

バイオマス資源の有効利用技術

Advanced Reuse Technologies for Biomass Resources

今井 正 安部 裕宣 小城 和高

■ IMAI Tadashi ■ ABE Hironobu ■ KOJO Kazutaka

資源枯渇や地球温暖化問題の対策として、再生可能な資源である各種バイオマスの活用が社会的要請となっている。

東芝は、この要求に応えるため、様々なバイオマス利用技術を研究開発している。エネルギー利用の面では、下水汚泥を、可燃性ガス及び輸送が容易な固体燃料に分離する下水汚泥燃料化システムを開発した。このシステムでは、可燃性ガスは高温燃焼させて処理に必要な熱エネルギーとして利用するとともに、温室効果ガスの生成も抑制する。また、マテリアル利用の面では、比較的簡素なシステム構成で付加価値の高い材料を生成する、木質の高機能炭素素材化技術の研究開発を進めている。

In response to emerging social demand for the effective utilization of various types of biomass, Toshiba is promoting the research and development of a variety of biomass utilization technologies.

In the field of energy applications, we have developed a conversion technology to separate sewage sludge into combustible gas and solid fuel that can be easily transported, with high-temperature burning of the gas providing thermal energy for the process while serving as a means of reducing greenhouse gases. In the field of material applications, we have been researching and developing a technology with a simple system configuration to convert wood into high-performance carbon material.

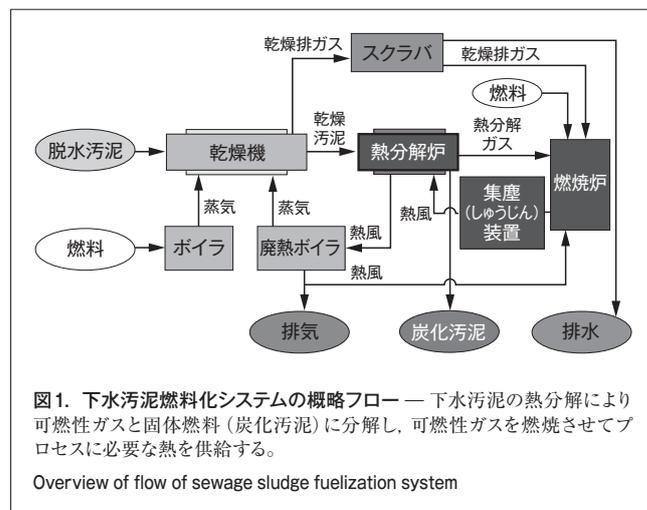
1 まえがき

バイオマス (Biomass) とは生物資源 (bio) の量 (mass) を表す概念で、ここでは「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」を言う⁽¹⁾。これまで大量消費されてきた化石資源の代替として、未利用のバイオマスを有効に利用するための技術開発は、資源枯渇や地球温暖化問題の対策として循環型社会を目指すわが国にとって重要な施策と位置づけられている。

バイオマス利用は、エネルギー利用とマテリアル利用に大分される。エネルギー利用の面では建築廃材や樹皮などを直接燃焼させる実用例が、また、マテリアル利用の面では食品廃棄物や下水汚泥を堆肥 (たいひ) や建設資材などにする実用例がある。

一方で、バイオマス利用は輸送・製造コストの問題や得られる製造物の価格が低いなどの問題で経済性が確保しにくく、現状は必ずしも十分に進んでいるとは言えない。バイオマス利用を進めるうえで、製造物の高付加価値化はこうした問題の解決策の一つとなる。

ここでは、資源循環と環境負荷の低減を目的に東芝が取り組んでいるバイオマス資源の有効利用技術として、エネルギー利用の面では下水汚泥燃料化システム、マテリアル利用の面では木質系バイオマスの高機能炭素素材化技術について述べる。



2 下水汚泥燃料化システム

下水処理場から残渣(ごんさ)として排出される下水汚泥を有効に利用するための方法として、エネルギー収支が高く温室効果ガス生成も抑制する下水汚泥燃料化システムを開発してきた⁽²⁾。

ここでは、2008年から2009年にかけて実施した実証試験の概要と結果について述べる。

2.1 下水汚泥燃料化システムの概要

このシステムの中核となるのは、下水汚泥を熱分解する熱分解炉と、下水汚泥から発生した熱分解ガスを燃焼させてプ

プロセスに必要な熱を供給する燃焼炉である。これに蒸気間接加熱式の乾燥機と廃熱ボイラを組み合わせると熱効率を高めたものである。システムの概略フローを図1に示す。

下水汚泥燃料化システムに投入する脱水汚泥は、蒸気間接加熱式の乾燥機により含水率が約20%の乾燥汚泥となる。乾燥機から排出される乾燥排ガスは、スクラバ(排ガス洗浄装置)で水分と粉塵(ふんじん)などを凝縮除去した後、燃焼炉用の燃焼空気の一部として使用する。乾燥汚泥は、熱分解炉に投入し、約400～600℃の温度で低酸素状態にして熱分解し、炭化汚泥にする。このとき発生する熱分解ガスは、燃焼炉で燃焼させプロセスに必要な熱源になる。熱量が不足する場合は、熱分解ガスに加えて補助として燃料を燃焼させる。

燃焼炉で生成した熱風は、熱分解炉の加熱に使用された後、廃熱ボイラにより熱回収される。廃熱ボイラで発生した蒸気は乾燥機熱源として利用される。蒸気量が不足する場合、別途ボイラを用いて蒸気を補充する。また、熱回収後の熱風の一部を循環利用することにより熱効率を高めている。余剰の熱風は環境対策を施して排気し、スクラバの排水は下水処理場に返流する。

2.2 実証試験設備

脱水汚泥の処理容量が1.9 t/日規模の実証試験設備を用いて、システムの有効性を確認した。設備の外観を図2に示す。

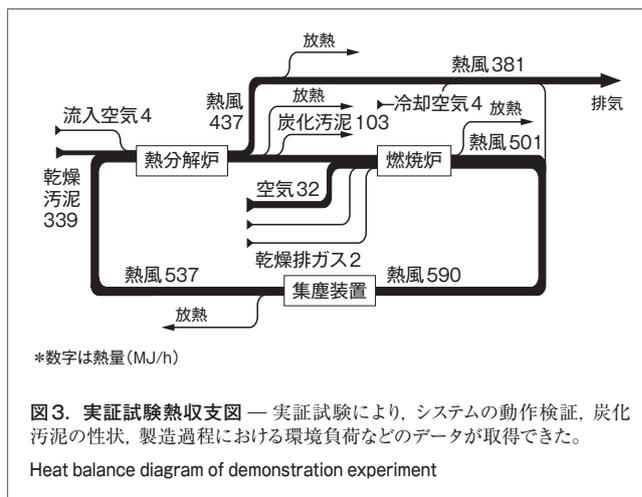


図2. 実証試験設備 — 脱水汚泥の処理容量が1.9 t/日規模の実証試験設備を用いて、システムの有効性を確認した。

Demonstration plant for dewatered sludge disposal

2.3 実証試験結果

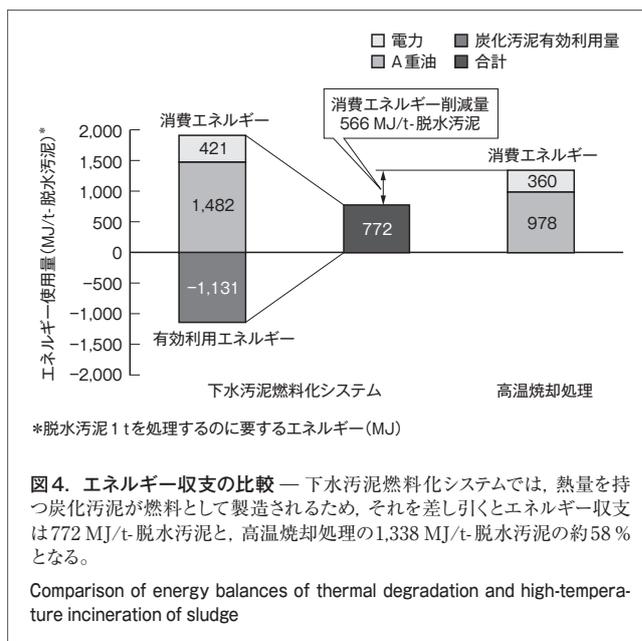
実証試験は、システムを構成する機器及びシステム全体の動作の検証、製造した炭化汚泥の性状、及び製造過程における環境負荷などを評価することを目的に行い、これらについて有効なデータを得た。実証試験結果の一例として、システム特性の一つである熱収支を図3に示す。



2.4 エネルギー収支と温室効果ガス削減効果

実証試験で得られた下水汚泥燃料化システムの機器及びシステムの特長データから、設定条件下における熱物質収支を計算して温室効果ガス排出量、エネルギー使用量、炭化汚泥製造量、及び炭化汚泥発熱量を推計した。

今回、脱水汚泥処理量50 t/日規模の下水汚泥燃料化システムのシステム設計を行ってエネルギー収支及び温室効果ガス排出量を算出し、約850℃の高温で焼却処理した従来の方式と比較した。比較対象として、「循環式流動汚泥焼却炉 技術資料2003年3月」((財)下水道新技術推進機構)の記載値から、処理条件に近い含水率78%、水分を除いた固形分の高位発熱量^(注1)17.5 MJ/kg、処理量50 t/日の汚泥を焼却した



(注1) 水分を含む燃料を完全燃焼させたときに得られる熱量で、燃焼ガス中の生成水蒸気が凝縮したときに得られる凝縮潜熱を含んだ熱量。

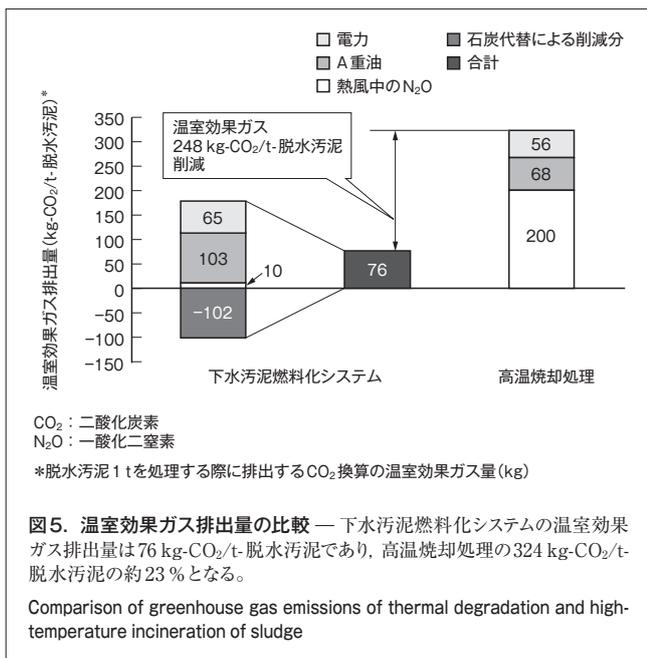


図5. 温室効果ガス排出量の比較 — 下水汚泥燃料化システムの温室効果ガス排出量は76 kg-CO₂/t-脱水汚泥であり、高温焼却処理の324 kg-CO₂/t-脱水汚泥の約23%となる。

Comparison of greenhouse gas emissions of thermal degradation and high-temperature incineration of sludge

ときの値を用いた。エネルギー収支及び温室効果ガス排出量の比較をそれぞれ図4、図5に示す。

2.5 今後の展開

前述の実証試験結果から、当社の下水汚泥燃料化システムは、従来の高温焼却法と比較して、消費エネルギーの抑制、温室効果ガスの排出量削減などを達成する見通しが得られた。今後、このシステムの特長を生かし、従来は焼却処理していた下水汚泥の有効利用法の一つとして提案していく。

3 木質の高機能炭素素材化技術

当社は、木質系バイオマスの有効利用技術として、木質を熱分解し、触媒を使用したCVD(気相成長)法によって高機能な炭素素材を生成させる技術の開発を行ってきた⁽²⁾。

今回、木質から得られた熱分解生成物であるバイオオイルから、高機能な炭素素材を連続して作成する実証試験を行い、良好な結果を得た。これにより、木質バイオマス資源の高付加価値化を実現する見通しが得られた。

ここでは、木質の高機能炭素素材化技術の概要と実証試験の結果について述べる。

3.1 木質の高機能炭素素材化技術の概要

この技術では、未利用の木質系バイオマスを熱分解して液状のバイオオイルとし、バイオオイルから炭素素材を製造する。比較的簡素なシステム構成ながら高い利用効率及び付加価値を実現する、木質のマテリアル利用技術である。

このシステムでは、第一工程として木質を熱分解し、バイオオイル(液体)、炭化物(固体)、及び可燃性ガス(気体)を得る。バイオオイルを精製後、第二工程として、CVD法により炭素素

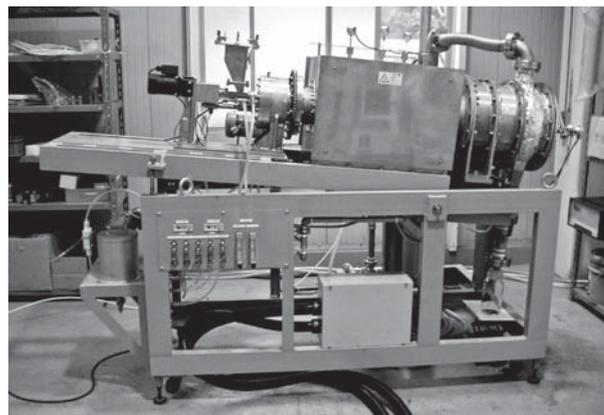


図6. 連続式反応炉 — 反応炉から触媒を外部に取り出すことなく、連続してバイオオイルから炭素素材を製造できた。

Continuous reaction chamber

材の生成に使用する。

3.2 実証試験装置

実証試験では、あらかじめ木質チップ材料を熱分解してバイオオイルを生成しておき、そのバイオオイルを原料として、図6に示した連続式反応炉により炭素素材を生成した。

一般的に、触媒を使用したCVD法による炭素素材の製造では、粉状又は板状の触媒を反応炉に導入し、炭素素材製造後に触媒を炭素素材とともに外部に取り出し、その後、触媒の分離を行う。一方、当社が開発した連続式反応器では、触媒を板状に成型し、炭素素材が触媒上に成長した段階で炭素素材を機械的に掻(か)き取って反応炉内で触媒を分離する構造とした。この結果、触媒を外部に取り出すことができなくなった。

実証試験では、機械的掻き取りによる触媒と炭素素材の分離性能、反応炉内に静置した触媒の繰返し使用の可否、及び得られた炭素素材の性状を確認することを目的とした。

3.3 実証試験結果

連続式反応器の触媒再使用試験結果を図7に示す。複数回の炭素素材生成、掻き取りによる触媒再生、炭素素材再生を経ても、炭素素材の製造量は安定していた。生成した炭素素材の純度は98%以上であり、後工程による触媒除去が不要なレベルであった。

得られた炭素素材の走査型電子顕微鏡(SEM)による観察結果を図8に示す。生成した炭素素材は繊維状であり、導電性と電磁波シールド性に優れていることが確認できた。

3.4 今後の展開

木質系バイオマスから製造した炭素素材の実用化のためには、連続生成だけでなく、意図した特性を持った炭素素材を安定して生成する技術と、収率の向上が必要となる。

今後は、より高品質かつ高収率な高機能炭素素材化技術と

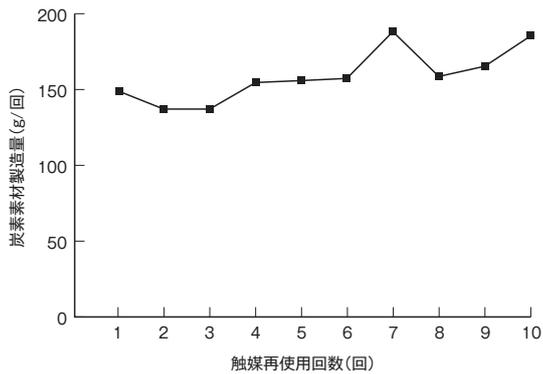


図7. 触媒再使用試験結果 — 反応炉内で炭素素材生成と炭素素材の掻き取り及び触媒再生を繰り返した。

Results of catalyst reuse test

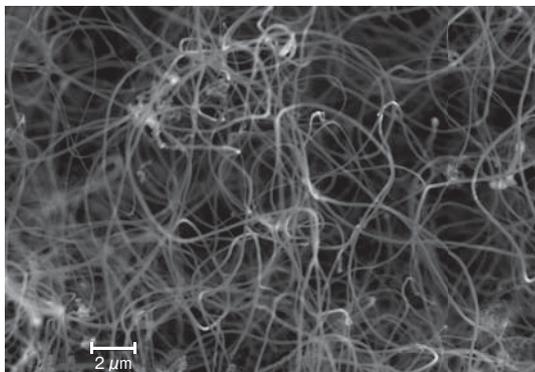


図8. 炭素素材のSEMによる観察結果 — 繊維状炭素素材(図中の細長い白色の物質)が得られることを確認した。

Scanning electron microscope (SEM) image of carbon material

するために、木質の熱分解も含めた最適な製造プロセス及び生成条件を確立することを目標として、開発を進める。

4 あとがき

当社が取り組んでいる下水汚泥や木質などの未利用バイオマス資源の有効利用技術について述べた。

今後、資源循環を進めて環境負荷を減らす技術の早期実用化に向けて、いっそうのコスト低減及び検証を進めることで、資源枯渇や地球温暖化問題に対応した循環型社会の実現に貢献していく。

なお、下水汚泥燃料化システムの開発については、(財)下水道新技術推進機構との共同研究によって実施した。また、木質の高機能炭素素材化技術の研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成により「次世代戦略技術実用化開発助成事業」プロジェクトで実施したものである。

文献

- (1) 閣議決定、「バイオマス・ニッポン総合戦略」。農林水産省ホームページ。<http://www.maff.go.jp/j/biomass/pdf/h18_senryaku.pdf>, (参照2010-04-20)。
- (2) 今井 正, ほか. バイオマス資源の高度回収・再利用技術. 東芝レビュー, 63, 5, 2008, p.23-27.



今井 正 IMAI Tadashi

社会システム社 水・環境エンジニアリングセンター 水・環境ソリューション技術開発部主務。環境システムのエンジニアリング業務に従事。化学工学会, 日本エネルギー学会会員。
Water & Environmental Engineering Center



安部 裕宣 ABE Hironobu

社会システム社 水・環境エンジニアリングセンター 水・環境プロセス技術部主務。環境システムのエンジニアリング業務に従事。
Water & Environmental Engineering Center



小城 和高 KOJO Kazutaka

社会システム社 水・環境エンジニアリングセンター 水・環境ソリューション技術開発部主務。カーボン生成装置の開発に従事。日本トライボロジー学会会員。
Water & Environmental Engineering Center