

温室効果ガス削減を考慮した 発電型汚泥焼却技術実証研究

JFEエンジニアリング(株)、日本下水道事業団、川崎市
共同研究体

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

1. 革新技術の概要と目的

下水道事業が抱える課題

- 日本は2030年度までに2013年度比△26.0%の温室効果ガス排出量削減目標を掲げている(COP21)
- 下水道事業においても、消費電力削減によるCO₂排出量抑制やN₂O排出量抑制が重要な課題

下水道ビジョンとの関連

革新的技術の導入により、下水道技術ビジョンにおける下記技術目標の達成に寄与する

○低炭素型下水道システム

・技術目標1

「下水道で消費するエネルギーの一割削減に向けた技術開発」

・技術目標2

「下水道から排出される温室効果ガス排出量の

約11%削減に向けた技術開発」

1. 革新技術の概要と目的

革新的技術の特徴と課題解決のアプローチ

高効率発電技術

- **小型高効率タービン**と**水冷式復水器**を組み合わせた発電システムの導入により、**電力消費量の削減**と**温室効果ガス排出量の削減**を実現

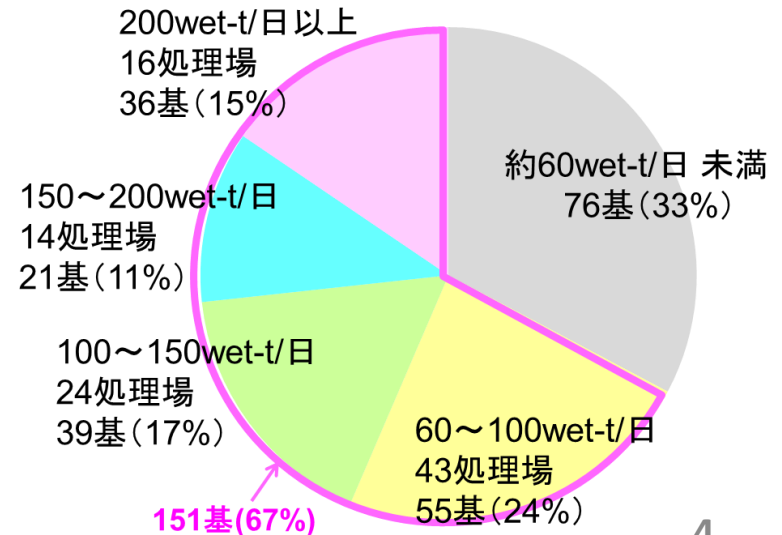
局所攪拌空気吹込み技術

- 幅広い性状の脱水汚泥に適応した**局所攪拌空気吹込み設備**を導入し、炉内での汚泥燃焼状況を改善し、**安定したN₂O排出量削減**を行うことで、**温室効果ガス削減**を実現

革新的技術の普及対象範囲

- 全国の**60wet-t/日以上**の汚泥焼却設備
- **流動床式**かつ**二段燃焼**及びそれに**類する設備**を持たない焼却炉に追加設置が可能

※発電設備のみの場合は過給式以外に追加設置可能。



1. 革新技術の概要と目的

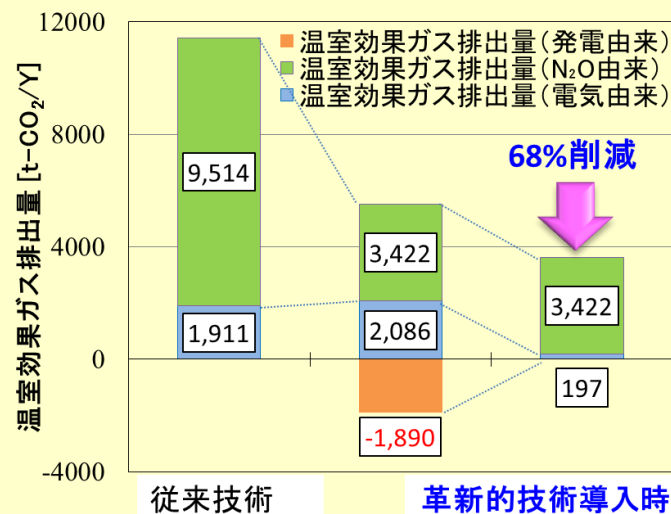
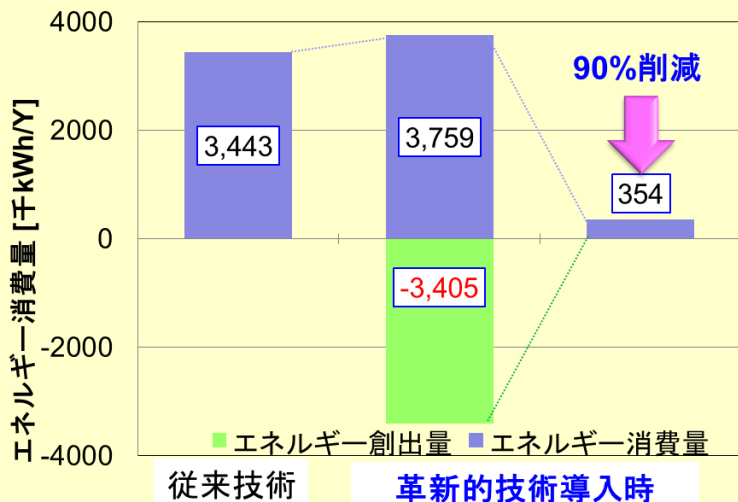
革新的技術の導入により期待される効果

経済面

- 実証炉(150wet-t/日規模)にて、費用回収年が12.8年と耐用年数以下であることを確認した。含水率を低下させることで、同規模においてもさらなる費用回収年の短縮が期待できる

環境面

- 実証炉(150wet-t/日規模)にて、エネルギー消費量90%削減を達成
- 実証炉(150wet-t/日規模)にて、温室効果ガス排出量68.3%削減を達成



1. 革新技術の概要と目的
- 2. 革新的技術の概要**
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

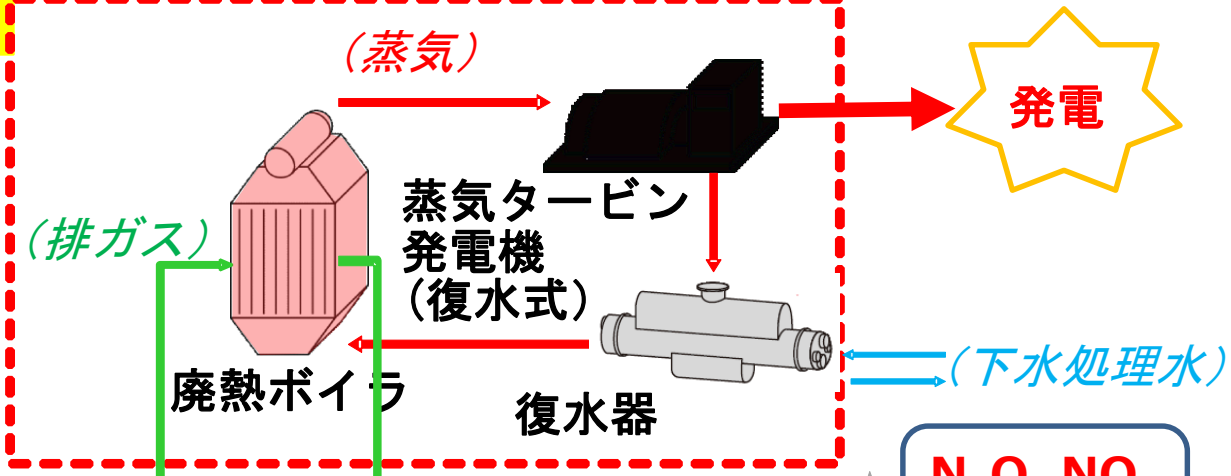
2. 革新的技術の概要

技術の概要

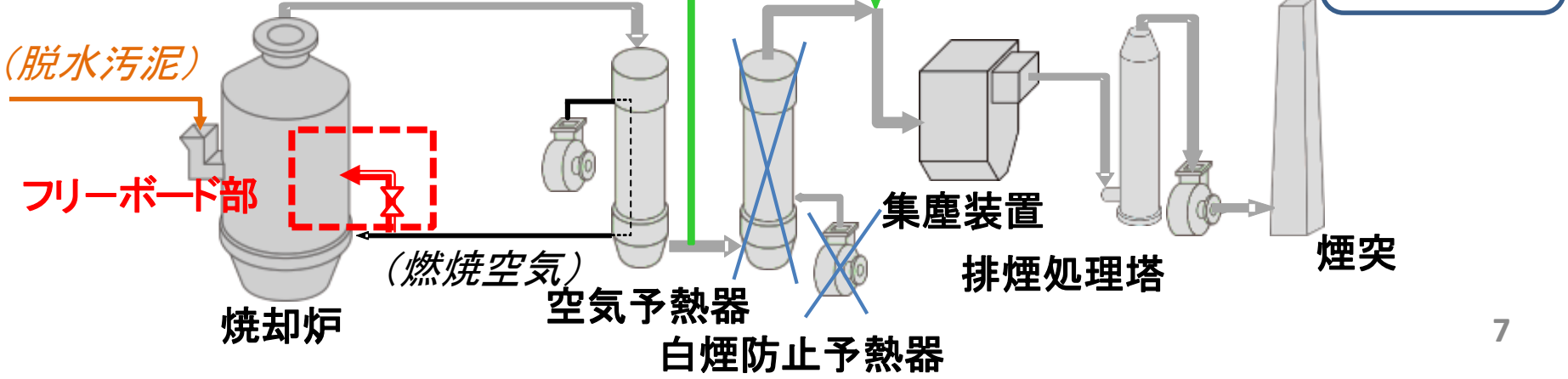
- 復水式のタービンに下水処理水を活用した**高効率発電技術**
- N_2O 、 NO_x の排出を抑制する**局所攪拌空気吹込み技術**

①高効率発電設備

適用技術の範囲



②局所攪拌空気吹込み設備



2. 革新的技術の概要

実証研究成果

高効率発電技術

- 春季、夏季、秋季、冬季共に**目標発電出力**を達成
全期間平均で**目標発電出力の1.4倍の発電**を確認
- 含水率の低下(最大3%程度)**により、焼却炉の消費電力を発電電力で賄う**電力自立状態確認**

※計画発電出力(kW)は計算上得られるはずの発電出力

計画発電出力(kW) = $59 \times \text{投入熱量(GJ/h)} - 574$ より算出

局所攪拌空気吹込み技術

- 定格負荷以上**において、**N₂O及びNO_xの同時50%削減**を達成
- NO_xについては**負荷87%以上の条件で四季を通じて50%以上の削減**を達成

2. 革新的技術の概要

技術の適用条件・推奨条件

技術の適用条件

- 焼却規模約60wet-t/日以上
- 焼却炉形式が流動床式であり、二段燃焼及びそれに類する設備を保有していないこと
- 脱水汚泥含水率が85%未満(一般的脱水機の上限值)であること
- 焼却炉砂層の流動空気量(一次空気量)が最小流動化空気量以上を確保できること

技術の推奨条件

- 100wet-t/日以上に適用することで、耐用年数と同程度以下の費用回収年となる
- 白煙防止の必要が無い、もしくは必要な熱量が少ない
- 余剰の消化ガスがある場合、発電エネルギーとして利用可能

※本技術は高効率発電技術と局所攪拌空気吹込み技術個別の導入も可能であるが、両技術導入の場合の効果が高いため、両技術導入の場合の適用・推奨条件を示した。

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
- 3. 革新的技術の導入効果**
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

3. 革新的技術の導入効果

革新的技術導入効果算出方法

経済面

○費用回収年、コスト縮減効果については評価項目を試算し評価を行った

評価項目	試算方法	
建設費※	焼却設備	「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル(案)」に記載の費用関数を用いて試算
	高効率発電設備及び局所攪拌空気吹込み設備	実証研究成果を踏まえて作成した費用関数を用いて試算
維持管理費	焼却設備	「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル(案)」に記載の費用関数を用いて試算
	高効率発電設備及び局所攪拌空気吹込み設備	実証研究成果を踏まえて作成した費用関数を用いて試算
	白煙防止予熱器停止に係る更新・維持管理費削減	実証研究成果を踏まえて作成した費用関数を用いて試算
発電電力(kW)	発電電力(kW)=33.1×投入熱量(GJ/h)－101.7	
費用回収年	$= \frac{\text{革新的技術建設費(百万円)}}{\text{革新的技術導入効果(百万円)} - \text{革新的技術維持管理費(百万円)}}$	
コスト縮減効果	年価換算値(建設費年価+維持管理費)を比較して評価	

※建設費の年価換算については右記式を利用 建設費年価 = $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n}$ i: 利子率(2.3%)、n: 耐用年数

3. 革新的技術の導入効果

革新的技術導入効果算出方法

環境面

○エネルギー消費量削減効果、温室効果ガス削減効果については、下記項目を試算し評価を行った

評価項目	試算方法	
エネルギー消費量	電力由来のエネルギー消費	実証試験成果を踏まえて作成した簡易算定式より算出
	補助燃料由来のエネルギー消費	熱収支計算より補助燃料使用量を求め試算
	発電によるエネルギー創出量	実証試験成果を踏まえて作成した簡易算定式より算出
温室効果ガス(GHG)排出量	電力由来GHG排出量	実証試験成果を踏まえて作成した簡易算定式より算出
	補助燃料由来GHG排出量	熱収支計算より補助燃料使用量を求め試算
	N ₂ O由来GHG排出量	実証研究成果により得られたN ₂ O排出係数 0.000232t-N ₂ O/wet-tより算出
エネルギー削減効果 (%)	$= \left(1 - \frac{\text{エネルギー消費量(革新的技術)} + \text{発電によるエネルギー創出量}}{\text{エネルギー消費量(従来技術)}} \right)$	
GHG削減効果 (%)	$= \left(1 - \frac{\text{GHG排出量(革新的技術)}}{\text{GHG排出量(従来技術)}} \right)$	

3. 革新的技術の導入効果

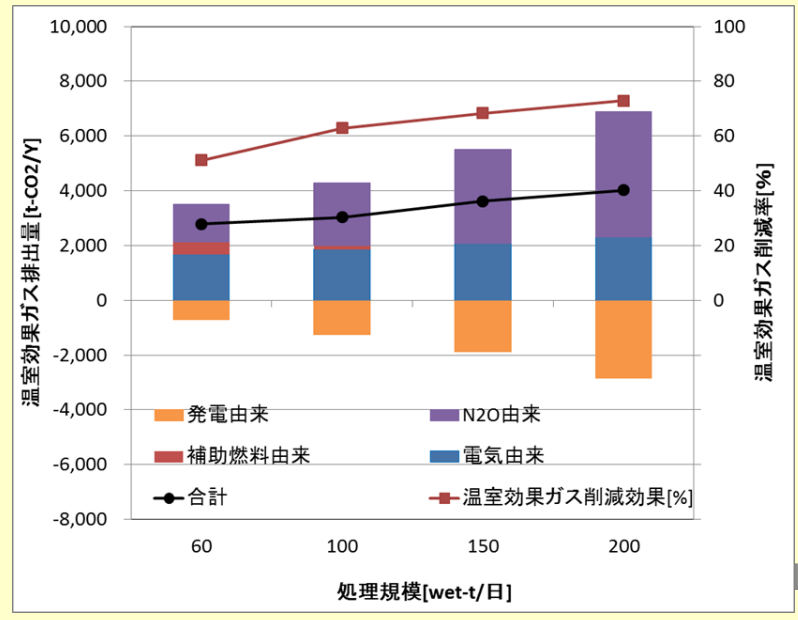
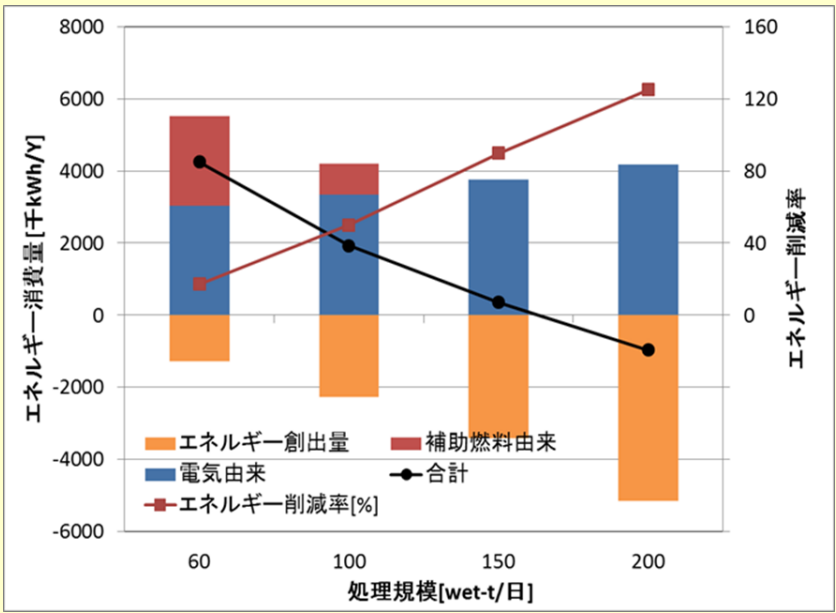
普及対象範囲における検証結果

○処理規模60wet-t/日～200wet-t/日の範囲で検証を実施

汚泥性状条件(実証期間の平均値)

項目		混合生汚泥
含水率	%	74.0
有機分	%	86.2
高位発熱量	kJ/kg-DS	19,025
低位発熱量	kJ/kg-DS	17,586

処理規模(wet-t/日)	60	100	150	200
投入熱量(GJ/h)	7.9	11.7	17.0	22.7
費用回収年(年)	39.2	17.9	12.8	9.8
コスト縮減効果(%)	-6.0	-2.2	0.0	2.2
エネルギー削減率(%)	17	50	90	125
温室効果ガス削減率(%)	51	53	68	73



1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
- 4. 革新的技術の計画・設計**
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

4. 革新的技術の計画・設計

革新的技術の導入による既存設備への影響

- 既設設備への追加設置を実施した場合、廃熱ボイラを白煙防止予熱器と並列に設置するため、**発電設備の起動・停止**に合わせて**白煙防止予熱器の運転・停止**を切り替える必要がある。
- 白煙防止予熱器と発電設備の排ガス流路切り替えにより、休止している設備に**ダストの堆積が発生**する。堆積したダストが切り替え時に後段の集塵設備に一挙に流されることで、**コンベアや集塵装置過負荷等のトラブル**が発生させる可能性があるため、灰の発生量を確認しながら切り替えを実施する必要がある。
- 局所攪拌空気吹込み設備**は流動空気の一部を分岐して、フリーボード部に吹込み燃焼状況を改善する技術のため、**砂層へ供給される空気量が減る**こととなる。局所攪拌空気吹込み設備の運転時に**砂層の最小流動化空気量**を維持可能な範囲で適切な**局所攪拌空気比率**を設定する必要がある。

4. 革新的技術の計画・設計

計画・設計で考慮すべき事項

関連計画

- 白煙防止予熱器の休止により、白煙防止予熱器及び白煙防止ブロワ等のメンテナンス・更新頻度の軽減が可能。

関連法令

- 電気事業法

届出の要否

- 発電設備(廃熱ボイラ、蒸気タービン)は自家用電気工作物となるため、電気事業法に則った工事計画書の提出、使用前安全管理審査の受審2年に一回の定期安全管理審査の受審が必要。
- 廃熱ボイラ及び蒸気タービンを設置する事業所には、ボイラタービン主任技術者の選任届出が必要。
- 廃熱ボイラについては条例上で届出義務がある場合があるため、監督官庁、所管の消防署への確認が必要。

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
- 5. 革新的技術の維持管理**
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

5. 革新的技術の維持管理

革新的技術導入による既存設備の維持管理への影響

追加される項目

- 蒸気タービン及び廃熱ボイラの年次点検
- 廃熱ボイラ薬品の補給作業
- 純水装置への薬品補給作業
- ボイラタービン主任技術者の選任
- 定期安全管理審査の受審
- 維持管理体制の確立(点検記録の保管、主任技術者による確認等)
- 適切な局所攪拌空気比率の維持

削減される項目

- 白煙防止予熱器の休止によるメンテナンス・更新費用
- 消費電力量削減による電気料金

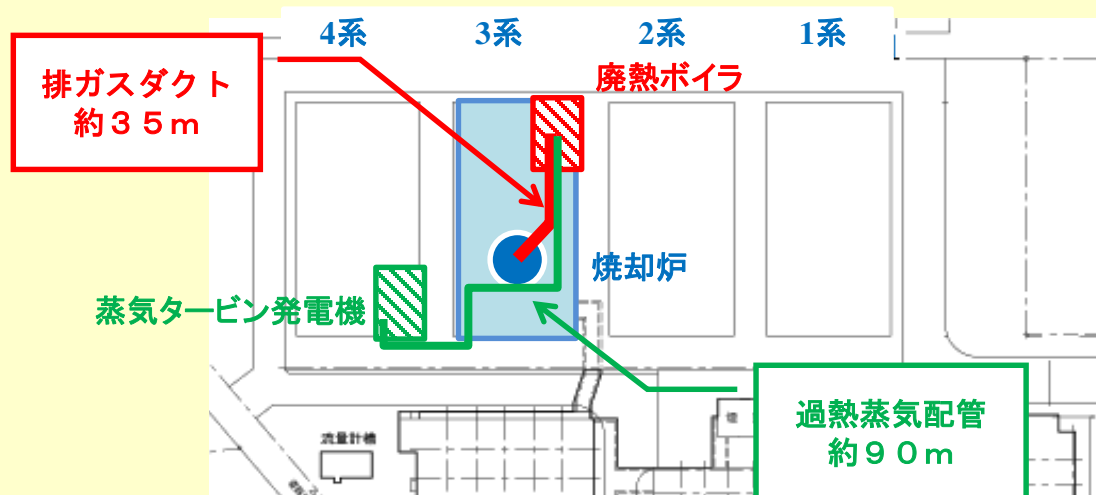
1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
- 6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点**
7. 問い合わせ先

6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点

ダクト及び配管の放熱量対策

課題

○既存設備への追加設置の場合、焼却炉等から廃熱ボイラまでの排ガスダクトや、廃熱ボイラから蒸気タービン発電機までの過熱蒸気配管のダクト長や配管長さが非常に長くなり、放熱量が多く、計画発電出力が達成できない状況が見られた。



対策

○ダクト及び過熱蒸気配管の放熱量推定を実施し、保温の強化を行うことで放熱量を削減し、計画発電出力を達成した。

6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点

砂層不流動について

問題

○局所攪拌空気量を増加させるためには、砂層に供給される一次空気を少なくする必要がある。燃え殻の混入等で砂層の流動状況が悪い状況の場合、最適な局所攪拌空気条件に至る前に砂層温度のばらつきが発生し、最適運転条件で運転できない状況が発生した。

対策

○炉停止時に砂抜きを実施し、内部の点検を行った。結果、多数の燃え残りを発見し、砂層不流動の原因は燃え残りの影響であると推定した。



○点検の結果、燃え残りが発生した原因としては、計量コンベアの異常による炉内への過剰投入が原因として推定した。計量コンベアの点検・整備を実施し、再立ち上げ後は流動状況が改善している。

1. 革新技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計
5. 革新的技術の維持管理
6. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
7. 問い合わせ先

7. 問い合わせ先

実証研究者	連絡先
JFEエンジニアリング株式会社	環境本部アクア事業部 〒230-8611 神奈川県横浜市鶴見区末広町2-1 TEL:045-505-7664 FAX:045-505-6518 URL: http://www.jfe-eng.co.jp/
地方共同法人 日本下水道事業団	技術戦略部 資源エネルギー技術課 〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27湯島台ビル TEL:03-6361-7854 FAX:03-5805-1828 URL: https://www.jswa.go.jp/
川崎市	上下水道局下水道部下水道計画課 〒210-8577 神奈川県川崎市川崎区宮本町1 TEL:044-200-2914 FAX:044-200-3980 URL: http://www.city.kawasaki.jp/800/index.html

謝辞

B-DASHプロジェクトにおいて、実証研究にご協力頂いた共同研究体各位、貴重なご意見を頂いた有識者及び地方公共団体の下水道事業者各位に深く感謝いたします。

ご清聴ありがとうございました