年2月に京都議定書が正式発効となり、温室効果ガス排出量の削減には具体的な対応が求められる段階となった。そのような状況の中、廃棄物や莫大な賦存量を有するバイオマスからの、より高機能なエネルギー回収・利用技術の開発が盛んに行われており、その早期実用化及び普及には大きな期待が寄せられている。

当社が長年の実績をもつ流動床*技術を用いた廃棄物処理の分野においては、燃焼して熱エネルギーを回収・利用するプロセスが現在主流であるが、近年は廃棄物などを熱分解・ガス化**し、化学エネルギー(水素やメタンなどの可燃性有価ガス)として回収・利用するプロセスも実用化されてきている。

当社では既存の流動床ガス化技術を発展させ、新しい概念の流動床ガス化炉を開発し、実証を行ってきた。その新型炉はバイオマスなどの水分が多く発熱量が低い比較的低位品質なものをガス化原料としても、高濃度可燃性ガスを得ることが可能である。この技術により、設備の規模や周囲環境に合わせた柔軟なエネルギー回収・利用が可能となる。

ここでは、その新型炉「内部循環型流動床ガス化炉 TWINRec ICFG」(以下ICFG)、及びICFGを利用したエネルギー回収システムの可能性について述べる。

※600～800℃程度の高温状態に保った砂等の小粒径物質を炉内に敷き詰め、そこに空気や蒸気を吹き込み流動化(流動媒体粒子が浮遊して液化化と似た挙動を示す状態)させたもの。そこに廃棄物などの処理対象物(以下原料)を投入して熱分解処理する。流動床炉の特長は以下が挙げられる。

- ・流動媒体は熱容量が大きいため急激な温度変化が生じ難い(温度制御が容易)
- ・原料は流動媒体に全面を覆われて攪拌・破碎されながら効率良く加熱される(破碎など前処理工程の簡略化)
- ・金属などの不燃物は流動媒体との比重差により容易に分離可能

※流動床炉内に酸素を十分に供給した状態(酸化雰囲気)では、原料は完全に燃焼する(=燃焼炉)。

それに対し、炉内へ供給する酸素量を燃焼に必要な量以下とすれば(還元雰囲気)、燃焼しきれない分の原料中可燃分は水素やメタン、一酸化炭素などを主成分とする可燃性ガスとして抽出される(=ガス化炉)。

2. 内部循環型流動床ガス化炉 TWINRec ICFG

ガス化炉に投入された原料は還元雰囲気下で加熱され、水素やメタンを主成分とする可燃性熱分解ガス(以下生成ガス)と熱分解残渣(ガスになり難いタールなどの未燃炭素分や灰)へと転換される。

従来多くの流動床式ガス化炉では、一定量供給した酸素分だけ原料を燃焼させ、その熱で熱分解ガス化を行っている(図1)。

* 環境事業カンパニー 環境プラント事業本部 技術統括部
環境エネルギー技術室 プロジェクトグループ

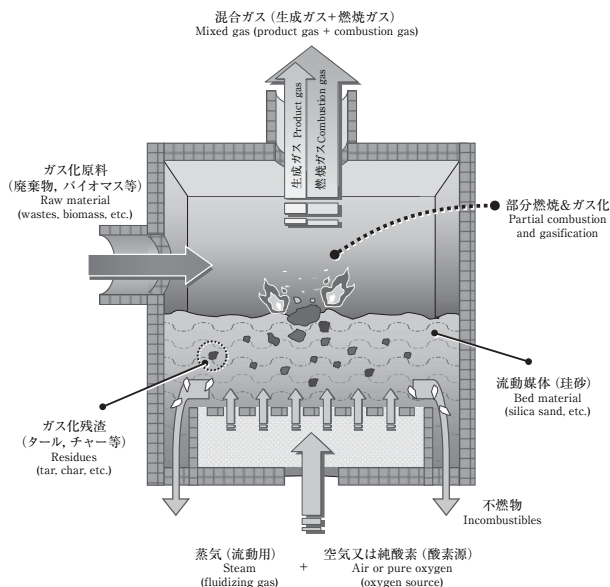


図1 流動床ガス化炉 (部分燃焼式)
Fig. 1 Fluidized bed gasifier (Partial combustion)

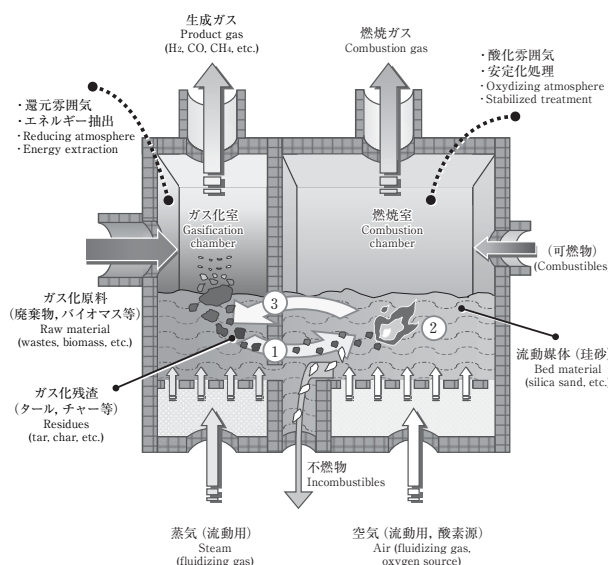


図2 内部循環型流動床ガス化炉
Fig. 2 Internally Circulating Fluidized bed Gasifier (ICFG)

部分燃焼式の場合、主に燃焼しやすい生成ガスが燃焼してガス化熱源となるため、回収される生成ガス量はその分だけ減少することとなる。

また、同一の炉内で燃焼とガス化が行われるため、炉から排出されるガスは生成ガスと燃焼排ガスの混合ガスとなり、ガス中可燃分は希釈されてガスの発熱量は低下する。加えて酸素源として空気を使用すれば、空気中の窒素により混合ガスは更に希釈されるので、それを避けるためには高コストな純酸素の使用が必要となる。

そのほか、混合ガス中のダストには未燃炭素分が含まれるため、その処理には十分に留意する必要がある。

これに対し、ICFGは炉内を仕切壁で燃焼とガス化に特化した2室に分割したことが最大の特徴となる(図2)。

原料はガス化室に投入され、600～700℃に保たれた流動媒体により熱分解ガス化され、生成ガスが発生する。ガス化室には流動化のために蒸気が供給されるため、ほぼ無酸素状態となっている。したがって生成ガスは燃焼せず、燃焼排ガスとの混合による希釈も生じないため、ガス化室からは濃度が低下していない生成ガスをロスなく抽出可能となる。ガス化の際に発生する残渣類は、ガス化反応により温度の低下した流動媒体と共に仕切壁下部の開口部から燃焼室に移動する(図2の①)。

燃焼室は空気を用いて流動化しており、燃焼室内は酸化雰囲気中に保たれている。したがって移動してきた残渣類はここで完全燃焼し、その燃焼熱により燃焼室は800～900℃に保たれる(図2の②)。

燃焼室とガス化室は仕切壁と流動媒体により分離されているため、燃焼室に酸素源として空気を投入しても生成ガスに影響を与えることはない。燃焼室で加熱された流動媒体はガス化熱源として再びガス化室へと移動する(図2の③)。

このように、流動媒体を介して2室の間で熱及び物質を循環させることで、ガス化と燃焼と言う異なる現象を同時に機能させることが可能となる。

なお、生成ガスに同伴されるダスト(灰分や未燃炭素分)は後段に設置する洗浄設備で捕集したのち、燃焼室に投入して完全燃焼処理を行うことが可能である。そのためICFGを用いたシステムでは、灰分は燃焼室から排出される燃焼ガスに集約される。その炭素含有率は既存の焼却炉と同等となるため、灰処理には既存の設備が使用可能である。また、系内で発生する排水を燃焼室に注入して燃焼処理することも可能であり、その場合は排水処理設備を簡略化することが可能となる。

得られた生成ガスは使用目的に合わせて精製(高温改質、洗浄、微量成分除去など)することで、バーナやガスエンジンの代替ガス燃料としての利用や、水素ガスやメタノールなどの各種化学工業原料としての利用も可能となる。このようにICFGにより原料を高濃度可燃性ガスという化学エネルギーへと転換することで、様々な状況に応じた柔軟かつ効率の良いエネルギー活用が可能となる。

なお、生成ガス、燃焼ガスともにICFG後段で高温化(850℃、滞留時間2秒以上)したのち200℃以下まで急

冷するプロセスを経るため、他の焼却炉、ガス化炉と比較して同等以上のダイオキシン抑制性能も有している。

3. ICFGの開発状況

ICFGは千葉県袖ヶ浦市にある当社の技術開発試験所に試験設備を建設し、2003年からシステムの特性把握と生成ガスの利用について実証を行っている。(写真1, 図3) 2004年からは文部科学省リーディングプロジェクトの一環として多種原料でのガス化運転を行い、本システム実用化へ向けた各種データの採取及びシステム各構成要素の開発を行っている。

生成ガスの利用については、ガスエンジン及びマイクロガスタービンの燃料として使用可能であることを確認したほか、2006年度には木材チップ由来の生成ガスから、液体燃料であるメタノールを合成可能であることを実証している。

・実証試験概要（袖ヶ浦技術開発試験所）

ガス化原料：木材チップ、廃プラスチック、一般廃棄物（無破碎）、下水汚泥、建設廃材、廃油、畜糞など

処理規模：15 t/d（一般廃棄物基準）

生成ガス利用設備：ガスエンジン、マイクロガスタービン、ガス燃焼炉、メタノール合成設備

試験実績：通算6200時間、原料投入量延べ2350 t

備考：文部科学省リーディングプロジェクト（2004～2007年度）

そのほか、技術開発試験所での実証で得られた知見を基に、2005～2006年度にかけてICFGを用いた下水汚泥ガス化発電システムの実証を、都内の下水処理場内に建設した試験設備を用いて行っている。(写真2) 約一年間にわたる試験運転を通じ、システムの高い安定性と導入効果*を実証し、本技術が十分に実用レベルであることを確認した。

*実証結果を基に100 t/d規模の設備の試算を行った結果、一次エネルギー消費量は従来型下水汚泥焼却炉と比較して約25%の削減が可能であり、温室効果ガス排出量は約65%の削減が可能であると示された。



07-73 01/217

写真1 ICFG実証設備（技術開発試験所）
Photo 1 ICFG pilot plant (Sodegaura R&D Lab.)

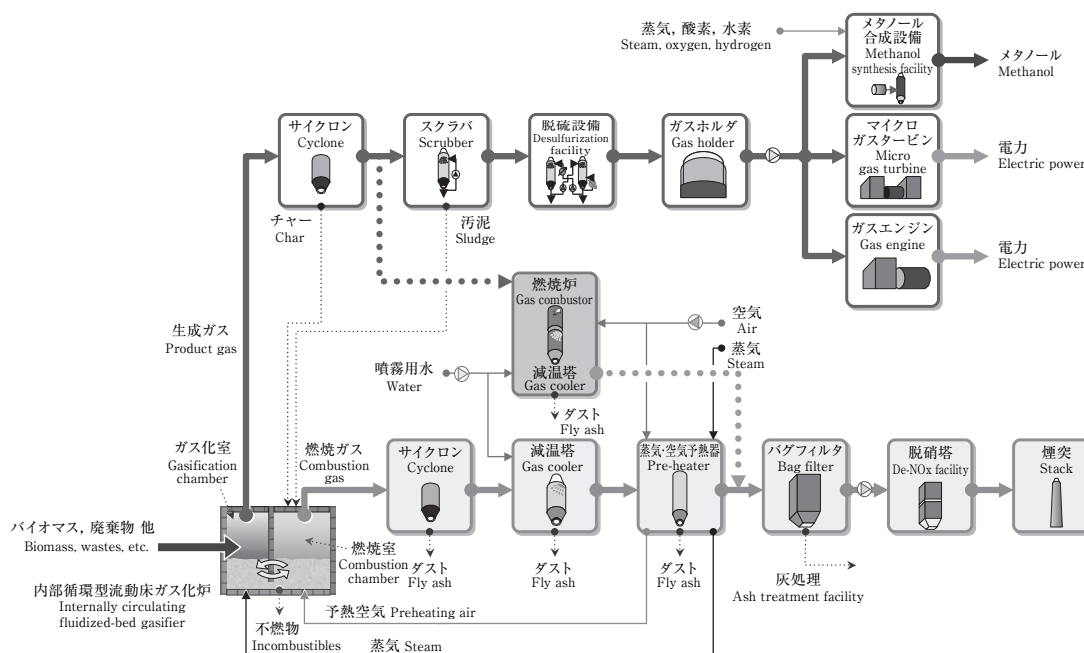


図3 袖ヶ浦試験所システムフロー概略
Fig. 3 Sodegaura R&D Lab. system flow



07-73 02/17

写真2 下水汚泥ガス化発電システム実証設備
Photo 2 Sewage sludge gasification system pilot plant

・実証試験概要（下水汚泥ガス化発電実証設備）

ガス化原料：下水汚泥（脱水汚泥を下水処理場より受け入れ、系内で乾燥後に炉へ投入）

処理規模：15 t/d（脱水汚泥基準）

生成ガス利用：ガスエンジン、ガスエンジン直接駆動プロワ

試験概要：通算3400時間、原料投入量延べ1750t
備考：環境省補助事業（東京都下水道局との共同研究）

4. ICFGの可能性

流動床炉の特長を引き継ぐICFGは、一般廃棄物、産業廃棄物、各種バイオマスなど多岐にわたるガス化原料に適応可能である。得られる生成ガスの利用方法もガス燃料、化学工業原料（水素ガス、液体燃料）など、設備周囲のエネルギー需要に合わせて選択が可能である。

加えて燃焼ガスの熱利用も合わせると、ICFGを用いたシステムは非常に多様なバリエーションが提案可能となる（図4）。

次に、上記適用例の中でも現在特に導入効果が大いと考えられるシステムを紹介する。

4-1 廃棄物ガス化溶融システム

原料組成の変動が大きい一般廃棄物などを処理する場合、その変動幅を見込んで能力に余裕をもたせた設備とする必要がある。現在普及が始まっている一般廃棄物のガス化溶融設備では、部分燃焼式ガス化炉で発生する混合ガス（生成ガス+燃焼ガス）を後段の溶融炉で完全燃焼し、ガス中飛灰の溶融を行っている。そこにICFGを用いて燃焼ガスによる希釈のない生成ガスを溶融炉に導入することで、溶融炉の小型化が可能となる。また、同時にボイラへ導入される溶融飛灰割合が低下するため、

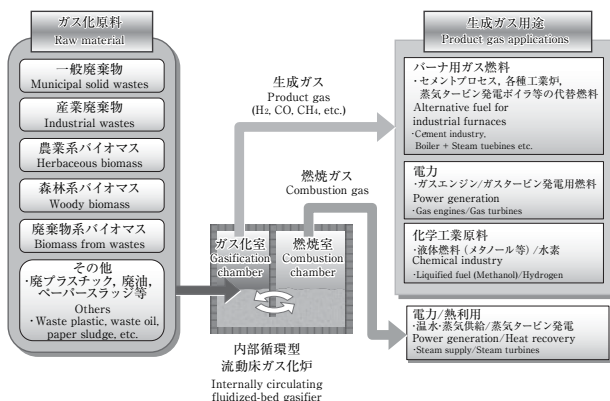


図4 ICFGの適用例
Fig. 4 ICFG applications

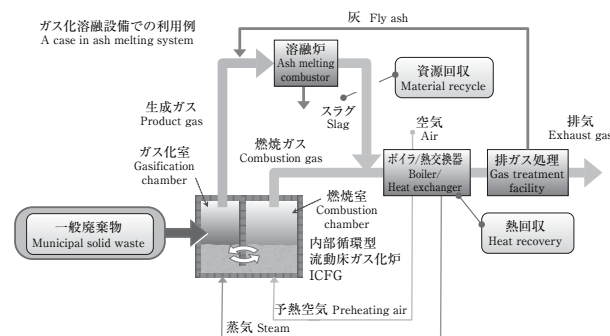


図5 廃棄物ガス化溶融システムフロー
Fig. 5 Waste gasification with ash melting system flow

ボイラの小型化も期待される（図5）。

4-2 バイオマスガス化システム

バイオマスには一般的に季節による質・量の変動や収集の難しさ等の課題が挙げられるが、下水汚泥の場合はその性状は安定しており、下水処理場という大規模集約設備が既に日本全域で稼動しているため、上記課題は問題とならない。同様の特長をもつバイオマスとしては、製紙工場において発生するペーパーラッジなどが挙げられる。

そのようなバイオマスをガス化し、得られる生成ガスを用いてガスエンジンによる発電や代替ガス燃料としての利用を行うことで、一次エネルギー消費量の削減と、それに伴う温室効果ガス排出量の削減が可能となる。

特に下水処理場における電力使用量は、日本の総電力使用量の約0.7%をも占めており、下水汚泥からガス化発電を行い下水処理場の膨大な消費電力の一部を代替することは、非常に効果的なエネルギー活用方法であるといえる。

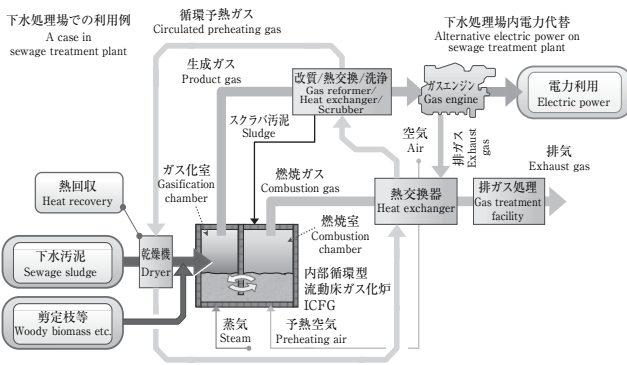


図6 バイオマスガス化システムフロー
Fig. 6 Biomass gasification system flow

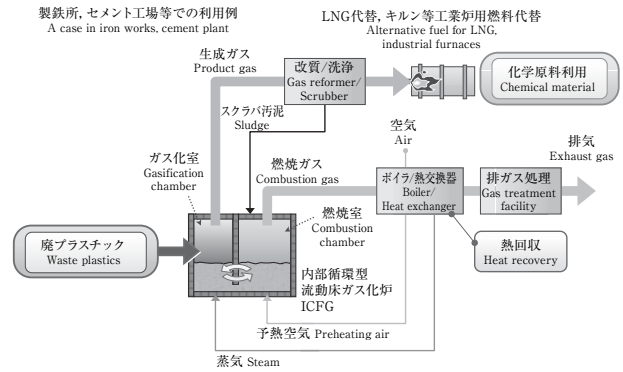


図7 廃プラスチックガス化システムフロー
Fig. 7 Waste plastics gasification system flow

また、剪定枝のような単独では大規模処理を行うことが難しいバイオマスも、補助原料的な扱いとして上記システムに随時受け入れることで、複合バイオマス利用設備として運用を行うことも可能である (図6)。

4-3 廃プラスチックガス化システム

セメント、製鉄などの各種産業においては、工場で使用するエネルギーを賄うために、天然ガスや石油、石炭などの一次エネルギーを多量に消費している。現在は廃プラスチックなどの産業廃棄物を破碎処理した上で固体燃料 (炉の還元剤やキルンの助燃剤など) として活用しているが、ICFGを利用して高濃度可燃性ガスへと転換し、天然ガスなどのガス燃料の直接代替を行うことで、より効果的な省エネルギー効果を得ることが可能となる (図7)。

5. おわりに

莫大な量の廃棄物、そしてバイオマスからのエネルギー回収技術の発展には、現在大きな注目が集まっている。

今まで未利用であったエネルギーの有効活用を可能とするICFGは、循環型社会の構築と温室効果ガスに代表される環境問題解決のための鍵となる技術の一つである。

今後はICFGの早期導入を目標に、来るべき循環型社会の構築へ貢献する所存である。

6. 謝辞

本製品の開発を進めるにあたり、御協力頂いたすべての関係者各位に感謝の意を表す。