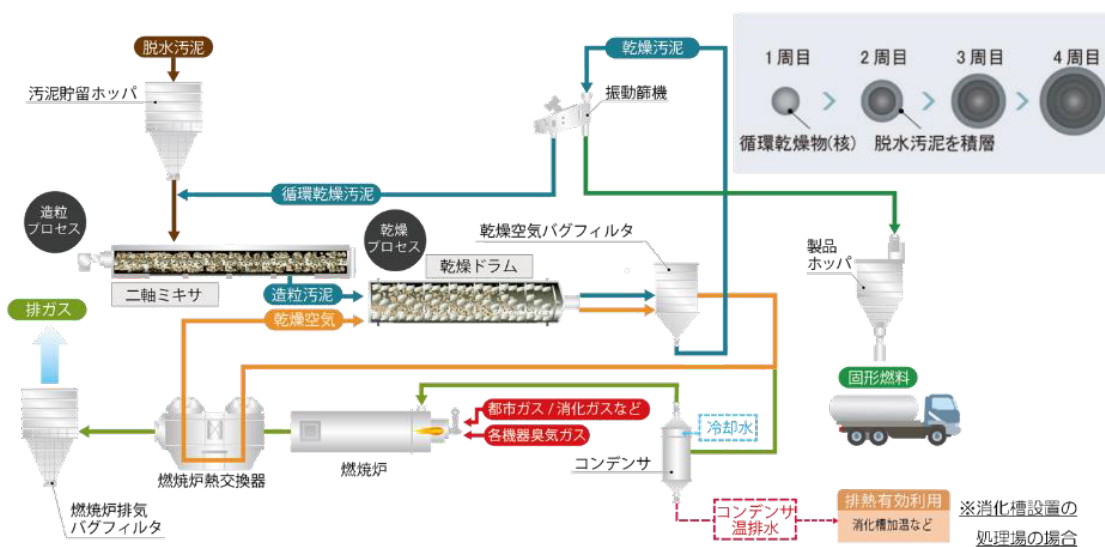


# 経済産業省産業技術環境局長賞 「下水汚泥固形燃料化システム (ジェイコンビシステム) 日鉄エンジニアリング株式会社

## 1. 装置の詳細説明

下水汚泥固形燃料化システム（ジェイコンビシステム）は、下水汚泥を代表とする有機性脱水汚泥を、球形状の造粒乾燥物（ペレット）として固形燃料化するシステムである。システムの概略フローを図表1に示す。本システムは、二軸ミキサで下水汚泥の粘着性と水分を利用して循環造粒乾燥物（核粒子）に汚泥を薄膜状に塗布し攪拌造粒する「造粒プロセス」と、乾燥ドラム内で約400℃の熱風により乾燥する「乾燥プロセス」で構成される。

造粒乾燥物は振動篩により分級され、所定のサイズとなったものを製品ペレットとして排出し、それ以外のサイズの造粒乾燥物は、「造粒プロセス」に戻される。また、乾燥ガスは、臭気や粉塵を系外に排出しない負圧循環方式を採用しており、引き抜かれた一部ガスは、蒸発水相当量の水分を凝縮させた後、燃焼炉で燃焼脱臭し、系外へ排出する。なお、下水処理場の消化槽から発生する消化ガス（下水汚泥のメタン発酵により生じるカーボンニュートラルなバイオガス燃料）を本システムの補助燃料として利用することができ、これにより更なるライフサイクルコストの最適化（経済性向上）と温室効果ガス排出量の大幅な削減（環境負荷軽減）が図れる。



図表1：ジェイコンビシステム 概略フロー（造粒・乾燥プロセス）

## 2. 開発経緯

### (1) 開発経緯

近年、地球温暖化防止に向けた取り組みの一環として、再生可能エネルギーの開拓が盛んに進められている中、バイオマスが新しいエネルギー源として注目されている。中でも、下水汚泥（＝下水処理場で発生する主に微生物からなるバイオマス）は、その集積性や安定性（量、質）等に優位性があるため、特に注目を集めている。

そこで、この下水汚泥を固形燃料に加工し、石炭代替物等として火力発電所等で混焼利用することを実現すれば、地球温暖化防止に貢献するとともに、従前果たせなかった下水汚泥の長期安定的なリサイクルを実現することも可能となる。

当社では下水汚泥の有効利用による低炭素、脱炭素社会への貢献を目的に、下水汚泥が有する熱量を損なうことなくハンドリング性の良いペレット状燃料に加工できる「造粒乾燥方式による下水汚泥燃料化技術」をスイスコンビ社より技術導入した。2004～2006年には日本下水道事業団との共同研究を実施し、日本の地理特性や下水汚泥性状に合わせた設備仕様の変更・運転方法の検証を行い、本システムの開発を進めた。2008年、当社は前述の初期開発に加え、性状の異なる複数の下水汚泥の集約処理に対応するシステム制御及びスケールアップ対応を行った実証機である脱水汚泥燃料化施設を民間施設に納入、2013年には第1号機の納入に至った。

#### 1) 日本下水道事業団との共同研究（2004～2006年）

- ・本システムを実際の下水処理場内に設置し、乾燥ペレットの製造試験を実施。
- ・本試験により以下の項目について確認した。
  - ①燃費が良好であり、乾燥ペレットが石炭代替等として有効利用されることによるCO<sub>2</sub>削減量が、本システムからのCO<sub>2</sub>排出量を上回ること。
  - ②排ガス及び排水等の環境基準を満足すること。

#### 2) 民間脱水汚泥燃料化施設への適用（2008年）

- ・複数の下水処理場から集約される汚泥受入に対する対応 ⇒ カスケード制御の導入
- ・汚泥処理能力20ton/日（技術導入初期）から30ton/日へのスケールアップ

#### 3) 第1号機納入（2013年）

- ・固形燃料に係る臭気への対応（活性炭添加による汚泥由来固形燃料の臭気低減対応）
- ・立ち上げ及び立下げ手順の簡素化を実現（半自動化、二流体の適用）
- ・汚泥処理能力30ton/日から70ton/日<sup>※1</sup>へのスケールアップ

#### 4) 第1号機納入後の対応（2014年～）

- ・本システムからのCO<sub>2</sub>排出量削減を目的として、補助燃料として木チップを採用 ⇒ 木チップ燃焼設備を導入（2017年）
- ・市街地立地に合わせ、本システムからの臭気漏洩対策を強化 ⇒ 臭気源となる汚泥系統設備の屋内化、臭気モニタリング機器の設置（2017年）

---

<sup>1</sup> 自治体案件の多くは汚泥処理能力70ton/日以上が求められる。

(2) 共同開発  
共同開発者無し

(3) 技術導入

スイスコンビ社より造粒乾燥方式に関する技術を導入。導入後、日本国内の下水処理事情に合わせた設備仕様への変更並びに、設計・建設、維持管理運営等を行政と民間事業者が連携して取り組む官民連携事業（PPP/PFI）における効率的な事業運営の観点から、以下の改善を実施。

- 1) スイスと異なる日本特有の密集した居住環境への対応 ⇒ 脱臭炉による臭気対策
- 2) 日本の汚泥に適用した運転方法の確立 ⇒ 造粒手順・評価方法（触診）を確立
- 3) 本システムのライフサイクルコスト改善及びCO<sub>2</sub>排出量削減  
⇒ 排ガス再循環装置の導入による使用補助燃料（都市ガス等）の燃費改善
- 4) 維持管理性の向上 ⇒ 二流体ノズルの導入による設備の立上・立下の時間短縮ならびに過乾燥リスクの低減による安全性向上

### 3. 独創性

(1) 造粒乾燥方式の採用

汚泥の有機分をほぼ全量保持した高カロリー・低灰分の固形燃料を安定的に製造、石炭等の代替燃料として全量有効利用されCO<sub>2</sub>削減効果の最大化に貢献。

(2) 均一粒径の造粒

1～5mm程度の均一粒径に造粒するため、他の汚泥燃料化方式と比べて粉塵が少なく取り扱いが容易。下水汚泥含水率が変動した場合には、過乾燥または乾燥不足が発生し、造粒が難しくなったり、粒径にばらつきが出たりする。そこで下水汚泥含水率が変動した場合には、水分蒸発に必要な熱負荷の変動に伴い、乾燥ドラム内温度が変動するが、乾燥ドラム温度に応じて燃焼量が自動的に調整されるカスケード制御を導入し、汚泥燃料の品質安定化を実現している。

(3) 下水汚泥の性状変動に強いシステム

本技術は下水汚泥の熱分解を伴わないため、下水汚泥中の有機分（強熱減量や発熱量）の変動が本システムの運転に影響せず、幅広い含水率（70～85%）、多様な有機汚泥（消化・未消化汚泥等）に対応可能。

(4) 熱分解を伴わないプロセス

焼却や炭化と異なり焼却灰等副生物の発生がないほか、助剤・添加物も不要。そのため副生物の最終処分や助剤・添加物の購入が不要であり、維持管理コストを低減することが可能。

(5) バイオマスエネルギーの補助燃料利用

消化ガスや木チップなどのバイオマスエネルギーを本システムの補助燃料として使用可能で、これによりランニングコストの最適化とCO<sub>2</sub>排出量削減効果の最大化を図ることが可能。

#### (6) 粉塵・臭気漏れ対策

乾燥ガスは閉回路で負圧循環されるため、粉塵・臭気の漏れない。

#### (7) 立ち上げ・立ち下げ時間の短縮等による汚泥の過乾燥対策

設備構成がシンプルで、運転の立ち上げ・立ち下げの時間が短く、定期修繕期間も短いため、設備稼働率が高く、また運転操作や保守が容易であり安全性が高い。下水汚泥処理においては、日々発生する汚泥をいかに毎日安定的に処理できるかが重要である。

技術導入当初は設備の立ち上げは徐々に温度を上げ、立ち下げは自然冷却を基本としていたため、相応の時間がかかるとともに、系内の下水汚泥の量が定格より少なかったり、本システムに送泥された下水汚泥の含水率が低かったりする場合に、過乾燥リスクが高まる。そこで、立ち上げ・立ち下げの時間短縮による設備稼働日数の確保と、過乾燥リスク低減による安全性向上を目的として、二流体ノズルを導入。水の噴霧によって乾燥ドラム内の水分蒸発量(温度)調節を行い、立ち上げ・立ち下げ時の系内の汚泥量減少時や運転中に乾燥ドラム内温度が高くなった場合にも、タイマーにドラム内の水分蒸発量を制御できるため、汚泥の過乾燥による発熱リスクを低減している。

### 4. 特許の有無

次のとおり、特許4件を取得済み。

特許番号：第 6594168 号 / 名称：汚泥乾燥装置及び汚泥乾燥方法

特許番号：第 6298776 号 / 名称：分級バグフィルタ

特許番号：第 6249882 号 / 名称：汚泥乾燥装置および汚泥乾燥方法

特許番号：第 6192448 号 / 名称：汚泥乾燥装置

### 5. 性能

他固形燃料化方式である炭化方式との比較として、下水汚泥固形燃料化システムの技術評価に関する報告書(2008年3月 日本下水道事業団発行)に基づき、図表2に示す。

### 6. 経済性

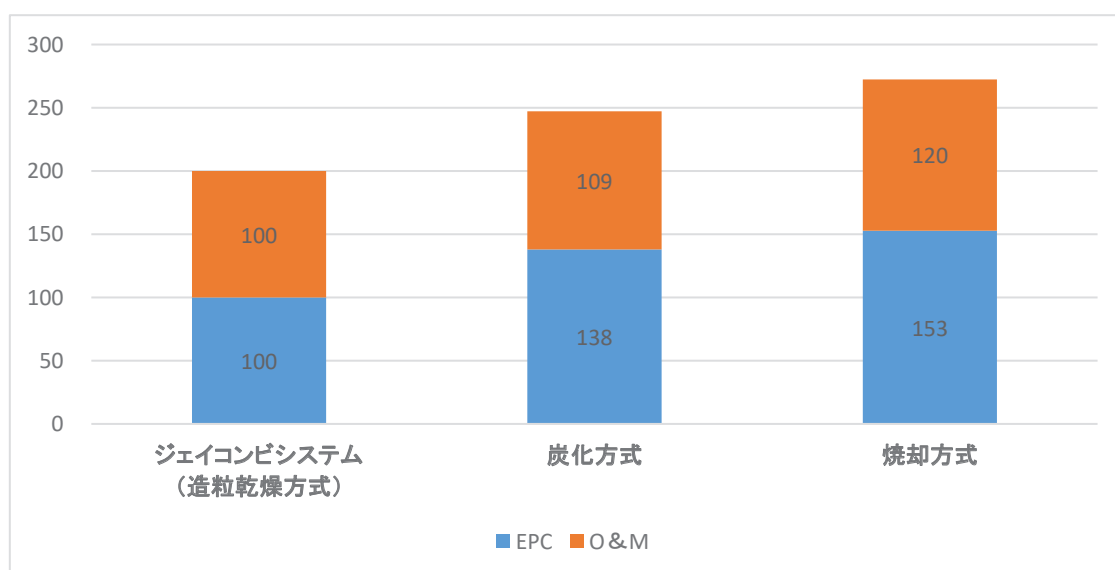
各汚泥処理方式の経済性対比結果を図表3に示す。本システム(造粒乾燥方式)のインシヤルコスト(設計・建設に係る費用)とランニングコスト(維持管理・運営に係る費用)をそれぞれ100とした場合、炭化方式ではインシヤルコストは138、ランニングコストは109、焼却方式ではインシヤルコストは153、ランニングコストは120となる。図表3作成にあたっては、以下の試算条件にて算出した金額を使用した。

(試算条件)

下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(2017年度版)等を用い、汚泥処理能力60ton/日×1系列規模、事業運営期間を20年間と仮定、またインシヤルコストに関しては流域下水道に係わる国庫補助適用(インシヤルコストのうち2/3補助)を想定し、当社にてインシヤルコストとランニングコストを概略推算、本システムの各費用をそれぞれ100として他方式の費用と比較している。

図表2 本システムと他固形燃料化方式（炭化燃料化システム）との比較

項目		本技術 (乾燥燃料化システム)	炭化燃料化システム	補足
設備構成		造粒・乾燥設備で構成する汚泥系+燃焼炉・熱交換器で構成する乾燥ガス系	乾燥機・炭化炉で構成する汚泥系+炭化炉から排出される排ガスを処理する排ガス系+廃熱回収系統	—
設備特性	設備構成	排ガス処理設備が不要のため、機器点数が少ない	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱分解を伴うため排ガス処理設備が必要</li> <li>・発熱対策として、造粒処理、薬剤処理、加湿処理等の設備が必要</li> </ul>	乾燥は設備構成がシンプルで維持管理性が高い
燃料特性	総発熱量	汚泥を熱分解せず、汚泥の固形分のすべてを燃料として回収するため発熱量が高い	汚泥の熱分解を伴うため、乾燥に比べ発熱量が低い	乾燥は汚泥燃料の発熱量が高いため、 <u>温室効果ガス削減効果が高い</u>
	破砕性 (HGI)	18~20 (石炭よりも硬い)	50~60 (粉状のものから造粒しているため、脆い)	乾燥は型崩れせず粉塵発生を抑制し、 <u>粉塵爆発、臭気拡散リスクを低減</u>
	安全性	自己発熱性が小さい	自己発熱性が大きい	乾燥は酸化発熱しにくく、同じ温度下においても炭化に比して発火までの時間が長い



図表3 ジェイコンシステム（造粒乾燥方式）と他方式（炭化・焼却）との対比

## 7. 将来性

昨今の石炭等のエネルギー価格高騰と、脱炭素の急激な流れを受け、石炭の約 2/3 の総発熱量<sup>※2</sup>を有し、カーボンニュートラルなバイオマス燃料である下水汚泥固形燃料に対する利用先（石炭火力発電所等）からのニーズは急増している。

石炭等代替燃料として汚泥固形燃料を有効利用することは、目に見える形で脱炭素化に貢献しうる施策となるため、今後、炭素税の導入等も予想される中、下水汚泥が持つカロリー価値を損なわないエネルギー回収効率の高い本システムは、今後も相応の需要が見込まれるものと考えられる。

また、本システムで製造される汚泥固形燃料は、肥効性の高い肥料としての利用が可能である。下水汚泥資源のエネルギー利用拡大と併せ、肥料利用拡大にも注力し、下水道事業を通じた循環型社会の実現に貢献してまいりたい。

---

<sup>2</sup> 汚泥燃料の総発熱量は原料となる脱水汚泥の性状に依るが、概ね以下の想定とした。  
総発熱量：石炭 6,000kcal/kg 汚泥燃料 4,000kcal/kg