

特集報文：下水道による都市の水の管理

# 下水道革新的技術（バイオマス発電）の実証研究の成果

田嶋 淳・川住亮太・山下洋正

## 1. はじめに

新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現するため、国総研下水道研究部では、国土交通省下水道部と連携して「下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）」を平成23年度より実施している。

B-DASHプロジェクトは、国総研からの委託研究により、受託者が実規模プラントを設置し、革新的技術導入によるコスト縮減・温室効果ガス（以下「GHG」という。）排出量削減・省エネルギー効果等を実証し、国総研がその成果を踏まえて、下水道事業者による導入検討のためのガイドラインを策定し、もって普及を図るものである。

平成25年度より実証してきたバイオマス発電技術に関する2件の実証研究成果を踏まえ、平成27年8月に、技術導入ガイドラインを策定した。

本稿では、実証技術の特徴及び実証技術の導入効果の試算結果を中心に報告する。

## 2. 実証技術の概要・特徴

バイオマス発電技術とは、下水汚泥の低含水率化技術、燃焼技術、発電技術の組み合わせにより、焼却廃熱を利用して発電を行うシステム技術であり、平成25～26年度の2箇年にわたり実証を行った。なお、実証研究実施者及び実証フィールドは表-1に示す通りである。

表-1 実証研究の概要

実証技術名	委託研究実施者	実証フィールド
脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム	メタウォーター・池田市	池田市下水処理場
下水道バイオマスからの電力創成システム	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・西原環境・タクマ	和歌山市中央終末処理場

### 2.1 脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム（以下「最適化システム」）

本システムは、従来の脱水技術、燃焼技術、発電技術をそれぞれ高度化・高効率化するとともに、

各技術間で連携して運転条件を決定することで、システム全体の省エネ・コスト低減効果を最大化するものであり、燃焼技術及び発電技術については、下水処理場において普及している気泡流動焼却炉の改造による対応も可能である。なお、システムを構成する個別技術の特徴は以下に示す通りである。

#### 2.1.1 低含水脱水技術

- ・無機凝集剤及び高分子凝集剤添加型の遠心脱水機の採用により、従来の脱水機よりも低含水率化し、後段の燃焼工程における自燃運転を実現。
- ・薬注率と遠心力の自動制御機能を付加することにより、所定の含水率を効率的に達成し、運転費用を最小化。

#### 2.1.2 低空気比省エネ燃焼技術

- ・下水処理場において普及している気泡流動焼却技術を改良し、焼却炉に複数の箇所から空気を導入することにより低燃費、低 $N_2O$ 排出を可能とした「多層燃焼技術」に、排ガス中の酸素濃度センシング機能を付加し、必要最小限の空気量による安定的な燃焼を実現（図-1）。
- ・空気量の減少に伴う焼却炉のコンパクト化により建設費を低減。

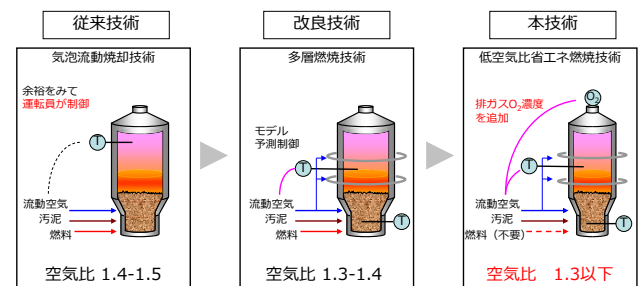


図-1 従来型焼却技術と低空気比省エネ燃焼技術の差異

#### 2.1.3 高効率排熱発電技術

- ・地熱発電等に活用されている低温廃熱を活用したバイナリーサイクル発電技術を改良し、燃焼工程で発生する排ガス及び排水に含まれる熱を利用し、熱媒体としてアンモニア水を用いた2熱源バイナリーサイクルにより発電（図-2）。
- ・燃焼設備と容易に切り離すことが可能なオフライン型の構成としており、従来焼却設備の改造に

Formulation of Guidelines for B-DASH Project (Electricity Generation from Sewage Biomass Source)

よる適用も可能。また、発電設備の点検等による停止時においても焼却処理が可能。

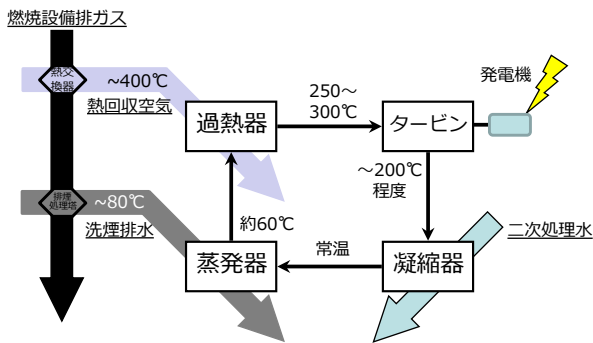


図-2 高効率排熱発電実証設備の基本サイクル

### 2.1.4 連携・最適化機能

・前後の設備から追加的な情報を得て、効率的に運転を行うことにより、コスト等をシステム全体で最小化。

## 2.2 下水道バイオマスからの電力創造システム (以下「電力創造システム」)

本システムは、下水汚泥を低含水率化したうえで、焼却し、その廃熱から発電を行うものであり、システムの概要は図-3に示す通りである。処理汚泥量増加に伴う増設又は従来設備の更新時での導入が基本となる。

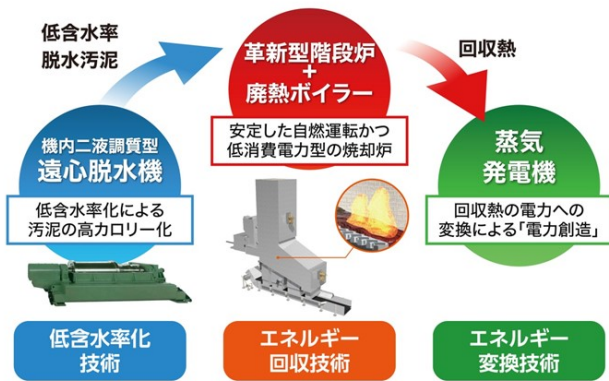


図-3 下水道バイオマスからの電力創造システム

本システムを構成する個別技術の概要は以下に示す通りである。

### 2.2.1 低含水脱水技術

・無機凝集剤及び高分子凝集剤添加型の遠心脱水機の採用により、従来の脱水機よりも低含水率化し、後段の燃焼工程における自然運転を実現。

### 2.2.2 エネルギー回収技術

・焼却炉として、消費電力及びN<sub>2</sub>O発生量が低く、ごみ処理場において普及している階段炉を用い(図-4)、廃熱ボイラーにて焼却廃熱を蒸気と

して回収。

・低含水率化した脱水汚泥及び従来型の階段炉に比べて炉内乾燥機能を強化した革新型階段炉を用いることにより、従来の階段炉では必要であった乾燥炉が不要。

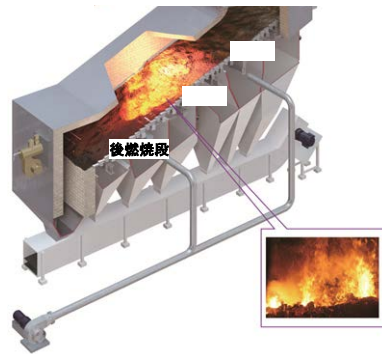


図-4 階段炉の模式図

### 2.2.3 エネルギー変換技術

・廃熱ボイラーにより回収された蒸気を熱源として、スクリュ式小型蒸気発電機と蒸気バイナリー発電機を組み合わせることで、これまで発電ができなかった中小規模施設でも発電が可能(図-5)。

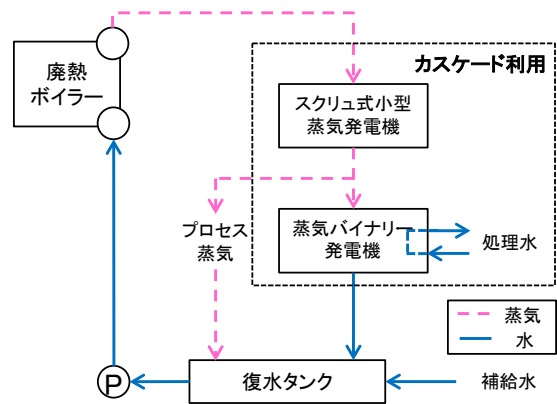


図-5 エネルギー変換技術概略フロー

## 3. ガイドラインの概要

### 3.1 ガイドライン策定の方法

ガイドラインは実証技術毎に策定し、実証研究の成果を踏まえるとともに、有識者及び実務に精通した地方公共団体の下水道事業者の意見を聴取しながらとりまとめ、有識者による評価を受けた。

### 3.2 ガイドラインの特徴

下水道事業者が実証技術の特徴や性能を把握し、下水処理場の状況に応じた導入可能性を容易に検討することが可能となり、かつ説得力の高いガイドラインとなるように、ガイドラインの策定にあ

たっては、特に以下の点に留意した。

- ①実証技術導入の前提条件や特に効果が見込まれる条件を具体的に記載。
- ②複数技術により構成され、予算等の関係上、一括導入が困難な場合も想定されることから、導入効果の高い段階的導入シナリオも併せて提示。
- ③エネルギー消費量をはじめとする性能指標項目を設定し、実証成果を踏まえた性能指標値を処理規模別に提示。
- ④実証技術導入によるコスト、GHG排出量、エネルギー消費量の簡易算定式を提示し、下水道事業者自らが導入効果を概算できるように配慮。
- ⑤段階的な導入シナリオも含め、従来技術との比較による実証技術の導入効果の試算例を提示。
- ⑥ガイドラインの技術的根拠となる実証研究の成果を資料編にとりまとめ。

### 3.3 両ガイドラインの構成と主な内容

#### 総則（第1章）

ガイドラインの構成、用語の定義等を記載した。

#### 技術の概要と評価（第2章）

技術の特徴、技術導入の前提条件・推奨条件、効果的な段階的導入シナリオを提示した。

また、実証研究に基づく評価結果として、技術導入によるコスト、GHG排出量、エネルギー消費量を処理規模別に提示した。また、環境性能（排ガス性状、灰性状、臭気、騒音）についても提示した。

#### 導入検討（第3章）

導入効果の検討方法として、実証技術導入によるコスト、GHG排出量、エネルギー消費量の算定式を、処理規模の関数として提示した。また、導入効果の検討例として、従来技術（従来型脱水機＋流動炉）との比較による実証技術の導入効果の試算結果（コスト縮減効果、GHG排出量削減効果、省エネルギー効果）を提示した。

#### 計画・設計（第4章）

第3章における検討結果として、導入効果が期待できると判断された場合に、導入に向けた具体的な計画・設計方法として、物質収支・熱収支計算法及び施設計画の検討手法を提示した。

#### 維持管理（第5章）

実証技術の導入効果を高めるために必要となるシステム全体として運転管理の要点等、実施すべき維持管理の具体的方法を提示した。

### 資料編

ガイドラインの技術的根拠となる実証研究成果ならびにケーススタディ結果（実証技術の導入効果）の詳細等を提示した。

### 3.4 実証技術の導入効果（試算例）

ガイドライン第3章に示された実証技術の導入効果の試算例は以下の通りである。

#### 3.4.1 最適化システム

表-2に示す試算条件により導入効果を試算した結果、実証技術の導入により燃焼設備の消費電力の63%を発電分で賄うことが可能となり、従来技術と比較して、ライフサイクルコスト(LCC)で31%削減（うち維持管理費43%削減）、発電分を考慮した正味のエネルギー消費量で77%（発電分を考慮しない場合には59%）の削減効果が得られると試算された（図-6, 7）。

表-2 最適化システム導入効果の試算条件

項目	設定条件
処理汚泥性状	混合生汚泥、濃度：約3.3%
運転時間×稼働率(運転日数)×負荷率	24時間/日×80%(292日/年)×100%
処理汚泥中固形物量	24 t-DS/日
脱水汚泥含水率×処理量	従来：76%×100t-wet/日 革新：74%×92.3t-wet/日

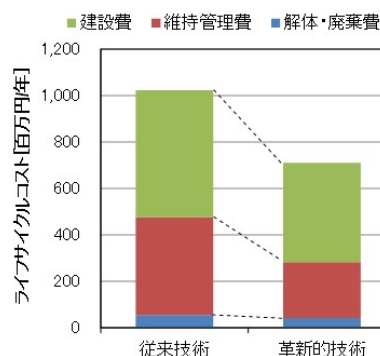


図-6 最適化システム導入効果 (LCC)

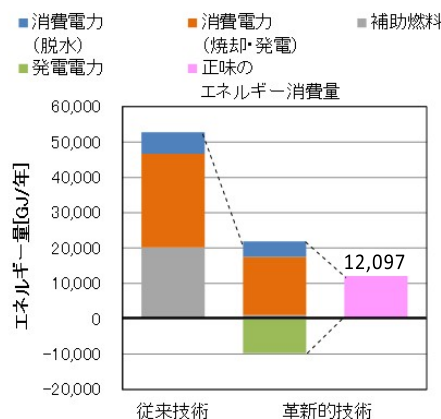


図-7 最適化システム導入効果 (エネルギー消費量)

### 3.4.2 電力創造システム

表-3に示す試算条件により導入効果を試算した結果、革新的技術の導入により、脱水・燃焼設備の消費電力の全てを発電分で賄ったうえで6,806GJ/年(=727MWh/年)の余剰電力を生むことが可能となり、従来技術と比較して、ライフサイクルコスト(LCC)で37%(うち維持管理費50%削減)、発電分を考慮しないエネルギー消費量でも70%の削減効果が得られると試算された(図-8, 9)。

表-3 電力創造システム導入効果の試算条件

項目	設定条件
処理汚泥性状	混合生汚泥、濃度:約3.3%
運転時間×稼働率(運転日数)×負荷率	24時間/日×90%(328.5日/年)×90%
処理汚泥中固形物量	24 t-DS/日
脱水汚泥含水率×処理量	従来: 76%×100t-wet/日 革新: 69%×79t-wet/日

## 4. ガイドラインの公開

国総研では、それぞれの実証技術の導入ガイドラインを国総研資料として刊行した。なお、これらのガイドラインは、国総研ホームページ(<http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/bdash.htm>)にて公開している。

## 5. まとめ

- ・ バイオマス発電技術に関する実証研究成果を踏まえ、技術導入ガイドライン2編<sup>1)2)</sup>を策定した。
- ・ 従来技術に比べ、コスト、GHG排出量、エネルギーの面で、実証技術の導入効果が大きいことが明らかになった。

ガイドラインの活用を契機として革新的技術が普及し、下水汚泥の持つエネルギーの活用推進につながることを期待するものである。

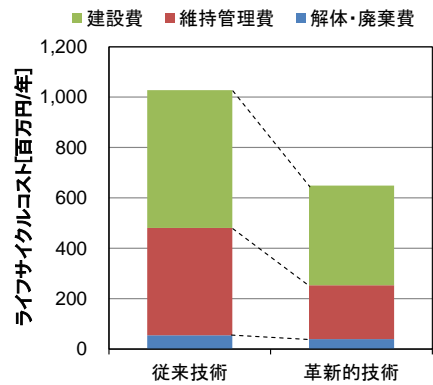


図-8 電力創造システム導入効果 (LCC)

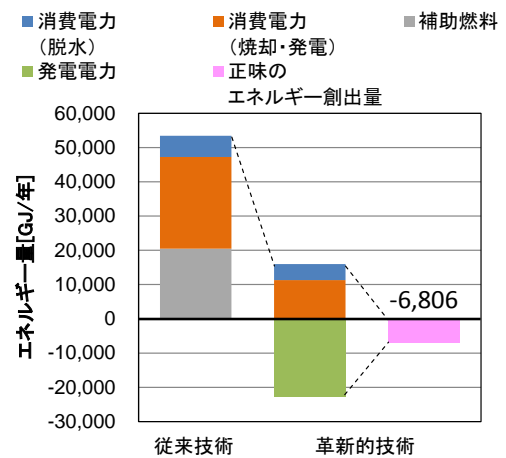


図-9 電力創造システム導入効果 (エネルギー消費量)

### 参考文献

- 1) 脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム導入ガイドライン(案)、国土技術政策総合研究所資料、No.859、2015
- 2) 下水道バイオマスからの電力創造システム導入ガイドライン(案)、国土技術政策総合研究所資料、No.860、2015

田嶋 淳



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 主任研究官  
Atsushi TAJIMA

川住亮太



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室研究官、現 関東地方整備局千葉国道事務所  
Ryota KAWASUMI

山下洋正



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室長  
Hiromasa YAMASHITA