

# 小規模用下水汚泥の燃料化システムに関する実用化研究

資源循環研究部 研究員  
朽岡 英司



## 1 研究の背景と目的

美濃加茂市は、現在、脱水汚泥を場外処分しているが、i) 処分先からの受け入れ制限により処分地確保が年々難しくなっている、ii) 脱水汚泥の委託処分費が高騰している、といった問題を抱えており、これらの問題を包括的に解決すると同時に、地球温暖化防止へ寄与できる施設の建設を検討してきたが、市が管理する下水処理場の規模に適用できる技術はなかった。

このような背景を受け、ペレット蒸気ボイラ（以下、ボイラと示す）を中心とする化石燃料を使用しない燃料化システムの研究を開始した。

本研究では、燃料化システムの実設備導入に向け、設計諸元を明らかにすることを目的に、実証設備による調査を行うとともに、実設備導入による経済性および温室効果ガス削減効果の分析を行った。

なお、本研究は、国土交通省の「新世代下水道支援事業制度 機能高度化促進事業（新技術活用型）」として岐阜県美濃加茂市と本機構が共同で実施したものである。

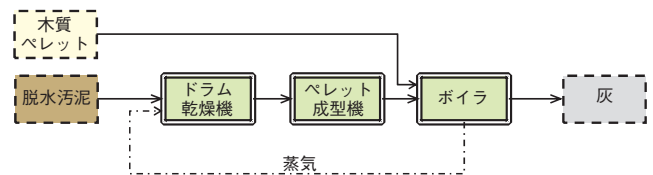
## 2 技術の概要と特徴

### 2.1 技術の概要

本システムは、脱水汚泥を対象として、乾燥処理、造粒処理および燃焼処理を組合せた燃料化システムであり、脱水汚泥を連続的に乾燥して、その乾燥汚泥を化石燃料代替燃料として利用するものである。汚泥単独では、ボイラにおける蒸気発生量が不足することか

ら、事業系廃棄物である木質チップを併用するシステムとなっている。なお、図-1に示すように、研究開始前から美濃加茂市が検討してきた「基本フロー」と、本研究の中で開発した「混合ペレット（乾燥汚泥と木質チップを混合・成型したペレット）をボイラ燃料として利用するフロー」の二つのフローを、実証試験で検討している。それぞれの過程で、乾燥汚泥と木質チップを混合したペレットは、燃焼工程におけるボイラ燃料として利用し、ボイラにおいて発生した蒸気をツインドラム型乾燥機（以下、ドラム乾燥機と示す）の熱源として有効利用を図るものである。

【基本フロー：汚泥ペレットと木ペレットを混合したペレットをボイラ燃料として利用するフロー】



【乾燥汚泥と木質チップを混合・成型したペレットをボイラ燃料として利用するフロー】

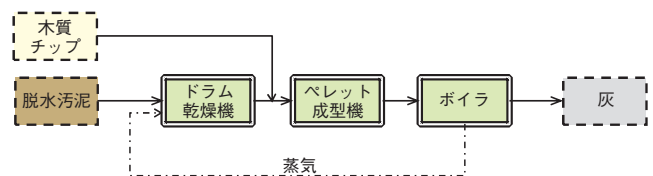


図-1 実証設備のフロー

### 2.2 燃料化システム構成機器の特徴

実証設備の主な構成機器であるドラム乾燥機、ペレット成型機、ボイラの特徴を以下に示す。

#### (1)ドラム乾燥機（図-2）

本機は、蒸気間接加熱方式であり、水蒸気の凝縮潜熱を加熱に利用している。

ボイラから供給される0.6MPa程度の蒸気を減圧弁により0.4MPaに調整して2本の回転ドラムに供給す

る。蒸気によって熱せられた2本の回転ドラムに脱水汚泥は巻き込まれ、数十秒の滞留時間で15%程度の乾燥汚泥となり排出される。

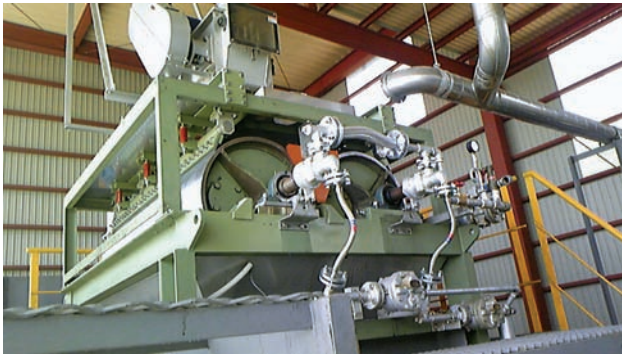


図-2 ドラム乾燥機

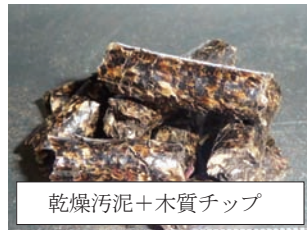
(2)ペレット成型機

本機は、主に加圧ローラー、成型ダイスから構成される。

乾燥汚泥単独、または乾燥汚泥と木質チップを混合した原料は、加圧ローラーによって成型ダイスの面に均等に分散されるとともに、ダイス孔へ押しつけられる。ダイス孔に押し込まれた試料は、ペレット状に成型され、一定の長さに切断されてペレット燃料(図-3)となる。



乾燥汚泥単独



乾燥汚泥+木質チップ

図-3 ペレット燃料

(3)ボイラ

本機は、火床面積0.16m<sup>2</sup>の炉を有し、ペレット成型機で生成したペレットをボイラ燃料として850℃程度で燃焼する。

なお、ペレット燃料は火床面の中心から供給され、その供給量を調整することで、所定の蒸気圧力0.6MPa程度を確保し、生成した蒸気をドラム乾燥機に供給している。

### 2.3 技術の特徴

本技術は、次のような特徴を有するものである。

- ①小規模下水処理場向け
- ②安定運転中、化石燃料を使用しない

- ③既存の処理体系より、汚泥処分量を削減
- ④既存の処理体系より、LCC(事業費)を削減
- ⑤既存の処理体系より、LCA(温室効果ガス排出量)を削減

## 3 基本フローの問題点

研究開始前から検討してきた「基本フロー」には、以下の問題が見受けられた。

(1)ペレット燃料について

乾燥汚泥単独で成型したペレット(汚泥ペレット)の成型可能な下限含水率値は、15%程度であり、それ以上低減すると粉末状になり、上手く成型できない結果であった。一方、含水率が高くなると、後段のボイラに影響が生じてしまう。そのため、ドラム乾燥機の運転調整に注意する必要がある。

(2)燃焼結果について

既存燃焼炉に対する適正なペレット処理量の把握ができていないことから、燃焼残渣に未燃分が多く残存することとなった。また、その未燃分の残存状況にばらつきが確認されたことから、燃焼が不均一であったと推測される。

(3)ボイラ排ガス性状について

ばいじんおよび窒素酸化物の値は、参考値として示した大気汚染防止法の規制値を超過する結果であった。

## 4 燃料化システムの開発と検証

### 4.1 ペレット種および成型方法の開発

i) ドラム乾燥機の安定化、ii) ペレット成型の容易化およびiii) ボイラにおける燃焼速度の向上を目的として、乾燥汚泥と木質チップを混合した後にペレット化した「混合ペレット」を開発し、調査を実施した。

乾燥汚泥と木質チップを混合した後に成型するため、木質チップがつなぎの役目となり、圧密し易く、ペレット形状を保持し易いという利点がある。そのため、乾燥汚泥単独では成型不可能であった10~15%程

度の低含水率時においても粉末状にならずに成型することができた。

## 4.2 ボイラ用の燃烧炉の開発

未燃分（強熱減量）の低減，均一な空気の供給を目的として，燃烧炉の開発を行った。既存の火床面空気穴径がφ6mmに対し，φ1.5mmとすることで，供給空気量に対する空気抵抗を強くし，炉床全面から均一に空気が供給できるようにする。開発した燃烧炉の概略図（試験装置概略図）を図-4に示す。

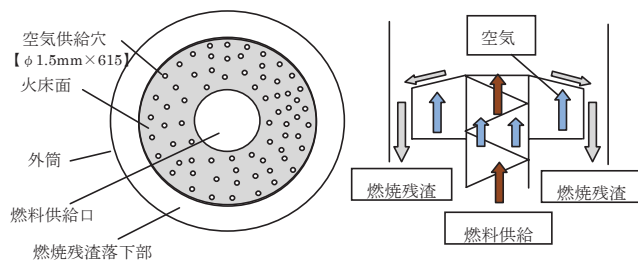


図-4 燃烧炉概略図（試験装置概略図）

## 4.3 ペレットおよび燃烧炉の検証

### (1)火床面変化試験

空気穴径φ1.5mmの火床面を用いた場合，既存燃烧炉に採用していた従来の空気穴径φ6mmの火床面に比べて，均一な空気供給が可能となった。その影響により，火床面単位面積（m<sup>2</sup>）あたりの処理量<sup>\*1</sup>は大幅に向上（138%増加）する結果であった。

### (2)ペレット燃料変化試験

空気穴径φ1.5mmの火床面を用いた試験である。ボイラ燃料に占める汚泥の割合と単位面積あたりの処理量<sup>\*1</sup>の関係を図-5に示す。従来使用していた汚泥ペレットと木ペレットを混合した燃料に比べて，乾燥汚泥と木質チップを混合した混合ペレットの方が燃烧速度は向上し，本システムには有用であると考えられる。また，混合比は，「乾燥汚泥：木質チップ＝6：4」が良好な結果を示した。

なお，混合ペレットは，ペレット成型の観点からも，従来の汚泥ペレット単独より制約のない状況で生成できるため，有効である。

<sup>\*1</sup>：m<sup>2</sup>当たりの処理量は，図-4に示す□部（燃料供給口＋火床面）の単位面積あたりの燃料供給量の値を示す。なお，その時の供給量は，燃烧残渣の未燃分が極力残ら

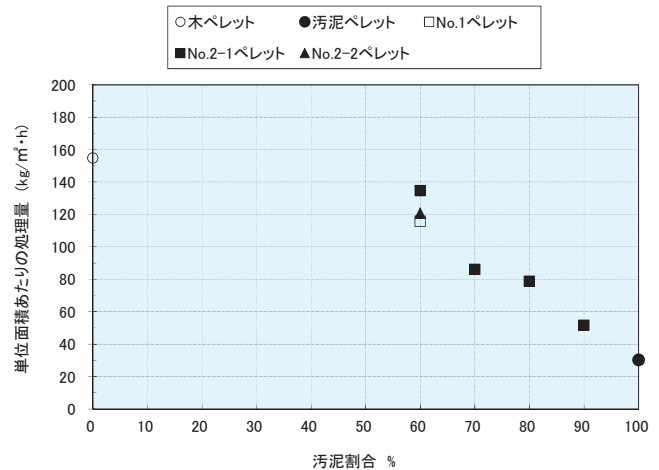


図-5 汚泥割合と単位面積あたりの処理量の関係（※2）

ないこと（残渣強熱減量値3～4%程度）を前提とした。

※2：使用ペレットを以下に示す。

- i) 汚泥ペレット単独
- ii) 木ペレット単独
- iii) 汚泥ペレット＋木ペレット（No.1ペレットと示す）
- iv) 乾燥汚泥と木質チップ1号の混合ペレット（No.2-1ペレットと示す。木質チップ1号は，木ペレットと同素材である木質チップを示す。）
- v) 乾燥汚泥と木質チップ2号の混合ペレット（No.2-2ペレットと示す。木質チップ2号は，木ペレットと素材は異なり，美濃加茂市内で入手可能な木質チップを示す。）

## 4.4 排ガス対策

実設備設計時，ばいじん対策として「バグフィルター」などの集塵装置採用の検討および窒素酸化物対策として「触媒反応塔」などの脱硝装置採用の検討を行う。

## 5 実設備の検討

実設備の検討を行う上で，以下の内容を反映する。

- 1) 乾燥汚泥と木質チップを混合した後に，ペレット成形機に供給する。
- 2) ボイラの補助燃料として，ガス注入設備を設ける。なお，本補助燃料は，立上げ時，緊急時に使用する。
- 3) ボイラ排ガスに含まれるばいじんの処理を目的として，集塵装置を設ける。
- 4) ボイラ排ガスに含まれる窒素酸化物の処理を目的

として、脱硝装置を設ける。

## 6 施設導入効果の分析

燃料化施設の導入により、脱水汚泥を施設内で燃料として利用し、燃焼残渣（燃焼灰）を場外搬出・処分するフローとなる。

本施設の導入効果について、事業費および温室効果ガス排出量を分析した。分析を行った条件を表1に、結果を図-6、図-7に示す。

現状の処理体系との比較の結果、本施設を導入することで、以下の効果が見込まれる結果となった。

表-1 導入効果分析条件

【検討基準 流入水量（日平均）】		
平成24年度；2,672m <sup>3</sup> /年		
※流入水量は、美濃加茂市の現状の水洗化人口および汚水量原単位から予測した。		
【検討条件】		
項目	現状	導入後
稼働日数	261	261
汚泥固形物量 (t-DS/日)	0.532	0.532
脱水汚泥		
発生量 (wt/日)	775.2	799.7
含水率 (%)	83.0	83.5
高分子凝集剤添加率 (%/TS)	1.0	1.2
ポリ硫酸第二鉄添加率 (%/TS)	15	10
※1；現状の脱水汚泥含水率、高分子凝集剤添加率、ポリ硫酸第二鉄添加率は、平成22年度の実績値（平均値）を採用		
注2；導入後の脱水汚泥含水率、高分子凝集剤添加率、ポリ硫酸第二鉄添加率は、実証試験結果を採用		
【検討項目】		
①事業費低減検討		
検討するにあたり、試算に必要な各種費用単価および使用量等は、蜂屋川クリーンセンター実績値およびメーカーヒアリング値を採用する。		
②温室効果ガス排出量低減検討		
検討するにあたり、試算に必要な各種使用量等は、蜂屋川クリーンセンター実績値、中間処分場実績値およびメーカーヒアリング値を採用する。		
また、温室効果ガス排出量を算出するために必要な排出係数等は以下の資料を参考にした。		
・「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き 国土交通省 平成21年3月」		
・「下水道におけるLCA適用の考え方 国土交通省 国土技術政策総合研究所 平成22年2月」		
・「社団法人産業環境管理協会データベース」		
・「カーボンフットプリント制度試行事業温室効果ガス換算量共通原単位データベース（暫定版）ver. 3.0」		
・「NEDO 化学関連産業分野における温室効果ガス対策技術評価法の調査 1992.3」		

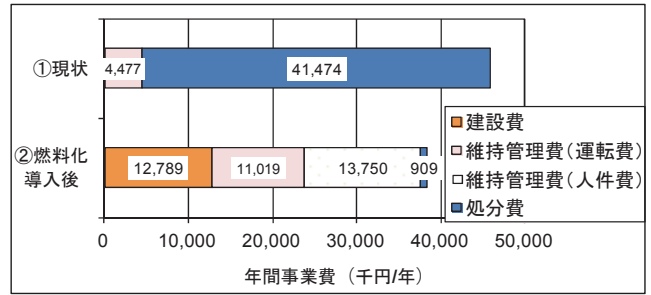


図-6 事業費の試算結果比較

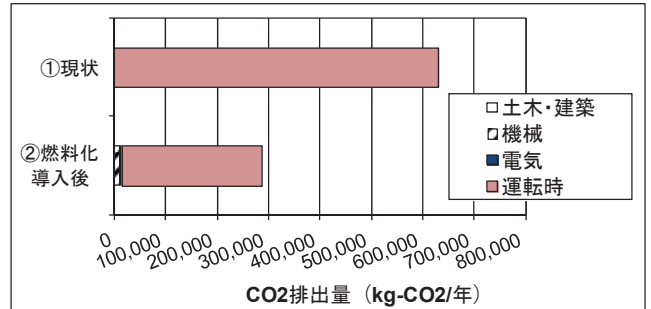


図-7 温室効果ガス排出量の試算結果比較

- ・ 7,484千円/年の事業費削減が見込まれる。
- ・ 342,376kg-CO<sub>2</sub>/年の温室効果ガス排出量削減が見込まれる。

## 7 おわりに

本研究では、実証試験からシステムの性能を確認するとともに、外部有識者で構成された専門委員会により、実用性があると評価され、本技術が美濃加茂市蜂屋川クリーンセンターに導入できると認められた。

今後は、性能評価研究において、実規模での評価を進めることとしたい。